



RAPPORT LNR 5302-2006

Miljøgifter i Haukåsvassdraget 2005-2006



Hovedkontor

Gaustadaléen 21
0349
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

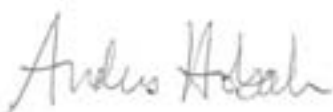
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Miljøgifter i Haukåsvassdraget 2005-2006	Løpenr. (for bestilling) 5302-2006	Dato november 2006
	Prosjektnr. Undernr. O-24323	Sider Pris 20
Forfatter(e) Hobæk, Anders Harman, Christopher	Fagområde Miljøgifter ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Bergen kommune, Byrådsavdeling for byutvikling, Plan- og miljøetaten	Oppdragsreferanse Håvard Bjordal
--	-------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten gjør rede for undersøkelser utført for å avklare om miljøgifter kan ha betydning for bestanden av elvemusling i Haukåselva. Det ble målt organiske miljøgifter (PCB, DDT, PAH) i vannprøver, i elvemuslinger og vha. passive prøvetakere. Uorganiske elementer ble målt i vannprøver og muslinger. Resultatene er sammenholdt med tidligere målinger på organiske sedimentavsetninger i vassdraget.</p> <p>Resultatene tyder på at PAH er den eneste gruppen av de undersøkte miljøgifter som kan tenkes å ha betydning for muslingene. PAH ble påvist i lave konsentrasjoner i vannfasen. PAH målt i muslinger tyder imidlertid på at disse får i seg stoffene først og fremst via organiske partikler som filtreres fra vannet og spises. Det er tidligere påvist betydelige tilførsler av både partikler og PAH i den øvre del av vassdraget. De nye resultatene tyder på at også den nedre del av vassdraget får PAH-tilførsler. Tiltak som reduserer partikkeltilførsler vil også redusere hovedbelastningen med PAH-er for muslingene.</p>

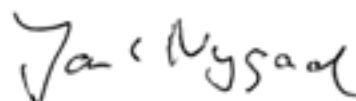
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vassdrag 2. Elvemusling 3. Forurensning 4. Miljøgifter 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Watercourse 2. Freshwater pearl mussel 3. Pollution 4. Environmental contaminants
---	--



Anders Hobæk
Prosjektleder



Tone Jøran Oredalen
Forskningsleder



Jarle Nygaard
Fag- og markedsdirektør

Miljøgifter i Haukåsvassdraget

2005-2006

Forord

I Haukåselva lever en sterkt redusert bestand av elvemusling. I de senere år har interessen for vassdraget og dets bestand av denne rødlistede arten økt markert, og det arbeides med å sikre bestanden levelige forhold slik at den kan få mulighet til å ta seg opp igjen.

Tidligere undersøkelser har påvist organiske miljøgifter i organiske sedimenter i vassdraget, men det har vært uklart om disse kan ha noen betydning for muslingene. Tidligere registreringer inkluderer PAH-forbindelser særlig i vassdragets øvre del, og DDT i den nederste delen.

Som grunnlag for å vurdere aktuelle tiltak ble det i 2005-2006 gjennomført målinger av både organiske og uorganiske miljøgifter i vann og i muslinger, med primær hensikt å avdekke om det finnes en ukjent kilde til DDT-forurensning, men også for videre kartlegging av kilder til andre stoffer, og nivå av disse i selve muslingene.

Christopher Harman har stått for arbeidet med passive prøvetakere og utført analysene av disse.

Arbeidet er utført for Bergen kommune og er finansiert av kommunen med støtte fra SFT. Takk til kommunens kontaktperson, miljøsjef Håvard Bjordal, for entusiastisk og godt samarbeid.

Bergen, desember 2006

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Material og metode	8
2.1 Stasjoner for prøvetaking	8
2.2 Avrenning i eksponeringsperioden	9
2.3 Passive prøvetakere	10
2.4 Laboratorieanalyser	10
3. Resultater og diskusjon	12
3.1 Vannprøver	12
3.2 Passive prøvetakere	12
3.3 Muslinger	14
3.4 PAH i sedimenter, muslinger og passive prøvetakere	15
4. Konklusjon	17
5. Henvisninger	17
Vedlegg A. Analyseresultater	18

Sammendrag

På bakgrunn av tidligere registreringer av miljøgifter i Haukåsvassdraget ble det i 2005 og 2006 gjort en undersøkelse med målsetting å avklare hvilke deler av vassdraget som tilføres forurensning, og om mengden av miljøgifter i muslingene kan være et hovedproblem for den lille bestanden i elva. Primært var en tidligere påvisning av DDT-derivater i sediment en hovedgrunn til bekymring.

Prosjektet ble i utgangspunktet basert på bruk av passive prøvetakere for å registrere nivået av klororganiske forbindelser og polysykliske aromatiske forbindelser på seks stasjoner langs elva. Disse målingene ble så supplert med vannanalyser fra de samme stasjoner. I tillegg ble det analysert på innhold av aktuelle miljøgifter både i døde muslinger funnet i elva og i levende muslinger.

Resultatene tyder på at klororganiske stoffer (inklusive DDT-forbindelser) ikke utgjør noe problem. Disse ble påvist bare i lave konsentrasjoner både i vann og i muslinger. Heller ikke tungmetaller eller andre elementer ble påvist i høye konsentrasjoner i muslingene, selv om hele vassdraget er moderat forurensset av enkelte metaller. Imidlertid ble det funnet PAH-forbindelser med alle metoder, også i muslingene. Resultatene tyder på at muslingene først og fremst får disse forbindelsene i seg gjennom sin næring, ved at de filtrerer organiske partikler fra vannet. En rekke PAH-forbindelser binder seg til organiske partikler. Fra tidligere partikkelforurensning av vassdragets øvre del godt kjent, og også tilførsler av PAH og enkelte metaller. De nye resultatene tyder på at vassdraget lenger ned også tilføres PAH-forbindelser av samme type (forbrenningsprodukter).

Tiltak som reduserer tilførsler av partikler til vassdraget vil samtidig redusere tilførslene av PAH, og en strategi med vekt på partikkelhåndtering anbefales for å bedre muslingens miljø.

Summary

Title: Environmental contaminants in the Haukås River in 2005-2006.

Year: 2006

Author: Hobæk, A. & C. Harman

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5033-6

Based on previous observations, a survey of environmental contaminants was conducted in the Haukås River in 2005-2006. The main objective was to clarify which parts of the river receive contaminants, and whether the level of contamination is of concern for a local population of freshwater river mussel. Of primary concern was a previous detection of DDT derivatives in sediments.

The survey was primarily based on passive sampling utilizing semi-permeable membrane devices. These were deployed at six stations in the main river to record levels of chloro-organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. In addition similar analysis was performed on water samples taken from the same stations and also in both living and dead mussels.

