

VANDRARMUSSLAN OCH HÖGFLUORERANDE ÄMNEN I MÄRSTA OCH ROSERSBERG.

Är det möjligt att efter tre veckors tid se en mätbar skillnad i mängden högfluorerande ämnen i vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*)?

Lo Lindeblad

Naturvetenskaplig specialisering och Gymnasiearbete
Na16
2019

Handledare: Henrik Wilmar och Matz Norling

Abstract

This field study investigates if the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) can by filtering water, accumulate a measurable amount of highly fluorinated substances from their surroundings. The field study also investigates if the places has been contaminated by highly fluorinated substances and if the sample sites which water comes from Arlanda Airport and Räddningsskolan in Rosersberg has higher levels of PFOS, the highly-fluorinated substance that was used in fire foam class B, which today is forbidden in Sweden, than other sample sites. The chosen method is a field study in cooperation with Sigtuna Naturskola and the Swedish University of Agricultural Science. The Zebra mussels were picked from the so-called reference location and were then put into cages of steel in the water at six chosen places around Märsta and Rosersberg. The mussels were left for three weeks, thereafter taken up, frozen and analysed at the Swedish University of Agricultural Science.

The most important results from this investigation is that on the sample sites of Rosersbergs marina for small boat and the Bridge over Märstaån showed the highest levels of PFOS. The levels of the highly-fluorinated substance PFHxA showed the highest levels of all substances in our investigation. The results also indicated that the mussels can increase the levels of highly fluorinated substances when placed in different environments.

Innehållsförteckning

Abstract.....	2
Inledning	5
Syfte och frågeställning.....	5
Metod och material	5
Bakgrund	6
Vandarmusslan	6
Högfluorerande ämnen.....	6
PFOS, PFNA och PFOA.....	6
Användningsområden av högfluorerade ämnen	7
Högfluorerande ämnen i områden kring Märsta, Rosersberg och Arlanda flygplats	7
Konsekvenser av högfluorerade ämnen i människokroppen	8
Provtagningsplatserna	8
Utförande.....	10
Urval.....	10
Metod.....	10
Utrustning	11
Utrustning för uppluckning och utsättning av Vandarmusslan.....	11
Genomförandet	12
Plockning av vandarmusslan den 12 oktober 2018.....	12
Utsättning av vandarmusslan den 19 oktober 2018	12
Upptagning av vandarmusslan den 9 november 2018.....	12
Extraktion av mjukdelar	12
Resultat	13
Presentation av resultat.....	13
Förklaring av provresultat.....	13
Diskussion	14
PFOS	14
PFHxA.....	14
PFNA, PFOA och PFDA.....	14
Slutsats.....	15
Sammanfattning.....	16
Källförteckning	17
Bilagor	19
Tidigare studier av vandarmusslan.....	20

Utsättning av vandrarmuslan den 19 oktober 2018	20
Upptagning av vandrarmuslan den 9 november 2019.....	21

Inledning

Saker som vi idag tar för givet som rent vatten, ätbar fisk i våra vatten och en ren miljö kan vara ett minne blott om några decennier. Förekomsten av högfluorerande ämnen i vårt dricksvatten har ökat under de senaste tio åren. Dricksvattenskällor som ligger nära flygplatser eller brandövningsområden visar på högre halter av högfluorerande ämnen än andra platser. (Naturskyddsföreningen, 2015)

Syfte och frågeställning

Syftet med denna fältstudie var att undersöka om man kan se en skillnad i halterna av högfluorerande ämnen i vandrarmusslan om man förflyttar den till en annan omgivning med andra halter av högfluorerande ämnen. Ser man en skillnad efter tre veckor eller krävs det en längre period än så för att se en skillnad i halterna? Och om man gör det, skulle vandrarmusslan kunna användas som en biologisk indikator för högfluorerande ämnen?

Metod och material

Tillvägagångssättet för att kunna svara på frågeställningen var litteraturstudier och en fältstudie i samarbete med Sigtuna Naturskola och en analys i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

Bakgrund

Vandarmusslan

Vandarmusslan (*Dreissena polymorpha*) kommer ursprungligen från områden kring Kaspiska havet och Svarta havet, dock visar fossilfynd att musslan förekom i Central- och Västeuropa innan den senaste istiden. Vandarmusslan blir upp till fyra centimeter lång och har ett triangelformat skal med det karaktäristiska zebrarandiga mönstret i vitt och mörkt. Mönstret noteras tydligast på unga individer då äldre musslor får en mörkare färg. Musslorna lever främst i sötvatten med vatten med svaga strömmar som sjöar, floder och åar, men klarar också bräckt vatten med upp till sex promille salthalt. I larvstadiet simmar de fritt och fäster sedan mot hårda underlag. Vid gynnsamma förhållanden kan musslan snabbt föröka sig. (Havs och vattenmyndigheten, 2018). En vandarmussla lever i 4–5 år och en hona blir fertil inom 6–7 veckor efter att den fastnat och kan producera 30 000 till 40 000 ägg per lektillfälle. Lektillfällena infaller sen vår eller tidig sommar då vattentemperaturen är mellan 14–16 grader. Vuxna vandarmusslor kan överleva utanför vattnet i cirka 7 dagar. Larverna följer med strömmen i upp till en månad tills de fäster sig på en hård yta (Zebra Mussel, 2018). Vandarmusslorna äter i huvudsakligen plankton som de intar genom att filtrera stora mängder vatten, upp till en liter per dag. (Vandarmussla, 2018)

