

Namn: Hanna Almqvist  
Handledare: Matz Norling, Johan Lindell och Henrik Wilmar  
Skola: Arlandagymnasiet  
Email: [hanna.almqvist@arlandagymnasiet.se](mailto:hanna.almqvist@arlandagymnasiet.se)  
Datum: 2019-04-12

# Vandarmusslor i bur som PCB-indikator

Fungerar utplacerade vandarmusslor i bur som PCB-indikator?



Havs  
och Vatten  
myndigheten

## Abstract

The amount of the contaminant PCB has been studied in zebra mussels deployed in cages to investigate the amount of contamination levels in the water in Skarven, a part of Mälaren in Sigtuna municipality north of Stockholm. The purpose with this study was to investigate if zebra mussels deployed in cages can be used as a PCB-indicator. The method for this study contained a field study and literature studies. The field study consisted of deployed zebra mussels in cages at six different locations for three weeks, then a PCB-analysis. The results were later compared with a previously made sediment investigation.

This study showed that zebra mussels deployed in cages generally correspond to the surrounding PCB levels after three weeks, which means that zebra mussels deployed in cages can be used as PCB-indicator. There was a difference in the occurrence of different PCB variations measured, which indicates of at least two different PCB sources. The amount of PCB in naturally existing zebra mussels and zebra mussels deployed in cages generally corresponds with a few significant exceptions. Lastly, this study shows that the proportion of the different PCB variations in cages and sediment conform.

## Sammanfattning

I denna studie användes utplacerade burar med vandarmusslor för att undersöka halten av PCB i Skarven, som är en del av Mälaren som ligger i Sigtuna kommun norr om Stockholm. Syftet med detta arbete är att undersöka om vandarmusslor utplacerade i burar kan användas som PCB-indikator. För att besvara frågeställningen utfördes en undersökning och litteraturstudier. Undersökning i form av en fältstudie med utplacerade vandarmusslor i bur utfördes på sex olika platser under tre veckor, därefter PCB-analys. Resultaten jämfördes sedan med tidigare utförd sedimentundersökning gjord i Steningeviken av Structor.

Studien visade att utplacerade vandarmusslor i bur ställer i stort sätt in sig på omgivningens PCB-nivåer efter tre veckor vilket betyder att utplacerade vandarmusslor i bur kan användas som PCB-indikator. Förekomsten av de olika PCB varianterna i Steningeviken och Rosersbergsviken skiljde sig åt, vilket tyder på minst två olika källor av PCB-utsläpp. Halten av PCB i naturligt förekommande vandarmusslor och vandarmusslor i bur överensstämmer i stort med några signifikanta undantag. Slutligen visar studien att andelen av de olika PCB varianterna i bur och sediment överensstämmer.

## Innehåll

Abstract .....	2
Sammanfattning .....	2
<b>1. Inledning .....</b>	<b>5</b>
1.1 Syfte .....	6
1.2 Frågeställning.....	6
1.2.1 Huvudfrågeställning.....	6
1.2.2 Underfrågeställningar.....	6
1.3 Urval och avgränsning .....	6
1.4 Metod och material .....	6
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>7</b>
2.1 PCB - polyklorerade bifenyler .....	7
2.1.1 Vad är PCB? .....	7
2.1.2 Riktvärden för PCB.....	8
2.1.3 Påverkan på individ och ekosystem .....	8
2.1.4 Miljömål för giftfri miljö .....	9
2.2 Vandarmussla ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) .....	9
2.3 PCB förekomst på provplatserna .....	10
2.3.1 Rosersbergsviken .....	10
2.3.2 Steningeviken.....	10
2.3.3 PCB-halt i naturligt befintliga vandarmusslor .....	11
<b>3. Utförande .....</b>	<b>12</b>
3.1 Metod .....	12
3.2 Material .....	12
3.2.1 Plockning, utsättning och upptagning av vandarmusslor .....	12
3.2.2 Extraktion av mjukvävnad .....	12
3.3 Genomförande.....	12
3.3.1 Upplockning av vandarmusslor .....	12
3.3.2 Utsättning av vandarmusslor .....	13
3.3.3 Upptagning av vandarmusslor .....	13
3.3.4 Extraktion av mjukvävnad .....	13
<b>4. Resultat .....</b>	<b>14</b>
4.1 Presentation av resultat .....	14
4.2 Sammanfattning av resultat.....	15
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>16</b>
5.1 Resultatdiskussion.....	16
5.2 Resultatet i relation till tidigare forskning .....	16
5.2.1 Halt av PCB i naturligt förekommande vandarmusslor.....	16

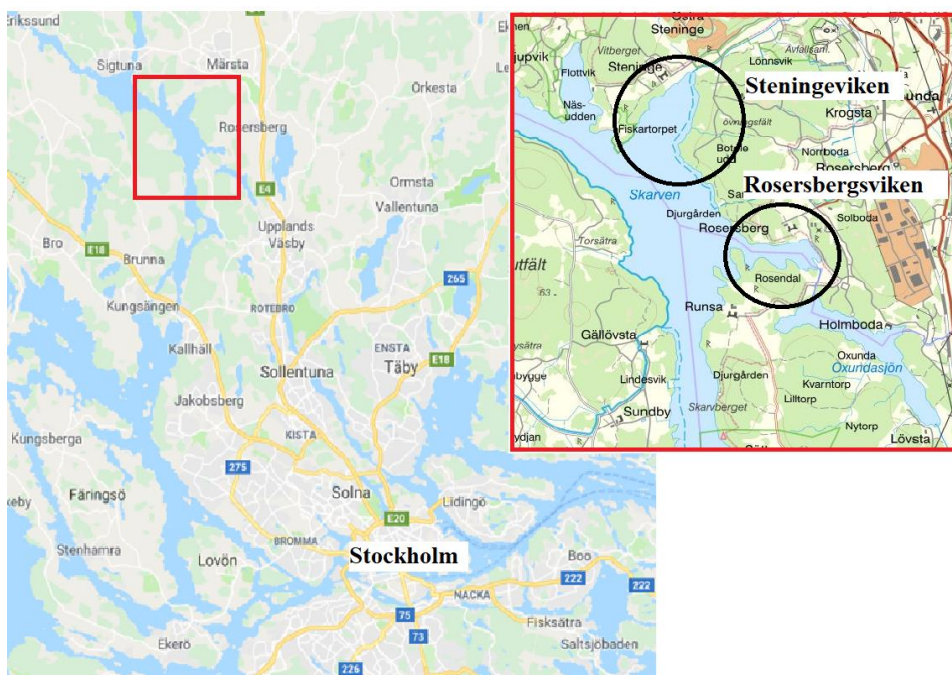
5.2.2 Halt av PCB i sediment i Skarven.....	16
5.3 Metoddiskussion .....	18
5.4 Framtida forskningsområden .....	18
5.5 Slutsatser .....	19
<b>6. Källförteckning .....</b>	<b>20</b>
<b>7. Bilagor .....</b>	<b>21</b>
7.1 Bilaga 1 .....	21
7.2 Bilaga 2 .....	21
7.3 Bilaga 3 .....	22
<b>Tack till .....</b>	<b>22</b>

## 1. Inledning

I många år var vetenskapen om hur olika miljöfarliga ämnen har påverkat naturen och människor nästan obefintlig. Ett av de ämnen som utvecklades på 1920-talet var polyklorerade bifenylter (PCB) och det har använts mycket inom industrier. PCB har läckt ut i naturen som i sin tur har haft en negativ påverkan på djur och människor. PCB, som idag klassas som miljögift, har varit förbjudet sedan 1978 men än idag finns det kvar i våra ekosystem (National Encyklopedin, 2019).

PCB är ett samlingsnamn för 209 olika föreningar men de som analyserades i denna undersökning är de sju olika som är mest förekommande (Karolinska Institutet, 2017). Olika varianter av PCB kallas för kongener och kongenmönster i PCB beskriver hur stor andel det finns av de sju olika PCB-varianterna. Kongenmönstret av PCB är något denna studie kommer fokusera på. Det finns lågklorerade och högklorerade PCB. Lågklorerade innebär att det finns få antal kloratomer kopplade till molekylens och högklorerade innebär att det är fler kloratomer kopplade till molekylens.

Det som har undersökts i detta arbete är om utplacerade vandarmusslor i bur kan användas som indikator av miljögiften PCB. Vandarmusslor i bur sattes ut på sex olika platser i tre veckor i Skarven som ligger i Mälaren norr om Stockholm. Detta projekt är en del av en större grupp vars undersökningsområde var PFOS och läkemedels indikator. Provlokaler utsetts i Rosersbergsviken och Steningeviken i tre veckor. Platserna Rosersberg och Steningeviken valdes eftersom tidigare undersökningar har visat en förekomst av PCB i dessa områden. Sedan skickades vandarmusslorna på analys för att undersöka halten av PCB. Resultaten jämfördes med tidigare undersökningar av PCB i Skarven, både naturligt befintliga vandarmusslor och sedimentundersökningar.