Results indicate that chloro-organic substances, including DDT and its derivatives, do not constitute a problem, being detected only at low concentrations in both water and mussels. Although the river has been shown to be moderately polluted by certain heavy metals, these were likewise not found in alarming concentrations in the mussels. However, PAH compounds were detected both in water and in mussels. The data indicates that filtration and ingestion of organic detritus is the main mechanism by which the mussels acquire PAH compounds. Earlier studies indicated particle pollution as well as PAH and certain metals in the upper part of the watershed. These new results suggest that PAH compounds also reach the river course further downstream, and furthermore, that these sources are of the similar type (i.e., combustion products).

Remedies aimed to retain particles from runoff reaching the river should also reduce the PAH loads correspondingly, and an abatement strategy focused on particles is recommended to protect the mussels.

1. Innledning

Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.) lever i rennende vann. Opprinnelig har arten vært utbredt over mesteparten av det vestlige Europa, men har gått sterkt tilbake de siste 100 år. Dette gjelder også hos oss, hvor mange bestander spesielt i Sør-Norge er utryddet eller meget sterkt redusert. Elvemusling er rødlistet i hele Europa, også i Norge. De senere år har arten fått økt oppmerksomhet hos oss. Direktoratet for Naturforvaltning (DN) driver et nasjonalt overvåkingsprogram for arten, og presenterte nylig en handlingsplan for elvemusling i Norge (DN 2006).

I Haukåselva (Åsane i Bergen) lever fortsatt en restbestand av elvemusling. Forholdene for muslinger i elva er i utgangspunktet gode, men en rekke inngrep og økende forurensning har ført til at bestanden i bare teller mindre enn 500 individer, og rekrutteringen har sviktet over en årrekke (Hobæk m. fl. 2004). Et hovedproblem for elvemusling i Haukåselva synes å være store partikkeltilførsler. I tillegg utgjør eutrofiering fortsatt et problem. Det er også påvist både uorganiske og organiske miljøgifter, men det er uklart om nivået av disse kan ha betydning for bestanden av elvemusling.

Denne rapporten gjør rede for undersøkelser som ble igangsatt for å dokumentere mengden miljøgifter som muslingene eksponeres for. Utgangspunktet for dette var en tidligere påvist forekomst av DDT i elvas nedre del (Hobæk m. fl. 2004), samt relativt høyt nivå av PAH i elvas øvre del (Hobæk 1998; Hobæk m. fl. 2004). Disse forurensningene var påvist i sediment, og det har vært usikkert om tilførselene har avtatt, og om de i så fall representerer et problem for muslingbestanden. F. eks. kan det tenkes at mangel på muslinger i den nedre delen av elva kunne skyldes akkumulering av DDT-derivater.

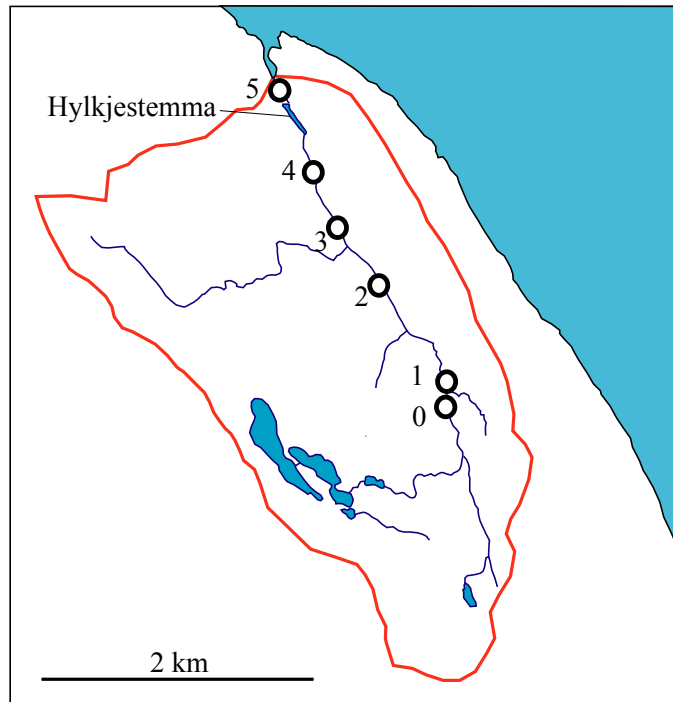
Et forslag om å kartlegge forholdene med passive prøvetakere i elva ble lansert høsten 2004. I 2005 ble det funnet muslinger som var forholdsvis nylig døde, og en av disse ble analysert for innhold av miljøgifter. I tillegg ble det gitt tillatelse til å ta opp to levende muslinger for tilsvarende analyser. I mai 2006 ble så passive prøvetakere satt ut. Etter en eksponeringsperiode på en mnd ble prøvetakerne tatt opp. Det ble også tatt vannprøver for organiske analyser ved utsetting og opptak av de passive prøvetakerne.

Her presenteres måleresultater av miljøgifter i døde og levende muslinger, i vann, og i passive prøvetakere fra perioden april 2005 til juli 2006.

2. Material og metode

2.1 Stasjoner for prøvetaking

For en beskrivelse av vassdraget vises til Hobæk m.fl. 2004. Stasjoner for vannprøvetaking og plassering av SPMDer er vist i Figur 1 og Tabell 1. Alle prøver er tatt i elvas hovedstreng, som går fra Kråvatnet til utløp i sjø ved Hylkje. Passive prøvetakere ble satt ut 31.05.06, og tatt opp igjen 3.07.06. Alle stasjoner ble inspisert 8. juni og 22. juni. Heldigvis fikk prøvetakerne stå i fred gjennom hele perioden.



Figur 1. Stasjoner for vannprøver og passive prøvetakere mai – juli 2006.

Tabell 1. Oversikt over stasjoner for utplassering av passive prøvetakere (SPMD). Tidspunkt og vanntemperatur er også angitt. Det ble tatt vannprøver på hver stasjon ved utsetting og opptak for sammenligning med SPMD. Stasjonene er også vist på kart i **Figur 1**.