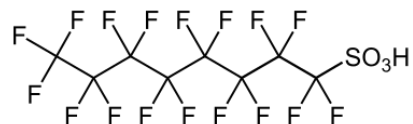
Högfluorerade ämnen

Högfluorerade ämnen eller PFAS är ett samlingsnamn för perfluorerade och polyfluorerade ämnen. Perfluorerade ämnen är fullständigt fluorerade, vilket innebär att en kolkedja där samtliga väteatomer bytts ut mot fluoratomer. Polyfluorerade ämnen är ofullständigt fluorerade, där det fortfarande finns väteatomer kvar i kolkedjan (Wikipedia, 2018). Det finns över 4000 olika högfluorerade ämnen. (Livsmedelsverket, 2018)

Den kemiska bindningen mellan kolatomer och fluoratomer är en av de starkaste som finns i naturen vilket innebär att fluorerade ämnen troligtvis inte bryts ned i miljön. Polyfluorerade ämnen är lika de perfluorerade ämnen, dock är de inte lika stabila och kan brytas ned till perfluorerade ämnen. (Naturvårdsverket, 2019)

PFOS, PFNA och PFOA

Perfluoroktansulfonsyra (PFOS) ($C_8HF_{17}O_3S$) förekommer ofta som salt eller anjon och kallas då perfluoroktansulfonat. PFOS är fullständigt fluorerad. PFOS sprids via luft och vatten och finns i låga halter i mark och vatten över hela landet. PFOS tillhör gruppen perfluorerade alkylsyror. (Wikipedia, 2018). Enligt Swedavia användes PFOS i brandsläckningsmedel från 1980-talet till cirka 2004–2005 i brandövningar på Arlanda flygplats brandövningsområde. 2010 genomfördes en provtagning av flygplatsens brandbilar där rester av PFOS fanns kvar i tankar på bilarna. I juli 2011 sanerades samtliga bilar och ett nytt flourfritt brandsläckningsskum (Moussol 3/6-FF) infördes (Swedavia, 2019).



Perfluorkarboxylsyror är perfluorerade karboxylsyror, vilket innebär en fullständigt fluorerad kolkedja och en karboxylgrupp. (Wikipedia, 2018) De PFCA:s som undersöks i denna studie är perfluormonansyra (PFNA), perfluordekansyra (PFDA), perfluorhexansyra (PFHxA).

Perfluornonansyra (PFNA) ($C_9HF_{17}O_2$). Liksom PFOA med åtta kolatomer är PFNA med sina nio kolatomer en långkedjig perfluorerad karboxylsyra. (Wikipedia, 2018)



Perfluoroktansyra (PFOA) ($C_8HF_{15}O_2$) är ett perfluorerat ämne som används som hjälpkemikalie vid tillverkningen av polytetrafluortylen (PTFE) som används i teflon. Tillverkningen av teflon har varit en källa till stora utsläpp av högfluorerande ämnen till miljön. (Wikipedia, 2018)



Användningsområden av högfluorerade ämnen

På grund av sina vatten- och fettavstötande egenskaper används högfluorerande ämnen ofta som textil- och läderimpregnering på allväderskläder, tält, skor, stoppade möbler, markiser med mera. Papper som till exempel används som livsmedelsförpackningar kan vara behandlat med olika typer av högfluorerade ämnen. Rengöringsmedel som fönsterputsmedel, vaxer och bilvårdsprodukter kan innehålla låga koncentrationer av högfluorerade ämnen. Även utsläpp i låga koncentrationer kan vara betydande för miljön. Skidvalla som innehåller fluorkarboner eller PFC innehåller högfluorerande ämnen. Andra användningsområden är färg, tryckfärg, lack, nonstickstekpannor och kosmetika. (Kemikalieinspektionen, 2018) Det högfluorerande ämnet PFHxA används som en nedbrytningsprodukt av beläggningar som är fettavstötande och motståndskraftiga mot fläckar. Dessa produkter används ofta som livsmedelsförpackningar och hushållsprodukter. (National Toxicology Program, 2019)

Brandskum i klass B användes för att släcka bränder i vätska och där används främst PFOS på grund av sin förmåga att skapa en tunn vattenfilm mellan skummet och det brinnande ämnet vilket gör att skummet snabbt sprider sig och det förhindrar avdunstning och värmestrålning. Klass B-skum användes ofta på flygplatser, men är idag förbjudet i Sverige. (Kemikalieinspektionen, 2018)

I Sverige får de flesta i sig PFOS och PFOA från födan och inomhusmiljön. En kartläggning genomförd av Livsmedelsverket 2014 visade att cirka 3,4 miljoner svenskar har kommunalt dricksvatten som är förorenat av PFAS. Idag finns inga gränsvärden för PFAS i dricksvatten eller livsmedel, men Livsmedelsverket rekommenderar att inte dricka vatten eller äta mat som tillagats i vatten som innehåller mer än 900 nanogram PFAS per liter. (Livsmedelverket, 2018)

Kemikalieinspektionen fick 2015–2017 i uppdrag av regeringen att ta fram ett nationellt åtgärdsprogram för högfluorerande ämnen vilket skulle redovisas i september 2017 där Kemikalieinspektionen skulle verka för att bland annat "företag frivilligt ersätter högfluorerande ämnen med mindre farliga ämnen och material", "verka för en handlingsplan initieras inom EU" och "göra en kartläggning av användning av högfluorerande ämnen och förekomsten av alternativa ämnen och material." Uppdraget innefattade även en undersökning om det är lämpligt att införa nationella begränsningar av halten högfluorerade ämnen i material och en delrapport med förslag om "nationell begränsning i brandskum" lämnades in i början av 2016. (Kemikalieinspektionen, 2018)