Figur 1. Karta över provplatser. Kartunderlag: VISS och Google Maps

## 1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka om vandrarmusslor utplacerade i burar i tre veckor fungerar som PCB-indikator. Undersökningens resultat jämfördes med tidigare utförd forskning, PCB-halt i befintligt förekommande vandrarmusslor och PCB-halt sedimentundersökningar.

## 1.2 Frågeställning

I detta arbete har jag en huvudfrågeställning som baseras på två underfrågeställningar.

### 1.2.1 Huvudfrågeställning

Fungerar utplacerade vandrarmusslor i bur som PCB-indikator?

### 1.2.2 Underfrågeställningar

För att kunna besvara frågeställningen har den delats upp i två underfrågeställningar.

1. Finns det skillnad i kongenmönstret i Steningeviken och Rosersbergsviken? Om det finns skillnad i kongenmönster skulle det dels tyda på att utplacerade vandrarmusslor i bur fungerar som metod, dels att det är olika källor av PCB. Undersökningens resultat kommer jämföras med sedimentundersökningar utförda i Steningeviken för att kunna jämföra resultaten.
2. Korrelerar halten av PCB i naturligt förekommande vandrarmusslor och vandrarmusslor utplacerade i bur samt halten av PCB i sediment och i vandrarmusslor utplacerade i bur? Det berättar om utplacerade vandrarmusslor i bur ställer in sig till omgivningens föroreningsnivåer.

## 1.3 Urval och avgränsning

Undersökningen är avgränsad med avseende på område, begränsad tid och resurser. Denna undersökning begränsades till områdena Rosersbergsviken och Steningeviken som ligger i Skarven i Mälaren. Det miljögiftet som undersöktes i denna studie var PCB. Alla musslor som användes för denna studie var inom storleksintervallet 18–22 mm. Vandrarmusslorna plockades upp ifrån samma plats och placerades sedan ut på sex olika ställen i Steningeviken och Rosersbergsviken. Detta pågick under den tidsbestämda perioden, tre veckor.

## 1.4 Metod och material

För att besvara frågeställningen utfördes en undersökning och litteraturstudier. Undersökning i form av en fältstudie med utplacerade vandrarmusslor i bur utfördes på sex olika platser tillsammans med Sigtuna Naturskola, sedan skickades vandrarmusslorna till ALS Scandinavia för PCB-analys. Resultatet jämfördes med tidigare utförda sedimentundersökningar.

Tillståndet för att kunna sätta ut vandrarmusslor i bur och sedan ta ut dem ur vattnet var genom tillstånd från SLU som har haft kontakt med länsstyrelser runt Mälaren. PCB-analysen finansierades av Länsstyrelsen i Stockholm som en del av LIFE-projektet Rich Waters. Den här rapporten har producerats inom projektet LIFE IP Rich Waters, med stöd av EU/LIFE och Havs- och vattenmyndigheten. Ansvar för innehållet i denna rapport ligger helt och hållet hos Hanna Almqvist. Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens officiella hållning. Sigtuna Naturskola, SLU, ALS Scandinavia och Sigtuna Naturskyddsförening har hjälpt till att göra denna studie.

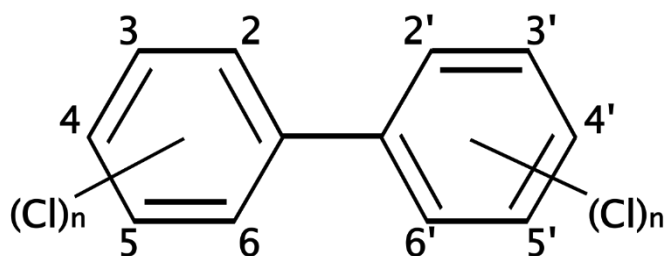
## 2. Bakgrund

I denna del finns information om PCB, vandrarmusslan och PCB förekomst på provplatserna.

### 2.1 PCB - polyklorerade bifenyler

#### 2.1.1 Vad är PCB?

PCB, polyklorerade bifenyler, en samling av ämnen som utvecklades redan på 1920-talet (NE, 2019). PCB är ett samlingsnamn för 209 olika organiska föreningar som har samma grundstruktur med olika antal kloratomer med varierande positioner (Karolinska Institutet, 2017). PCB består av två



Figur 2. "Strukturformel för polyklorerade bifenyler" (Polyklorerade bifenyler, 2018)

bensenringar där väteatomer har bytts ut till kloratomer (se figur 5) (Ehinger, 2018). Normalt finns högklorerade kongener (PCB 101–180) i levande organismer av den orsaken att de är mer beständiga och mer benägna att bioackumuleras (Lithner, G. *et al.*, 2003). Olika varianter av PCB kallas för kongener och kongenmönster i PCB beskriver hur stor andel det finns av de sju olika PCB-varianterna. Det finns lågklorerade och högklorerade PCB. Lågklorerade innebär att det finns få antal kloratomer kopplade till molekylen och högklorerade innebär att det är fler kloratomer kopplade till molekylen. PCB är ett miljögift vilket definieras som stabila molekyler som är skadliga. PCB är stabilt vilket betyder att det är svårnedbrytbart, PCB är även giftigt och fettlösligt (Ehinger, 2018).

Det går att dela upp PCB i två huvudgrupper: dioxinlika och icke dioxinlika. Icke dioxinlika PCB ämnen utgör till största delen av de kommersiella PCB-blandningarna och PCB förekommande i miljön (Karolinska Institutet, 2017). Dessa typer av PCB är "giftiga på grund av att deras nedbrytningsprodukter på olika sätt påverkar fysiologiska processer (NE, 2019).

PCB som är dioxinlika utgör 12 av de 209 ämnen och har liknande egenskaper som dioxiner (Karolinska Institutet, 2017). Det betyder att vissa PCB-kongener liknar dioxiner genom kloratomens plats och hur många kloratomer bundna till molekylen samt att samma mekanismer i kroppen för vissa PCB-kongener liknar dioxinernas. PCB som liknar dioxiner binder sig i dioxinreceptorn (NE, 2019). Dioxiner är ett samlingsnamn för polyklorerade dibenzo-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibenzofuraner (PCDF). Dioxiner bildas i samband med tillverkning av andra kemikalier eller förbränningsprocesser som exempelvis sopförbränning. Ett exempel på användning av dioxiner är i impregneringsmedel (Livsmedelverket, 2018).

Metoden för att bedöma PCB-exponering görs via de sex mest förekommande varianterna av PCB, också kallat indikator-PCB (PCB summa 7), vilket är PCB 28, 52, 101, 138, 153 och 180 (Karolinska Institutet, 2017). Ibland även PCB 118, en PCB med dioxinliknande egenskaper i PCB summa 7. Den metod som användes för att analysera PCB-kongener i vandrarmusslorna var gaskromatografi-masspektrometri (GC-MS). GC-MS är en analytisk metod som innebär att det används gaskromatografi och masspektrometri för att identifiera olika ämnen. Masspektrometern talar inte bara om vilket ämne det är utan ger också information om ämnets struktur (ALS Global, 2016).

### 2.1.2 Riktvärden för PCB

Det finns för tillfället inga riktvärden för icke dioxinlika PCB i levande organismer, anledningen till detta beror på bristfällig information (Karolinska Institutet, 2017). För livsmedel finns det däremot riktvärden för icke dioxinlika PCB som EU har fastlagt (Karolinska Institutet, 2017). År 1978 förbjöds användning av PCB i nya produkter och år 1995 förbjöds alla produkter som innehöll PCB (Naturvårdsverket, 2018).

### 2.1.3 Påverkan på individ och ekosystem

På 1930-talet började PCB användas i större skala inom industrin. PCB har haft många användningsområden på grund av dess isolerandeförmåga, värmetålighet samt låg ledningsförmåga. Exempel på användningsområdena var ”isolatorvätskor i transformatorer och kondensatorer, som mjukgörare i plaster och som tillsatsmedel i hydrauloljor, smörjoljor, färg, fogmassor och självkopierande papper” (NE, 2019). Trots att PCB är förbjudet att använda sprids det ändå till miljö via avfallshantering, elutrustning, och byggnadsmaterial (Naturvårdsverket, 2018).

PCB är fettlösligt vilket betyder att det tas upp i naturliga ekosystem och ackumuleras i vävnader och näringskedjor. Människans PCB-exponering kommer mestadels från feta animaliska livsmedel, såsom fisk, kött, mjölk och modersmjölk (Karolinska institutet, 2017). I genomsnitt kommer en tredjedel av människans intag av PCB och dioxiner från fisken vi konsumerar. Det beror på att PCB lagras och bioackumuleras i fettvävnaden hos djur vilket leder till att halten av PCB blir som allra högst i djuren i toppen av näringskedjan (Naturvårdsverket, 2018). Högsta halter av PCB har funnits i rovdjur som säl, lax och örn (Karolinska Institutet, 2017).

