



RAPPORT LNR 5151-2006

Forurensningstilstanden i sedimenter i Drammenselva.

Tiltaksvurdering ved overfylling
av sprengsteinmasser



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 1264 Pirsenteret
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Forurensningstilstanden i sedimenter i Drammenselva. Tiltaksvurdering ved overfylling av sprengsteinmasser.	Løpenr. (for bestilling) 5151-2006	Dato 06.02.2006
	Prosjektnr. Undernr. 25202	Sider Pris 22
Forfatter(e) Torleif Bækken og Mats Walday	Fagområde Integrert vannforvaltning	Distribusjon fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Drammen kommune, Byprosjekter.	Oppdragsreferanse Johannes Devold
--	--------------------------------------

Sammendrag

I Drammenselva er det planlagt en utfylling av sprengsteinmasser på Strømsøsiden mellom jernbanebrua og Statens hus, og 250 m nedstrøms bybrua på Bragernessiden. Sedimentet i deler av Drammenselva er fra tidligere påvist å være forurenset. Ved dumping av steinmasse på det løse sedimentet vil trykket medføre at sedimentet blåses vekk/virvles opp i vannmassene. Løst sediment fra områdene som er planlagt overfylt ble derfor analysert for forurensninger. Totalt sett var sedimentet meget forurenset. I henhold til SFTs klassifisering var det stedvis meget forurenset og sterkt forurenset av kvikksølv (Hg), sterkt forurenset av PAH, meget sterkt forurenset av PCB og sterkt forurenset av DDT. Alle disse stoffene er blant våre mest alvorlige miljøgifter. En bør i størst mulig grad søke å forhindre at disse miljøgiftene spres i miljøet og blir mer biotilgjengelige. NIVA anbefaler derfor at forurenset løst sediment dekkes over med et 30 cm tykt lag finkornet steinmasse før sprengstein fylles på. Overdekningen må gjøres skånsomt og kontrolleres underveis.

Fire norske emneord 1. Drammenselva 2. Sediment 3. Forurensning 4. Tiltaksvurdering	Fire engelske emneord 1. Drammen River 2. Sediment 3. Pollution 4. Abatement assessment
---	---



Torleif Bækken
Prosjektleder



Stig A. Borgvang
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

Forord

I forbindelse med planer om utfylling av sprengstein på to områder i Drammenselva er det foretatt undersøkelser av miljøgifter i berørte bunnsedimenter. Undersøkelsen er bestilt av Drammen kommune ved Johannes Devold. Rambøll Norge AS har produsert kartfigurer over Drammenelva. Undersøkelsen ble utført i to omganger: Sedimentundersøkelser på forsommeren 2005 og en dykkerundersøkelse for avgrensning av løse sedimenter 19.-20. desember 2005. Dykkerteamet har bestått av Mats Walday, Tom Chr. Mortensen og Morten Willbergh, alle fra NIVA.

Oslo, 06.01. 2006

Torleif Bækken

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metode	7
2.1 Sedimentprøver	7
2.2 Dykkerarbeid	8
3. Resultater	9
3.1 Sedimentkjerner	9
3.2 Tungmetaller	10
3.3 Organiske miljøgifter	11
3.4 Avgrensing av løst sediment	15
3.4.1 Strømsøstiden	15
3.4.2 Bragernessiden	15
4. Konklusjoner og anbefalinger	19
5. Referanser	20
Vedlegg A.	21

Sammendrag

A. I Drammenselva planlegges det utfylling av sprengsteinmasser i forbindelse med:

1) en stabiliserende motfylling (ca. 250 m x 40 m) for å øke sikkerheten mot kvikkleireskred nedstrøms bybrua på Bragernessiden, samt å redusere erosjonen fra elva mot kvikkleirelaget.

2) utbygging/utfylling langs elveløpet, gangvei/park, ca. 1.1 km på Strømsø siden, fra jernbanebrua til Statens hus.

Tidligere undersøkelser av sediment i Drammenselva har vist at det kan være meget forurenset. Ved dumping av steinmasse på det løse elved sedimentet vil trykket medføre at sedimentet blåses vekk/virvles opp i vannmassene. Det ble derfor utført kjemiske analyser av forurensninger i sedimentet i områdene som er planlagt utfyllt.