Högfluorerande ämnen i områden kring Märsta, Rosersberg och Arlanda flygplats

Högfluorerande ämnen har en skadlig inverkan på människor och djur. I djurförsök har vissa högfluorerande ämnen visat ge negativa effekter på reproduktionen, immunsystemet, sköldkörteln och levern. Andra ämnen är bevisat cancerframkallande. (Naturskyddsföreningen, 2019)

I en undersökning gjord av Svenska Miljöinstitutet i samarbete med Swedavia från 2017 i mark omkring Arlanda Airport visade det sig att 100 procent av alla prover av PFOS och PFHxA i jord, grundvatten och ytvatten var över detektionsgränsen. Av proverna på PFNA var 58 procent av proverna tagna i jord, 69 procent av proverna tagna i grundvatten och 43 procent av proverna tagna

i ytvatten över detektionsgränsen. Proverna av PFDA var 20 procent av proverna i jord, 12 procent av proverna i grundvatten och 14 procent av proverna i ytvatten över detektionsgränsen. Av analysen av proverna på PFOA var 93 procent av proverna i jord, 100 procent av proverna i grundvatten och ytvatten över detektionsgränsen. (Svenska Miljöinstitutet, 2017)

Konsekvenser av högfluorerade ämnen i människokroppen

Samtliga PFAS-ämnen är skapade av människan och finns alltså inte naturligt i miljön. (Livsmedelsverket, 2018). Flertalet högfluorerande ämnen är bioackumulerande. (Wikipedia, 2018). Med bioackumulation menas att koncentrationen av ett visst ämne i en organism ökar på grund av att det upptas fortare än vad det kan nedbrytas, sönderfalla eller utsöndras. (Nationalencyklopedin, 2019) De generella egenskaperna för högfluorerande ämnen är att de är hydrofoba och lipofoba. (Wikipedia, 2018) vilket innebär att de varken löser sig i fett eller vatten. Ett hydrofobt ämne är vattenavstötande och orsaken till denna egenskap är komplex och inte fullt utredd idag. (Nationalencyklopedin, 2019) Ett kemiskt ämne som är lipofobt är ofta svårslöslig i fett och är fettavstötande. (Nationalencyklopedin, 2019).

På grund av sina hydrofoba och lipofoba egenskaper lagras inte högfluorerande ämnen i fettvävnad som många andra bioackumulerande ämnen, utan binder sig till proteiner och lagras i organ som levern eller i blodet (Wikipedia, 2018). Högfluorerande ämnen binder till proteiner som albumin eller fettsyrabindande proteiner. (Karolinska Institutet, 2019). Enligt Wikipedia vekar potentialen för bioackumulation öka ju längre kolkedjan är. Alltså ju längre kolkedja desto högre potential för bioackumulation. Kolkedjor med fler än åtta kolatomer räknas om långkedjiga. Ämnen är även motståndskraftiga mot syror och baser vilket gör att de är svårnedbrytbara. (Wikipedia, 2018)

Exponering av PFOA har visats i studier med gnagare att kunna minska födelsevikten och orsaka neonatal död. Det kan även störa produktionen av bröstmjolk och förändra utvecklingen av bröstkörtlar hos hon-möss. Högre halter av PFOA och PFOS är förknippat med svårigheter att bli gravid och tidigare klimakterier hos kvinnor. En studie på inuitkvinnor på Grönland visade att högre blodserumnivåer av PFOS och PFOA samt andra PFAS-kemikalier medför en ökad risk för bröstcancer. (Breast Cancer Prevention Partners, 2019)

PFNA har i flasknosdelfiner i Delaware Bay i USA uppmätts i koncentrationer om 100 ppm samt i isbjörnar med koncentrationen 400 ppm vilket är väldigt höga koncentrationer. (Wikipedia, 2019)

Företaget Dupont i USA har förorenat dricksvatten under 70 års tid för minst 100 000 människor via utsläpp från en teflonfabrik i staden Parkersburg i West Virginia. Totalt släpptes minst 700 ton PFOA släppts ut genom skorstenar, via avfall och direkt i avloppsvatten till Ohiofloden. En vetenskaplig studie av 70 000 av de drabbade i Parkersburg visade att risken kraftigt ökade för testikel- och njurcancer, höga kolesterolvärden, högt blodtryck och tarmsjukdomen ulcerös kolit. (Sveriges Radio, 2017)

Provtagningsplatserna

De provtagningsplatser som valdes för fältstudien har tidigare används för liknande experiment och prover har innehållit halter av de miljögifter som testas (för liknande tidigare studier, se bilagor). De provtagningsplatserna som valdes är inte exakt samma som vid tidigare studier, vilket var en konsekvens av den valda metoden för fältstudien. Då inte exakt samma metod användes i denna studie blev det omöjligt att använda exakt samma provplatser. De platser som valdes var Näsudden – Flottvik, Rosersbergs småbåtshamn, Marängsåns utlopp i Mälaren, Steningeviken, Märstaån och Märstaåns mynning vid Steningeviken (se bilagor för karta). Arlanda flygplats och Räddningsskolan i

Rosersberg har båda en historia av släckningsarbete med klass B-skum vilket gör dem intressanta för denna undersökning.