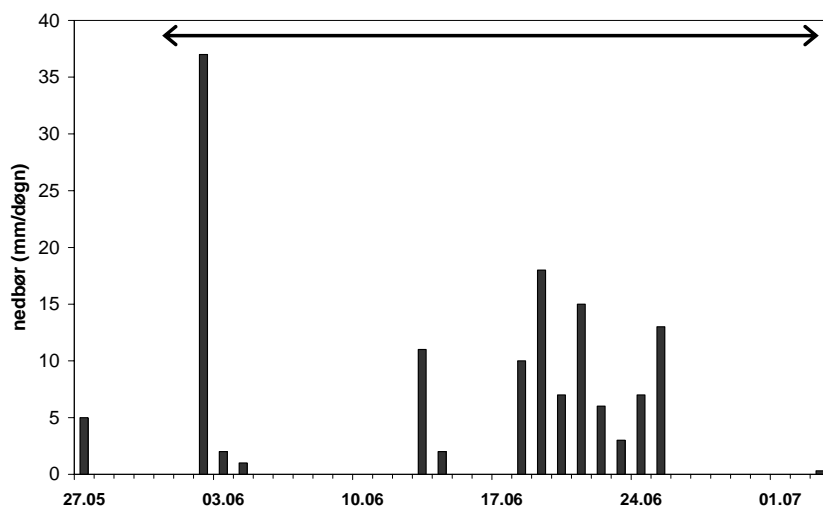
St.	Beskrivelse	UTM 32V	Vann- strøm	Utsett 31.05.06		Opptak 3.07.06	
				Tid	Temp	Tid	Temp
0	Ca 100 m ovenfor kulvert under Travparkveien	N 6711328 Ø 301126	God	11:45	11,7	11:15	18,3
1	Ca 25 m nedenfor samløp med bekk fra Travparken	N 6711476 Ø 301140	Svak	11:10	11,7	11:40	18,0
2	I nederkant av kulvert ved gammel avkjørsel Bergen fengsel	N 6712257 Ø 300606	God	12:45	13,0	12:10	17,3
3	Nedenfor avkjørsel Almåshaugane, ca 80 m nedenfor brua	N 6712740 Ø 300252	Mode- rat	13:20	13,0	12:40	17,1
4	Under bru Almås-dalen	N 6712952 Ø 300150	Sterk	14:05	13,1	13:05	17,0
5	Ca 100 m nedenfor demningen i Hylkjestemma	N 6713624 Ø 299891	God	14:55	11,4	13:30	17,4

To døde muslinger ble plukket inn henholdsvis 1.4.2005 og 20.2.2006 mellom St. 1 og 2. Etter tillatelse fra Fylkesmannen i Hordaland ble også to levende muslinger plukket 9.10.2005, den ene ca. 150 m ovenfor St. 0, den andre på Haukåsmyra mellom St. 1 og 2.

2.2 Avrenning i eksponeringsperioden

Både ved utsetting og opptak av de passive prøvetakerne var det tørt vær og lav vannføring i elva. I perioden disse sto ute hadde vi imidlertid et meget kraftig regnskyll 2. juni, og en lengre periode med betydelig nedbør 18. – 25. juni (Figur 2). I begge disse periodene gikk vannføringen stor. Basert på observasjon av materiale som hang igjen på forankringstauene må vannstanden ha vært en meter høyere enn ved opptak i de flate partiene i elva (St. 1 og 3).

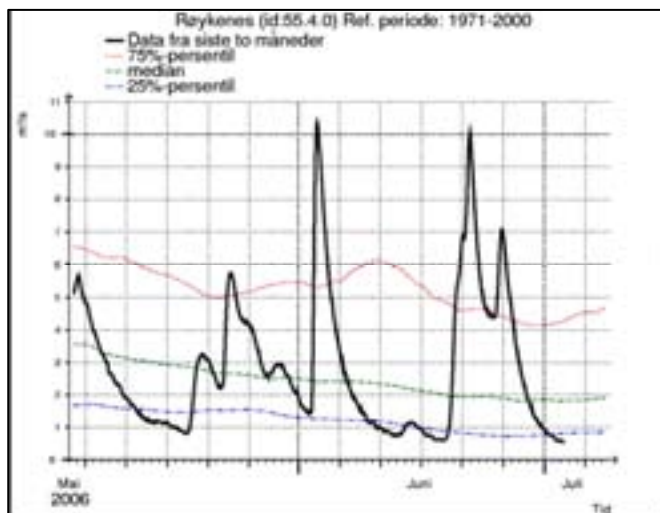
Figur 2. Nedbør i Bergen (Florida) 27. mai – 3. juli 2006 (data fra <http://met.no>). Eksponeringsperioden for passive prøvetakere er indikert med horisontal pil.



Det finnes ikke data for vannføring i Haukåselva. Som en indikasjon viser imidlertid data fra Oselva ved Røykenes (Figur 3) et forløp som sammenfaller med nedbørperiodene vist over. Trolig har toppene vært enda skarpere i Haukåselva, siden dens nedbørfelt er mye mindre enn Oselvas, og mangler høytliggende områder.

Selv om vi mangler data for vannføring er det klart at eksponeringsperioden for de passive prøvetakerne har fått med både episoder med stor avrenning og tørkeperioder, som er ganske typisk for avrenningsforholdene i dette området. Dette er viktig for at målingene skal være representative for forurensningstilførsler til elva.

Figur 3. Vannføring (m^3/s) registrert i Oselva ved Røykenes i mai-juni 2006. Figuren er hentet fra NVE (<http://www.nve.no>).



2.3 Passive prøvetakere

Mens tradisjonelle vannprøver gir et øyeblikksbilde, kan passive prøvetakere gi et bilde av situasjonen integrert over en viss tid. Prøvetakeren vil ta opp komponenter proporsjonalt med konsentrasjonen av disse, og med vannmengden som strømmer over membranen. Dette gjør det mulig på en enkel måte å framskaffe et uttrykk for en middelværdi for ulike typer forurensning, selv om konsentrasjonene i vann kan variere sterkt f. eks. som følge av variabel avrenning fra nedbørfeltet.

Mange organiske miljøgifter er løselige i fett. I den passive prøvetakeren SPMD benytter vi oss av denne egenskapen. Prøvetakeren består av en absorbent som eksponeres for vannet gjennom en tynn membran. Membranen har 'transient cavities' som slipper gjennom miljøgifter som er løst i vannet. Absorbenten er en olje (Triolein) som løser og holder tilbake de aktuelle miljøgiftene. Etter eksponering ekstraheres miljøgiftene fra prøvetakeren og analyseres med vanlige teknikker (se neste avsnitt). Denne type SPMDer er best egnet for upolare miljøgifter som PAH, PCB, dioksiner/furaner, alkaner og lignende. SPMD-membranen spennes opp inne i et perforert metallbur, som så forankres under vann i elva (Figur 4).



Figur 4. Et perforert bur med SPMD forankret på St 3. Elva renner fra venstre mot høyre.

Absorbenten inne i membranene var på forhånd tilsatt "performance reference compounds" (PRC). Hensikten med disse er å kunne kompensere for forskjeller mellom stasjonene og derved tillate sammenlignbare beregninger av konsentrasjoner i vann (se nedenfor). Mengden PRC måles også i en SPMD fra samme produksjonsparti som de eksponerte (ved tid T_0). I tillegg benyttes en "felt-blind", dvs. en tilsvarende SPMD som eksponeres for luft mens SPMDer for prøvetaking monteres i burene, for å kontrollere for mulig luftforurensning av prøvetakerne (opptaksrate i luft er langt høyere enn i vann). Målingene i SPMDene som ble eksponert i elva ble korrigert for lufteksponering ved å trekke fra mengdene påvist i feltblindprøven. For membranene brukt i Haukåselva var mengdene påvist i feltblindprøven minimale, hvilket indikerer ubetydelig luftforurensning ved håndtering av membraner under utsetting og opptak.

2.4 Laboratorieanalyser

Alle kjemiske analyser og beregninger er utført ved NIVAs laboratorium. I muslinger målte vi innhold av PCB, DDT og PAH, foruten et utvalg på 11 elementer (Hg, As, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb, V og Zn). I vannprøver og SPMDer ble PCB, DDT og PAH analysert.

