



O-93150

Undersøkelse av PAH i sedimenter fra
**Danielsetertjern, Transjøen
og Aurtjern**
Gardermo-området

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-93150	Undernr.:
Løpenr.: 3237	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Undersøkelse av PAH i sedimenter fra Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern Gardermo-området.	Dato: 18.4.95	Trykket:
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Hans Holtan	Geografisk område: Romerike	
	Antall sider: 16	Opplag:

Oppdragsgiver: Oslo Hovedflyplass A/S	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: Det er foretatt undersøkelser av PAH i sedimenter fra 3 innsjøer i Gardermo-området. Resultatene viser at det er en økende gradient av PAH fra overflaten og nedover i sedimentene. I tre av innsjøene var konsentrasjonen høyest i 12 cm sedimentdyp, mens i den tredje sjøen ble maks. konsentrasjon målt i 20-22 cm. Årsaken til dette må være trekullbrenning og industriell virksomhet i gamle dager. PAH-konsentrasjonene i overflatesedimentene er lave sammenlignet med tilsvarende forhold i innsjøer i Oslo-området.

4 emneord, norske

1. Sedimenter
2. Forurensninger
3. PAH
4. Gardermoen

4 emneord, engelske

1. Sediments
2. Pollutants
3. PAH
4. Gardermoen Airport

Prosjektleder

Hans Holtan

For administrasjonen

Dag Berge

ISBN-82-577-2671-0

O - 93150

**Undersøkelse av PAH i sedimenter fra
Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern
Gardermo-området.**

Forord

Oslo Hovedflyplass A.S. (OHAS) har satt i gang undersøkelser for å kartlegge miljøforholdene i en rekke vannforekomster i Gardermo-området. Som et ledd i dette arbeidet, fikk NIVA i oppdrag av OHAS å gi et tilbud på en undersøkelse av sedimentenes innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i 3 innsjøer. Et slikt tilbud ble utarbeidet og er datert 13.05.94. Bekreftelse på at tilbudet var godtatt ble gitt i brev av 26.05.94 fra OHAS til NINA v/Gunnar Halvorsen.

Sedimentprøvene er samlet inn av forskningsleder Stein W. Johansen og forsker Torleif Bækken, begge NIVA. Prøvene er blitt analysert ved NIVA's kjemiske laboratorium. Datamaterialet er bearbeidet og rapportert av seniorforsker Hans Holtan, NIVA.

Innhold

1. Konklusjon	2
2. Innledning	3
3. Problem	3
4. Hensikt	3
5. Metoder	4
5.1. Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingstidspunkt	4
5.2. Prøvetakings- og analysemetoder	4
6. Litt om PAH-kilder og transportveier	5
7. Resultater og kommentarer	6
7.1. Beskrivelse av sedimentene/sedimentkjernene	6
7.2. Analyseresultater	7
7.2.1. PAH-gradienter	8
7.2.2. PAH i overflatesedimentene	9
Referanser	10

1. Konklusjon

Det er gjennomført en undersøkelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene fra 3 innsjøer i Gardermo-området, nemlig Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern. Det ble tatt ut prøver fra forskjellige dyp i sedimentene.

Resultatene viser at det er en økende gradient av PAH fra sedimentoverflaten ned til 12 cm i Transjøen og Aurtjern. I 20 - 22 cm sedimentdyp var PAH-konsentrasjonen omtrent som i overflatesedimentene i disse innsjøer. I Danielsetertjern økte PAH-konsentrasjonen helt ned til 20 - 22 cm. Årsaken til de økende gradienter mot dypet, har høyst sannsynlig sammenheng med produksjon av trekull og forbrenning av ved i gamle dager da det var flere jernverk, dampsgbruk og glassverk i de nærliggende områder. Disse bedrifter brukte trekull og trevirke i smelteprosesser og energiproduksjon. PAH oppstår ved ufullstendig forbrenning av organiske stoffer bl.a. ved trekullproduksjon og forbrenning av trevirke. PAH er knyttet til sot og andre partikler som oppstår ved forbrenningen og vil således bli tilført vannforekomster via atmosfæren og tilsig. PAH-holdige sedimenter dannes når slike partikler synker og avleires på bunnen. Regner vi med en sedimentasjonshastighet på ca. en mm. pr. år, som er normalt i norske innsjøer, faller dybdenivået hvor PAH har sitt maksimum, godt sammen med de industrielle hendelsesforløp i området.