Utförande

Urval

Vandarmusslan valdes för att den har i tidigare experiment och fältstudier visat på god filteringsförmåga och stor spridning i Mälaren. Detta betyder att musslan kan filtrera stora mängder vatten och har större sannolikhet att ta upp miljögifter under den period som studien pågick. Vid upplöckning sorterades döda och/eller skadade musslor bort. Därefter sorterades musslorna efter storlek genom ett instrument av trä. Musslor i storleksspannet 18–22 mm användes till undersökningen på grund av att musslorna ska vara av ungefär samma ålder för att de innan experimentet ska tagit upp ungefär samma mängd miljögifter för att resultatet ska bli så tillförlitligt som möjligt. Nästa urval var antalet provplatser och vilka provplatser som valdes för undersökningen. Det slutliga antalet provplatser blev sex stycken och placerade på platser runt om i Märsta och Rosersberg som i tidigare fältstudier visade höga halter av olika miljögifter. Antalet musslor per provplats blev 50 stycken på grund av att olika provtagningar kräver en viss mängd musslor och en marginal av cirka fem musslor krävs på grund av risken för att musslorna avlider. Vid provplatserna valdes den exakta positionen av buren med musslor med utlopp och inlopp av eventuella vattendrag, sjöbottens textur och hur skyddat buren satt från upptäckt av förbipasserande. Buren placerades cirka 30 cm under vattenytan för att vara skyddad från eventuella väderändringar.

Metod

Undersökningen gjordes genom en fältstudie i samarbete med Sigtuna Naturskola, Arlandagymnasiet och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Vandarmusslor plockades och ett prov på 50 musslor sattes ut vid en referensplats. Resterande prover med 50 musslor vardera placerades på ytterligare fem provplatser. Efter tre veckor togs proverna upp och frystes in. Proverna togs därefter till Sveriges Lantbruksuniversitet för vidare analys. För mer information om analysen på SLU, se Genomförandet – Extraktion av mjukdelar.

Utrustning

Utrustning för upplöckning och utsättning av Vandrarmusslan

Sex burar av galvaniskt stål ca 10x10cm, sex stålstavar, termometer som mäter vatten-och lufttemperatur, vadarbyxor, bägare för vattenprov, slägga, buntband, ståltråd, pH-papper, kylväska, kylklampar, glasbehållare, sump (ombyggd tvättmaskinscylinder) tamp, rep, egenkonstruerad musselmätare, märkningspenna, avbitartång,

Termometer för utsättning:

Clas Ohlsson termometer

Art. no: 36 – 6722

Mät noggrannhet: $\pm 0,5$ °C

En annan termometer användes för upptagandet:

”vulleman.eu” DTP5

Genomförandet

Plockning av vandrarmusslan den 12 oktober 2018

Vandrarmusslorna plockades cirka 30 m från den så kallade referensplatsen (se nedan). Vadarbyxor användes för att kunna gå ut i vattnet och plockade upp synliga musslor från ett djup på cirka 30 cm. Musslorna sorterades efter storlek med hjälp av ett verktyg. Musslorna i storleksspannet 18–22 mm användes till fältstudien. Övriga lades tillbaka i vattnet. Musslorna räknades och transporterades cirka 200 m till Näsudden – Bryggan där de placerades i en tvättmaskinstrumma och sänktes ned i vattnet igen. Tvättmaskinstrumman fästes med en tamp i bryggan.

Utsättning av vandrarmusslan den 19 oktober 2018

Den generella metoden som användes vid utsättning var 50 musslor placerades i en bur som förseglades med ståltråd. Buren fästes sedan på en stålstav med två buntband. En till två personer iförda vadarbyxor tog sig ut i vattnet vid den utvalda platsen. När en lämplig plats var funnen bankades stålstaven med buren ned i dyn med en gummiklubba tills buren var cirka 30 cm under ytan och staven satt stadigt fast i botten. Vattenprover, vattentemperatur och pH-värde togs och antecknades. Eventuellt lämnades en skylt på platsen för att markera att en fältstudie utfördes på platsen. Vattenproverna benämns med siffran på platsen. (Se bilagor för kartor över området, samt detaljerad översikt av utsättningen av vandrarmusslan den 19 oktober 2018).

Upptagning av vandrarmusslan den 9 november 2018

Upptagningsproverna benämns med platsens siffra. Den generella metoden för upptagningen var att en person iförd vadarbyxor tog sig ned i vattnet, tog vattenprov, pH-värde och vatten-och lufttemperatur. Personen drog sedan upp staven ur dyn och förde den in till lands. Musslorna räknades och eventuellt bortfall noterades och slängdes ned i vattnet. Musslorna paketerades in i aluminiumfolie och placerades där efter i en förslutningsbar plastpåse som förseglades och märktes med platsens nummer och namn. Påsen lades sedan i en kylväska. Efter den sista upptagningen frystes samtliga musslor och vattenprover in. Tidpunkt för frysning av vandrarmusslorna: 15:58. (Se bilagor för en mer detaljerad översikt av upptagningen av vandrarmusslan den 9 november 2018)

Extraktion av mjukdelar

Proverna skickades på analys på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Där plockades mjukdelarna ut ur de nedfrysta vandrarmusslorna samt förberedes för vidare analys. 5 vandrarmusslor per provplats placerades i behållare för vidare bearbetning. Standard och extraktorlösningar tillsattes till proverna. Proven blandades vid 5000 varv vid två tillfällen under 40 sekunder. Därefter centrifugerades proverna för att skilja ut en vätskefas. 1 ml av denna vätska frystes ned och centrifugerades ytterligare för en slutgiltig analys i en vätskekromatograf.

