



RAPPORT LNR 5039-2005

**Kontrollmåling i avløp
hos Steen-Hansen Maling
AS**

April 2005



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
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

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Kontrollmåling i avløp hos Steen-Hansen Maling AS. April 2005	Løpenr. (for bestilling) 5039-2005	Dato 5. juli 2005
	Prosjektnr. Undernr. 25101	Sider Pris 15
Forfatter(e) Hobæk, Anders	Fagområde Miljøgifter ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Steen-Hansen Maling AS	Oppdragsreferanse Stein Bendiksen
--	--------------------------------------

Sammendrag

Rapporten redegjør for kontrollmåling av tungmetaller, organiske miljøgifter og næringssalter i avløp fra malingfabrikken Steen-Hansen Maling AS til offentlig kloakknett.

Med en intervallstyrt peristaltisk pumpe ble det tatt prøver en gang pr. time i løpet av arbeidsdagen over en arbeidsuke i april 2005. Delprøvene ble samlet opp i en stor blandprøve, som senere ble analysert for de aktuelle forbindelser. For tungmetaller ble det benyttet en passiv prøvetaker (DGT) som var montert direkte i avløpsrøret.

Mengden tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni og Pb), PAHer, ftalater, nonylfenol og dens etoksilater, samt fosfor, nitrogen og kjemisk oksygenforbruk presenteres, og mengden av disse i samlet utslipp over en uke er beregnet.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Avløp	1. Runoff
2. Organiske miljøgifter	2. Persistent organic pollutants
3. Tungmetaller	3. Heavy metals
4. Næringssalter	4. Nutrients



Anders Hobæk
Prosjektleder



Thomas Rohrlack
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

ISBN 82-577-4741-6

**Kontrollmåling i avløp
hos Steen-Hansen Maling AS**

April 2005

Forord

Malingprodusenten Steen-Hansen Maling AS har pålegg om kontrollmålinger av miljøgifter i avløp til kloaknettet. NIVA påtok seg å utføre målingene i 2005. Oppdraget ble utført med prøvetaking over en uke i april 2005. Prøvene av avløpsvann viste seg å by på analysetekniske problemer. Takk til NIVAs laboratorium, og spesielt til Alfild Kringstad for velvillig innsats.

Kontaktperson for oppdragsgiver har vært fabrikk sjef Stein Bendiksen, som også har bistått med praktiske løsninger ved prøvetakingen.

Bergen, juli 2005

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	7
1. Bakgrunn	8
2. Materiale og metoder	8
2.1 Avløpet	8
2.2 Prøvetaking	8
2.2.1 Passiv prøvetaking	8
2.2.2 Blandprøve	9
2.3 Analyser	9
3. Resultater og diskusjon	11
3.1 Konsentrasjoner	11
3.1.1 Generelle parametre	11
3.1.2 Metaller	12
3.1.3 PAH	12
3.1.4 Ftalater	13
3.1.5 Nonylfenol og -etoksilater	13
3.2 Avløpsvolum og stoffmengder	14
4. Henvisninger	15

Sammendrag

Rapporten redegjør for kontrollmåling i avløp hos malingprodusenten Steen-Hansen Maling AS. Målingene er utført over en periode på en uke i april 2005. Prøvetaking ble utført som en tidsintegret blandprøve ved hjelp av en tidsstyrt peristaltisk pumpe, med prøvetaking en gang i timen gjennom arbeidsdagene. For tungmetaller benyttet vi en passiv prøvetaker (DGT) som ble plassert direkte i avløpsrøret.

Analysene omfattet suspendert stoff, kjemisk oksygenforbruk, næringsstoffer (fosfor og nitrogen), tungmetaller (kadmium, krom, kopper, nikkel og bly), polysykliske aromatiske hydrokarboner, ftalater, nonylfenol og etoksilerte nonylfenoler. Samlet mengde av de ulike komponenter som har gått i avløp over måleperioden er beregnet.

