



Statens vegvesen

Kjemisk karakterisering av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng

Statens vegvesens rapporter

Nr. 94



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Miljø
Mars 2012

Tittel

Kjemisk karakterisering av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng

Undertittel

Forfatter

Sondre Meland

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Miljø

Prosjektnummer

Rapportnummer

Nr. 94

Prosjektleder

Sondre Meland

Godkjent av

Kjersti Wike Kronvall

Emneord

Vegforurensning, Tunnelvask, Rensebasseng, Sediment, Forurensning, Metaller, Miljøgifter

Sammendrag

I forbindelse med tømning av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng ble det gjennomført en kjemisk karakterisering. Det ble totalt fjernet 235 m³ med sediment. De kjemiske analysene viste at sedimentet var til dels betydelig forurenset av både tungmetaller og organiske miljøgifter. For metallene var det særlig kobber og sink som ble målt i høye konsentrasjoner. I tillegg ble det funnet relativt høye konsentrasjoner av tinnorganiske forbindelser. For de andre organiske stoffene var det særlig alkylfenolen 4-t-Oktylphenol og en del enkeltstoffer av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Det ble også målt høye konsentrasjoner av langkjedede hydrokarboner (oljekomponenter).

Antall sider 19

Dato Mars 2012

Title

Chemical characterisation of sediment from Vassum sedimentation basin

Subtitle

Author

Sondre Meland

Department

Traffic safety, Environment and Technology Department

Section

Environmental Assessment Section

Project number

Report number

No. 94

Project manager

Sondre Meland

Approved by

Kjersti Wike Kronvall

Key words

Road pollution, Tunnel wash, Sedimentation basin, Sediment, Contaminants, Metals, Organic micro-pollutants

Summary

The present report presents the results from a chemical characterisation of sediment from Vassum sedimentation basin (E6, Frogn municipality, Akershus). The sediment consisted mainly of sand and silt particles. The chemical analysis indicated that the sediment was significantly contaminated from both heavy metals and organic micro-pollutants. Regarding the heavy metals, copper and zinc appeared to be present at elevated concentrations. In addition, tin organic compounds were measured at relatively high concentrations. Other organic micro-pollutants of concern, were the presence of the alkylphenol 4-t-Oktylphenol and several compounds of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) at high concentrations. High concentrations of long-chained hydrocarbons (oil compounds) were also measured.

Pages 19

Date March 2012

FORORD

Statens vegvesen har siden 1990-tallet bygd over 150 naturbaserte renseløsninger for forurenset vegvann. Dette er lavteknologiske løsninger som er enkle og billige i drift, samt effektive i forhold til å rense partikkelbundne forurensninger. Renseløsningene baserer seg i all hovedsak på at forurensinger knyttet til partikler i avrenningsvannet sedimenterer ut og akkumuleres i bunnsedimentet. På den måten reduseres utslippet av trafikkrelaterede forurensinger til resipienten samt risikoen for skader på vannlevende organismer.

Bakgrunnen for denne rapporten har vært å undersøke forurensningsnivået i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng. Prøvetagning ble utført i forbindelse med tømning av sedimentet fra forsedimenteringskammeret. Alle kjemiske analyser er utført av ALS Laboratory Group Norway AS.

Statens vegvesen Region Øst Vegavdelingene Oslo og Akershus har finansiert de kjemiske analysene. Prøvetagning, databearbeiding og rapportering er utført av Miljøseksjonen i Statens vegvesen Vegdirektoratet. Vi ønsker å takke Marita Birkeland, Gry Larsen og Elisabeth Rødland (Statens vegvesen Region Øst) for godt samarbeid.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet-, Miljø- og Teknologiavdelingen
Miljøseksjonen



Sidsel Kålås

Oslo, mars 2012

SAMMENDRAG

Forurenset avrenningsvann fra vegnettet, inkludert tunnelvaskevann ved renhold av tunneler, bidrar til spredning av en rekke stoffer til vannmiljøet. Særlig er utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter potensielt skadelig for vannlevende organismer. For å redusere risikoen for skader så er det siden slutten av 1990-tallet bygget et betydelig antall naturbaserte renseløsninger. Majoriteten av disse renseløsninger er såkalte sedimenteringsbassenger, som renses vannet ved at partikkelbundne forurensninger sedimenterer og akkumuleres på bunnen i bassenget. I forbindelse med tømning av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng ble det gjennomført en kjemisk karakterisering. Denne rapporten presenterer resultatene fra denne karakteriseringen.

Det ble totalt fjernet 235 m³ med sediment. Sedimentet var dominert av silt og sandpartikler. De kjemiske analysene viste at sedimentet var til dels betydelig forurenset av både tungmetaller og organiske miljøgifter. For metallene var det særlig kobber og sink som ble målt i høye konsentrasjoner. I tillegg ble det funnet relativt høye konsentrasjoner av tinnorganiske forbindelser. For de andre organiske stoffene var det særlig alkylfenolen 4-t-Oktylfenol og en del enkeltstoffer av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Det ble også målt høye konsentrasjoner av langkjedede hydrokarboner (oljekomponenter). Selv om sedimentet til dels kan karakteriseres som betydelig forurenset så er konsentrasjonene langt under det som kan regnes som farlig avfall. Forurenset sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng, og tilsvarende, kan derfor i de fleste tilfeller leveres til ordinære godkjente deponier

De relativt høye konsentrasjonene i sedimentet viser at sedimenteringsbassenget fanger opp betydelige mengder med forurensninger fra tunnelvaskevann og avrenningsvann fra nærliggende vegareal. Dette er viktig da det både reduserer spredning av metaller og organiske miljøgifter ut i Årungsella samt reduserer risikoen for skader på vannlevende organismer.