PAH-konsentrasjonene i overflatesedimentene i de nevnte innsjøer er lave sammenlignet med tilsvarende forhold i innsjøer i Osloområdet. Overflatekonsentrasjonenes størrelsesorden kan sammenlignes med tilsvarende konsentrasjoner i Femunden som antas i liten grad å være berørt av forurensninger. Dette betyr at i den senere tid har det vært liten tilførsel av PAH-holdige stoffer.

2. Innledning

På Gardermoen har det i lang tid vært betydelig militær aktivitet og flytrafikk. Dette kan ha ført til tilførsler, særlig atmosfæriske deposisjoner av miljøgifter til nærliggende vannforekomster. Det er først og fremst polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) som er av interesse p.g.a. at de kan inneholde kreftfremkallende komponenter. PAH oppstår ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale deriblant oljeprodukter. Da PAH har en tendens til å knytte seg til partikler og humus, vil de først og fremst kunne igjenfinnes i innsjøsedimenter.

Når Oslo hovedflyplass, Gardermoen blir tatt i bruk, er mulighetene til stede for økt tilførsel av denne type stoffer til nærliggende vannforekomster. Hensikten med den gjennomførte undersøkelse var å fremskaffe et bakgrunnsmateriale som kan anvendes som referanse ved eventuelle senere undersøkelser.

3. Problem

På Gardermoen har det i lang tid vært betydelige sivile og militære aktiviteter bl. a. flytrafikk. Dette kan ha ført til tilførsler av atmosfæriske forurensninger til nærliggende vannforekomster. Bl. a. medfører ufullstendig forbrenning av oljeprodukter, frigivelse av organiske miljøgifter, særlig polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). PAH-komponentene binder seg lett til partikler og derfor kan man forvente en økning av sedimentenes innhold av slike stoffer hvis denne type forurensninger har gjort seg gjeldende.

Når Oslo Hovedflyplass, Gardermoen kommer i drift, er mulighetene til stede for en økt tilførsel av slike stoffer. Det er derfor av interesse å få kartlagt det nåværende innhold av PAH før den nye hovedflyplass blir tatt i bruk.

4. Hensikt

Hovedhensikten med undersøkelsen har vært å dokumentere PAH-forurensningene i vannforekomster i Gardermo-området før den nye hovedflyplassen blir tatt i bruk.

For å fremskaffe et minimum av informasjon om dette, er det samlet inn sedimentkjerner fra tre lokaliteter: Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern.

For å kunne beskrive utviklingen med hensyn til PAH-forurensninger, er konsentrasjonene i ulike dyp av sedimentene undersøkt. Eventuelle gradienter vil kunne gi informasjon om i hvilken grad de nåværende aktiviteter bl. a. flytrafikken har hatt betydning med hensyn til PAH forurensninger.

Ved å sammenligne resultatene med tilsvarende resultater fra andre områder, vil det være mulig å vurdere om Gardermoområdet har vært spesielt utsatt med hensyn til denne type forurensninger.

5. Metoder

5.1. Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingstidspunkt

Det ble valgt ut tre lokaliteter som antas i ulik grad å være (bli) utsatt for forurensninger fra flyplassen eller flytrafikken, nemlig Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern. Sedimentprøvene ble tatt i de sentrale og antatt dypeste områder av innsjøene. Prøvetakingen fant sted den 21. september 1994.

5.2. Prøvetakings- og analysemetoder

Sedimentprøvene ble tatt med en rørhenter med en indre diameter på 60 mm (Skogheim 1979). Det ble tatt 5 kjerner fra hver lokalitet. Søylene ble splittet i sjiktene:

- 0 - 2 cm
- 4 - 6 cm
- 10 - 12 cm
- 20 - 22 cm

Det ble laget blandprøver fra de aktuelle sjikt fra alle søylene i samme lokalitet. Prøvene ble forsvarlig konserveret og oppbevart inntil de ble analysert.

De analysemetoder som er benyttet er beskrevet av Berglind og Gjessing (1980) og kan kort sammenfattes på følgende måte:

1. Ekstraksjon av PAH fra prøven
2. Rensing av ekstrakt for fjerning av forstyrrende stoffer
3. Separasjon av PAH-forbindelsene på GC-FID og GC-MSD
4. Identifikasjon og kvantifisering av de ulike PAH.