Det är uppskattat att mängden PCB människor exponeras för i Norden är tillräckligt hög för att inte utesluta en viss hälsopåverkan, speciellt hos barn. Det har visats tendenser i studier att barn vars mödrar har blivit utsatta för PCB har visat på beteendestörningar (NE, 2019). Det har visats att höga halter av PCB kan ha en negativ påverkan på nervsystemet och hjärnan som kan leda till förändring i beteende som försämrad inlärning och överaktivitet. Undersökningar har också påvisat att PCB har en påverkan på fortplantningsförmåga, immunförsvaret och hormonsystemet samt är cancerogent. Det är invecklat att bedöma hälsorisker med PCB på grund av olika PCB kongener. Dioxinlika PCB riskbedöms tillsammans med dioxiner som är hormonstörande, beteendestörningar, diabetes och hjärt-kärlsjukdom och cancerframkallande (Naturvårdsverket, 2018).

Sälar, havsörnar, fåglar och fiskar har blivit särskilt drabbade av PCB genom försämrad förmåga i reproduktion. Sälar och havsörnar minskade i antal under 1950-talet men efter miljögifterna PCB och DDT blev förbjudna ökade antalet. Dock går det fortfarande att se att fåglar och sälar är drabbade (Naturvårdsverket, 2018).

Varje år tillkommer nya organiska föreningar på marknaden. Det finns nu ett skydds nät där alla nya organiska ämnen som bildas måste gå igenom ett test för att kunna fastställa om de är skadliga för individer eller miljö (Naturvårdsverket, 2019).



#### 2.1.4 Miljömål för giftfri miljö

Giftfri miljö är inte bara viktigt för den enskilda individen utan det finns ett flertal mål både lokalt och globalt. Sigtuna kommun har mål för en giftfri miljö de berättar att ”Miljön i Sigtuna kommun ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden” (Sigtuna Kommun, 2010). PCB är ämnen som är utvunna av samhället och det påverkar människors hälsa, vilket innebär att detta mål gäller PCB.

Riksdagen införde också 16 nationella miljö kvalitetsmål år 1999, varav ett mål var en giftfri miljö som innebar: ”Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.” (Sveriges miljömål, 2019). Internationellt infördes de 17 globala målen år 2015, i syfte för en hållbar utveckling med tanke på ekonomin, socialt och miljön. Hållbar utveckling har definierats av FN som: ”...en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov”. Ett av de globala målen är *14 Hav och marina resurser* där delmålet är *14.1 Minska föroreningarna i haven* som innefattar föroreningar som kommer från landbaserad verksamhet. Miljömål *15 Ekosystem och biologisk mångfald* berör även miljögift-problematiken, då de kan påverkas negativt (UNDP, 2015).

## 2.2 Vandarmussla (*Dreissena polymorpha*)

Första fyndet i Sverige av vandarmusslan, även kallad zebramusslan, gjordes 1926 i Mälaren. Vandarmusslan kommer ursprungligen från områden runt Kaspiska havet och Svarta havet. Den har troligtvis kommit till Sverige via kanalbåtar som fört vandarmusslan vidare genom barlastvattnen eller att individer har varit fastsatta på skroven. Vandarmusslan är triangelformad. På unga individer är i vitt och mörkt sicksackmönstret mer förekommande medan äldre har en jämnare mörkbrun färg. Vandarmusslans storlek varierar mellan 25 - 40 mm (Havs och Vattenmyndigheten, 2018). En mogen hon-mussla kan producera en miljon ägg per år (Global Invasive Species Database, 2009). I början av deras liv är de frisimmande larverna pelagiska, de åker passivt omkring i vattnet. Efter två till tre veckor börjar larverna bosätta sig och forma skal. Vandarmusslan kan fästa sig på ytor med hjälp av deras byssustrådar. Generellt bor de kvar på ett och samma ställe under hela livet. Vandarmusslan lever från två till fem år (Cary Institute of Ecosystem Studies, n.d.). Vandarmusslan lever främst i sötvatten med den trivs även i en aning bräckt vatten (Havs och Vattenmyndigheten, 2018).

Varje fullvuxen vandarmussla kan filtrera en liter vatten per dag (Cary Institute of Ecosystem Studies, n.d.). Vandarmusslan påverkar omgivningen på grund av dess filtreringskapacitet, de konkurrerar ut andra växtplanktonätande organismer (Andersson, B. *et. al.*, 2000). Vandarmusslor växer även snabbt och kan bilda täta kolonier vilket leder till att det inte tar lång tid att dominera ett område, vilket kan ha omfattande påverkan på ekosystemet. Till att börja med kan vandarmusslan utrota andra arter genom snabb tillväxt samt att de är en stor födokonkurrent men de kan också påverka vattenintag eller kylsystem till industrier negativt. Dels sätts dessa anordningar igen och driften påverkas, dels att det har stor ekonomisk påverkan (Havs och Vattenmyndigheten, 2018). Vandarmusslan är klassad som en av de hundra värsta invasiva arter (Global Invasive Species Database, 2009). I rapporten “Metaller och organiska miljögifter i vattenlevande organismer och deras miljö i Stockholm 2001” (Stockholms miljöförvaltning och Stockholm Vatten AB) används vandarmusslan som en indikator av miljögifter och Global Invasive Species Database (2009) berättar att vandarmusslor har använts för att bedöma vattenkvalitén.

## 2.3 PCB förekomst på provplatserna

Skarven är en del av Mälaren, norr om Stockholm. Sveriges tredje största sjö är Mälaren (Mälarens Vattenvårdsförbund, 2018). I Skarven ligger provplatserna för denna undersökning, Rosersbergsviken och Steningeviken (se figur 7). I Rosersbergsviken ligger två provlokaler: 2 *RBK Båtklubb-18* och 3 *Oxundaån-18*. I Steningeviken ligger tre provlokaler: 4 *Märstaån-18*, 5 *Steningeviken-18* och 6 *VISS Märstaån-18*. Sedan en i Näsudden som anses vara referensplatsen 1 *Näsudden-18*.

I Skarven har en undersökning gjorts på ytsedimentet, 0–2 cm, som visade på en ökning av PCB från 2001 till 2017. Här finns en övervikt av lågklorerade PCB, provplats framgår i figur 7 (Länsstyrelsen i Västmanlands län, 2018).

### 2.3.1 Rosersbergsviken

Rosersbergsviken ligger i anslutning till Oxundasjön, dessa två bindssamman av Oxundaån. År 2013 utfördes ett miljöövervakningsprojekt, där bland annat Upplands Väsby kommun medverkade och då upptäcktes höga halter av PCB i fisk. Sedimentundersökningar som har utförts i Väsbyån och Rosersbergsviken visade höga halter av PCB både i fisk och bottensediment (Upplands Väsby kommun, 2018). I en PCB-undersökning i Oxundasjön 2016 användes kongenmönster för identifiering av PCB-föreningar och Oxundaån och Väsbyån hade en övervikt av lågklorerade kongener i vattnet (Hållén *et al.*, 2017). Detta utsläpp kommer från 1900-talet och kommer från industrier som har tillverkat metall- och plastprodukter (Charlotte Årling, 2018)

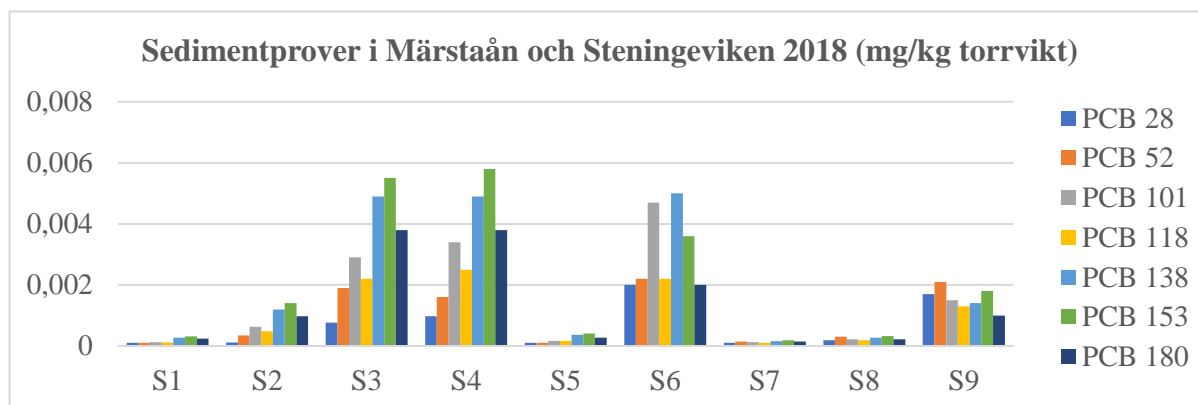
### 2.3.2 Steningeviken

Vid Steningeviken ligger Märstaån, som är ett vattendrag 13 km långt (Vatteninformationssystem Sverige, 2018).