INNHold

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
INNHold	4
1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODE	6
3 RESULTATER OG DISKUSJON	10
3.1 METALLER	10
3.2 POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH)	11
3.3 OLJEKOMPONENTER (KORTKJEDEDE OG LANGKJEDEDE HYDROKARBONER)	12
3.4 ORGANOFOSFATER	13
3.5 BROMERTE ORGANISKE FORBINDELSER	14
3.6 TINNORGANISKE FORBINDELSER	14
3.7 ALKYLFENOLER	15
3.8 ØKOTOKSIKOLOGISKE TESTER	15
4 KONKLUSJON	17
5 LITTERATUR	18
6 VEDLEGG	19

1 INNLEDNING

De senere årene har det blitt et større fokus på vegtrafikkens bidrag til utslipp av forurenset avrenningsvann. Renhold av tunneler utgjør en betydelig andel av utslippet. Avrenningsvann fra veg i dagen og tunnelvaskevann inneholder en cocktail av stoffer som potensielt kan være en betydelig risiko for vannlevende organismer. Typiske forurensningsstoffer er metaller som bly, kobber nikkell, sink, organiske miljøgifter som for eksempel polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og vegsalt (natriumklorid, NaCl) (Meland, 2010). Kilder kan være slitasje fra vegdekket, bildekk og bremses, olje- og drivstoffsøl, utslipp av eksos, utlekking av stoffer fra teknisk utstyr og installasjoner langs vegen samt bruk av kjemikalier i forbindelse med drift av vegnett (vegsalt, plantevernmidler, rengjøringsmidler etc.).

For å redusere risikoen for skader på miljøet som følge av forurenset avrenningsvann så er det siden slutten av 1990-tallet blitt bygget et betydelig antall naturbaserte renseløsninger. I dag finnes det over 150 slike naturbaserte renseløsninger og majoriteten av disse er såkalte sedimenteringsbassenger (Meland, 2010). Det viktigste rensesprinsippet i forbindelse med bruk av sedimenteringsbassenger er at partikkelassosierte forurensninger i avrenningsvannet sedimenterer ut på grunn av gravitasjonskrefter og avsettes som bunnsediment. Dermed reduseres spredningen av forurensninger til resipienten og risikoen for skader på vannlevende organismer reduseres. Renseløsningene er såkalte lavteknologiske løsninger og kan betraktes som både enkle og billige i drift, men samtidig effektive i forhold til rensing av partikkelbundne forurensninger (Vegdirektoratet, 2006). Avhengig av belastningen i sedimenteringsbassenget så må akkumulert forurenset sediment fjernes med jevne mellomrom for å hindre redusert hydraulisk kapasitet i bassenget, samt hindre remobilisering av forurensningsstoffer fra sedimentet.

Denne rapporten omhandler kjemisk karakterisering av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng som mottar forurenset avrenningsvann fra E6 (Frogn kommune, Akershus), samt forurenset tunnelvaskevann fra tre tunneler i området (Figur 1). Sedimentet ble analysert for en rekke metaller og organiske miljøgifter. I tillegg ble det utført et utvalg av enkle økotoksikologiske tester av sedimentet og porevannet fra sedimentet. Forurensningsnivåene er sammenlignet og diskutert ut i fra gjeldene norske grenseverdier.

2 MATERIALE OG METODE

Vassum sedimenteringsbasseng ligger langs E6, sør for Oslo i Frogn kommune (Figur 1 & Figur 2). Bassenget ble bygd i år 2000 som en del av utvidelsen av E6. Bassenget er et vått overvannsbasseng bestående av et separat forsedimenteringsbasseng støpt i betong og et hovedbasseng bestående av pukk, sand og leire. I de siste årene har bassenget begynt å gro igjen og har nå en tett vegetasjon. Bassenget mottar i all hovedsak vaskevann fra tre tunneler; Nordby- (3,8 km, 4 felt, to løp), Smiehagen- (0,95 km, 2 felt, ett løp) og Vassumtunnelen (0,85 km, 4 felt, to løp). I tillegg mottar bassenget avrenning fra vegarealet i mellom de nevnte tunnelene. På grunn av nedbrytning av organisk materiale (f.eks. døde planterester) og til dels høye saltkonsentrasjoner er det til tider anoksiske forhold i sedimentet og bunnvann. Hensikten med bassenget er å redusere bidraget av forurensende stoffer til den 2,5 km lange Årungselsva som blant annet er viktig som gyte- og oppvekstområde for sjøørret (*Salmo trutta*).



Figur 1. Oversiktsbilde over E6 (Frogn kommune, Akershus) med sedimenteringsbasseng og omkringliggende tunneler. Sedimenteringsbassenget mottar vaskevann fra tre tunneler (Nordby-, Vassum- og Smiehagentunnelen) samt avrenningsvann fra vegarealet i mellom tunnelene. Renset vaske- og avrenningsvann drenerer ut i Årungselsva. Innsjøen Årungen ligger til høyre i bildet.

Sedimenteringsbassenget har vært i drift siden 2000 men har ikke tidligere blitt tømt for akkumulert sediment. Dette har medført en opphoping av sediment i forsedimenteringskammeret som til dels har virket som en barriere for innkommende forurenset vaske- og vegvann (Figur 2). Dette har igjen trolig bidratt til at vaskevann har gått i overløp til Årungselsva uten rensing. Dette ble observert ved vask av det ene tunnelløpet i Nordby høsten 2011. Det er nærliggende å tro at slike overløp har skjedd ved tidligere vaskeepisoder, men det er vanskelig å vite hvor lang tid tilbake. Som følge av den observerte hendelsen ble det umiddelbart besluttet å tømme forsedimenteringskammeret for sediment samt fjerning av en betydelig mengde vegetasjon. Sediment og vegetasjon ble fjernet med slamsugebil og gravemaskin (Figur 3).



Figur 2. Bildene viser forholdene før og etter tømming av sediment i forsedimenteringskammeret. Bildet til venstre viser det ene innløpsrøret som er betydelig tildekket med sediment. Sedimentet har trolig fungert som en barriere og har hindret effektiv drenering av forurenset vaske- og avrenningsvann. Bildet oppe til høyre viser forsedimenteringskammer samt hovedbasseng. En betydelig mengde vegetasjon ble også fjernet i forbindelse med tømmingen av sediment. (Foto: Kjersti Wike Kronvall).



Figur 3. Det ble først forsøkt å tømme sedimenteringsbassenget for sediment ved bruk av slamsugebil. Imidlertid var slammet for kompakt og hardpakket slik at det ble besluttet å bruke gravemaskin. (Foto: Kjersti Wike Kronvall).