Sedimentprøvene ble etter frysetørring, ekstrahert i Soxhletapparat med cyklohexan. Ekstraktene ble rensed ved partisjonering med N,N-dimetylformamid (DMF). Deretter ble ekstraktene rensed på silicagel.

Den gasskromatografiske separasjon ble utført på gasskromatograf (Hewlett Packard 5890 Series II) utstyrt med glasskapilarkolonne og masseselektiv detektor (MSD). Forbindelsene ble identifisert ut fra retensjonstider og selektive ioner. Kvantifiseringen skjedde ut fra indre standarder som ble tilsatt prøvene før ekstraksjon.

6. Litt om PAH-kilder og transportveier

De primære kilder for PAH-forbindelser er kull og oljeprodukter og oppstår ved ufullstendig forbrenning av alle typer organiske forbindelser. Ved opphetning spaltes større organiske molekyler (pyrolyse), og de ofte ustabile spaltingsprodukter kan reagere med hverandre eller andre stoffer til PAH (pyrosyntese). Dette hovedprinsippet omfatter en rekke dannelsesveier, som gir bakgrunnen for at PAH og beslektede heterosykliske stoffer omfatter mange hundre forbindelser (Knutzen 1989).

Kull inneholder en betydelig andel aromater, sammenbundet til et polymert materiale. PAH ekstraheres derfor bare vanskelig fra kull, men forbindelsene frigjøres/dannes når kull varmes opp eller prosesseres.

Råolje inneholder en varierende mengde PAH (<1 - 10 %) og med et klart høyere innhold av alkylerte PAH enn i produktene fra ufullstendig forbrenning, der usubstituerte molekyler dominerer. Etter raffinering er PAH oppkonsentrert i de tyngre fraksjonene (bunkersolje, asfalt).

Naturgass kan også være en forurensningskilde for PAH.

Naturlig dannelse av PAH-forbindelser menes først og fremst å skje i et reduserende miljø med utgangspunkt i bl.a. biologiske fargestoffer bygget over en polyaromatisk grunnstruktur (f. eks. forskjellige kinoner). Slike prosesser finner typisk sted i myrer og anaerobe sedimenter, der PAH også er meget stabil.

Bare relativt få PAH-forbindelser dannes i særlige mengder på denne måten. Det beste eksemplet er kanskje perylen, dessuten reten, piantren og enkelte fenantren- og chryenderivater. Naturlig forekommende PAH i kull omfatter reten og metylerte chrysener, picener og fenantrener.

Vulkanutbrudd og særlig skogbranner er sammen med sig fra oljeforekomster, de viktigste årsaker til at man har et naturlig bakgrunnsnivå av en rekke PAH-forbindelser.

Direkte biosyntese ved visse bakterier, alger og høyere planter, har vært hevdet påvist, men bevismaterialet er omdiskutert og tvilsomt.

Sivilisatoriske kilder omfatter først og fremst bruk av fossilt brensel, enten for oppvarming og strømforsyning eller i forbindelse med industri, spesielt en del typer smelteverk, kull og koksproduksjon og raffinerier. Bilavgasser og asfaltslitasje er også betydelige kilder.

Til vann kommer PAH som direkte atmosfærisk nedfall, ved avrenning fra landområder, oljespill og med kloakkslipp og industrielt spillvann.

I mørket og under anaerobe betingelser er PAH-forbindelsene persistente og brytes i liten

grad ned (Knutzen 1995).

I Norge er PAH-konsentrasjonen i sedimenter fra uberørte innsjøer dårlig dokumentert. Knutzen (1989) antyder at total PAH i overflatesedimenter som antas å være utenfor innflytelse av utslipp til vann, går over mer enn to størrelsesordener og fant det derfor ikke mulig å operere med et praktisk anvendelig bakgrunnsintervall. Van de Meent m/fl (1990) har gitt noen eksempler på maksimale akseptable risikonivåer (MAR) for PAH-komponenter i ferskvannssedimenter og eksempler på bakgrunnsverdier i "preantropogene" Rhinsedimenter:

PAH-komponenter (Benevning: mg/kg tørrvekt)	MAR	"Bakgrunn"
Antracen	5.2	0.02
Benzo(a)antracen	2.0	0.001
Benzo(k)fluoranten	2.5	0.005
Benzo(g,h,i)perylene	2.0	0.003
Benzo(a)pyren	2.5	0.004
Chrysen	2.0	0.005
Fenantren	4.6	0.03
Fluoranten	1.3	0.01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2.5	
Naftalen	1.3	

Det tas forbehold både om MAR-verdiene og bakgrunnsverdienes størrelsesorden når det gjelder PAH- nivåene i sedimenter fra norske innsjøer.