Opparbeidingsmetode som ble benyttet for vannprøvene var væske-væske ekstraksjon med diklorometan, mens prøvetaker ble dialysert to ganger med hexan.

Metaller i muslinger er påvist med induktivt koplet massespektrometri (ICP-MS), bortsett fra kvikksølv som er målt med kald-damp atomabsorpsjonsspektrometri (CV-AAS). Klororganiske stoffer

(PCB, DDT) ble analysert vha. gasskromatografi og "electron capture" detektor (GC-EC), mens polysykliske aromatiske forbindelser ble analysert vha. GC koplet med massespektrometri (GC-MSD).

For SPMDene ble kjemiske analyser utført på hele prøvertakere. Bestemmelsesmetodene var de samme som for vannprøver og muslinger (dvs. GC-MSD for PAH-forbindelser, GC-EC for klororganiske stoffer). De målte verdiene (mengde pr. SPMD) ble så omregnet til konsentrasjon i vann. Disse omregningene er basert på avtak av PRC-stoffene (tilsatt på forhånd) målt fra utsetting til opptak, og kompenserer for ulike forhold mellom stasjoner (vannstrøm, temperatur, evt. vekst på membranene). For beregningsmetodikk vises til Huckins m. fl. (2006). I Haukåselva var det ubetydelige forskjeller mellom stasjoner i temperatur, og det var minimalt med vekst på membranene. Det var imidlertid betydelig forskjell i strømhastighet, og estimatene for vannmengde som SPMDer faktisk samlet lå mellom ca. 1 og 10 liter pr dag. Beregning av middel konsentrasjon i vann er altså korrigert for disse forskjellene.

På St. 0 fikk vi ikke det forventede avtak av PRC-tilsetningen D12 Krysen. Dette antas å skyldes tilfeldig feil eller unøyaktighet ved tilsetningen. For denne stasjonen ble omregningen til middelkonsentrasjoner derfor basert bare på avtak av en annen PRC, D10 Fenantren.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Vannprøver

Fullstendige analyseresultater er gitt i Vedlegg A, mens en oppsummering er vist i Tabell 2. Det ble ikke påvist verken DDT- eller PCB-komponenter over deteksjonsgrensene. PAH-komponenter ble påvist i lave konsentrasjoner på alle stasjoner i juli, og på fire av seks stasjoner i mai. Den øverste stasjonen (St. 0) lå høyest ved begge tidspunkt. Generelt viste stasjonene nedenfor St. 0 høyere verdier i juli enn i mai.

I tillegg til stoffgruppene nevnt over ble det påvist hexaklorbenzen i alle prøver. Pentaklorbenzen og oktaklorstyren ble bare påvist i juli, og den sistnevnte bare i nederste del av vassdraget. Konsentrasjonene i vannfasen var knapt over deteksjonsgrensene.

Tabell 2. Forenklete resultater av analyser av vannprøver. Tabellen viser konsentrasjon (ng/L) av alle PAH-komponenter (19 stoffer), PCB-komponenter (7 stoffer) og DDT-komponenter (3 stoffer).

Stasjon	Dato	Sum PAH ₁₉	Sum PCB ₁₀	Sum DDT
St. 0	31.05.06	9,80	0	0
	03.07.06	7,65	0	0
St. 1	31.05.06	2,00	0	0
	03.07.06	5,23	0	0
St. 2	31.05.06	0	0	0
	03.07.06	4,27	0	0
St. 3	31.05.06	1,40	0	0
	03.07.06	2,76	0	0
St. 4	31.05.06	2,30	0	0
	03.07.06	2,25	0	0
St. 5	31.05.06	0	0	0
	03.07.06	3,49	0	0

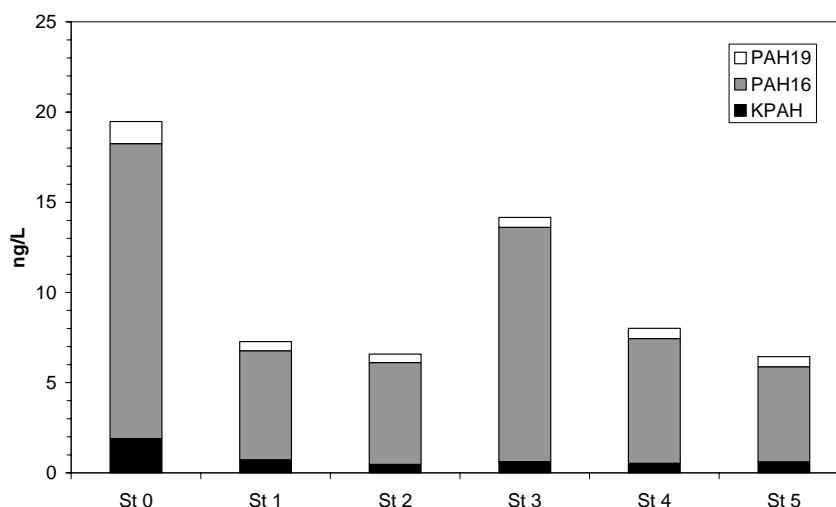
3.2 Passive prøvetakere

En oversikt over analyseresultater er vist i Tabell 3. Fullstendige analysedata finnes i Vedlegg A. Det ble ikke påvist PCB-komponenter over deteksjonsgrensene på noen stasjoner. Derivater av DDT (DDD og DDE) ble påvist i meget lave konsentrasjoner nedenfor Hylkjestemma (stasjon 5), men ikke på stasjonene ovenfor i vassdraget. Dette kan tyde på at kilden til DDT påvist i sedimenter i Hylkjestemma er lokalisert i nærheten. En mulighet kan være fyllingen etter en nedlagt skraphandel ved selve stemma.

Tabell 3. Forenklete resultater av analyser i passive prøvetakere. Tabellen viser beregnet middelkonsentrasjon (ng/L) over eksponeringsperioden 31.05 til 3.07 2006 av alle PAH-komponenter (19 stoffer), PCB-komponenter (10 stoffer) og DDT-komponenter (3 stoffer).