I forbindelse med tømningen av sedimentet ble det samlet inn flere delprøver fra forsedimenteringskammeret. Delprøvene ble deretter slått sammen til en stor blandprøve som anses for å være representativ for sedimentet som ble fjernet. Sedimentprøven ble umiddelbart levert inn til ALS Laboratory Group Norway AS for analysering av en rekke kjemiske parametere samt noen utvalgte økotoksikologiske tester (Se vedlegg 1 for en fullstendig oversikt over parametere og konsentrasjoner).

De økotoksikologiske testene benyttet i denne studien er i henhold til Trinn 1 i risikovurderingen av forurenset sediment (Bakke et al., 2007b; Bakke et al., 2011a; Bakke et al., 2011b). Testene, som omfatter bruk av den marine kiselalgen *Skeletonema costatum* og en kommersiell tilgjengelig cellelinje (DR-CALUX celler), dekker både toksisiteten i porevannet og i et organisk ekstrakt av sedimentet. Toksisiteten til porevannet er undersøkt ved å analysere veksthemmingen porevannet har på *S. costatum*. Ut i fra denne analysen er det bestemt hvilken konsentrasjon som gir 50 % hemming av algen, såkalt EC₅₀ (effect concentration). Denne EC₅₀ verdien blir så standardisert til TU-enheter (Toxic Units) ved følgende formel: $TU = 100 TU / EC_{50}$. Grenseverdien for Trinn 1 er at TU skal være mindre enn 1. Det betyr at veksthemmingen ved eksponering til uforynnnet porevann ikke skal overskride 50 %.

Toksisiteten av et ekstrakt av sediment med et organisk løsningsmiddel blir gjort for å undersøke den samlede potensielle toksisiteten av fettløselige organiske stoffer som polyklorerte bifenyler (PCB) og dioksiner i sedimentet. Dette er gjort både ved bruk av *S. costatum* og DR-CALUX. DR-CALUX testen oppgir toksisiteten i toksisitetsekvivalenter (TEQ) til dioksin. Grenseverdien for Trinn 1 er for *S. costatum* og DR-CALUX henholdsvis $TU < 0.5$ l/g og 50 ng TEQ/kg.

Foreløpig eksisterer det ingen grenseverdier (Environmental Quality Standards, EQS) for sediment i ferskvann i Vannforskriften. Veileder til forskriften anbefaler derfor, enn så lenge, å benytte eksisterende klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Bakke et al., 2007a). Klassifiseringssystemet er basert på effekter, dvs. at klassegrensene representerer en forventet økende grad av skade på organismesamfunn (Figur 4). Inndelingen av klasser er basert på internasjonale systemer for miljøkvalitetsstandarder og risikovurderinger av kjemikaler i EU. Noen av stoffene som er målt i denne undersøkelsen er ikke inkludert i dette klassifiseringssystemet. Hvis tilgjengelig så ble disse stoffene vurdert opp i mot andre relevante grenseverdier (kildehenvisning i tabell).

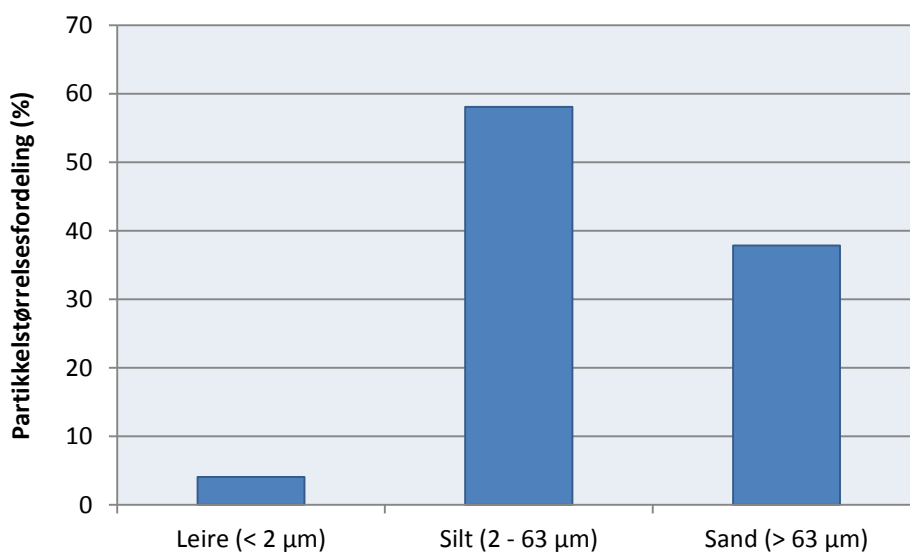
I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kortidseksponering	Omfattende akutt toksiske effekter

Figur 4. Klassifiseringssystemet for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Bakke et al., 2007a). Klassifiseringssystemet er effektbasert og hvor klassegrensene representerer en forventet økning i skadeomfang på organismesamfunnet. Klassifiseringssystemet som er utarbeidet for marine sedimenter gjelder også for sedimenter i ferskvann inntil slike også blir utarbeidet for ferskvannsedimenter.

Det er viktig å påpeke at dette er sediment fra sedimenteringsbasseng, som nettopp har til hensikt å fange opp forurensninger og hindre videre spredning til vannresipienter. Karakterisering av forurensningsgraden ut i fra et miljøbasert klassifiseringssystem er derfor ikke helt presis, men det gir allikevel en pekepinn på forurensningsgraden i sedimenteringsbassenget, samt en pekepinn på hvilke stoffer og konsentrasjoner organismene som lever i slike sedimenteringsbassenger eksponeres for. Undersøkelsen sier heller ikke noe om hvor forurenset vannet som slippes ut av sedimenteringsbassenget er.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

Det ble hentet ut 235 m³ med sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng (Even Mathisen v/MESTA pers. med.). Sedimentet hadde tørrstoffinnhold (TS) på 52 % og andelen organisk materiale var 7,6 % TS. Sedimentet fra forsedimenteringsbassenget bestod hovedsakelig av silt og sandpartikler (Figur 5). Nedenfor gis en kortfattet beskrivelse av de ulike stoffene samt en vurdering av konsentrasjonene opp mot eksisterende klassifiseringssystem vist i Figur 4 (Bakke et al., 2007a). Polyklorerte bifenylar (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180), bisfenol A, pentaklorfenol, klorerte parafiner, klorerte benzener og perfluoroktylsulfonat (PFOS) er ikke videre omtalt da alle var under oppgitt analytisk kvantifikasjonsgrense (se Vedlegg).