7. Resultater og kommentarer

7.1. Beskrivelse av sedimentene/sedimentkjernene

Danielsetertjern:

Innsjødyppet på prøvestedet var 5.5 m. Hele sedimentkjernen hadde et brunt til brunsvart utsende og uten spesiell sjiktning. Det var tydelig lukt av hydrogensulfid (H_2S).

Transjøen:

Innsjødyppet på prøvetaksstedet var 15 - 16 m. Alle søylene var tydelig sjiktet, 0 - 2 cm svart, 2 - 3 cm lys leire, 3 - 8 cm brunsvart og 8 - 22 cm brun gytje. Aller øverst var det noe fiolett stoff oppå det svarte. Det øverste sjiktet virket seigt og satt fast på prøvetakingsutstyret.

Aurtjern:

Innsjødyppet på prøvetaksstedet var 13 - 14 m. Alle søyler var tydelig sjiktet. Det var et gråhvitt lag på toppen over mikrosjiktning fra 0 til 12 cm med ca. 2 - 3 mm lysbrune sjikt adskilt av svarte striper av 0.2 til 0.5 cm tykkelse. Det var noe gassutvikling fra disse sedimentene. I 20 til 24 cm ble det observert et sagflislag - dette er med i 20 - 22 cm prøven.

7.2. Analyseresultater

Analyseresultatene av PAH er gitt i Vedlegg I, tabellene 1, 2 og 3. De totale PAH-verdiene i de ulike innsjøer og i de ulike sjikt, er vist i fig. 1.

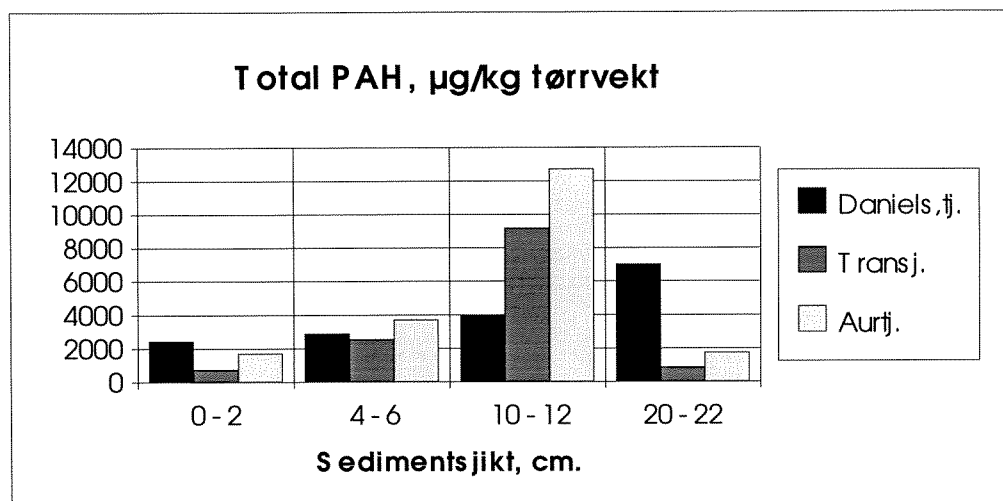


Fig. 1. Total PAH i sedimentkjerner fra Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern.

I Transjøen og Aurtjern øker konsentrasjonen av Total PAH fra overflaten og ned til sjiktet 10 - 12 cm. I sjiktet 20 - 22 cm er konsentrasjonene lave og av størrelsesorden som i sedimentoverflaten (0 - 2 cm). I Danielsetertjern øker også konsentrasjonen mot dypet og her ble de høyeste konsentrasjoner målt i sjiktet 20 - 22 cm. Som fig. 2 viser, hadde også de kreftfremkallende komponenter det samme fordelingsforløp.