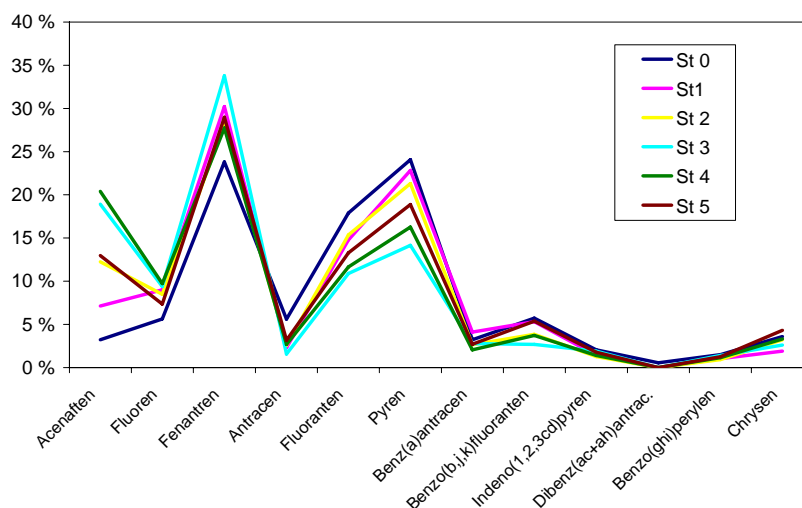
Stasjon	Måleperiode	Sum PAH ₁₉	Sum PCB ₁₀	Sum DDT
St. 0	31.05 – 3.07	19,48	0	0
St. 1	31.05 – 3.07	7,28	0	0
St. 2	31.05 – 3.07	6,59	0	0
St. 3	31.05 – 3.07	14,17	0	0
St. 4	31.05 – 3.07	8,01	0	0
St. 5	31.05 – 3.07	6,45	0	0,03

Av de organiske stoffene pekte PAH-gruppen seg ut med påvisbare mengder på alle stasjoner. Dette var som forventet ut fra tidligere analyser av sedimenter fra tre ulike sedimentasjonsbasseng i vassdraget (se Hobæk m. fl. 2004).



Figur 5. Estimerte konsentrasjoner av PAH på seks stasjoner i Haukåselva. Basert på målinger med passive prøvetakere i perioden 31.5 – 3.7.2006. KPAH angir antatt kreftfremkallende PAHer, PAH₁₆ er en gruppe som vanligvis rapporteres, mens PAH₁₉ omfatter alle komponenter som er analysert.

Mengden PAH i elva var høyest på St. 0, som ligger nærmest de kjente kildene øverst i vassdraget (Figur 5). Lavere konsentrasjoner på St. 1 og 2 nedenfor skyldes fortynning, og tyder ikke på ytterligere tilførsler. Derimot tyder resultatene på nye tilførsler av PAH til elva mellom St. 2 og 3, dvs. langs veien nedenfor Haukåsmynen. Her munner også Almåsbekken ut i elva, og det var derfor forventet en markert fortynning av PAH i hovedelva på St. 3.



Figur 6. Prosentvis sammensetning av PAH på de ulike stasjonene i Haukåselva. Sammensetningen er basert på SPMD-målinger omregnet til konsentrasjon. Naftalen er utelatt fra figuren fordi den bare ble påvist på to stasjoner.

Forholdet mellom ulike PAH-komponenter var nokså ensartet på de seks stasjonene (Figur 6). Dette tyder på at vi har én hovedtype av PAH-kilder. Noe variasjon i lettere komponenter som naftalen og acenaften ble likevel observert. Disse er oftest knyttet til oljer, og regnes av mange ikke som egentlige PAH-er (dvs. de er disykliske i motsetning til polysykliske forbindelser). Registrering av naftalen (Vedlegg A2) på St. 0 og St. 2, og høy andel av acenaften på St. 2 og 4 (Figur 6) kan f. eks. skyldes episodiske små oljetilførsler. Målingene av naftalen var imidlertid usikre pga. interferens med andre stoffer, og det kan derfor ikke trekkes sikre konklusjoner om dette.

Av andre klorerte forbindelser ble det påvist små mengder hexaklorbenzen og pentaklorbenzen i de passive prøvetakerne. Av disse var bare den første påvisbar i vannprøver og i muslinger. Konsentrasjonene var lave sammenlignet med flere innsjøer i Bergens-området. Det ble også observert noen uidentifiserte topper i PCB-kromatogrammene. Disse representerer trolig andre halogenerte forbindelser. Toppene viste samme relative nivå som forbindelsene som er rapportert her, dvs. at de var ganske lave.

3.3 Muslinger

Det ble utført analyser av metaller og organiske miljøgifter i to døde og to levende muslinger (Tabell 4). De levende ble tatt opp 9.10.05, mens de døde ble samlet inn 1.04.05 og 20.02.06. Den første av disse hadde trolig frosset i hjel om vinteren, mens den andre så ut til å være ført med flom inn i en bakevje der vannet senere ble stående nesten stille. Den sistnevnte muslingen hadde mye partikulært materiale inne i skallet sammen med delvis oppløst bløtvev, og analyseresultatet derfor påvirket av stoffer assosiert med partiklene. Analyseresultater er vist. Det levende individ 1 var svært stort (134 mm), og sto ovenfor St. 1.

Tabell 4. Oversikt over analyseresultater for organiske miljøgifter i elvemuslinger fra Haukåselva. Fullstendige analyseresultater finnes i Vedlegg A3. Vekt refererer til innmat uten skall. Enhetene er angitt per våtvekt (vv.) Benzo(a)pyren [B(a)P] er oppgitt særskilt, da det er angitt egne grenseverdier for dette antatt kreftfremkallende stoffet. Fargekoder refererer til SFTs tilstandsklasser (Molvær m. fl. 1997): Ubetydelig forurenset (lys blå); Moderat forurenset (grønn); Markert forurenset (gul); Sterkt forurenset (oransje). Merk at tilstandsklassene er utarbeidet for blåskjell i fjorder og kystfarvann, det mangler enda tilsvarende kriterier for tilstandsklasser i ferskvann.

Parameter	Enhet	Døde muslinger		Levende muslinger 9.10.05	
		01.04.05	20.02.06	Individ 1	Individ 2
Vekt	g vv.	41,6	-	74,3	51,3
Tørrstoff	%		17	10,2	10,1
Fett	% av vv.	1,3	1,6	0,66	0,79
Sum PCB	µg/kg vv.	0,70	2,98	0,94	0,89
HCB	µg/kg vv.	0,07	0,21	0,07	0,08
Sum DDT	µg/kg vv.	0,17	0,59	0,39	0,30
Sum PAH ₁₉	µg/kg vv.	56,1	226,3	101,4	30,1
Sum PAH ₁₆	µg/kg vv.	31,6	209,28	95,28	26,97
Sum KPAH	µg/kg vv.	13,30	91,40	25,50	11,62
B(a)P	µg/kg vv.	1,8	11	2,2	1,3

I de to levende muslingene var det markert forskjell i mengden PAHer, selv om begge lå under grensen for markert forurenset. Muslingen som ble samlet inn ovenfor St. 0 hadde omtrent tre ganger høyere PAH-innhold. Denne hadde også høyere PAH-innhold enn den døde muslingen fra 1.04.05. Høyest innhold fant vi imidlertid i det døde dyret fra 20.02.06. Det er likevel grunn til å tro at mye av det påviste PAH i dette dyret egentlig satt på organiske partikler som hadde samlet seg inne i skallet.

Resultatene tyder på at muslingene kontinuerlig eksponeres for partikler med assosiert PAH, og at slik forurensning tilføres vassdragets øvre deler.