1. Bakgrunn

Steen-Hansen Maling AS har pålegg om kontroll av utslipp av metaller, organiske miljøgifter og næringssalter fra produksjonen. NIVA har forestått måleprogrammet for 2004. I utarbeidelsen av måleprogrammet ønsket vi å benytte passive prøvetagere som integrerer variasjoner over tid. Slike prøvetakere er basert på diffusjon over ulike membraner, og egner seg i prinsippet svært godt for regulær overvåking. På grunn av praktiske begrensninger og manglende erfaringsgrunnlag for flere av de organiske forbindelsene måtte denne tilnærmingen begrenses til tungmetaller, og de øvrige parametre ble målt i en blandprøve som representerer prøveperioden. Kontrollmåling skal utføres årlig, og det er planlagt at disse skal utføres til ulike tider på året for å fange opp variasjoner i produksjonsvolum og produkttyper.

2. Materiale og metoder

2.1 Avløpet

Den aktuelle delen av bedriften har en egen avløpsledning. Denne mottar avløp fra skylling av produksjonsutstyr. Samlet avløp utgjorde 283 m³ for siste 12 mnd periode (juni 2004-mai 2005), tilsvarende et gjennomsnitt på 23,6 m³ pr. mnd eller 5,44 m³ pr. uke. I tillegg går en beskjeden vannmengde fra håndvask (gråvann) også i det samme avløpet.

Skylling foregår med vann, og det er bare vannbaserte malingsprodukter som behandles. Avløpet går til en sedimentasjonskum på ca. 14 m³. Overløp fra denne ledes via offentlig kloakknnett til Flesland kloakkrensianlegg, mens materiale som sedimenterer i kummen leveres som spesialavfall..

2.2 Prøvetaking

Prøvetaking ble utført i en stakekum nedstrøms sedimentasjonsbassenget i perioden 20 -27 april 2005. Det ble benyttet to ulike metoder. For metallene benyttet vi en passiv prøvetaker montert direkte i avløpsrøret, mens for andre parametre ble det generert en blandprøve over fem arbeidsdager ved hjelp av en pumpe med programmerbar tidsstyring. For å sikre et vannspeil over DGT-prøvetakeren og for inntaksslangen til pumpen ble det satt i en plugg som dekket omtrent halve diameteren av avløpsrøret.

For måling av kjemisk oksygenforbruk ble det tatt ut prøver ved oppstart 20. april, mandag 25. april og ved avslutning 27. april. Hensikten med dette var å sjekke om oksygenforbruket endret seg med lagringstid av blandprøven.

2.2.1 Passiv prøvetaking

Denne teknikken tillater elementer å diffundere over en membran til et medium som senere kan analyseres. For elementer benyttes en "Diffusion Gradient in Thin films" (DGT) prøvetaker. Passive prøvetakere samler opp over tid, og integrerer derved en middelkonsentrasjon i det omgivende vannet. Prosessen med diffusjon er i stor grad den samme som gjør at levende organismer fanger opp fremmede stoffer (diffusjon), og de målte verdiene representerer derfor miljøpåvirkningene godt. Prøvetakeren sto i avløpet gjennom hele perioden 20-27 april.

DGT-prøvetakeren er liten nok til at den kunne plasseres i avløpsrøret. Organiske stoffer kan også fanges opp på tilsvarende måte vha. "Semi Permeable Membrane Devices" (SPMD), men disse prøvetakerne er for store til at de lot seg benytte i dette avløpet. I tillegg mangler vi erfaringsgrunnlag

med bruk av slike membraner til kvantifisering av ftalater og nonylfenoler. For disse stoffene, samt andre parametre (se nedenfor), ble det derfor laget en representativ blandprøve.

2.2.2 Blandprøve

Det ble benyttet en programmerbar peristaltisk pumpe levert av ISCO. Denne ble satt opp til å pumpe et fast prøvevolum hvert tidsintervall fra avløpsrøret til et samlekar. Det ble benyttet en forhåndsskylt silikonslange hele veien fra avløpsrør via pumpen til samlekarret (en 10 l glasskolbe).

Pumpen var programmert til å hente 220 ml hver hele time gjennom arbeidsdagene over en periode på én uke som vist i **Tabell 1**.