Figur 5. Partikkelstørrelsesfordeling i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

3.1 METALLER

Metaller er trolig den gruppen av forurensende stoffer som er hyppigst rapportert i forbindelse med vegrelaterte forurensningsstudier. Dette skyldes bl.a. deres potensielle giftighet ovenfor vannlevende organismer. I motsetning til organiske forurensningsstoffer kan metaller ikke produseres eller brytes ned ved kjemiske og/eller biologiske prosesser. I tillegg er mange metaller, som f.eks. kobber og sink, essensielle for organismer i små konsentrasjoner. En utfordring i forhold til å klassifisere forurensningsnivået av metaller i sediment er at de finnes naturlig og med varierende konsentrasjon i områder som følge av f.eks. ulik mineralogi og kornstørrelse.

Tabell 1 viser konsentrasjonen for et utvalg av metaller og deres respektive klassifisering.

Sedimentet inneholder betydelig mengder med kobber og sink, og er klassifisert som "Dårlig". Konsentrasjonene samsvarer relativt godt med tidligere undersøkelser (Bryn Damsgård, 2007; Midtdal Leistad, 2007; Torp, 2011) av sedimentet i Vassum sedimenteringsbasseng. De høye

konsentrasjonene av kobber og sink kan kilderelateres til slitasje fra bremses og bildekk. I tillegg vil galvanisert utstyr også være en viktig kilde til sink.

Tabell 1. Oversikt over konsentrasjonen av utvalgte metaller i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V)
Arsen	mg/kg TS	0,79	I
Bly	mg/kg TS	18,5	I
Kobber	mg/kg TS	158	IV
Krom	mg/kg TS	35	I
Kadmium	mg/kg TS	<0,10	I
Kvikksølv	mg/kg TS	<0,20	(II) ¹
Nikkel	mg/kg TS	26,4	I
Sink	mg/kg TS	1140	IV

¹ Kvantifikasjonsgrense er høyere enn laveste klassifiseringsgrense. Klassifiseringsgrenser i parentes angir derfor hvilken klasse stoffet kan være i hvis konsentrasjonen settes til å være lik kvantifikasjonsgrensen.

3.2 POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH)

Ved siden av metaller, er polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) den vegrelaterte stoffgruppen som har størst fokus. Utslipp av PAH fra vegtrafikk er i henhold til (Beasley and Kneale, 2002; Napier et al., 2008) økende, noe som trolig skyldes økende andel dieselmotorer. PAH'er dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale og finnes naturlig i fossilt brennstoff (olje, gass, kull). Det er en stoffgruppe bestående av over 100 enkeltstoffer som har det til felles at de har to eller flere benzenringer. Noe av årsaken til høyt fokus rundt disse stoffene er deres store utbredelse i luft, jord/sediment og vann og deres giftighet ovenfor ulike organismer. I tillegg er flere av PAH-stoffene kreftfremkallende, og mange er i stand til å påvirke organismenes reproduksjon, hormonregulering og immunforsvar. Tabell 2 viser konsentrasjonen i sedimentene for 16 av de mest vanlige PAH-stoffene og deres respektive klassifisering.

Flere av PAH-stoffene ble funnet i høye konsentrasjoner, og sedimentet er med bakgrunn i de fire enkeltstoffene antracen, benso(ghi)perylene, krysene og indeno(123cd)pyren klassifisert som "Dårlig". De to sistnevnte er i tillegg klassifisert som kreftfremkallende. Sammenlignet med en undersøkelse av sediment utført av Midtdal Leistad (2007), er konsentrasjonen av flere PAH-stoffer lavere enn konsentrasjonene i denne undersøkelsen. Den totale konsentrasjonen av de 16 PAH-stoffene er redusert fra 15,6 mg/kg i 2007 til 3,05 mg/kg i 2011. Årsaken til dette er ikke åpenbar, men kan ha sammenheng med endring i utslippsmønster, fysiske-kjemiske forhold i rensedammen etc. Kildene er mest sannsynlig en blanding av slitasje fra bildekk og vegdekk samt eksosutslipp. Bruk av PAH i bildekk ble forbudt fra og med 2010 (Hylland et al., 2010) og man kan derfor forvente redusert bidrag fra denne kilden ettersom gamle bildekk blir erstattet med nye.

Tabell 2. Oversikt over konsentrasjonen av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V)
Naftalen	mg/kg TS	<0,050	(II) ¹
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,050	(III) ¹
Acenaften	mg/kg TS	<0,050	(II) ¹
Fluoren	mg/kg TS	0,216	II
Fenantren	mg/kg TS	0,602	III
Antracen	mg/kg TS	0,119	IV
Fluoranten	mg/kg TS	0,386	III
Pyren	mg/kg TS	0,648	III
Benso(a)antracen ²	mg/kg TS	0,075	III
Krysen ²	mg/kg TS	0,374	IV
Benso(b)fluoranten ²	mg/kg TS	0,153	II
Benso(k)fluoranten ²	mg/kg TS	0,075	I
Benso(a)pyren ²	mg/kg TS	0,081	II
Dibenso(ah)antracen ²	mg/kg TS	<0,050	(II) ¹
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,237	IV
Indeno(123cd)pyren ²	mg/kg TS	0,08	IV
Sum PAH-16	mg/kg TS	3,05	III
Sum PAH karsinogene ²	mg/kg TS	0,838	-

¹ Kvantifikasjonsgrense er høyere enn laveste klassifiseringsgrense. Klassifiseringsgrenser i parentes angir derfor hvilken klasse stoffet kan være i hvis konsentrasjonen settes til å være lik kvantifikasjonsgrensen.

² Angir antatt kreftfremkallende (karsinogene) PAH-forbindelser.