En sedimentundersökning utfördes i Märstaån 2018 (Rapport T1822976, Structor) som redovisade PCB halten i tio cm av det översta lagret. Det visade på fem platser av hög halt av PCB och fyra proppar med medelhöghalt av PCB (se figur 2 och 3). I Märstaån visades en övervikt på högklorerade PCB, vidare i Steningeviken blev en mer jämn halt av samtliga PCB.



Figur 3. Karta på Märstaån där sedimentprover utfördes. Hög halt av PCB, orange prickar, visar intervall 0,0076–0,034 mg/kg och medelhög halt av PCB, gula prickar 0,0025–0,0076 mg/kg. Kartunderlag: Structor 2018

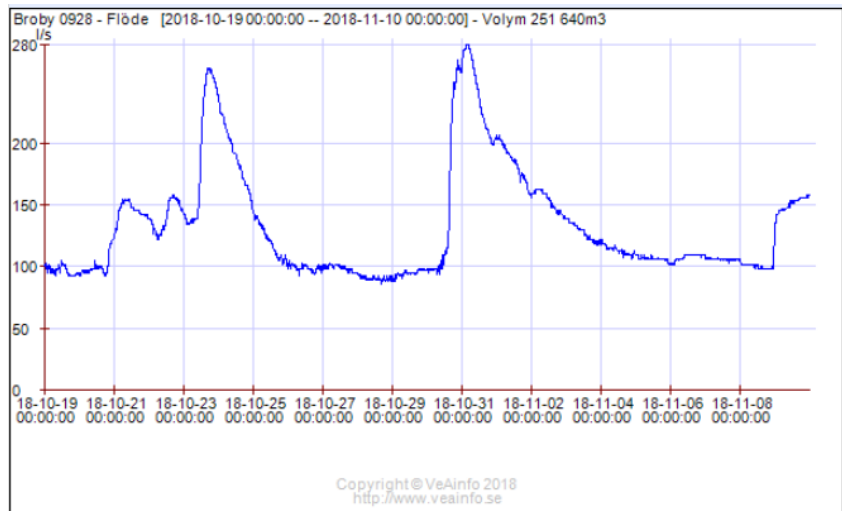


Figur 4. Halten av olika PCB-kongener i sediment. (Structor, 2018)

I januari 2018 provtogs sediment längre uppströms i Märstaån, närmare Fältvägsdammen. Provresultatet visade på högre andel högklorerade PCB-kongener än lågklorerade och hög halt av PCB summa 7 (Sigtuna Vatten och Renhållning, 2018).

Länsstyrelsen och Sigtuna kommun analyserade PCB i vattenprover från två olika tillfällen från Märstaåns mynning. Dessa stickprov visade ingen indikation av PCB (Personlig kommunikation med Joakim Pansar, 2018).

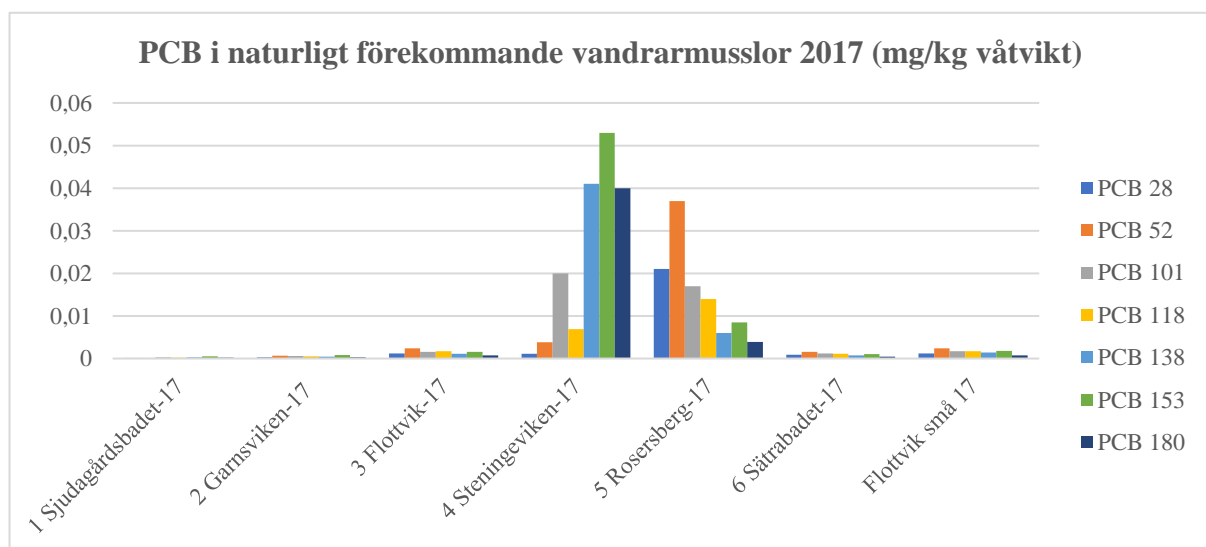
För att säkerställa att det har varit kontinuerligt vattenflöde i Märstaån visades det att under tidsperioden 19/10–18 och 8/11–18 låg vattenflödet i Märstaån på minst 100 l/s (se figur 4) (Swedawia Airports, 2018).



Figur 5. Vattenflödet i Märstaån mellan 19/10–18 och 8/11–18. (Swedawia Airports, 2018)

### 2.3.3 PCB-halt i naturligt befintliga vandarmusslor

År 2017 utfördes en undersökning om befintliga vandarmusslor kunde användas som miljöindikator och resultatet visade att vandarmusslan är en biologisk miljöindikator. Resultatet visade att Rosersbergsvikens och Steningevikens musslor hade hög halt av PCB, Rosersbergsviken främst lågklorerade PCB och Steningeviken främst högklorerade PCB (se figur 6). Hög halt i Steningeviken tros bero komma från närliggande båtvrak. Provplatserna är benämnda med suffixet -17 (Norling, 2017).



Figur 6. Halten av PCB i naturligt förekommande vandarmusslor (Norling, 2018).

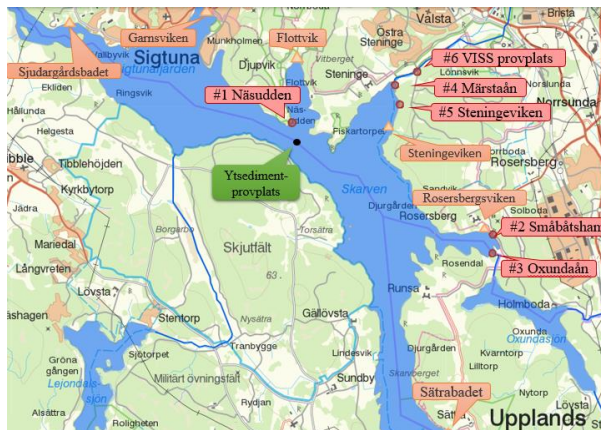
### 3. Utförande

Denna del beskriver hur undersökningarna gick till samt vilket material som användes.

#### 3.1 Metod

Vandarmusslor plockades upp på Näsudden (referensplatsen), förvarades sedan i en vecka under vatten vid Näsuddens brygga. Därefter delades vandarmusslorna upp i sex burar med 50 vandarmusslor i varje och sattes ut på sex provlokaler. Provlokaler var belägna i Steningeviken, Märstaån och Rosersbergsviken, samt referensplatsen Näsudden.

Provlokaler är numrerade och har suffixet -18. Vandarmusslorna var utsatta i tre veckor och sedan togs de upp och frystes ned. Sedan togs mjukvävnaden ur skalet hos Sveriges Lantbruksuniversitet och skickades vidare till ALS Scandinavia för PCB-analys.



Figur 7. Karta på över Skarven med röda cirklar för detta arbetets provlokaler, orange trianglar på föregående års platser för undersökning av PCB-föreningar samt provplats för undersökning av ytsediment i Skarven. Karta: VISS Länsstverlsen

#### 3.2 Material

##### 3.2.1 Plockning, utsättning och upptagning av vandarmusslor

Sex burar av galvaniserat stål (0,10\*0,10\*0,10 m), pH-papper, Clas Ohlson termometer: Art. no: 36 – 6722 (Mätnoggrannhet:  $\pm 0,5$  °C), Velleman.eu DTP5 termometer, metallstång 1 m, slägga, kylväska, isklampar, glasbehållare, vadarbyxor, buntband, tvättmaskinstrumma (toppmatad), avbitartång och mätverktyg för musslorna med storlek 18–22 mm.

##### 3.2.2 Extraktion av mjukvävnad

Pincett, aluminiumfolie, plasthandskar och 6 plastbehållare.