Tabell 1. Oversikt over tidsskjema for pumping av delprøver til en blandprøve som representerer en arbeidsuke. Totalvolumet ble 8,8 liter, mens hver delprøve var 220 ml.

kl	20.apr on	21.apr to	22.apr fre		25.apr ma	26.apr ti	27.apr on
9		x	x		x	x	x
10	x	x	x		x	x	
11	x	x	x		x	x	
12	x	x	x		x	x	
13	x	x	x		x	x	
14	x	x	x		x	x	
15	x	x	x		x	x	
16	x	x	x		x	x	

2.3 Analyser

De fleste parametre ble analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo. For analyse av total nitrogen, nonylfenol og nonylfenol-etoksilater ble delprøver sendt til et eksternt laboratorium (AnalyCen). For de to sisnevnte parametre mislyktes dette laboratoriet, og ny prøve (fra den opprinnelige blandprøven) ble deretter sendt Analytica. Total nitrogen ble målt som Kjeldahl nitrogen.

Innholdet av metaller i DGT-prøvetakeren ble analysert vha. ICP-MS. Basert på målt innhold, eksponeringstid og temperatur (målt ved utsetting og opptak av prøvetakeren) er innholdet i avløpsvannet beregnet.

En oversikt over alle analyseparametrene er vist i **Tabell 2** (neste side).

Tabell 2. Analyseparametre.

Komponent	Kode	Prøver	Lab.
Suspendert stoff	TTS	Blandprøve	NIVA
Totalt nitrogen	Tot-N/Kj	Blandprøve	AnalyCen
Totalt fosfor	Tot-P	Blandprøve	NIVA
Kjemisk oksygenforbruk	COD _{Cr}	Blandprøve og direkte uttak	NIVA
Polysykliske aromatiske hydrokarboner	PAH	Blandprøve	NIVA
Naftalen	NAP		
Acenaftylen	ACNLE		
Acenaften	ACNE		
Fluoren	FLE		
Dibenzotiofen	DBTHI		
Fenantren	PA		
Antracen	ANT		
Fluoranten	FLU		
Pyren	PYR		
Benzo(a)antracene	BAA		
Chrysen	CHRTR		
Benzo(b)fluoranten	BBF		
Benzo(j,k)fluoranten	BJKF		
Benzo(e)pyren	BEP		
Benzo(a)pyren	BAP		
Perylen	PER		
Indeno(1,2,3-cd)anthracene	ICDP		
Dibenzo(a,h)anthracene	DBA3A		
Benzo(ghi)perylene	BGHIP		
Nonylfenoler		Blandprøve	Analytica
Iso-Nonylfenol	NP		
Nonylfenoletoksilat 1	NP ₁ EO		
Nonylfenoletoksilat 2	NP ₂ EO		
Ftalater		Blandprøve	NIVA
Dimetylfталat	DMP		
Dietylfталat	DEP		
Di-n-butylftalat	DBP		
Butylbenzylftalat	BBP		
Di-(2-etylheksyl)-ftalat	DEHP		
Dioktylfталat	DnOP		
Metaller		DGT	NIVA
Bly	Pb		
Kadmium	Cd		
Krom	Cr		
Kopper	Cu		
Nikkel	Ni		

3. Resultater og diskusjon

Avløpsvannet var melkehvitt og ugjennomsiktig, og inneholdt betydelige mengder suspendert materiale. Selv ved lengre henstand (uker) sedimenterte ikke alt dette materialet, bare en del av det. Denne suspensjonen bød på problemer for flere analyser der ulike ekstraksjonsteknikker og –løsninger benyttes. Dette gjaldt PAH, ftalater og nonylfenol/etoksilater.

Ved ekstraksjon for PAH ble det dannet kraftig emulsjon, og dette førte til at ekstraksjonsutbyttet ble mindre enn vanlig. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til verdiene fra disse analysene. For ftalater ble analyseproblemet omgått ved å analysere separat på sedimentert materiale etter sentifugering (som en slamprøve) og på den gjenværende suspensjon. Mengdene ble så summert til å representere en liter av avløpsvæsken.

Mest problematisk var analysen for nonylfenoler. Her ble analysene oppgitt av laboratoriet (AnalyCen) på grunn av kraftige interferenser. En ny delprøve ble tatt ut og sendt til et annet laboratorium (Analytica), sammen med en beskrivelse av problemet. Gjennom sine underleverandører (GALAB og GBA i Tyskland) klarte dette laboratoriet å få fram resultater.

3.1 Konsentrasjoner

3.1.1 Generelle parametre

Måleresultater er sammenfattet i **Tabell 3**. Det var betydelige mengder av næringsstoffene fosfor og nitrogen til stede i avløpet. I forhold til vanlig belastning fra husholdninger blir likevel tallene små. Hvis vi antar 1,6 g P/døgn som et middeltall for avløp fra en person (Bratlie m.fl. 1995) tilsvarer mengden i avløpet hos Steen-Hansen 4,8 personer (bare på arbeidsdager).