3.3 OLJEKOMPONENTER (KORTKJEDEDE OG LANGKJEDEDE HYDROKARBONER)

Oljekomponenter vil ofte være en betydelig bidragsyter til vegrelaterte forurensinger. Til tross for dette, er det relativt få tilgjengelige studier som har dokumentert omfanget og betydningen av oljeforbindelser i f.eks. rensedammer. Det er vanlig å skille de ulike oljekomponentene i forhold til antall karbonatomer i kjeden. Kortkjededede hydrokarboner (< C16) vil være dominerende i drivstoff, mens langkjededede hydrokarboner (> C16) er dominerende i smøreoljer og asfalt (Weiner, 2008). I Tabell 3 er konsentrasjonene av de ulike oljefraksjonene vist.

Tabell 3. Oversikt over konsentrasjonen av oljekomponenter (hydrokarboner) i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V) ¹⁾
Fraksjon >C10-C12	mg/kg TS	<200	
Fraksjon >C12-C16	mg/kg TS	<200	
Fraksjon >C16-C35	mg/kg TS	6710	
Fraksjon >C35-C40	mg/kg TS	1460	
Total C10-C40	mg/kg TS	8170	

¹ Det er ikke utarbeidet grenseverdier for hydrokarboner.

Sedimentet inneholder til dels svært høye konsentrasjoner av de langkjededede hydrokarbonene, mens de kortkjededede var under kvantifiseringsgrensen. Disse tunge oljeforbindelsene er lite vannløselige og brytes sent ned. Den høyeste konsentrasjonen ble målt i fraksjonen C16-C35 noe som indikerer

diesel, smøreoljer og bildekk som kilder (Ottesen et al., 2011; Weiner, 2008). Konsentrasjonen i fraksjonen 35-C40 skyldes trolig bitumen fra asfaltslitasje.

3.4 ORGANOFOSFATER

Organofosfater (OP) er en "ny" gruppe organiske miljøgifter som man har liten oversikt over i forhold til mengde og omfang av bruken i samfunnet, og risikoen disse stoffene utgjør for helse og miljø. OP benyttes som flammehemmere og plastmyknere i en rekke produkter. I tillegg er de benyttet som tilsetningsstoffer i betong og i hydraulikk- og giroljer. Spredning av OP i miljøet antas å være hovedsakelig via kloakkrensaneanlegg. Imidlertid kan det synes som om også veg og trafikk er en betydelig kilde til spredning. Det er påvist relativt høye konsentrasjoner av OP i snø fra vegkanter (Marklund et al., 2005) og i tunnelvaskevann (Meland and Roseth, 2011). Det er relativt liten kunnskap om giftigheten og om hvilke skader OP-stoffer kan påføre organismer, men det antas at flere kan være kreftfremkallende, samt føre til genetiske- og nevrologiske skader (Reemtsma et al., 2008).

Tabell 4. Oversikt over konsentrasjonen av organofosfater (OP) i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifi. (I-V) ¹	PNEC ⁴
Tri(2-etylheksyl)fosfat (TEHP)	mg/kg TS	3,3	-	-
Tri-Kresylfosfat (TCrP)	mg/kg TS	1,5	-	0,0089 (jord ²)
Tri-Klor-Isopropylfosfat (TCPP)	mg/kg TS	1,2	-	1,7 (sediment ²)
Tri-Fenylfosfat (TPhP)	mg/kg TS	1,2	-	0,095 (jord ²)
2-etylheksyl-di-fenylfosfat (EHDPHP)	mg/kg TS	0,73	-	-
Tri-(Diklorpropyl)-fosfat (TDCP)	mg/kg TS	0,5	-	0,080 (sediment ³)
Tri-o-Kresylfosfat (ToCrP)	mg/kg TS	0,39	-	
Tri-N-Butylfosfat (TBP)	mg/kg TS	<0,19	-	
Tri-Iso-Butylfosfat (TIBP)	mg/kg TS	<0,19	-	
Tri-(2-Butoksietyl)fosfat (TBEP)	mg/kg TS	<0,19	-	
Dibutylfenylfosfat (DBPhP)	mg/kg TS	<0,19	-	
Difenylbutylfosfat (DPhBP)	mg/kg TS	<0,19	-	
Tri-Klor-Etylfosfat (TCEP)	mg/kg TS	<0,096	-	
Sum Organofosfater	mg/kg TS	8,8	-	

¹ Det er ikke utarbeidet grenseverdier for organofosfater.

² Konsentrasjon basert på tørrvekt.

³ Konsentrasjon basert på våtvekt.

⁴ PNEC = Predicted No Environmental Effect. Den høyeste konsentrasjonen man antar ikke vil gi skade på organismer. Verdiene er hentet fra Thomas et al. (2011).

Sju av de 13 OP-stoffene ble funnet i konsentrasjoner over analytisk kvantifiseringsgrense (Tabell 4). TEHP var den enkeltforbindelsen med høyest konsentrasjon. Sammenlignet med OP-konsentrasjoner i slam fra 8 kloakkrensaneanlegg fra ulike byer i Norge (Thomas et al., 2011) så er konsentrasjonene i denne undersøkelsen relativt høye. Dette gjelder særlig stoffene TEHP, TPhP, TDCP og ToCrP som alle hadde konsentrasjoner over oppgitt gjennomsnitt for de tilsvarende stoffene målt i de 8 rensaneanleggene. Det er ikke utarbeidet grenseverdier for denne

stoffgruppen. Konsentrasjonene er derfor sammenlignet med PNEC-verdier (Predicted No Environmental Effect) som angir høyeste konsentrasjon som man kan forvente ikke vil gi effekt på organismer (Thomas et al., 2011). Konsentrasjonen av TCrP, TPhP og TDCP i sedimentene var betydelig høyere enn sine respektive PNEC-verdier, noe som indikerer at sedimentet er betydelig forurensset av disse stoffene.