#### 3.3 Genomförande

##### 3.3.1 Upplockning av vandarmusslor

300 vandarmusslor (*Dreissena polymorpha*) infångades vid Näsudden (latitud: 59,5958; longitud: 17,7712). Vandarmusslor med längd mellan 18–22 mm sparades och övriga musslor lades tillbaka i vattnet. Musslorna mättes med ett hemmagjort mätverktyg, en träbit med två urgröpningsar en 18 mm och en 22 mm där musslorna skulle passa mellan. Samtliga musslor transporterades till den så kallade sumpen (latitud: 59,5971; longitud: 17,7713) i en plastlåda för förvaring i en vecka. Musslorna förvarades i en toppmatad tvättmaskinstrumma som hängde cirka en meter under ytan fäst på en brygga. Detta var på grund av att vid nästa tillfälle skulle vandarmusslorna sättas ut på bestämda platser men behövdes förvaras till dess.

### 3.3.2 Utsättning av vandrarmusslor

Efter en vecka togs musslorna upp, vid upptagning märktes det att spännbandet hade brustit. Tvättmaskinstrumman hade sjunkit ner, cirka 2 meter, till botten. Tvättmaskinstrumman kunde tas upp på ett säkert sätt. En iakttagelse var att musslorna trivdes vilket visades genom att de fäste sig på trumman med hjälp av deras byssustrådar och att knappt något sediment hade kommit in i tvättmaskinstrumman. Musslorna fördes över från tvättmaskinstrumman till en glasbehållare i en kylväska med underliggande kylklampar.

Därefter sattes 50 musslor/provlokal ut. Personen som gick i var klädd i vadarbyxor. Musslorna sattes ut i burar av galvaniserat stål fastsatta på en metallstång med hjälp av buntband och en slägga. Burarna sattes upp cirka 30 cm från ytan.

Se bilaga 1 för utförlig provplats beskrivning samt uppmätta värden lufttemperatur, vattentemperatur, pH-värde och tidpunkt.

### 3.3.3 Upptagning av vandrarmusslor

Tre veckor efter utsättning av musslorna togs musslorna upp. Varje provlokal besöktes och där utfördes samma procedur. Person gick i med vadarbyxor och lyfte upp metallstången ur botten. Lufttemperatur, vattentemperatur, pH-värde, tidpunkt och anteckningar skrevs ner. Buren med musslorna öppnades med hjälp av avbitartång och musslorna lades i en bit aluminiumfolie och veks ihop. Sedan lades musslorna i aluminiumfolie i en plastpåse där provlokalens namn skrevs och lades sedan i en kylväska. Musslorna frystes sedan ner i en vecka för att vid senare tillfälle fraktas med kylväska till Sveriges Lantbruksuniversitet där mjukvävnaden togs ur.

Se bilaga 2 för uppmätta värden lufttemperatur, vattentemperatur, pH-värde, tidpunkt och anteckningar för varje provlokal.

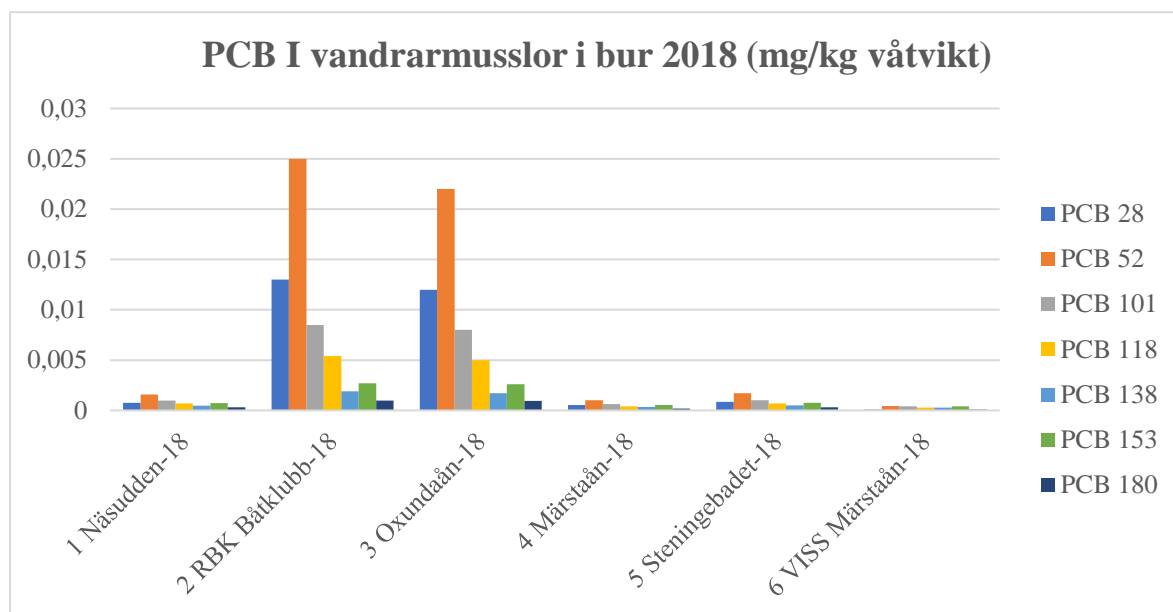
### 3.3.4 Extraktion av mjukvävnad

Musslorna transporterades efter en vecka till SLU. Där avlägsnades musslans mjukdelar från skal med pincett till aluminiumfolie, sedan lades musslorna i plastbehållare för att skickas iväg för PCB-analys hos ALS Scandinavia i Danderyd. Det utfördes PFOS- och läkemedels analys på SLU för övriga i gruppen. Metoden för PCB-analysen utfördes med GC-MS (se rubrik 2.1.1).

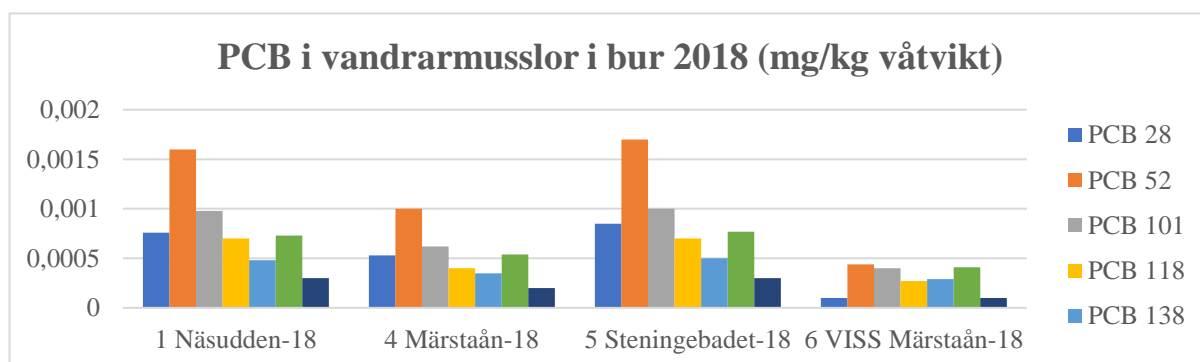
## 4. Resultat

I denna del redovisas resultaten för PCB-analyserna i vandramusslor i bur. Se bilaga 3 för tabell med halter för de olika PCB-kongenerna.

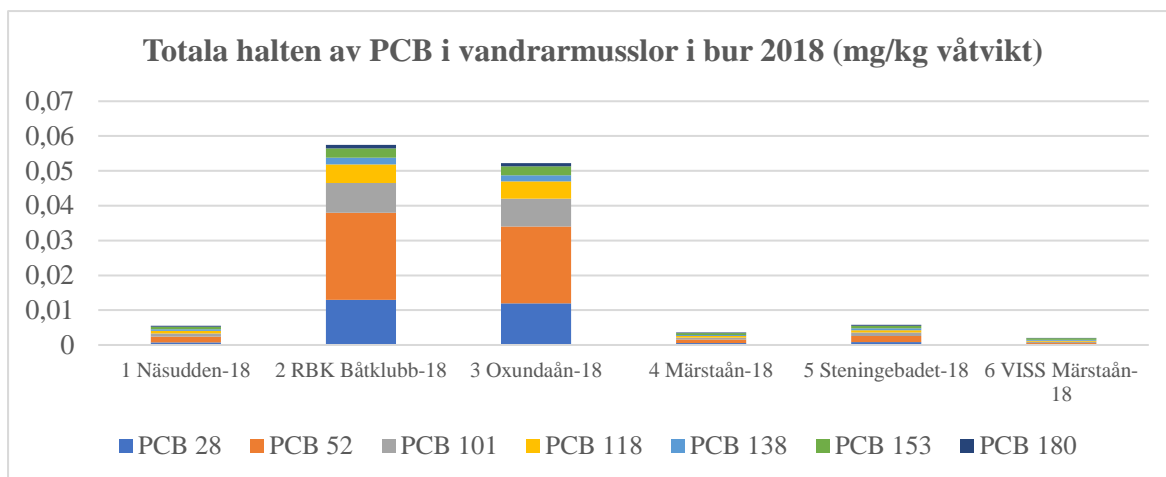
### 4.1 Presentation av resultat



Figur 8. Halt av PCB i samtliga provplatser. Provpunkt 2 Rosersbergs småbåtshamn och 3 Oxundaån visar högst utslag av PCB.