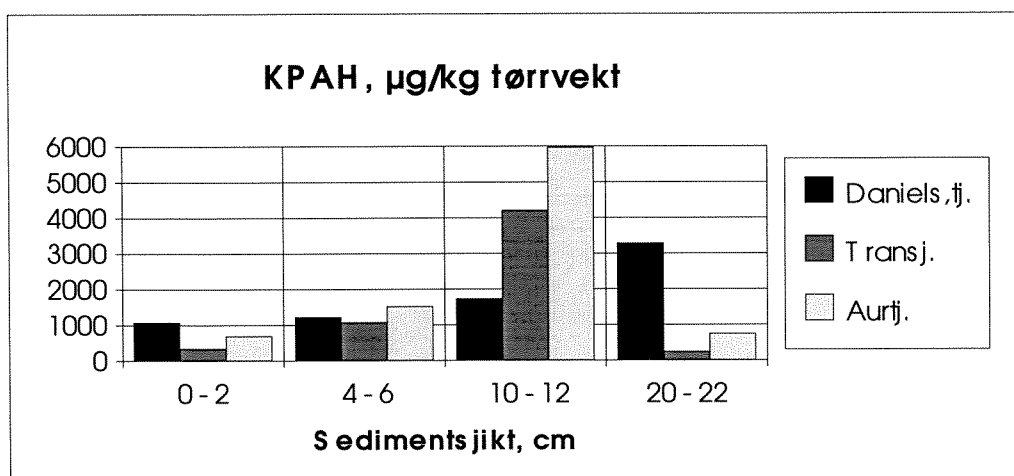


Fig. 2, Kreftfremkallende PAH-komponenter (KPAH) i sedimenter fra Danielsetertjern, Transjøen og Aurtjern.

7.2.1. PAH-gradienter

Hvis vi antar en sedimentasjonshastighet på ca. 1 mm pr. år, som er normalt for norske innsjøer, måtte det være langt større tilførsel av PAH til innsjøene i det forrige århundre enn i dag. PAH-konsentrasjonen fra 12 til 20 cm sedimentdyp er ikke undersøkt og kurveforløpet mellom disse nivåer er derfor ukjent. Konsentrasjonen i overflatesediment som påvirkes av de nåværende tilførsler, er av samme størrelsesorden som i sedimentene som ble dannet for 200 -300 år siden, dvs. før den industrielle tidsalder.

PAH-fordelingen nedgjennom sedimentene må nødvendigvis ha sammenheng med de virksomheter som har foregått først og fremst i nærområdene gjennom tidene. Det er mest trolig at PAH-forbindelsene i vesentlig grad må være tilført luftveien. Det har derfor vært nødvendig med et lite historisk studium for å bringe noe klarhet i dette.

Av industrielle virksomheter i området i begynnelsen av det forrige århundre kan nevnes Eidsvoll jernverk, Feiring jernverk og Vik jernverk (Leif Eriksen, Eidsvoll, pers. med.). Disse jernverk brukte store mengder trekull for å smelte jernmalmen. Trekullbrenning var derfor en meget viktig beskjeftigelse for skogeierne i alle tilstøtende områder. Rester etter slike kullmiler finnes en rekke steder. Jernverkene ble nedlagt før midten av det forrige århundre. Til gjengjeld ble det på denne tid bygget et dampsagbruk og et glassverk i Hurdalen samt et glassverk ved Berger (1857). Disse forbrente store mengder ved, sagflis og annet trevirke. I enkelte områder ble skogen fullstendig uthogd for å skaffe tilstrekkelig mengder ved. Mot slutten av århundrede måtte glassverkene legges ned p.g.a. mangel på ved.

I nærheten av Aurtjern var det i det forrige århundre en større militærleir og det antas at det også her gikk med mye ved til fying.

Kull- og vedbrenningen førte rimeligvis til at store mengder sot og andre organiske partikler ble tilført vannforekomstene, enten via atmosfæren eller via tilløpene. Ut fra det

som er nevnt i kap. 6, inneholder slike partikler store mengder PAH. Etter hvert som partiklene sedimenterte, ble det dannet sedimenter med høye konsentrasjoner av PAH. Som nevnt i kap. 6, er PAH-forbindelser meget persistente i mørke og oksygenfattige sedimenter - følgelig er de tilførte mengder mer eller mindre konserverte.

Mikrosjiktningen med veksling mellom mørke og lyse striper i sedimentene i Aurtjern, kan tyde på vinterfyring avløst av midre fyring sommerstid. Sagflisen som ble funnet i dypsedimentene i Aurtjern kan tyde på transport og bruk av sagflis til fyring. Imidlertid synes det ikke som om "sagflislaget" har hatt noen vesentlig innflytelse på PAH-konsentrasjonene.