3.5 BROMERTE ORGANISKE FORBINDELSER

Bromerte organiske forbindelser er en fellesbetegnelse på organiske stoffer som inneholder brom bundet til et karbonskjelett. De fleste stoffene benyttes som flammehemmere, noe som også er hovedbruksområdet for de tre stoffene tetrabrombisfenol A (TBBPA), pentabromert difenyleter (pentaBDE) og heksabromsyklodekan (HBCD), analysert i denne undersøkelsen. Flammehemmere benyttes i en rekke produkter som f.eks. i elektronikk og plastbasert isolasjonsmateriale. Utslippet av disse stoffene var i følge Klima og forurensningsdirektoratet 2,4 tonn i 2007 (Hylland et al., 2010) og var en femdobling sammenlignet med utslippene fra 1995. De ulike stoffene har forskjellige egenskaper i miljøet og mange er tungt nedbrytbare. Skader på organismer som følge av eksponering av disse stoffene er knyttet til skader på særlig hormonsystemet (pentaBDE, TBBPA), men også skader på reproduksjonssystemet og nervesystemet. I denne undersøkelsen er det bare TBBPA som, i henhold til "*risikovurdeing av forurensset sediment*" (Bakke et al., 2007a; Bakke et al., 2011b), har høyere konsentrasjon enn grenseverdien for ubetydelig risiko som tilsvarer klassifisering III (Tabell 5).

Tabell 5. Oversikt over konsentrasjonen av tre bromerte organiske forbindelser i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V)
Tetrabrombisfenol A (TBBPA)	µg/kg TS	72	III
Pentabromdifenyleter (PBDE)	µg/kg TS	21	II ¹
Heksabromsyklodekan (HBCD)	µg/kg TS	<100	(III) ²

¹ Det finnes ikke tilstrekkelig med data til å definere bakgrunnsverdier, og øvre grense for klasse I er derfor foreløpig ikke definert (Bakke et al., 2007a). Kvantifikasjonsgrense er høyere enn laveste klassifiseringsgrense. Klassifiseringsgrenser i parentes angir derfor hvilken klasse stoffet kan være i hvis konsentrasjonen settes til å være lik kvantifikasjonsgrensen.

² Det finnes ikke tilstrekkelig med data til å definere bakgrunnsverdier, og øvre grense for klasse I er derfor foreløpig ikke definert (Bakke et al., 2007a).

3.6 TINNORGANISKE FORBINDELSER

Tinnorganiske forbindelser er en fellesbetegnelse for kjemiske forbindelser med én eller flere tinn-karbonbindinger. De er kunstig fremstilt og har tradisjonelt blitt brukt bl.a. som bunnstoff i skip og båter. Tributyltinn (TBT) er den forbindelsen som er antatt mest giftig og det foreligger data som viser effekter ved svært lave konsentrasjoner (Hylland et al., 2010). Spesielt kjent er utviklingen av hannlige kjønnsorgan hos hunnlige snegler (imposex) som følge av eksponering av TBT. Grenseverdien for økologiske effekter i sediment er derfor veldig lav (0,002 µg TBT/kg). På grunn av at TBT er så utbredt, og samtidig lite nedbrytbar, så er den forvaltningsmessige grenseverdien satt til 35 µg/kg. TBT kan brytes ned i naturen til di- og monobutylforbindelser

(DBT og MBT). Dokumentasjon i forhold effekter hos organismer eksponert for DBT og MBT er, sammenlignet med effekter av TBT, lav. Imidlertid anses MBT og DBT også å være giftige for vannlevende organismer.

Konsentrasjonen av TBT i sedimentet fra Vassum er svært forurenset i forhold til den effektbaserte klassifiseringen (Tabell 6), men allikevel under den forvaltningsbaserte grenseverdien på 35 µg/kg. Konsentrasjonen av både MBT og DBT var langt høyere enn TBT. MBT og DBT benyttes bl.a. i PVC materiale og i polyuretan skum. Slitasje og utlekking fra tekniske installasjoner og byggemateriale i tunnelene og langs vegene kan være en mulig kilde til disse stoffene i sedimentet fra Vassum.

Tabell 6. Oversikt over konsentrasjonen av tinnorganiske forbindelser i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V)
Monobutyltinnkation (MBT)	µg/kg TS	45	-
Dibutyltinnkation (DBT)	µg/kg TS	52	-
Tributyltinnkation (TBT)	µg/kg TS	3,4	II ¹ & V ²

¹ Forvaltningsmessig (Bakke et al., 2007a).

² Effektbasert (Bakke et al., 2007a).

3.7 ALKYLFENOLER

Nonyletoksilater og oktylfenoletoksilater er overflateaktive stoffer som tilsettes i produkter som maling, lakk og rengjøringsmidler (Hylland et al., 2010). I tillegg kan bildekk være en kilde (Håøya et al., 2008). Etoksilatene brytes relativt raskt ned til nonylfenol og oktylfenol under aerobe forhold. Stoffene antas å være hormonforstyrrende.

Sedimentet synes å være betydelig forurenset av oktylfenol og klassifiseres som svært forurenset (Tabell 7). Det ble ikke påvist konsentrasjoner over kvantifikasjonsgrensen for 4-n-nonylfenol, men 4-iso-nonylfenol ble kvantifisert til 1,9 mg/kg TS. Det er ingen grenseverdi for denne forbindelsen, men den antas også å være hormonforstyrrende på organismer.

Tabell 7. Oversikt over konsentrasjonen av alkylfenoler i sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Klassifisering (I-V)
4-n-Nonylfenol ¹	mg/kg TS	<0,0020	(I)
4-iso-Nonylfenol (tekn.) ²	mg/kg TS	1,9	-
4-t-Oktylfenol	mg/kg TS	0,17	V

¹ Kvantifikasjonsgrense er høyere enn laveste klassifiseringsgrense. Klassifiseringsgrenser i parentes angir derfor hvilken klasse stoffet kan være i hvis konsentrasjonen settes til å være lik kvantifikasjonsgrensen.

² Finnes ingen grenseverdi for 4-iso-Nonylfenol.

3.8 ØKOTOKSIKOLOGISKE TESTER

Økotoksikologiske tester ble utført for å avdekke mulige gifteffekter av stoffer som ikke er målt i denne undersøkelsen samt samvirkende effekter av flere stoffer. Resultatene viser at sedimentet

overskrider grenseverdien for porevann betydelig (Tabell 8), mens den ligger under i forhold til grenseverdien av fettløselige miljøgifter representert ved både *S. costatum* og DR-CALUX. Dette er i samsvar med at PCB ikke ble funnet sedimentet i konsentrasjoner over den analytiske kvantifikasjonsgren. I tillegg indikerer det at sedimentet også er relativt upåvirket av dioksiner og andre dioksinlignende stoffer.