Figur 9. Provpunkt 2 och 3 avlägsnades för tydligare resultat för övriga provplatser där halten inte var lika hög.



Figur 10. Totala halten av PCB i vandrarmusslor i bur på samtliga provplatser.

## 4.2 Sammanfattning av resultat

Kongenmönstret i PCB skiljer sig mellan Steningeviken och Rosersbergsviken. I 2 *RBK Båtklubb-18* och 3 *Oxundaån-18* belägna i Rosersbergsviken syns en klar dominans av lågklorerade PCB medan övriga provplatser nära Steningeviken hade en jämnare fördelning av låg- och högklorerade PCB (se figur 8). Totala halten av PCB visade sig vara högst i provplatserna 2 *RBK Båtklubb-18* och 3 *Oxundaån-18* belägna Rosersbergsviken och hade övervikt av lågklorerade PCB.

## 5. Diskussion

Huvudfrågeställningen var: Fungerar utplacerade vandrarmusslor i bur som PCB-indikator? Underfrågeställningarna var: Finns det skillnad i kongenmönstret i Steningeviken och Rosersbergsviken? Korrelerar halten av PCB i naturligt förekommande vandrarmusslor och vandrarmusslor utplacerade i bur samt halten av PCB i sediment och i vandrarmusslor utplacerade i bur?

### 5.1 Resultatdiskussion

Analysen i vandrarmusslorna indikerade PCB. En av underfrågeställningarna var: finns det skillnad i kongenmönstret i Steningeviken och Rosersbergsviken? Det går att uttyda att det fanns en mindre andel av högklorerade PCB i Rosersbergsviken jämfört med Steningeviken (se figur 8). Förutsatt att andelen högklorerade PCB-varianter i Steningeviken är något högre, vilket resultaten ju tyder på, tyder resultaten på att PCB-utsläppen förmodligen har olika källor (minst två olika). Halterna är höga i Rosersbergsviken (2 *RBK Båtklubb-18* och 3 *Oxundaån-18*) och den utsläppskällan kanske sprider sig till Steningeviken. Men de högklorerade staplarna av PCB i provplats 4 *Märstaån-18*, 5 *Steningebadet* och 6 *VISS Märstaån-18* tyder på att komma från uppströms Märstaån, alltså en annan utsläppskälla (se figur 9). Möjligtvis om Märstaåns PCB-källa sprider sig till Näsudden. Översiktligt går det att uttyda från resultatet att det verkar vara en bakgrundsnivå av PCB i Skarven men vars källor är minst två.

### 5.2 Resultatet i relation till tidigare forskning

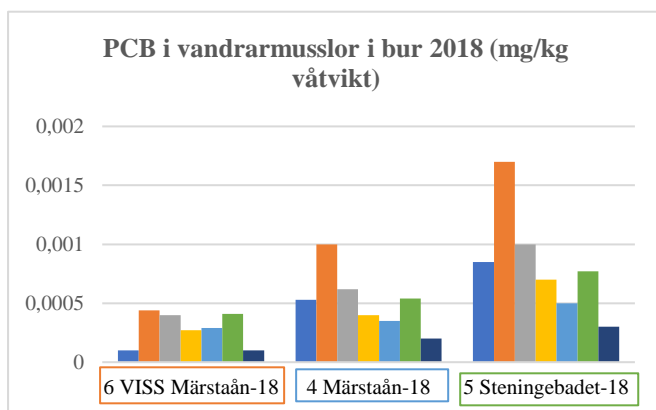
#### 5.2.1 Halt av PCB i naturligt förekommande vandrarmusslor

Sedan var det om halten av PCB korrelerar i naturligt förekommande vandrarmusslor och vandrarmusslor utplacerade i bur. Det går att tyda att halterna i stort sett korrelerar. I Rosersbergsviken är det både höga halter från naturligt befintliga vandrarmusslor (5 *Rosersberg-17*), se figur 4, och utplacerade vandrarmusslor i bur (2 *RBK Båtklubb-18* och 3 *Oxundaån-18*), se figur 10. För provplatser i Näsudden är värdena i stort sett jämförbara med undantag av 4 *Steningeviken-17* belägen i Steningeviken som var en lokal förorening från ett närliggande båtvrak.

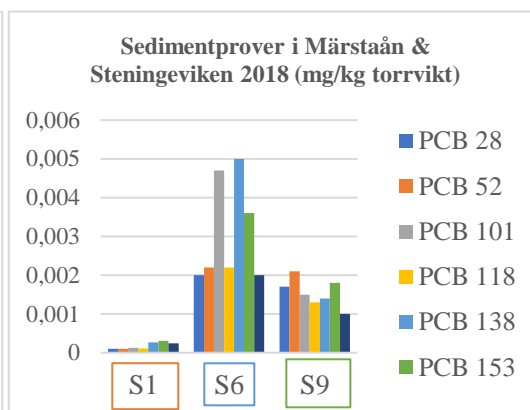
#### 5.2.2 Halt av PCB i sediment i Skarven

Kongenmönstret i PCB i Steningeviken i vandrarmusslor jämfördes sedimentundersökning för att se om det stämde överens (se rubrik 1.2.2). Placeringen av vandrarmusslor i bur låg i nära sedimentundersökning, i figur 11 och 12 motsvarar samma färg samma provplats. I sedimentundersökningen (se rubrik 2.3.2) visades att det går från en högre andel av högklorerade PCB till en lägre andel av högklorerade PCB ut i Steningeviken. Det visas från provplats *S1*, en bit in i Märstaån, och *S9*, som ligger i Steningeviken (se figur 3 och 4). Motsvarande tendenser går att tyda i vandrarmusslor i bur (se figur 11 och 12). Sedimentproven från Fältvägsdammen visade också höga halter av PCB uppströms i Märstaån och ytsediment-provtagningen mitt i Skarven (se figur 7) visade en övervikt på lågklorerade PCB. Det verkar betyda att det är minst en källa från Märstaån som läcker. Det betyder att från Märstaån finns det en övervikt på högklorerade PCB och i Rosersbergsviken en övervikt på lågklorerade PCB, två olika källor.



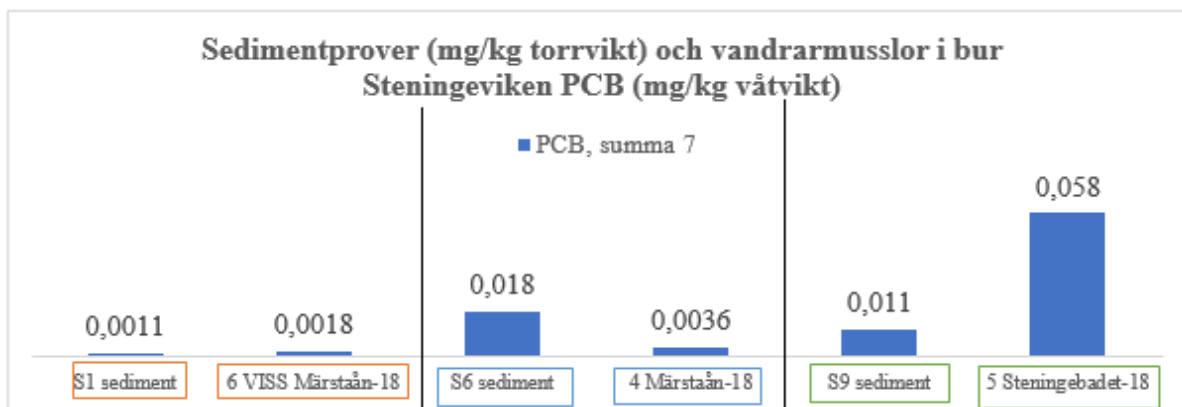


Figur 11. Halter av PCB i utplacerade vandrarmusslor i bur i Märstaån och Steningeviken, samma färg motsvarar samma plats.



Figur 12. Halter av PCB i sediment i Steningeviken, samma färg motsvarar samma plats.

Vidare, om halten av PCB korrelerar i sediment och vandrarmusslor utplacerade i bur. Halten av PCB i vandrarmusslor och i sedimentet korrelerar inte, se figur 13. Provpplats S1 låg i närheten av 6 VISS Märstaån-18 (se figur 3 och 7) och båda provlokaler uppmätte ungefärligen samma halt av PCB, summa 7. Provpplats S9 och 5 Steningebadet-18 låg båda nära varandra geografiskt men uppvisade helt skilda resultat, halten i vandrarmusslorna uppvisade en mycket större halt av PCB, summa 7, se figur. Provpplatserna S6 och 4 Märstaån-18 var närliggande, där visade sedimentprovet på högre halt av PCB, summa 7.