Som nevnt dannes PAH ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale bl. a. kull og ved. Det er derfor naturlig å tro at økningen av sedimentenes innhold av PAH mot dypet har sammenheng med trekull- og vedbrenning i forbindelse med den industrielle aktivitet som har funnet sted i området. Med en sedimentasjonshastighet på ca. 1 mm., stemmer PAH-gradienten godt overens med den utvikling som har funnet sted når det gjelder skogsdrift og industriell utvikling. En tilsvarende situasjon synes å ha gjort seg gjeldende i Farrisvann ved Larvik (upubl. data) hvor det også er en markert PAH-gradient mot dypere sedimenter. P.g.a. jernverksdrift rundt midten av det forrige århundre, var det også i dette området en meget stor produksjon av trekull. Mulighetene for tilførsler av PAH til vann og sedimenter var følgelig til stede.

Konsentrasjonen av PAH nedover i sedimentene i Danielsetertjern forløper noe anderledes enn i Transjøen og Aurtjern, idet konsentrasjonen er høyest i det nederste snitt (20 - 22 cm). Uten nærmere kjennskap til eventuelle virksomhetsutvikling i tjernets nærområde, er det vanskelig å ha noen forklaring på årsakssammenhengen.

Danielsetertjern er imidlertid en avvikende innsjøtype i forhold til Transjøen og Aurtjern. P.g.a. høyere biologisk produksjon og mer myraktige omgivelser, er det mulig sedimentasjonshastigheten her er noe større enn i de andre to. Dessuten innvirker sannsynligvis de høyere humustilførsler på hendelsesforløpet (Knutzen 1989).

7.2.2. PAH i overflatesedimentene

Eventuelle forurensningstilførsler i den senere tid, vil nødvendigvis måtte gjenfinnes i de øverste sedimentlag. Som fig. 1 viser er overflatesedimentens (0 - 2 cm) innhold av total PAH høyest i Danielsetertjern og dernest i Aurtjern. Det samme er tilfelle med de kreftfremkalle komponenter (KPAH). Sammenlignet med konsentrasjonsnivåene i andre vannforekomster, er alle verdiene lave. Dette går frem av Vedlegg 1, tabell 4 og/eller fig. 3 hvor PAH-konsentrasjonene i overflatesedimentene fra vannforekomstene på Gardermoen er stilt sammen med tilsvarende resultater fra sedimentene i Maridalsvann (Marv.), Movann (Mov.) i Maridalen og Femunden (Fem.) (G. Holtan m/fl.1994).

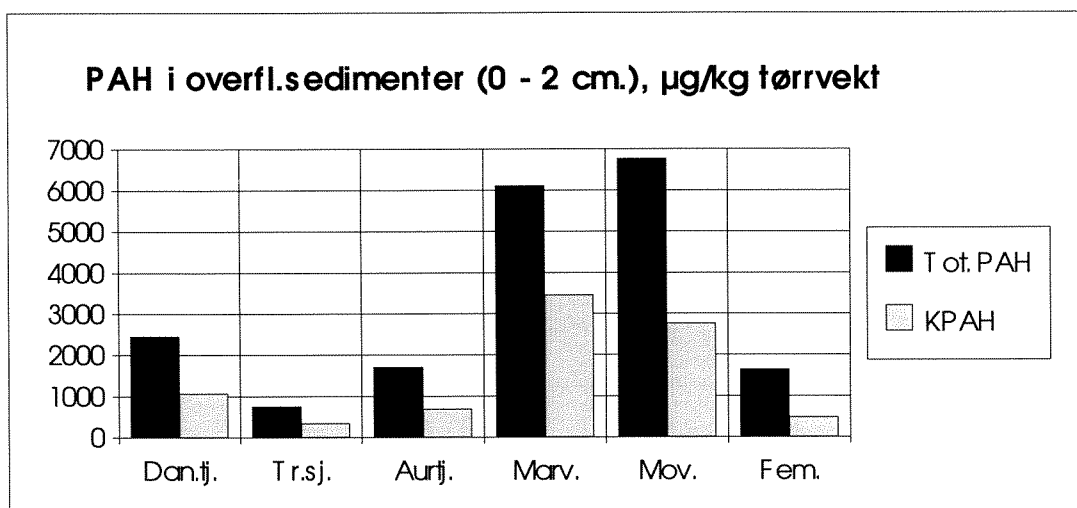


Fig. 3. Total PAH og KPAH (kreftfremkallende) i overflatesedimenter i Danielsetertjern, Transjøen, Aurtjern, Maridalsvann, Movann og Femunden.