Tabell 8. Oversikt over resultatene fra de tre økotoksikologiske testene utført på sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng.

Stoff	Enhet	Konsentrasjon	Grenseverdi ¹
<i>S. costatum</i> i porevann	TU	5	< 0,5 l/gram
<i>S. costatum</i> organisk ekstraksjon	TU	0,07	< 1,0
DR-Calux	ng TEQ/kg TS	15	< 50 ng/kg

¹ Grenseverdiene er i henhold til Trinn 1 i risikovurderingen av forurenset sediment (Bakke et al., 2007b; Bakke et al., 2011a; Bakke et al., 2011b).

4 KONKLUSJON

Sedimentet i Vassum sedimenteringsbasseng var til dels betydelig forurenset, og nivåene for enkelte stoffer var så høye at man kan forvente både kroniske og akutte effekter på organismer som lever i selve sedimenteringsbassenget. For metallene var det særlig kobber og sink som ble målt i høye konsentrasjoner, noe som samsvarer med flere andre undersøkelser av trafikkrelaterte forurensinger. I tillegg ble det funnet relativt høye konsentrasjoner av tinnorganiske forbindelser. For de andre organiske stoffene var det særlig alkylfenolen 4-t-Oktylfenol og en del enkeltstoffer i PAH-gruppene, som f.eks. antracen, krysen, benso(ghi)perylene og indeno(123cd)pyren, som ble funnet i høye konsentrasjoner. I tillegg ble det målt høye konsentrasjoner av langkjedede hydrokarboner, noe som trolig indikerer bidrag fra drivstoffoljer og bitumen i asfalt. De relativt høye konsentrasjonene i sedimentet indikerer at sedimenteringsbassenget fanger opp betydelige mengder med forurensninger fra tunnelvaskevann og avrenningsvann fra nærliggende vegareal. Dette er viktig da det både reduserer spredning av miljøgifter ut i Årungselta samt reduserer risikoen for skader på vannlevende organismer. Samtidig er det viktig å påpeke at sedimenteringsbassenger generelt er dårlige til å fjerne løste og biotilgjengelige forurensinger. I Vassum er det f.eks. mistanke om at avrenningsvann og vaskevann ikke blir rensert tilstrekkelig, og at dette har en negativ effekt på sjørretet i Årungselta (Meland et al., 2010).

Selv om sedimentet til dels kan karakteriseres som betydelig forurenset så er konsentrasjonene langt under det som kan regnes som farlig avfall. Forurenset sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng, og tilsvarende, kan derfor i de fleste tilfeller leveres til ordinære godkjente deponier. Det anbefales som minimum å legge ved analyseresultater av totalt organisk materiale (TOC), metaller, PAH og oljeinnhold som dokumentasjon på sedimentets forurensningsgrad ovenfor mottaksdeponi.

5 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, et al. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Rapport TA2229/2007. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), 2007a, pp. 12.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, et al. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. Rapport TA2230/2007. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), 2007b, pp. 65.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, et al. Veiledere for risikovurdering av forurenset sediment. Rapport TA2802/2011. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), 2011a, pp. 70.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, et al. Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering. Rapport TA2803/2011. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), 2011b, pp. 178.
- Beasley G, Kneale P. Reviewing the impact of metals and PAHs on macro invertebrates in urban watercourses. *Progress in Physical Geography* 2002; 26: 236-270.
- Bryn Damsgård M. Akkumulering av tungmetaller i bunnlevende invertebrater og frosk fra rensedbasseng langs E6. MSc. Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Ås, 2007, pp. 80.
- Hylland K, Erikson B, Lill Gade A, Hedstein A, Alhaug Høstmark S, Magunssen K, et al. Et Norge uten miljøgifter. Hvordan utslipp av miljøgifter som utgjør en trussel mot helse eller miljø kan stanses. Norges offentlige utredninger (NOU) 2010:9. Miljøverndepartementet, 2010, pp. 129.
- Håøya A-O, Thue Unsgård G, Helland A. Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer. Gjenbruk av bildekk i geokonstruksjoner, overvåkning 2001-2007. Teknologirapport nr. 2527. Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2008, pp. 29.
- Marklund A, Andersson B, Haglund P. Traffic as a source of organophosphorus flame retardants and plasticizers in snow. *Environmental Science & Technology* 2005; 39: 3555-3562.
- Meland S, Borgstrøm R, Heier LS, Rosseland BO, Lindholm O, Salbu B. Chemical and ecological effects of contaminated tunnel wash water runoff to a small Norwegian stream. *Science of The Total Environment* 2010; 408: 4107-4117.
- Meland S. Ecotoxicological Effects of Highway and Tunnel Wash Water Runoff. 2010:25. Doktorgradsavhandling ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB), Ås, 2010, pp. 86.
- Meland S, Roseth R. Organophosphorus Compounds in Road Runoff - Sedimentation and filtration as a mitigation strategy. Accepted. 2011 International Conference on Environmental Protection Engineering, Shanghai, 2011.
- Midtdal Leistad A. Stormwater detention-ponds - Retention of pollutants in sediments (In Norwegian). Department of Plant and Environmental Sciences. MSc thesis. Norwegian University of Life Sciences, 2007, pp. 50.
- Napier F, D'Arcy B, Jefferies C. A review of vehicle related metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the UK environment. *Desalination* 2008; 226: 143-150.
- Ottesen RT, Støver L, Berhelsen BO. Helse- og miljøskadelige stoffer i støtdempende fallunderlag på lekearealer for barn. Rapport TA2759/2011. Klima og forurensningsdirektoratet, 2011, pp. 32.
- Reemtsma T, Quintana JB, Rodil R, Garcia-Lopez M, Rodriguez I. Organophosphorus flame retardants and plasticizers in water and air I. Occurrence and fate. *Trac-Trends in Analytical Chemistry* 2008; 27: 727-737.
- Thomas KV, Langford KH, Muthanna T, Schlabach M, Enge EK, Borgen A, et al. Occurrence of selected organic micropollutants and silver at wastewater treatment plants in Norway. Report TA2784/2011. Klima- og forurensningsdirektoratet, 2011, pp. 53.
- Torp M. Mobilitet og potensiell biotilgjengelighet av metaller i et sedimentasjonsbasseng for vegavrenning og vaskevann fra tunneler langs E6 i Vassum, Ås kommune, Akershus. MSc-oppgave. Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Ås, 2011, pp. 71.
- Vegdirektoratet. Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. Håndbok. 261. Statens vegvesen, Oslo, 2006, pp. 52.
- Weiner ER. Applications of environmental aquatic chemistry: a practical guide. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.