Figur 13. Halt av PCB i sedimentprover i Märstaån från Structor (2018) och halt av PCB i vandrarmusslor. Samma färg representerar motsvarande plats i sediment respektive vandrarmusslor.

Utifrån insamlad data går det att säga att det inte finns någon korrelation. Det kan bero på att sediment berättar om flera års tid (då det togs prov från 0-10 cm av sedimentet) medan vandrarmusslorna endast var där under tre veckor i vattenflödet. Något som också kan ha påverkat är vattenflöde, vandrarmusslorna inte har hunnit att stabilisera halten av PCB. Om det hade varit en korrelation i halten av sediment och vandrarmusslorna hade det gått att strunta i att mäta vandrarmusslorna och bara mäta sediment. De två stickproven av vatten visade inget PCB, men det var förvisso inte en passiv mätstation. Genom att mäta bara sediment och vatten verkar man missa en del av PCB som finns i omgivningen.

### 5.3 Metoddiskussion

Det som skulle kunna göras för att förbättra metoden är att ta fler musslor från varje provplats. Det skulle ge större säkerhet och felkällor som enstaka avvikande vandrarmusslor kan göra försvinner, då blir en större statistik säkerhet. Det skulle också behövas göra ytterligare försök, från olika platser vid olika tillfällen eftersom detta endast var ett försök.

Metoden för detta arbete utgör en felkälla till resultatet då dessa vandrarmusslor redan levde i vatten som hade halter av PCB, som leder till missvisande resultat. Om denna metod skulle användas igen bör vandrarmusslor med låg halt odlas under kontrollerade förhållanden för att då ta bort felkällan att det redan var en halt av PCB i vattnet de levde i. Alternativt att analysera halten innan av vandrarmusslor från referensplatsen och då får en nollpunkts referensplats att jämföra med. Den delen av metoden där vandrarmusslorna förvarades i en vecka vid en annan plats, nära men på ett annat ställe, bör tas bort i framtida försök för att ta bort risken för felkällor. Att göra det undviks att det nya stället påverkar resultaten.

Musslorna vi använde frös ned direkt efter upptagning. Det betyder att partiklar som var i vandrarmusslorna, som mat och fekalier, fortfarande fanns kvar i musselköttet. För att undvika den felkällan skulle musslorna behövas renas innan de analyserades, exempelvis renas i akvarium.

Noterbart är att halten i vandrarmusslor i Märstaån (4 Märstaån-18 och 6 VISS-Märstaån-18) var lägre än Näsudden, där vandrarmusslorna ursprungligen hämtades från (se figur 10). Det kan tyda på att vandrarmusslorna hade anpassat sig till omgivningen och är känslig mot förändringar. Vattenflödet har legat på 100 l/s minimum i Märstaån vilket säkerställer ett kontinuerligt flöde av vatten för vandrarmusslorna att filtrera under hela provperioden (se figur 5). Mätvärde för vattenflödet för Näsudden, referensplatsen, finns inte men det finns en sannolikhet att det var ett mindre flöde eftersom Näsudden ligger i en vik. Det kan betyda att vattenflödet i Näsudden är lägre än i Märstaån. Ett lägre vattenflöde kan ha olika påverkan på uppmätt PCB-halt. Ett lägre PCB-halt kan delvis bero på ett högre vattenflöde där PCB inte får chansen att samlas upp i vattnet som i en vik till exempel. Ett högre vattenflöde kan också påverka volymen vatten en vandrarmussla filtrerar, vilket i sin tur kan påverka tiden som behövs för att stabilisera PCB-halten i vandrarmusslorna.

Frågan om tre veckor är tillräckligt med tid att stabilisera PCB i vandrarmusslorna till omgivningen går inte att besvara. Fler mätpunkter över tid skulle krävas för att kunna besvara denna fråga eftersom man inte vet utvecklingskurvan på en mätpunkt förutom skillnaden mellan referensplatsen och provplatserna. Det skulle behövas fler mätningar för att fastställa att tre veckor är tillräckligt med tid för att stabilisera.

### 5.4 Framtida forskningsområden

Fler försök och förbättring av denna metod behövs för att använda denna metod i större skala, se rubrik 5.3. En intressant fråga som kan utredas framöver är varför halten av vissa PCB blev lägre i vissa lokaler jämfört med referensplatsen. Renar de sig eller var det för få antal vandrarmusslor så enstaka avvikelser gav resultat för hela provet? Vilken påverkan har ett större vattenflöde jämfört med en vik för vandrarmusslors ackumulering av miljögifter. Även att undersöka om fekalierna i vandrarmusslorna påverkar mätresultatet vore intressant.

Sigtuna Kommun uppfyller inte sina mål att vara fri från ämnen som skapats och utvunnits av samhället. Vidare fokus på Märstaåns PCB förorening bör tas på allvar och åtgärdas då den rinner ut till övriga Mälaren och kan på så sätt påverka negativt i ekosystem. Arbetet för PCB-problematiken i Oxundasjön bör fortsättas.

## 5.5 Slutsatser

Vandarmusslor utplacerade i bur fungerar som PCB- indikator. Utplacerade vandarmusslor i bur ställer i stort sätt in sig på omgivningens PCB-nivåer efter tre veckor och hade liknande halt av PCB som naturligt förekommande vandarmusslor.

Vandarmusslor som PCB-indikator är ett bra komplement till sedimentanalys för att se aktuell föroreningsnivå. Vandarmusslor kan användas som passiv vattenprovtagare då tidigare stickprov av vatten inte indikerade PCB till skillnad från vandarmusslorna som indikerade PCB.

Det finns minst två källor av PCB i Skarven på grund av olika kongenmönster av PCB i Rosersbergsviken och i Steningeviken.

## 6. Källförteckning

- ALS Global. (2016). Analystekniker. Hämtad 2019-01-29 från <https://www.alsglobal.se/als-scandinavia/analystekniker>
- Andersson, B., Johnson, R., Kvarnäs, H., Persson, G., Weyhenmeyer, G. & Willén, E. (2000). Mälaren - miljötillstånd och utveckling 1965-98. Hämtad från Mälarens vattenvårdsförbunds webbplats: <http://media.malaren.org/2013/06/malaren.pdf>
- Cary Institute of Ecosystem Studies. (n.d.). Zebra Mussel Fact Sheet. Hämtad 2018-12-26 från [https://www.caryinstitute.org/sites/default/files/public/downloads/curriculum-project/zebra\\_mussel\\_fact\\_sheet.pdf](https://www.caryinstitute.org/sites/default/files/public/downloads/curriculum-project/zebra_mussel_fact_sheet.pdf)
- Charlotte Årling. (2018). Nu vet kommunen när PCB-utsläppen skedde. Stockholm Direkt. Hämtad 2019-04-12 från <https://www.stockholmdirekt.se/nyheter/nu-vet-kommunen-nar-pcb-utslappen-skedde/repdpnrbt!Jq5jYgw@9KJoswjC8skQw/>
- Ehinger, M. (2018). Arener och aromatiska föreningar. Hämtad 2018-12-26 från <https://ehinger.nu/undervisning/index.php/kurser/kemi-2/lektioner/organisk-kemi/5580-arener.html>
- Global Invasive Species Database. (2009). *Dreissena polymorpha*. Hämtad 2018-12-26 från <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=50>
- Google Maps. (2019). Hämtad 2019-04-12 från <https://www.google.com/maps>
- Havs och Vattenmyndigheten. (2016). *Dreissena polymorpha* Vandrar mussla. Hämtad 2018-12-26 från <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f76e/1493109700471/faktablad-dreissena-polymorpha-vandrar-mussla.pdf>
- Hällén, J., Karlsson, M. & Hansson, K. (2017). PCB-undersökningar i Oxundasjön 2016. Rapportnummer U 5846. Hämtad 2019-02-02 från <https://www.upplandsvasby.se/download/18.4888d21515e5a932a774773/1508329037434/U5846+PCB-unders%C3%B6kningar+i+Oxundasj%C3%B6n+2016.pdf>
- Lithner, G., Holm, K. & Ekström, C. (2003) Metaller och organiska miljögifter i vattenlevande organismer och deras miljö i Stockholm 2001 (ITM Rapport 108). Hämtad från Stockholms stads webbplats under flik miljöbarometern. [http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/miljowebb/itm\\_108.pdf](http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/miljowebb/itm_108.pdf)
- Livsmedelsverket. (2018). Dioxiner och PCB. Hämtad 2019-04-04 från <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/dioxiner-och-pcb>
- Länsstyrelsen i Västmanlands län. (2018). Metaller och organiska föreningar i sediment från Mälaren. Rapport 10257244 Sedimentprovtagning Mälaren.
- Mälarens vattenvårdsförbund. (2018). Förbättringar som skett. Hämtad 2018-12-29 från <http://www.malaren.org/malaren/hur-mar-malaren/forbattningar-som-skett/>
- Mälarens vattenvårdsförbund. (2019). Kort fakta. Hämtad 2019-04-08 från <http://www.malaren.org/malaren/malaren-och-dess-naromrade/kort-fakta/>
- Nationalencyklopedin. (2019). PCB. Hämtad 2019-04-10 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/pcb>
- Naturvårdsverket. (2018). PCB i miljön. Hämtad 2018-12-26 från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>
- Norling, A. (2018). Gymnasiearbete ht17/vt18. PCB-data. Hämtad 2019-02-02 från <https://sigtuna.naturskyddsforeningen.se/rena-vatten/>
- Persson, A. Karolinska Institutet. (2017). PCB, icke dioxinlika. Hämtad 2018-12-26 från <https://ki.se/imm/pcb-icke-dioxinlika>
- Persson, A. Karolinska Institutet. (2018). Dioxiner och dioxinlika PCB. Hämtad 2018-12-26 från <https://ki.se/imm/dioxiner-och-dioxinlika-pcb>
- Polyklorerade bifenyl. (2018) I Wikipedia. Hämtad 2019-02-02, från [https://sv.wikipedia.org/wiki/Polyklorerade\\_bifenyl#/media/File:Polychlorinated\\_biphenyl\\_structure.svg](https://sv.wikipedia.org/wiki/Polyklorerade_bifenyl#/media/File:Polychlorinated_biphenyl_structure.svg)
- Sigtuna Kommun. (2010). Miljöprogram för Sigtuna Kommun. Hämtad 2019-04-07, från <https://www.sigtuna.se/PageFiles/14643/MILJ%C3%96PROGRAM%20SIGTUNA%20KOMMUN.pdf>
- Sigtuna Vatten och Renhållning. Björn Johansson. Fältvägsdammen vid Måby. (2018)