Av fig. 3 går det frem at PAH-konsentrasjonen (tot. PAH og KPAH) i sedimentoverflaten av Maridalsvann og Movann er betydelig høyere enn i de undersøkte vannforekomstene på Gardermoen. Konsentrasjonene her er av samme størrelsesorden som i Femunden som vi må anta i liten grad blir berørt av forurensningstilførsler fra nærområdene. Konklusjonen må følgelig bli at de senere tiders aktiviteter på Gardermoen har hatt mindre betydning for tilførsel av PAH til vannforekomstene. PAH-konsentrasjonene i sedimentoverflaten i Danielsetertjern og Aurtjern er noe høyere enn i Transjøen.

Referanser

Berglind, L og E. Gjessing 1980: Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster.

Holtan, G., L. Berglind og H. Holtan 1994: Maridalsvassdraget. PAH i vann og sedimenter sammenlignet med Femunden og Farris. NIVA-rapport O-85138/E-92428, L.nr. 2994.

Knutzen, J. 1989: PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445. L.nr 2205. 107 s.

Knutzen, J. 1995: Effects on marine organisms from polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and other constituents of waste water from aluminium smelters with examples from Norway. Elsevier; The Science of the Total Environment 163 (1995) 107 - 122.

Skogheim, O. K. 1979: Beskrivelse av en sedimenthenter konstruert for prøvetaking av korte sedimentkjerner. Rapport for Årungenprosjektet 1979, nr. 2.

Van de Meent, Dd, T. Aldenberg, J. H Canton, C. A. M. van Gestel & W. Sloof 1990: Desire for levels, Background study for the policy document "Setting Environmental Quality Standards for Water and Soil". Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Miljeuhygiene. Report 670101002, 58 p + annex.

Vedlegg 1

Tab. 1. Danielsetertjern

PAH i sedimenter, µg/kg tørrvekt. Prøvetaking 21.09.94.

Parameter	0 - 2	4 - 6	10 - 12	20 - 22
Naftalen	49	61	62	90
2-M-Naf.	18	22	18	24
1-M-Naf.	11	14	14	15
Bifenyl	5		3	9
2.6-Dimetylnaftalen	24	19	17	21
Acenaftalen	8	13	14	18
Acenaften	14	18	24	26
2.3.5-Trimetylnaftalen	30	15	16	23
Fluoren	84	48	54	74
Fenantren	129	139	178	275
Antracen	18	20	23	29
1-Metylfenantren	27	20	23	33
Fluoranten	171	300	424	719
Pyren	149	202	277	445
Benzo(a)antracen*	91	85	117	187
Chrysen/trifenylen	165	218	302	511
Benzo(b)fluoranten*	489	557	782	1568
Benzo(j,k)fluoranten*	102	128	187	333
Benzo(e)pyren	211	251	352	695
Benzo(a)pyren*	115	139	199	402
Perylen	43	54	74	154
Ind.(1.2.3cd)pyren*	255	287	418	706
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	18	22	27	80
Benzo(ghi)perylene	223	247	353	577
Coronen				
Dibenzopyrener*				
Sum	2449	2879	3958	7014
Derav KPAH (*)	1070	1218	1730	3276
% KPAH	43.7	42.3	43.7	46.7
% Tørrstoff				

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

Deteksjonsgrense 2 µg/kg tørrvekt

* markerer potensielle kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B sannsynlige + trolige cancerogene

Sum av * utgjør KPAH

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tab. 2. Transjøen

PAH i sedimenter, µg/kg tørrvekt. Prøvetaking 21.09.94.