6 VEDLEGG

Vedlegg 1: Oversikt over analyserte parametere samt respektive resultater.

Ordernummer	N1108916	
Provnummer	N00164050-00	
Beteckning 1	OP-inn	
Beteckning 2	Sediment	
Beteckning 3		
Paket	JORD	
Order-ID		
Ankom	20110906	
TCPP (Tri-Klor-Isopropylfosfat)	mg/kg TS	1,2
TCEP (Tri-Klor-Etylfosfat)	mg/kg TS	<0,096
TBP (Tri-N-Butylfosfat)	mg/kg TS	<0,19
TDCP (Tri-(Diklorpropyl)-fosfa	mg/kg TS	0,5
TCrP (Tri-Kresylfosfat)	mg/kg TS	1,5
TPhP (Tri-Fenylfosfat)	mg/kg TS	1,2
TIBP (Tri-Iso-Butylfosfat)	mg/kg TS	<0,19
ToCrP (Tri-o-Kresylfosfat)	mg/kg TS	0,39
TBEP (Tri-(2-Butoksietyl)fosfat	mg/kg TS	<0,19
EHDPhP (2-etylheksyl-di-fenylfosfat)	mg/kg TS	0,73
DBPhP (Dibutylfenylfosfat)	mg/kg TS	<0,19
DPhBP (Difenylbutylfosfat)	mg/kg TS	<0,19
TEHP (Tri(2-etylheksyl)fosfat)	mg/kg TS	3,3
Tørrstoff (E)	%	55
Vanninnhold	%	45
Kornstørrelse >63 µm	%	41,6
Kornstørrelse <2 µm	%	3,8
Kornfordeling	se vedl.	-----
TOC	% TS	7,64
Naftalen	mg/kg TS	<0,050
Acenafylen	mg/kg TS	<0,050
Acenafthen	mg/kg TS	<0,050
Fluoren	mg/kg TS	0,216
Fenantren	mg/kg TS	0,602
Antracen	mg/kg TS	0,119
Fluoranten	mg/kg TS	0,386
Pyren	mg/kg TS	0,648
Benso(a)antracene [^]	mg/kg TS	0,075
Krysen [^]	mg/kg TS	0,374
Benso(b)fluoranten [^]	mg/kg TS	0,153
Benso(k)fluoranten [^]	mg/kg TS	0,075
Benso(a)pyren [^]	mg/kg TS	0,081
Dibenso(ah)antracene [^]	mg/kg TS	<0,050
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,237
Indeno(123cd)pyren [^]	mg/kg TS	0,08
Sum PAH-16	mg/kg TS	3,05
Sum PAH carcinogene [^]	mg/kg TS	0,838
PCB 28	mg/kg TS	<0,0035
PCB 52	mg/kg TS	<0,0035
PCB 101	mg/kg TS	<0,0035
PCB 118	mg/kg TS	<0,0035
PCB 138	mg/kg TS	<0,0035
PCB 153	mg/kg TS	<0,0035
PCB 180	mg/kg TS	<0,0035
Sum PCB-7	mg/kg TS	n.d.

Ordernummer	N1108916/N1200289 (olje)	
Provnummer	N00164050-00	
Beteckning 1	OP-inn	
Beteckning 2	Sediment	
Beteckning 3		
Paket	JORD	
Order-ID		
Ankom	20110906	
As	mg/kg TS	0,79
Pb	mg/kg TS	18,5
Cu	mg/kg TS	158
Cr	mg/kg TS	35
Cd	mg/kg TS	<0,10
Hg	mg/kg TS	<0,20
Ni	mg/kg TS	26,4
Zn	mg/kg TS	1140
Tørrstoff (G)	%	48,9
Monobutyltinnkation	µg/kg TS	45
Dibutyltinnkation	µg/kg TS	52
Tributyltinnkation	µg/kg TS	3,4
Bisfenol A	mg/kg TS	<0,10
Tetrabrombisfenol A (TBBPA)	µg/kg TS	72
PentaBDE	µg/kg TS	21
Heksabromsyklododekan (HBCD)	µg/kg TS	<100
Pentaklorfenol	mg/kg TS	<0,010
4-n-Nonylfenol	mg/kg TS	<0,0020
4-iso-Nonylfenol (tekn.)	mg/kg TS	1,9
4-t-Oktylfenol	mg/kg TS	0,17
Kortkj. klorerte parafiner	mg/kg TS	<100
Mellomkj.klorerte parafiner	mg/kg TS	<100
Pentaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
Heksaklorbensen	mg/kg TS	<0,010
g-HCH (Lindan)	mg/kg TS	<0,010
o,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010
p,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010
o,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010
p,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010
o,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010
p,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010
Heksaklorbutadien	mg/kg TS	<0,010
1,2,3-Triklorbensen	mg/kg TS	<0,010
1,2,4-Triklorbensen	mg/kg TS	<0,010
1,3,5-Triklorbensen	mg/kg TS	<0,010
PFOS	mg/kg TS	<0,010
Skeletonema org.ekstraksjon	g sed./l	14
Skeletonema org.ekstraksjon	TU	0,07
Skeletonema i porevann	TU	5
Skeletonema prep		ja
Dr Calux	ng TEQ/kg	15
Tørrstoff (G)	%	59,6
Fraksjon >C10-C12	mg/kg TS	<200
Fraksjon >C12-C16	mg/kg TS	<200
Fraksjon >C16-C35	mg/kg TS	6710
Fraksjon >C35-C40	mg/kg TS	1460
Total C10-C40	mg/kg TS	8170



Statens vegvesen

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162