Resultat

Presentation av resultat

ng/g	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	6A	6B
PFOS	2,4	1,7	2,9	1,9	1,7		5,5	8,1	2,3	2,6	4,2	6,4
PFNA	<1,4	<0,91	<0,95	<0,96	<1		<1,5	<0,96	<0,97	<1	<1	<1
PFHxA	<1,2	45	22	32	7,8		23	21	51	49	27	40
PFDA	<1,3	<0,81	<0,74	<0,81	<0,84		<1,2	<0,8	<0,8	<0,88	<0,83	<0,85
PFOA	<0,83	<0,57	7,6	<0,59	<0,63		<0,83	<0,56	<0,57	<0,6	<0,63	<0,63

A och B visar två prover av vandrarmusslor från samma provplats. Proverna mättes i nanogram ämne per gram blöt musselvävnad.

Förklaring av provresultat

Analysmetoden som används har inte en detektionsgräns, utan visar istället om koncentrationen ligger under kvantifieringsgränsen (LOQ) eller själva koncentrationen om värdet är över LOQ. I prover med PFAS är det högst troligt att alla prover innehåller PFAS, även om instrumentet som använde inte kan upptäcka det. Kvantifieringsgräns förklaras enligt Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) som "Den lägsta koncentration vid vilket ett ämne kan kvantifieras med acceptabel riktighet och precision med metoden." (Sveriges Geologiska Undersökning, 2018). Tecknet "<" används där ämnet inte kan exakt beräknas på grund av att det är under kvantifieringsgränsen. Instrumentet kan detektera att det finns ett visst PFAS-ämne i provet men inte definiera exakt hur mycket.

Provet 3B kunde inte mätas, något skedde under analysens gång som ledde till att det provet gick förlorat. Just vad som skedde vet vi inte. (För karta över provplatser se bilagor.)

Diskussion

PFOS

Resultatet antyder att det finns ett samband mellan platser där det tidigare har använts klass B-skum och högre halter av PFOS som användes i den sortens brandskum. Provplatserna Märstaåns slut vid Steningeviken (4) och Bron över Märstaån (6) har högre halter av PFOS än resterande provplatser. Dessa platser ligger nära områden där klass B-skum har använts i släckningsarbeten, som Arlanda flygplats och Räddningsskolan i Rosersberg. Då högfluorerade ämnen inte förekommer naturligt beror alla utsläpp av en mänsklig faktor och dessa utsläpp har en källa. Det visar också att PFOS och PFHxA som enligt Svenska Miljöinstitutets rapport från 2017 där samtliga prover visar på halter över detektionsgränsen i jord, grundvatten och ytvatten i områden kring Arlanda flygplats. Detta stämmer överens med vår undersökning också visar på cirka 100% av alla prover över detektionsgränsen. Skillnaden då är att våra prover är på levande organismer av arten vandrarmussla och Svenska Miljöinstitutets prover är i jord, grundvatten och ytvatten. 54 procent av de prover som analyserades i denna undersökning för PFOS visade högre halter av ämnet än i referensplatsen (1).

PFHxA

Halterna av PFHxA är de högsta i hela vår undersökning. De högsta halterna av PFHxA visas på provplatserna Näsudden – Flottvik (1) där ett prov visade på 45 ng/g, Steningeviken (5) där båda proverna visade på halter omkring 50 ng/g och Bron över Märstaån (6) där proven visade på halter om 40 ng/g respektive 27 ng/g. Vid Rosersbergsviken (3) mättes en mycket lägre halt av ämnet än resterande platser, endast 7,8 ng/g. Eftersom provet 3B saknas kan vi inte konstatera om den lägre halten beror på att det finns mindre av ämnet på platsen eller om det är ett mätfel då provet 3B försvann. Då halten av PFHxA skiljer sig väldigt mycket åt i proven från referensplatsen (1) misstänker jag att det troligtvis handlar om ett mätfel. En möjlig teori om varför det är så pass höga halter av PFHxA är att det kommer ifrån livsmedelsförpackningar som skräpar ned våra vattendrag, då PFHxA används i tillverkningen av dessa.

Många av provplatserna visar på mindre halter av PFHxA än referensplatsen, vilket kan tyda på att vandrarmusslan kan "göra sig av" med högfluorerande ämnen. Detta kommer denna undersökning ej kunna svara på, men det är något som skulle vara intressant att undersöka vidare. Som nämnt tidigare är de flesta högfluorerande ämnen bioackumulerade, och om vandrarmusslan har funnit ett sätt att "göra sig av" med dessa ämnen skulle vara revolutionerande.

PFNA, PFOA och PFDA

Halterna av PFNA är väldigt jämna över provplatserna om man jämför med till exempel halterna av PFHxA eller PFOS. De högsta halterna som uppmätts är <1,5 ng/g, från ett prov från provplatsen Märstaåns slut vid Steningeviken (4). Denna halt är högre än ett av proverna från referensplatsen, som uppmättes till <1,4 ng/g. Resterande provplatser visar på halter mellan <0,91 ng/g och <1 ng/g.