Parameter	0 - 2	4 - 6	10 - 12	20 - 22
Naftalen		26	45	
2-M-Naf.		18	25	
1-M-Naf.		10		
Bifenyl				
2.6-Dimetylnaftalen	3	24	47	54
Acenaftylene	2	10	18	13
Acenaften		10	17	
2.3.5-Trimetylnaftalen	14	37	55	20
Fluoren	20	22	68	28
Fenantren	25	108	400	30
Antracen		17	56	24
1-Metylfenantren	11	34	79	23
Fluoranten	68	257	985	61
Pyren	56	203	702	33
Benzo(a)antracen*	28	105	359	15
Chrysen/trifenylene	54	224	866	40
Benzo(b)fluoranten*	152	407	1697	93
Benzo(j,k)fluoranten*	43	107	401	17
Benzo(e)pyren	75	179	666	34
Benzo(a)pyren*	54	134	475	23
Perylene	20	43	113	217
Ind.(1.2.3cd)pyren*	61	285	1133	83
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	10	38	146	15
Benzo(ghi)perylene	56	236	822	51
Coronen				
Dibenzopyrener*				
Sum	752	2534	9175	874
Derav KPAH (*)	348	1076	4211	246
% KPAH	46.3	42.5	45.9	28.1
% Tørrstoff				

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

Deteksjonsgrense 2 µg/kg

tørrvekt

* markerer potensielle kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier

2A + 2B sannsynlige + trolige

cancerogene

Sum av * utgjør KPAH

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tab. 3. Aurtjern

PAH i sedimenter, µg/kg tørrvekt. Prøvetaking 21.09.94.

Parameter	0 - 2	4 - 6	10 - 12	20 - 22
Naftalen	2	34	41	
2-M-Naf.		6	7	
1-M-Naf.				
Bifenyl				
2.6-Dimetylnaftalen	27	41	46	12
Acenaftylen	15	25	30	10
Acenaften	27			22
2.3.5-Trimetylnaftalen	15	24	41	15
Fluoren	25	31	49	21
Fenantren	108	214	485	102
Antracen	12	27	52	10
1-Metylfenantren	24	47	84	73
Fluoranten	188	429	1426	148
Pyren	123	291	943	93
Benzo(a)antracen*	51	109	417	43
Chrysen/trifenylene	147	320	1143	114
Benzo(b)fluoranten*	296	722	2672	298
Benzo(j,k)fluoranten*	61	156	580	70
Benzo(e)pyren	133	324	1112	123
Benzo(a)pyren*	82	187	606	67
Perylen	26	63	119	68
Ind.(1.2.3cd)pyren*	175	291	1519	241
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	26	49	176	29
Benzo(ghi)perylene	140	320	1187	180
Coronen				
Dibenzopyrener*				
Sum	1703	3710	12735	1739
Derav KPAH (*)	691	1514	5970	748
% KPAH	10.6	40.8	46.9	43
% Tørrstoff				

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

Deteksjonsgrense 2 µg/kg

tørrvekt

* markerer potensielle kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier

2A + 2B sannsynlige + trolige

cancerogene

Sum av * utgjør KPAH

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tab. 4. PAH i overflatesedimenter (0 - 2 cm.) fra innsjøer på Gardermoen, Maridalsvassdraget og Femunden.

	Dan.tj.	Tr.sj	Aurtj.	Marv.	Mov.	Fem.
Parameter	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2
Naftalen	49		2			189
2-M-Naf.	18				12	66
1-M-Naf.	11				14	41
Bifenyl	5					
2.6-Dimetylnaftalen	24	3	27	7	18	14
Acenaftylene	8	2	15	9		
Acenaften	14		27			
2.3.5-Trimetylnaftalen	30	14	15	21	10	
Fluoren	84	20	25	15		
Fenantren	129	25	108	126	49	48
Antracen	18		12	11		10
1-Metylfenantren	27	11	24	19		11
Fluoranten	171	68	188	387	290	374
Pyren	149	56	123	244	182	167
Benzo(a)antracen*	91	28	51	215	191	6
Chrysen/trifenylene	165	54	147	375	279	33
Benzo(b)fluoranten*	489	152	296	1780	1590	412
Benzo(j,k)fluoranten*	102	43	61	269	228 ^{xx)}	
Benzo(e)pyren	211	75	133	518	435	63
Benzo(a)pyren*	115	54	82	246	196	29
Perylen	43	20	26	539	2483	111
Ind.(1.2.3cd)pyren*	255	61	175	817	488	41
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	18	10	26	122	68	
Benzo(ghi)perylene	223	56	140	387	232	20
Coronen						
Dibenzopyrener*						
Sum	2449	752	1703	6107	6765	1635
Derav KPAH (*)	1070	348	691	3449	2761	488
% KPAH	43.7	46.3	10.6	56.5	40.8	29.8

xx): inkludert i
benzo(b)fluoranten



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2671-0