Sonesten, L. (2018). Mälaren 2017 - Sammanfattande resultat från miljöövervakningen 2017 (Rapport 2018:8). SLU, Institutionen för vatten och miljö Mälarens vattenvårdsförbund

Structor. (2018). Översiktlig miljöteknisk sedimentundersökning, inkl. riskbedömning – Märstaån och Steningeviken- Sigtuna, ordernummer M1800158.

Sveriges miljömål. (2019). Giftfri miljö. Hämtad 2019-04-04 från <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/giftfri-miljo/>

Swedavia Airport, Koncern Miljö, Jonathan Arnlund. Mätstation Broby. (2018)

Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2018). Märstaån. Hämtad 2018-12-29 från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA23364451#pagemodule23>

UNDP. (2019). Globala målen. Hämtad 2019-04-04 från <http://www.globalamalen.se/om-globala-malen/>

Upplands Väsby kommun. (2018). PCB i Väsby. Hämtad 2019-01-15 från <http://www.upplandsvasby.se/bygga-bo-och-miljo/projekt/pcb-i-vasby.html>

## 7. Bilagor

### 7.1 Bilaga 1

#### Utsättning av vandrarmusslan 19/10-18

##### 1. Referensplats

Position: Stenig strand vid vassbälte och överhängande strandvegetation.  
Latitud: 59,5958; Longitud: 17,7712; Vattentemperatur: 11,3 °C; Lufttemperatur: 9 °C;  
pH-värde: 6,4 – 6,7; Tidpunkt: kl. 11:30

##### 2. Rosersbergs småbåtshamn

Position: Utanför ett vassbälte, överhängande strandvegetation, skräp (burkar och betong) i vattnet, mycket sediment vid rörelse i vattnet.  
Latitud: 59,5705; Longitud: 17,8521; Vattentemperatur: 10,8 °C; Lufttemperatur: 14,5 °C;  
pH-värde: 6,1 - 6,4; Tidpunkt: kl. 14:05

##### 3. Rosersbergsviken vid Oxundaåns slut

Position: Stenig strand, tunt vassbälte, träd fällda av bävrar vid en färhage.  
Latitud: 59,5663; Longitud: 17,8522; Vattentemperatur: 10,6 °C; Lufttemperatur: 9,9 °C;  
pH-värde: 6,7 – 7,0; Tidpunkt: kl. 14:50

##### 4. Märstaåns mynning vid Steningeviken

Position: Sumpmark, högt gräs, fällda träd -> bävrar?  
Latitud: 59,6033; Longitud: 17,8144; Vattentemperatur: 10,6 °C; Lufttemperatur: 9 °C;  
pH-värde: 6,1 – 6,4; Tidpunkt: kl. 15:50

##### 5. 200 meter från Steningebadet - Steningeviken

Position: Överhängande strandvegetation, omkringliggande vass  
Latitud: 59,5981; Longitud: 17,8157; Vattentemperatur: 11,6 °C; Lufttemperatur: 9,9 °C;  
pH-värde: 6,4 – 6,7; Tidpunkt: kl. 16:20

##### 6. Bron över Märstaån

Position: Märstaån, högt gräs vid kanterna, sumpig botten, burens sattes fast i träd - hängande  
Latitud: 59,6055; Longitud: 17,8246; Vattentemperatur: 8,5 °C; Lufttemperatur: 6,5 °C;  
pH-värde: 6,7 – 7,0; Tidpunkt: kl. 17:01

### 7.2 Bilaga 2

#### Upptagning av vandrarmusslan 9/11-18

##### 1. Referensplats

Kommentar: Alla vandrarmusslor levde. Buren var inte alls rostig, det såg ut som det var olja eller smuts i vattnet.  
Vattentemperatur: 8,6 °C, Lufttemperatur: 8,0 °C, pH-värde: 6 - 7, Tidpunkt: 15:38

##### 2. Rosersbergs småbåtshamn

Kommentar: En död vandrarmussla, en igel befann sig i skalet. Vandarmusslorna satt ihop med byssustrådar.  
Vattentemperatur: 8,0 °C, Lufttemperatur: 9,9 °C, pH – värde: 6 - 7, Tidpunkt: 13:50

##### 3. Rosersbergsviken vid Oxundaåns slut

Kommentar: Buren var rostig, kan möjligen påverka mätresultatet. En död vandrarmussla.  
Vattentemperatur: 8,2 °C, Lufttemperatur: 8,9 °C, pH – värde: 6 – 7, Tidpunkt: 13:09

#### 4. Märstaåns mynning vid Steningeviken

Kommentar: Fåre musslor som satt ihop med byssustrådar.

Vattentemperatur: 8,5 °C, Lufttemperatur: 9,4 °C, pH – värde: 6 - 7, Tidpunkt: 14:48

#### 5. 200 meter från Steningebadet - Steningeviken

Kommentar: Lite rostig bur, alla vandarmusslor levde.

Vattentemperatur: 8,8 °C, Lufttemperatur: 9,9 °C, pH – värde: 7, Tidpunkt: 14:31

#### 6. Bron över Märstaån

Kommentar: Buren var mycket rostigt i jämförelse med de andra burarna. Det var en död vandarmussla, troligtvis nyligen död.

Vattentemperatur: 8,0 °C, Lufttemperatur: 8,0 °C, pH – värde: 7, Tidpunkt: 15:04

Tid för frysning av vandarmusslorna: 15:58, temperatur: cirka 17 grader

## 7.3 Bilaga 3

### Resultat av PCB-analysen.

I tabell 1 redovisas de exakta värdena av de olika PCB-kongenerna.

Tabell 1. Halter av de olika PCB-kongenerna för varje provplats.

ELEMENT	SAMPLE	Prov 1	Prov 2	Prov 3	Prov 4	Prov 5	Prov 6
PCB 28	mg/kg	0,00076	0,013	0,012	0,00053	0,00085	<0.00020
PCB 52	mg/kg	0,0016	0,025	0,022	0,001	0,0017	0,00044
PCB 101	mg/kg	0,00098	0,0085	0,008	0,00062	0,001	0,0004
PCB 118	mg/kg	0,0007	0,0054	0,005	0,0004	0,0007	0,00027
PCB 138	mg/kg	0,00048	0,0019	0,0017	0,00035	0,0005	0,00029
PCB 153	mg/kg	0,00073	0,0027	0,0026	0,00054	0,00077	0,00041
PCB 180	mg/kg	0,0003	0,00099	0,00094	0,0002	0,0003	<0.00020
PCB, summa 7	mg/kg	0,0056	0,057	0,052	0,0036	0,0058	0,0018

I samtliga figurer anges halter under detektions-gränsen till halva detektionsvärdet (0,0001 mg/kg).

### Tack till

Matz Norling på Sigtuna Naturskyddsförening

Johan Lindell och Per Snöbohm på Sigtuna Naturskola

Frank Menger på SLU

Länsstyrelsen i Stockholm som finansierade PCB-analysen som en del av LIFE-projektet Rich Waters.