Ingen av provplatserna visar på en högre halt av PFOA än de som uppmättes på referenspunkten (<0,83 ng/g och <0,53 ng/g) förutom en plats, Rosersbergs småbåtshamn (2) där ett av proverna uppmätte en halt på 7,6 ng/g. Dock visar det andra provet från samma provplats på en mycket mindre halt av ämnet, <0,59 ng/g.

De högsta halterna av PFDA uppmättes vid ett av proverna på referenspunkten (1) med en halt på <1,3 ng/g och vid Märstaåns slut vid Steningeviken (4) med en halt på <1,2 ng/g. Resterande prover visar på väldigt jämna halter av PFDA mellan <0,74 ng/g och <0,88 ng/g.

Slutsats

Det vi kan se från denna undersökning är att halterna av ett högfluorerande ämne kan öka i en vandrarmussla om den hamnar i ett område med högre halter av det ämnet.

I denna fältstudie undersöktes om tre veckors tid är tillräckligt för att kunna urskilja en skillnad i halterna av utvalda högfluorerande ämnen. Av provresultatet har vi kunnat konstatera att halterna av PFOS höjdes på vissa provplatser där det är tidigare konstaterat förhöjda nivåer av PFOS såsom Bron vid Märstaån (6) och Märstaåns slut vid Steningeviken (4). Halterna av PFHxA hade också ökat i provplatsen Steningeviken (5) än halterna som uppmättes på referensplatsen. Halterna av de flesta andra ämnen håller en jämn låg nivå. Detta beror troligtvis på att halterna av dessa ämnen är lägre i den omgivande miljön än halterna av PFOS och PFHxA. Däremot skulle jag säga att en period något längre än tre veckor hade varit fördel i denna undersökning då det ger en större period för musslorna att filtrera en större mängd vatten, vilket innebär att det finns en större sannolikhet att musslorna kan ackumulera högfluorerande ämnen. Efter tre veckors tid kunde vi se en tydlig skillnad på vissa av provplatserna, främst för ämnena PFOS och PFHxA. Dessa provplatser där högre nivåer av PFOS upptäcktes har kopplingar till områden där klass B-skum tidigare har använts för släckningsarbete.

Kan då vandrarmusslan användas som en biologisk indikator för högfluorerande ämnen? Enligt denna studie är svaret ja. Vandrarmusslan kan användas som en biologisk indikator då man tydligt ser i resultatet att vandrarmusslan kan uppta halter av dessa ämnen och det går senare att analysera vandrarmusslans halter av högfluorerande ämnen.

Sammanfattning

I denna fältstudie undersöks huruvida vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*) kan ta upp en mätbar mängd högfluorerande ämnen. Fältstudien undersöker också om de valda provplatserna har förorenats av högfluorerande ämnen samt om de provplatser som vars vatten kommer ifrån Arlanda flygplats och Räddningsskolan i Rosersberg har högre halter av PFOS, det högfluorerande ämnet som användes i brandsskum klass B på dessa platser som idag är förbjudet i Sverige, än de andra provplatserna. Den valda metoden är en fältstudie i samarbete med Sigtuna Naturskola och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Vandrarmusslorna plockades från den så kallade referenspunkten och sattes därefter ut i stålburar på sex utvalda provplatser. Musslorna lämnades i tre veckor för att sedan tas upp och frysas ned för att sedan analyseras på SLU.

De viktigaste resultaten från denna undersökning är att på provplatserna Rosersbergs småbåtshamn och Bron över Märstaån visar de högsta halterna av PFOS. Halterna av det högfluorerande ämnet PFHxA visar de högsta halterna i vår undersökning. Vad detta beror på vet vi inte och detta kräver en vidare undersökning. Resultatet indikerar på att halterna av högfluorerande ämnen ökar i musslorna när de placeras i andra miljöer.

Källförteckning

Breast Cancer Prevention Partners (2019-02-12) *Perfluorooctanoic Acid (PFOA) & Other PFAS Chemicals* [2019-02-12] <https://www.bcpc.org/resource/pfoa-and-other-pfas-chemicals/>

Havs-och vattenmyndigheten (2016-12-20) *Dreissena polymorpha Vandrarmussla* [2018-10-24] <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f76e/1493109700471/faktablad-dreissena-polymorpha-vandrarmussla.pdf>

Havs-och vattenmyndigheten (2018-03-13) *Vandrarmussla (Dreissena polymorpha)* [2018-10-08] <https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/arter/arter-och-naturtyper/vandrarmussla.html>

Karolinska Institutet (2019-03-21) *Perfluorerade och polyfluorerade ämnen* [2019-03-26] <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>

Kemikalieinspektionen (2018-03-05) *Åtgärdsprogram för högfluorerande ämnen – PFAS* [2018-12-18] <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen-pfas/atgardsprogram>

Kemikalieinspektionen (2018-10-09) *Högfluorerande ämnen – PFAS* [2018-11-19] <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen-pfas>

Livsmedelsverket (2018-08-31) *PFAS – Poly-och Perfluorerande alkylsubstanser* [2018-11-20] <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/pfas-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser#Vad%20%C3%A4r%20PFAS>

National Toxicology Program (2019-03-18) *Testing Status of Perfluorhexanoic acid (PFHxA) M040048* [2019-04-12] <https://ntp.niehs.nih.gov/testing/status/agents/ts-m040048.html>

Nationalencyklopedin (2019) *bioaccumulation* [2019-03-26] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bioackumulation>