Tabell 3. Målinger av tørrstoff, fosfor, nitrogen og kjemisk oksygenforbruk. For prøveperiode 20-27. april angir verdiene estimert middelkonsentrasjon).

Komponent	Kode	Prøveperiode	Mengde	Enhet
Suspendert stoff	TTS	20-27 april	6,56	g/l
Totalt nitrogen	Tot-N/Kj	20-27 april	18,6	mg/l
Totalt fosfor	Tot-P	20-27 april	5,15	mg/l
Kjemisk oksygenforbruk	COD _{Cr}	20. april	8 200	mg O/l
		20-25. april	8 500	mg O/l
		20-27. april	8 200	mg O/l

Oksygenforbruket var høyt og ganske stabilt i prøvene. Resultatene tyder ikke på dramatiske forandringer i løpet av en uke. Det synes derfor som om naturlig oksidasjon av organisk materiale i avløpet går langsomt, og at det reelle oksygenforbruket er langt lavere enn det potensielle (som er målt). Målingene er gjort vha. et kraftig oksidasjonsmiddel (dikromat), og bruk av permanganat ville gitt lavere verdier. Normalt gir dikromat oksidasjon av 90 % eller mer av organisk materiale, mens permanganat oksiderer rundt 40 %. I den grad dette gjelder for de aktuelle prøvene, tilsvarer målingene altså vel 3600 mg O/l med permanganat-oksidasjon. Siden oksidasjonsgraden med permanganat er sterkt variabel (20 – 80 % avhengig av materialet som oksideres), er denne konverteringen svært usikker.

3.1.2 Metaller

Av metallene som er målt (**Tabell 4**) lå kadmium, krom og bly svært lavt. Kopper skilte seg ut med en relativt høy verdi (206 µg/l), mens mengden nikkel var moderat. Målingene med DGT indikerer bare metallioner som foreligger i diffunderbar form, og dermed er potensielt tilgjengelige for biologisk opptak.

Tabell 4. Innhold av metaller målt med DGT (estimerte middelkonsentrasjoner 20-27.april). Analysemetoden er ikke akkreditert.

Komponent	Kode	µg/l
Bly	Pb	0,086
Kadmium	Cd	0,0074
Krom	Cr	0,082
Kopper	Cu	206
Nikkel	Ni	3,0

3.1.3 PAH

De målte PAH-mengdene (**Tabell 5**) var relativt høye hvis man sammenligner med målinger i naturlig vann. Hvis man derimot sammenligner med sedimenter var nivået moderat. Bare en mindre del (13 %) av de påviste PAHer hørte til de antatt kreftfremkallende stoffene.

Tabell 5. Innhold av PAH-komponenter (estimerte middelkonsentrasjoner 20-27.april). Verdien for naftalen kunne ikke avleses på grunn av interferens ("i") i kromatogrammet. De nederste radene angir summen av alle PAHer, summen av de 16 PAHer som inngår i en standard analyse, og summen av antatt kreftfremkallende PAHer (KPAH). Komponentene som ansees kreftfremkallende er angitt med en stjerne.

Komponent	Kode	ng/l
Naftalen	NAP	i
Acenaftalen	ACNLE	<50
Acenaften	ACNE	750
Fluoren	FLE	160
Dibenzotiofen	DBTHI	200
Fenantren	PA	1400
Antracen	ANT	82
Fluoranten	FLU	810
Pyren	PYR	550
Benzo(a)anthracene *	BAA	150
Chrysen	CHRTR	230
Benzo(b)fluoranten *	BBF	250
Benzo(j,k)fluoranten *	BJKF	99
Benzo pyren	BEP	120
Benzo(a)pyren *	BAP	57
Perylen	PER	<50
Indeno(1,2,3-cd)anthracene *	ICDP	57
Dibenzo(a,h)anthracene *	DBA3A	<50
Benzo(ghi)perylene	BGHIP	69
Sum PAH		4984
Sum PAH₁₆		4664
SUM KPAH		613

3.1.4 Ftalater

Her er inkludert alle ftalater som er analysert (egenrapportering skal kun omfatte DBP, BBP og DEHP **Tabell 6**). BBP var dominerende, med omtrent 10 x høyere konsentrasjon enn de øvrige. Noen ftalater har hormonhermende og dermed reproduksjonsskadelige virkninger, og BBP er dessuten giftig for vannlevende organismer. DEHP har vært den mest brukte ftalat-forbindelsen, og er vanligvis dominerende både i vann, avløpsvann og sedimenter (Braaten m. fl. 1996). Sammenlignet med målinger i inntaksvann til tre kloakkrenseanlegg langs Oslofjorden lå konsentrasjonene i dette avløpet høyt, spesielt for BBP.