Tabell 5 viser innhold av elementer i muslingene. Bare for sink fant vi konsistent forhøyete verdier (moderat forurenset etter kriteriene for blåskjell i sjø). Nivået i ett av de levende individene lå vesentlig høyere enn de andre målingene, uvisst av hvilken grunn. I død musling fra 20.02.06 lå også enkelte elementer (særlig krom og nikkell) betydelig høyere enn i øvrige målinger. Som for PAH skyldes dette trolig at det var mye organisk sediment med i denne prøven. Analysen på død musling fra 1.04.05 omfattet bare kvikksølv. Dette skyldes at element-analyser ikke var planlagt på dette tidspunktet, og parametervalget ble derfor litt 'ad hoc'.

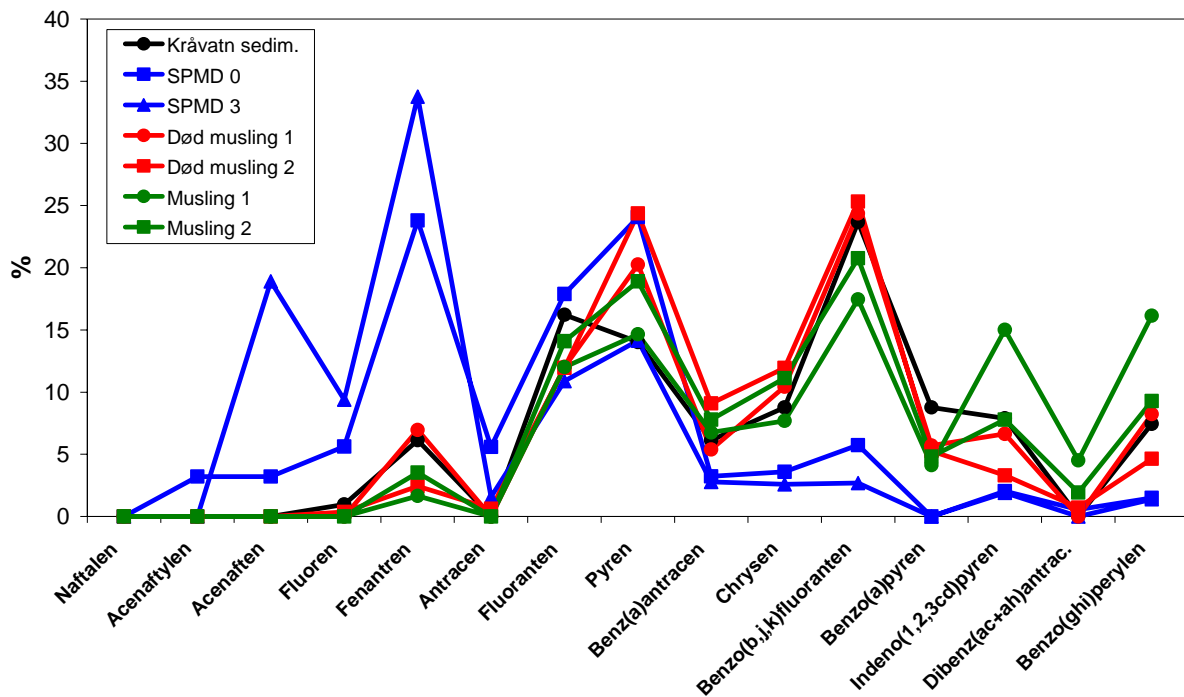
Tabell 5. Analyseresultater for metaller og andre elementer i muslinger i Haukåselva. Mengdene er oppgitt per tørrvekt (tv). Individene er de samme som i **Tabell 4**. Fargekoder refererer til SFT-klassifisering for blåskjell (se Tabell 4).

Parameter	Enhet	Døde muslinger		Levende muslinger 9.10.05	
		01.04.05	20.02.06	Individ 1	Individ 2
Hg	µg/g tv.	0,038		0,037	0,039
As	µg/g tv.		0,57	0,416	0,501
Cd	µg/g tv.		0,135	0,271	0,251
Co	µg/g tv.		1,09	0,301	0,248
Cr	µg/g tv.		23,1	0,498	0,207
Cu	µg/g tv.		2,74	1,28	2,60
Li	µg/g tv.		0,29	0,03	<0,026
Ni	µg/g tv.		15,6	0,361	0,192
Pb	µg/g tv.		2,7	1,28	2,25
V	µg/g tv.		1,35	0,211	0,141
Zn	µg/g tv.		59,1	50,6	110

3.4 PAH i sedimenter, muslinger og passive prøvetakere

SPMD membranene tar ikke opp stoffer som er sterkt knyttet til organiske partikler. En sammenligning av PAH-profiler i organisk sediment, i SPMDer, og i muslinger er derfor av interesse i denne sammenhengen. Dette er vist i Figur 7. Samvariasjon mellom sediment og musling er slående, men SPMD-profilene skiller seg ut. Andelen disykliske komponenter, samt fluoren og fenantren var vesentlig høyere i SPMDene enn i muslingene og i sediment. Tilsvarende utgjorde f. eks. chrysen, benzofluorantenene og benzo(a)pyren lavere andel i SPMDene.

Avvikene forklares ved at ulike komponenter varierer mht. flyktighet og grad av binding til partikler. Sammenligningen tyder også på at det i all hovedsak er partikkelbundne PAHer som tas opp av muslingene, og illustrerer at muslingene kan være en god miljøindikator for partikkelbundet forurensning.



Figur 7. Andel av ulike PAH-komponenter i innsjøsediment (Kråvatn), i SPMD-membraner (St. 0 og St. 3), og i muslinger, alle data fra Haukåsvassdraget. Data for Kråvatn er fra Hobæk m. fl. (2004).

Hobæk (1999) sammenlignet PAH-profiler fra innsjøsedimenter i øvre del av Haukåsvassdraget med andre innsjøer i Norge og med brøytesnø fra trafikkert vei. Sedimentprofilene avviker en del fra det som er kjent fra trafikkavrenning, blant annet ved lavere andel av lettere komponenter som acenaften, fluoren og fenantren. Dette skyldes trolig at disse forbindelse i mindre grad bindes til organiske partikler og sedimenterer i innsjøene, dvs. de er mer flyktige og transporteres lettere videre i vassdraget. Det er interessant at SPMD-profilene viser høyere nivåer nettopp for disse komponentene. Dette kan tyde på at avrenning fra vei er en viktig forurensningskilde. Andre kilder kan ikke dermed utelukkes, og alle typer ufullstendig forbrenning kan bidra til at disse stoffene når vassdraget. Dette inkluderer både langtransportert luftforurensning og lokale forhold som fyring med olje og ved, forbrenningsmotorer, og skogbrann i nedbørfeltet.

Betydningen PAH kan ha for muslingenes overlevelse, vekst og reproduksjon er så godt som ukjent. Mengdene PAH som er påvist i Haukåselva er ikke spesielt høye, men vi kan ikke utelukke at de kan ha biologiske effekter. Studier av biologiske markører (dvs. biokjemiske responser som reagerer på ulike typer forurensning) vil kunne belyse dette nærmere. Det er sannsynligvis mulig å gjennomføre slike undersøkelser med ubetydelig skade på levende muslinger mens de står i elva.