Nationalencyklopedin (2019) *hydrofob* [2019-03-14] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/hydrofob>

Nationalencyklopedin (2019) *lipofob* [2019-03-14] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/lipofob>

Naturskyddsföreningen (2015-03-31) *PFAS*. [2018-12-20] <https://www.naturskyddsforeningen.se/sveriges-natur/2015-2/pfas>

Naturskyddsföreningen (2019-01-30) *Frågor och svar om PFAS* [2019-01-30] <https://www.naturskyddsforeningen.se/pfas-fraga-svar>

Naturvårdsverket (2019-02-05) *Högfluorerande ämnen i miljön* [2019-03-26] <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Perfluorerade-amnen/>

Svenska Miljöinstitutet (2017-10) *Spridning av högfluorerande ämnen i mark från Stockholm Arlanda Airport* [2019-02-14] <https://www.ivl.se/download/18.1369484715f59ce4babf2/1509550871689/B2289.pdf>

Sveriges Radio (2017-04-19) *Rekordskadestånd till PFAS-förgiftade i USA* [2019-02-13] <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=6676456>

Sveriges Television (2014-08-19) *Främmande arter* [2018-10-24]

<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/frammande-arter-kostar-miljarder>

Wikipedia (2016-06-06) *Vandarmussla* [2018-10-10] <https://sv.wikipedia.org/wiki/Vandarmussla>

Wikipedia (2018-04-28) *Perfluorkarboxylsyror* [2018-12-06]

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Perfluorkarboxylsyror>

Wikipedia (2018-07-05), *Zebra Mussel* [2018-10-09] https://en.wikipedia.org/wiki/Zebra_mussel

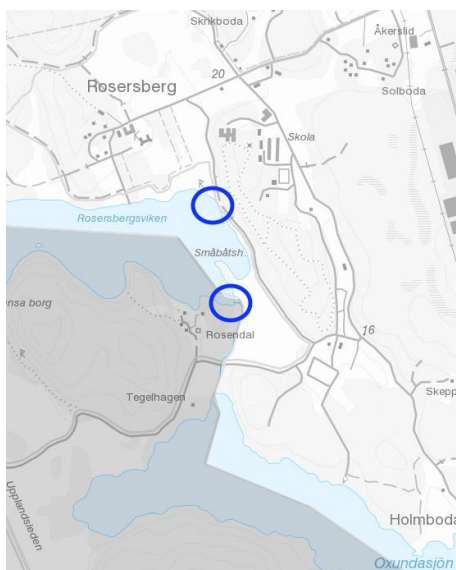
Wikipedia (2018-07-27) *Perfluoroktansulfonsyra* [2018-12-06]

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Perfluoroktansulfonsyra>

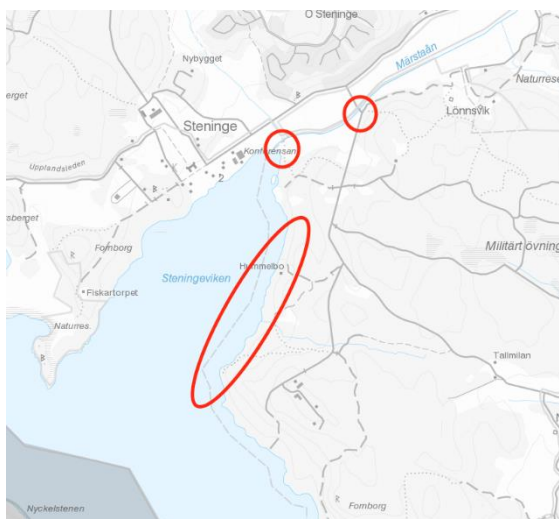
Wikipedia (2019-02-08) *Perfluorononan acid* [2019-02-13]

https://en.wikipedia.org/wiki/Perfluorononanoic_acid

Bilagor



Den övre cirkeln visar provplatsen Rosersbergs småbåtshamn (2) och den undre visar Rosersbergsviken vid Marängsåns slut (3).



Den översta cirkeln visar provplatsen Bron över Märstaån (6), den under visar Märstaåns slut vid Steningeviken (4) och den sista visar Steningeviken (5).



Referensplatsen visas på kartan.

Tidigare studier av vandrarmusslan

Nyblom, N (2017) *Kan vandrarmusslan (Dreissena polymorpha) användas som en biologisk indikator?* Gymnasiearbete, Arlandagymnasiet, Märsta [2019-04-12]

<https://sigtuna.naturskyddsforeningen.se/wp-content/uploads/sites/71/2018/09/Gymnasiearbete-Niklas-Nyblom.pdf>

Utsättning av vandrarmusslan den 19 oktober 2018

Näsudden – Bryggan

Tvättmaskinstrumman låg på botten, pga. av en brusten tamp, troligen orsakad av ett slitage från bryggan. Musslorna hade utvecklat bystrådar som hade fästs i trumman. Endast en avliden musla. Musslorna togs upp ur vattnet, räknades och placerades sedan i en kylbox med kylklampar med undantag för 50 stycken som lades i en bur. Vatten- och lufttemperatur och pH-värde mättes och antecknades.