Tabell 6. Innhold av målte ftalater (estimerte middelkonsentrasjoner 20-27.april). Separate analyser ble gjort for slam (etter sentrifugering) og vann (supernatant). Kolonnen merket "Totalt" viser summen av begge analyser for 1 liter.

Komponent	Kode	I vann µg/l	I slam µg/g TS	Totalt µg/l
Dimetylfталат	DMP	0,5	0,003	0,5
Dietylfталат	DEP	26	0,28	27
Dibutyfталат	DBP	19	0,66	23
Butylbenzylfталат	BBP	210	8,6	250
Bis(2-etylheksyl)ftalat	DEHP	13	0,93	18
Dioktylfталат	DnOP	<0,1	0,03	0,1

Braaten m. fl. (1996) fant at mye DEHP ble holdt igjen i kloakkslam, slik av avløpet fra kloakkrenseanleggene inneholdt mindre DEHP enn tilførselen. Dette var i mindre grad tilfelle for DMP, DEP, DBP og BBP. Dette vil imidlertid avhenge av ulik behandlingsgrad ved renseanleggene.

3.1.5 Nonylfenol og -etoksilater

Måleresultater er vist **Tabell 7**. Det ble påvist betydelige konsentrasjoner, spesielt av di-etoksilerte nonylfenoler. I tillegg til de rapporterte verdier ble det også påvist 3- til 6-etoksilerte nonylfenoler i relativt høye konsentrasjoner. Alkylfenoler inklusive nonylfenol har hormonhermende virkning, og har i tillegg toksiske effekter på akvatiske organismer. Bakteriell nedbrytning kan fjerne etoksilat-gruppene og frigjøre nonylfenol. Potensielt kan dermed de relativt høye konsentrasjoner av etoksilater som er påvist her bidra til vesentlig mer nonylfenol enn det som er målt direkte.

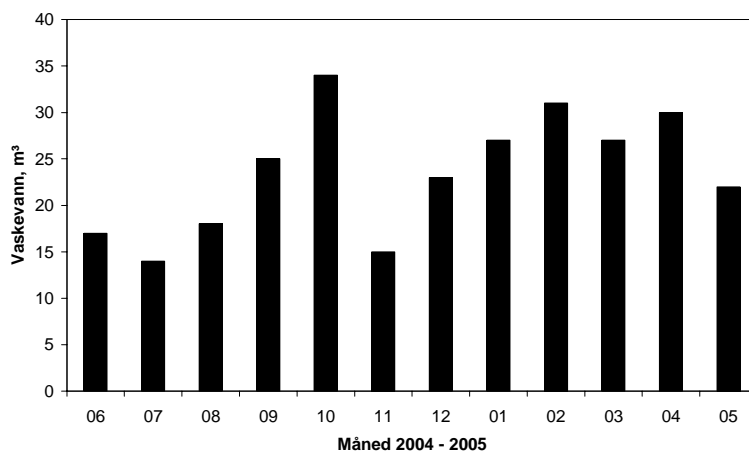
Tabell 7. Innhold av nonylfenol og etoksilater av nonylfenol (estimerte middelkonsentrasjoner 20-27. april). Analysene er utført av Analytica via underleverandører. Analysen for iso-nonylfenol er ikke akkreditert.

Komponent	ng/l
Iso-nonylfenol	8 070
Nonylfenol(1) etoksilat	12 000
Nonylfenol(2) etoksilat	37 100

Det er sparsomt med sammenlignbare data for nonylfenol og etoksilater i Norge. Som et eksempel kan nevnes opptil 15 µg/l (nonylfenol) og 31 µg/l (etoksilater av nonynylfenol) i vassdrag nedstrøms kloakkrenseanlegg i Spania (Petrovic m.fl. 2002). Disse verdiene er sammenlignbare med talle som er målt her. Generelt er det funnet østrogeneffekter fra ca 10µg/l nonylfenol, og reproduksjonsskadelige effekter fra ca 50 µg/l.