4. Konklusjon

Hovedhensikten med denne undersøkelsen var å avdekke om DDT kunne være et problem for elvemuslingen i Haukåselva, eller til og med være forklaringen på at arten er bortimot utryddet i elvas nedre del. Bakgrunnen for denne mistanken var tidligere påvisning av DDT i sedimenter i Hylkjestemma. Resultatene tyder imidlertid klart på at denne forekomsten er begrenset til selve Hylkjestemma, og derfor av liten eller ingen betydning for muslingene.

Resultatene bekrefter tidligere indikasjoner på at PCB, kvikksølv og tungmetaller heller ikke utgjør noe vesentlig forurensningsproblem for muslingene.

PAH-forbindelser er derimot påvist i hele vassdraget, også i muslinger. Betydningen av disse for muslingene er usikker. Fra tidligere kjenner vi til at vassdraget tilføres PAH-forbindelser i den øvre delen rundt Kipevatn og Kråvatn. Resultatene fra denne undersøkelsen kan tyde på tilførsler også langs hovedelva lenger ned, eller med Almåsbekken. Sammensetningen av PAH tyder på at kildene i hovedsak er av samme type. Dette kan være produkter fra ufullstendig forbrenning både i motorer og annen forbrenning, samt avrenning fra trafikkert vei.

I forhold til tidligere vurdering av miljøforhold for muslingene i Haukåselva (Hobæk m. fl. 2004) har denne undersøkelsen langt på vei avklart problemstillingen med miljøgifter, og vist at dette primært dreier seg om PAH assosiert med partikler. Partikkelforurensning er åpenbart et problem i seg selv for muslingene i Haukåselva, og opptak av PAH-er synes å være sterkt knyttet til dyrenes næringsopptak gjennom filtrering av partikler fra vannet. Derfor kan det antas at tiltak som reduserer partikkelbelastningen på vassdraget også vil redusere muslingenes PAH-opptak tilsvarende. Slike tiltak bør derfor ha høy prioritet, og det er viktig at forebyggende tiltak mot partikkelavrenning innarbeides i planer for nye aktiviteter i nedbørfeltet.

5. Henvisninger

- Direktoratet for naturforvaltning. 2006. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera*. DN rapport 2006-3. 28 s.
- Hobæk, A. 1999. En orienterende kartlegging av miljøgifter i vassdrag ved anleggsområdet Ovn, Haukåsvassdraget i Bergen. NIVA-rapport Lnr. 4004-99. 21 s,
- Hobæk, A., Johnsen, G.H., Raddum, G.G. & Kålås, S. 2004. Elvemusling i Haukåselva. Bestandsstatus, reproduksjon og vannmiljø. NIVA-rapport Lnr. 4085-2004. 53 s.
- Huckins, J., J.D. Petty, and K. Booiij. 2006. Monitors of Organic Chemicals in the Environment. Springer, New York. 223 pp.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT TA-1467/1997. 36 s.

Vedlegg A. Analyseresultater

Vedleggene inkluderer fullstendige analyseresultater for organiske miljøgifter. Data for elementer og tungmetaller er presentert i resultatdelen, og er derfor ikke gjentatt her.

A1. Organiske miljøgifter i vann. Alle verdier er oppgitt i ng/liter. Manglende verdier angitt med ”i” skyldes interferens mellom ulike komponenter i kromatogrammene.

	STASJON 0		STASJON 1		STASJON 2		STASJON 3		STASJON 4		STASJON 5	
	31.05.06	03.07.06	31.05.06	03.07.06	31.05.06	03.07.06	31.05.06	03.07.06	31.05.06	03.07.06	31.05.06	03.07.06
PCB28	<0,2	<0,2	i	<0,2	i	<0,2	i	<0,2	<0,2	i	<0,2	<0,2
PCB52	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	i	<0,2	<0,2	<0,2	i	<0,2
PCB101	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	i	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PCB105	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PCB118	<0,2	<0,2	i	<0,2	i	<0,2	i	<0,2	i	<0,2	<0,2	<0,2
PCB138	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	i	<0,2	<0,2	i	<0,2	<0,2
PCB153	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PCB156	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PCB180	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PCB209	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hexaklorbenzen	0,18	0,22	0,16	0,30	0,17	0,26	0,39	0,22	0,14	0,21	0,19	0,32
AlfaHCH	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
GammaHCH (lindan)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,21	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Oktaklorstyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	i	0,21	i	0,33
Pentaklorbenzen	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	0,13	<0,1	0,16	<0,1	0,12	<0,1	0,13
4,4DDD	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
4,4DDE	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4,4DDT	<1,0	i	<1,0	<1,0	<1,0	i	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Naftalen	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	1,4	<0,5	2,3	<0,5	<1	<0,5
Acenaftalen	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Acenaften	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	1,10	<1	0,84	<1	0,88	<1	<0,5
Fuoren	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Fenantren	<1	0,63	<1	0,56	<1	<0,5	<1	0,50	<1	<0,5	<1	0,70
Antracen	<1	0,62	<1	0,65	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Fluoranten	1,8	1,6	1	1,20	<1	1,00	<1	0,77	<1	0,70	<1	0,92
Pyren	1,8	1,4	1	1,20	<1	0,90	<1	0,65	<1	0,67	<1	0,76
Benz(a)antracen	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Benzo(k)fluoranten	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Benzo(e)pyren	1,1	0,6	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Benzo(a)pyren	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Perylen	1,2	<0,5	<1	0,52	<1	0,67	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	0,54
Indeno(1,2,3cd)pyrene	1,2	0,74	<1	0,54	<1	0,60	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	0,57
Dibenz(ac+ah)antra	<1	<0,5	<1	<2	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Benzo(ghi)perylene	1,3	0,7	<1	<2	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Benzo(b+j)fluorante	1,4	0,85	<1	0,56	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Chrysen	<1	0,51	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5	<1	<0,5
Sum PAH	9,80	7,65	2,00	5,23	0,00	4,27	1,40	2,76	2,30	2,25	0,00	3,49
Sum PCB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum DDT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A2. Organiske miljøgifter i passive prøvetakere. SPMDer ble eksponert fra 31.05 til 3.07.2006.