Latitud: 59,5971, Longitud: 17,7713, Vattentemperatur: 11,1 °C, Lufttemperatur: 9 °C, pH-värde: 6,4, Tidpunkt: kl. 11:00

Näsudden – Flottvik (1)

Denna bur togs sedan till referensplatsen (ca 30 m norr om den plats där musslan ursprungligen togs ifrån) där de placerades ut i vattnet. Den generella metoden användes. pH och vatten- och lufttemperatur mättes och antecknades. Vattenprov togs och benämns 1. Platsen var en stenig strand med 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

Rosersbergs småbåtshamn (2)

Den generella metoden användes. Området var nedskräpat och vassbevuxet. Sediment rördes om när man gick ut. Temperatur och pH-värde mättes och vattenprov togs och benämns 2. Platsen var utanför ett vassbälte med överhängande strandvegetation och mycket sediment rördes upp vid rörelse i vattnet. Skräp så som tomburkar och betong noterades 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

Rosersbergsviken vid Marängsåns slut (3)

Denna bur placerades Marängsåns utlopp i Mälaren. Marängsåån rinner från Oxundasjön till Mälaren. Den generella metoden användes. Temperatur och pH-värde mättes samt vattenprover togs som benämns 3. I området observerades flertalet träd som har gnagts på av bäver. Platsen var en stenig strand med ett tunt vassbälte och buren placerades i en fårhage.

Latitud: 59,5663, Longitud: 17,8522, Vattentemperatur: 10,6 °C, Lufttemperatur: 9,9 °C, pH-värde: 6,7 – 7,0, Tidpunkt: kl. 14:50

Märstaåns slut vid Steningeviken (4)

Den generella metoden användes. Temperatur och pH-värde mättes och vattenprov togs som benämns 4. I vattnet observerades en möjlig ingång till en bäverhydda och en sjunken plastbåt. Platsen kännetecknades av sumpmark med buskar och högt gräs.

Latitud: 59,6033, Longitud: 17,8144, Vattentemperatur: 10,6 °C, Lufttemperatur: 9 °C, pH-värde: 6,1 – 6,4, Tidpunkt: kl. 15:50

Steningeviken (5)

Den generella metoden användes. Vatten-och lufttemperatur och pH-värde mättes och antecknades. Vattenprover togs och benämns 5. Platsen låg ca 200m från Steningebadet. Platsen hade en överhängande strandvegetation, omkringliggande vass och en "slemmig botten".

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

Bron över Märstaån (6)

50 musslor placerades i en bur som förseglades med ståltråd. Den omgivande miljön gjorde att den generella metoden inte var genomförbar. Detta ledde till införandet av en alternativ metod. Buren fästes hängande över ån i ett träd med hjälp av rep som fästes på en gren. Platsen kännetecknades av en brant slutning ned på båda sidor av ån med högt gräs och sumpig botten. Vatten-och lufttemperatur och pH-värde mättes samt vattenprover togs som benämns 6.

Latitud: 59,6055, Longitud: 17,8246, Vattentemperatur: 8,5 °C, Lufttemperatur: 6,5 °C, pH-värde: 6,7 – 7,0, Tidpunkt: kl. 17:01

[Upptagning av vandrarmusslan den 9 november 2019](#)

Rosersbergsviken vid Marängsåns slut (3)

Den generella metoden användes. Endast en mussla överlevde inte experimentet. De tidigare noterade bäverangripna träden vid strandkanten visade spår av att ha ytterligare påverkan av bäver. Musslorna paketerades in i aluminiumfolie som sedan placerades i en återförslutningsbar plats påse som märktes med 3.

Vattentemperatur: 8,2 °C, Lufttemperatur: 8,9 °C, pH – värde: 6 – 7, Tidpunkt: 13:09

Rosersbergs småbåtshamn (2)

Den generella metoden användes. En mussla hade dött och en igel befann sig i dess skal. Vandrarmusslorna hade utvecklat bysustråd som fästs sig i varandra. Vattentemperatur och lufttemperatur mättes och antecknades, pH-värde och vattenprov togs. Vattenprovet märktes med 2B.

Vattentemperatur: 8,0 °C, Lufttemperatur: 9,9 °C, pH – värde: 6 - 7, Tidpunkt: 13:50

Steningeviken (5)

Den generella metoden användes. Inget bortfall. Buren var delvis rostig. Musslorna paketerades i aluminiumfolie och lades ned i en plastpåse som förslöts och märktes med 5. Vatten-och lufttemperatur mättes och pH-värde och vattenprov togs. Vattenprovet märktes med 5B.

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

Märstaåns slut vid Steningeviken (4)

Den generella metoden användes. Det var färre musslor som hade fäst sig i varandra med bysustråd jämfört med tidigare upptagna burar.

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

Bron vid Märstaån (6)

Den generella metoden kunde inte användas på grund av den omgivande miljön. Buren drogs upp genom det rep som hade fästs i det närliggande trädet. (se Utsättande av vandrarmusslan den 19 oktober, Bron vid Märstaån (6)). Buren var anmärkningsvärt mer rostig än tidigare burar och vattnet färgades rött när buren drogs upp. Vattenprov, vatten-och lufttemperatur och pH-värde mättes. Vattenprovet benämns 6B. En mussla var avliden och hade troligtvis nyligen dött.

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

Näsudden – Flottvik (1)

Referensplats. Den generella metoden användes. Alla musslor levde och buren var ej rostig. Någon typ av olja eller smuts låg på vattenytan vid referensplatsen. "Oljan" noterades ligga en bit ut i vattnet.

Vattentemperatur: 8,6 °C, Lufttemperatur: 8,0 °C, pH – värde: 6 – 7, Tidpunkt: 15:38