3.2 Avløpsvolum og stoffmengder

Betydningen av de påviste miljøgiftene avhenger av deres bidrag til totalutslippene fra Flesland kloakkrensingsanlegg og belastningen på fjordresipienten. Vi har ikke noe datagrunnlag for å vurdere dette, og diskusjonen er avgrenset til selve målingene og prøvetakingen.



Figur 1. Månedlig forbruk av vann til skylling av produksjonsutstyr for siste 12 mnd periode (Data fra Steen-Hansen Maling AS).

Vannforbruk i følge bedriftens vannmåler for siste 12-mnd periode er vist i **Figur 1**. Totalforbruket for perioden var 238 m³. I april 2005 var forbruket 30 m³. Etter loggen for april var aktiviteten ganske jevnt fordelt over 4 arbeidsuker, slik at ¼ eller 7,5 m³ er et rimelig estimat for vannmengden i måleperioden. Denne mengden er litt høyere enn en middels uke (5,4 m³) basert på et helt års vannmengde. Med basis i en vannmengde på 7,5 m³ og de målte konsentrasjoner kan tilførsel til offentlig avløpsnett for måleperioden beregnes (**Tabell 8**).

Tabell 8. Estimerte tilførsler til offentlig kloakknnett fra avløpet hos Steen-Hansen Maling AS. Beregningene gjelder perioden 20-27 april 2005, dvs. en vanlig arbeidsuke. Stoffmengder er beregnet ut fra målte konsentrasjoner og anslått vannmengde (7,5 m³).

Komponent		Mengde i prøveperioden	Enhet
Suspendert stoff		49,2	kg
Næringsstoffer	P	38,6	g
	N	139,5	g
Metaller	Cd	0,056	mg
	Cr	0,62	mg
	Cu	1 545	mg
	Ni	22,5	mg
	Pb	0,65	mg
PAH	PAH ₁₆	35,0	mg
Ftalater	Sum	2,39	g
Nonyfenoler	Nonyfenol	60,5	mg
	Etoksilater	368,3	mg

Disse tallene kan ikke uten videre skaleres opp til f. eks. årlige utslipp. Dette vil avhenge av svingninger i produksjonsvolum og i hvilke produkter som er etterspurt til ulike tider. Av denne grunn er det foreslått at årlige kontrollmålinger legges til ulike årstider, for å fange opp slik variasjon.

På lengre sikt bør passive prøvetakere som står ute over lengre tid (en måned eller mer) kunne benyttes for flere av de organiske forbindelsene, men enda er erfaringsgrunnlaget for disse (utenom PAH) nokså spinkelt, og avløpet i dagens utforming er for trangt til å gjøre dette praktisk mulig.

Prøvetakingen viste at det går mye partikulært materiale i avløpet, og at sedimentasjon av dette materialet er vanskelig. Det foreligger ikke data til å estimere hvor mye som faktisk sedimenterer. Et sedimentasjonsbasseng av større volum (oppholdstid) burde kunne gi bedre effekt. På den annen side viste analysen av ftalater at det meste av disse ble holdt i suspensjon også etter sentrifugering. For ftalater synes det derfor som om gevinsten ved bedre sedimentasjon vil være ubetydelig. Om tilsvarende også gjelder for andre komponenter er uvisst. For å vurdere mulige effekter av sedimentasjon eller annen partikkelfjerning på mengden miljøgifter i avløpet må det gjøres separate analyser for slam og vann.

4. Henvisninger

- Braaten, B., J.A. Berge, L. Berglund og T. Bækken. Occurrence of phtalates and organotins in sediments and water i Norway. NIVA-rapport Lnr. 3552-96. 45 s.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1995. Miljøsmål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger. SFT-veiledning 95:02, TA-1139/1995. 70 s.
- Petrovic, M., M.J. Lopez de Alda og D. Barcelo. 2002. Endocrine disruptors in sewage treatment plants, receiving river waters, and sediments: Integration of chemical analysis and biological effects on feral carp. Environ. Toxicol. Chem. 21: 2146-2156.