	Stasjon 0		Stasjon 1		Stasjon 2		Stasjon 3		Stasjon 4		Stasjon 5	
	ng/SPML	ng/L	ng/SPML	ng/L	ng/SPML	ng/L	ng/SPML	ng/L	ng/SPML	ng/L	ng/SPML	ng/L
PCB28	<2	<0,02	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,01
PCB52	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,01
PCB101	<2	<0,03	<2	<0,02	<2	<0,02	<2	<0,03	<2	<0,02	<2	<0,02
PCB105	<2	<0,03	<2	<0,02	<2	<0,02	<2	<0,03	<2	<0,02	<2	<0,02
PCB118	<2	<0,04	<2	<0,02	<2	<0,02	<2	<0,04	<2	<0,02	<2	<0,02
PCB138	<2	<0,05	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,05	<2	<0,03	<2	<0,03
PCB153	<2	<0,07	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,07	<2	<0,03	<2	<0,03
PCB156	<2	<0,06	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,06	<2	<0,03	<2	<0,03
PCB180	<2	<0,10	<2	<0,05	<2	<0,05	<2	<0,10	<2	<0,05	<2	<0,05
PCB209	<2	<0,10	<2	<0,05	<2	<0,05	<2	<0,10	<2	<0,05	<2	<0,05
Hexaklorbenzen	14	0,15	13	0,11	18	0,09	14	0,13	21	0,09	23	0,09
AlfaHCH	<1	<0,03	<1	<0,03	<1	<0,03	<1	<0,03	<1	<0,03	<1	<0,03
GammaHCH (lindan)	<2	<0,08	<2	<0,07	<2	<0,07	<2	<0,07	<2	<0,07	<2	<0,07
Oktaklorstyren	<2	<0,05	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,03	<2	<0,03
Pentaklorbenzen	2,7	<0,03	2,5	0,02	4,1	0,02	3,6	0,03	3,6	0,02	3,1	0,01
4,4DDD	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,01	<2	<0,02	<2	<0,01	3,6	0,02
4,4DDE	<2	<0,02	<2	<0,02	<2	<0,01	<2	<0,02	<2	<0,01	2,4	0,01
4,4DDT	<3	<0,03	<3	<0,02	<3	<0,01	<3	<0,03	<3	<0,01	<3	<0,01
Naftalen	15	2,32	<5	<0,76	<5	<0,76	33	5,05	<5	<0,76	<5	<0,76
Acenaftylen	<5	<0,13	<5	<0,11	<5	<0,10	<5	<0,11	<5	<0,10	<5	<0,10
Acenaften	19	0,53	21	0,48	36	0,75	69	1,62	73	1,52	37	0,76
Fluoren	48	0,92	44	0,61	44	0,52	58	0,80	63	0,72	38	0,43
Dibenzotiofen	18	0,28	13	0,14	14	0,12	16	0,17	19	0,15	16	0,12
Fenantren	270	3,91	170	2,05	200	1,72	220	2,89	260	2,06	220	1,69
Antracen	63	0,92	16	0,15	21	0,16	14	0,14	28	0,20	27	0,18
Fluoranten	280	2,94	120	1,00	180	0,94	100	0,93	190	0,87	180	0,78
Pyren	350	3,96	170	1,54	220	1,30	120	1,21	230	1,21	220	1,10
Benzo(a)antracen	49	0,53	33	0,28	32	0,16	25	0,24	35	0,15	39	0,16
Benzo(k)fluoranten	17	0,20	8,9	0,05	8,7	0,05	<5	<0,06	9,7	0,06	14	0,09
Benzo(e)pyren	37	0,51	23	0,16	22	0,15	13	0,18	32	0,22	30	0,21
Benzo(a)pyren	<5	<0,06	<5	<0,03	<5	<0,03	<5	<0,06	<5	<0,03	6,3	0,04
Perylen	34	0,43	34	0,22	32	0,21	16	0,21	30	0,19	37	0,24
Indeno(1,2,3cd)pyren	21	0,34	12	0,10	9,8	0,08	10	0,16	13	0,10	13	0,10
Dibenz(ac+ah)antrac.	5,5	0,09	<5	<0,04	<5	<0,04	<5	<0,08	<5	<0,04	<5	<0,04
Benzo(ghi)perylen	16	0,25	9	0,07	7,2	0,06	7,6	0,12	11	0,08	9,4	0,07
Benzo(b+j)fluoranten	68	0,74	36	0,31	36	0,18	24	0,23	50	0,22	56	0,23
Chrysen	54	0,59	23	0,13	35	0,20	20	0,22	44	0,25	45	0,25
Sum PAH	1364,5	19,48	732,9	7,28	897,7	6,59	745,6	14,17	1087,7	8,01	987,7	6,45
Sum KPAH	160,5	1,90	89,9	0,73	86,5	0,47	59,0	0,63	107,7	0,53	128,3	0,61

A3. Organiske miljøgifter i elvemuslinger fra Haukåselva.

Parameter	Enhet	Døde muslinger		Levende muslinger 9.10.05	
		01.04.05	20.02.06	Individ 1	Individ 2
Vekt	g vv.	41,6		74,3	51,3
Tørrestoff	%		17	10,2	10,1
Fett	% av vv.	1,3	1,6	0,66	0,79
PCB 28	µg/kg vv.	0,13	0,09	<0,05	<0,05
PCB 52	µg/kg vv.	0,06	0,14	0,06	0,06
PCB 101	µg/kg vv.	0,11	0,57	0,16	0,15
PCB 118	µg/kg vv.	0,05	0,19	0,06	0,06
PCB 105	µg/kg vv.	<0,05	0,19	<0,05	<0,05
PCB 153	µg/kg vv.	0,16	0,89	0,30	0,27
PCB 138	µg/kg vv.	0,12	0,76	0,22	0,22
PCB 156	µg/kg vv.	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
PCB 180	µg/kg vv.	0,07	0,34	0,14	0,13
PCB 209	µg/kg vv.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pentaklorbenzen	µg/kg vv.	<0,03	0,05	<0,03	<0,03
α-Hexaklorhexan	µg/kg vv.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hexaklorbenzen	µg/kg vv.	0,07	0,21	0,07	0,08
γ-Hexaklorhexan (Lindan)	µg/kg vv.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Oktaklorstyren	µg/kg vv.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
4,4DDD	µg/kg vv.	<0,05	0,37	0,13	0,10
4,4DDE	µg/kg vv.	0,08	0,22	0,07	0,06
4,4DDT	µg/kg vv.	0,09	<0,2	0,19	0,14
Naftalen	µg/kg vv.	<1	<10	42 ¹	<18
Acenaftalen	µg/kg vv.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg vv.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fluoren	µg/kg vv.	<0,5	0,78	<0,5	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg vv.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg vv.	2,2	5,1	0,88	0,95
Antracen	µg/kg vv.	<0,5	1,3	<0,5	<0,5
Fluoranten	µg/kg vv.	3,8	25	6,4	3,8
Pyren	µg/kg vv.	6,4	51	7,8	5,1
Benzo(a)antracene	µg/kg vv.	1,7	19	3,6	2,1
Chrysen	µg/kg vv.	3,3	25	4,1	3
Benzo(b)fluoranten	µg/kg vv.	5,8	40	6,9	4,1
Benzo(j,k)fluoranten	µg/kg vv.	1,9	13	2,4	1,5
Benzo(e)pyren	µg/kg vv.	3,5	-	-	-
Benzo(a)pyren	µg/kg vv.	1,8	11	2,2	1,3
Perylen	µg/kg vv.	21	17	6,1	3,1
Indeno(1,2,3-cd)anthracene	µg/kg vv.	2,1	6,9	8	2,1
Dibenz(a,h)anthracene	µg/kg vv.	<0,5	1,5	2,4	0,52

¹ Stor usikkerhet ved denne verdien