B. 5 sedimentprøver fra Strømsø siden og 2 fra Bragernessiden ble analysert for forurensninger. Sedimentet var totalt sett meget forurenset. Det var meget høye konsentrasjoner av kvikksølv (Hg) på begge sider av elva. I henhold til SFTs klassifisering var sedimentprøvene stedvis meget sterkt forurenset og sterkt forurenset. Alle sedimentprøvene var forurenset av PAH. Stedvis var sedimentet sterkt forurenset. De fleste prøvene var forurenset av PCB. Konsentrasjonene var stedvis meget høye på Strømsø siden, tilsvarende meget sterkt forurenset sediment. For DDT var prøvene fra Strømsø siden sterkt forurenset. Prøvene fra Bragernessiden var markert forurenset.

PCB profilen (% sammensetning av de ulike PCB7 forbindelsene) i prøvene fra Strømsø siden viste et entydig og meget uvanlig mønster, noe som antyder en spesikk kilde.

C. Kvikksølv, PCB og DDT er blant våre mest alvorlige miljøgifter. Det er i dag et generelt forbud mot å anvende PCB og DDT. For bruk av kvikksølv gjelder strenge restriksjoner. Særlig i nedre del av Drammenselva og i Drammensfjorden er det fra tidligere kjent at det stedvis er meget høye konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet. Det er også påvist høye konsentrasjoner i biota, særlig av kvikksølv i fisk. En bør derfor i størst mulig grad søke å forhindre at disse miljøgiftene spres i miljøet og blir mer biotilgjengelige.

D. NIVA anbefaler derfor at forurenset, løst, sediment dekkes over med 30 cm tykt lag med finkortet, rein, steinmasse (for eksempel sand) før sprengsteinen legges på. Overdekket areal på Strømsø siden av Drammenselva bør være fra dagens fyllingsfot, og så langt ut som den nye fyllingen er planlagt. Overdekket areal på Bragernessiden av Drammenselva bør være fra betongkanten langs land og ut til grenselinjen mellom løst og fast sediment. Utenfor denne linjen ansees det ikke nødvendig med overdekking.

Det er viktig at overdekningen gjøres skånsomt, slik at forurenset sediment ikke virvles opp i vannmassene. Senere kan sprengsteinmasse dumpes på dette laget.

Ved utfylling over større arealer er det planlagt først å lage en sjete ytterst mot elva, for deretter å fylle ut i det innenforliggende området.

Under utfyllingsarbeidet bør det foregå en kontinuerlig overvåkning for å kontrollere at overdekning og utfylling fungerer etter planen, og at det ikke medfører unødig forurensning.

1. Innledning

I Drammenselva planlegges det utfylling av sprengsteinmasser i forbindelse med:

1) en stabiliserende motfylling for å øke sikkerheten mot kvikkleireskred, samt å redusere erosjonen fra elva mot kvikkleirelaget. Fyllingen vil stekke seg 200-250 m nedstrøms Bybrua på Bragernessiden, og 30 - 40 m ut i elva. Fyllingen vil være dekket av vann. Steinmassene planlegges lagt ut med lekter.

2) utbygging/utfylling langs elveløpet, ca 1.1 km fra jernbanebru til Statens hus på Strømsøsidan. Den største delen av fyllingen strekker seg fra jernbanebrua og ca 300 m oppstrøms, og har en bredde på omkring 25 - 40 m. Utfyllingen videre oppstrøms er langt smalere, omkring 10 m. Øverst er det en noe bredere utfylling med en lengde på ca 90 m og en bredde på 10 – 30 m.

Ved utfylling av steinmassene vil løst bunnsediment i stor grad virvles opp/blåses vekk av trykket. Sedimentet i Drammenselva er til dels betydelig forurensat av miljøgifter. En ønsker at de forurensete massene blir liggende i ro, slik at det ikke frigjøres forurensninger som kan gå inn i næringskjeden eller forringe vann- eller sedimentkvalitet andre steder. Innholdet av forurensninger i sedimentet i Drammenselva er påvist ved en rekke tidligere undersøkelser (Bækken og Lien 1994, Bækken og Lien 1997, Lien og Bækken 1999, Lien 2002, Fjeld og Rognerud 2002, Fjeld et al. 2004). På enkelte strekninger som er planlagt overfylt av steinmasser er det imidlertid lite data.

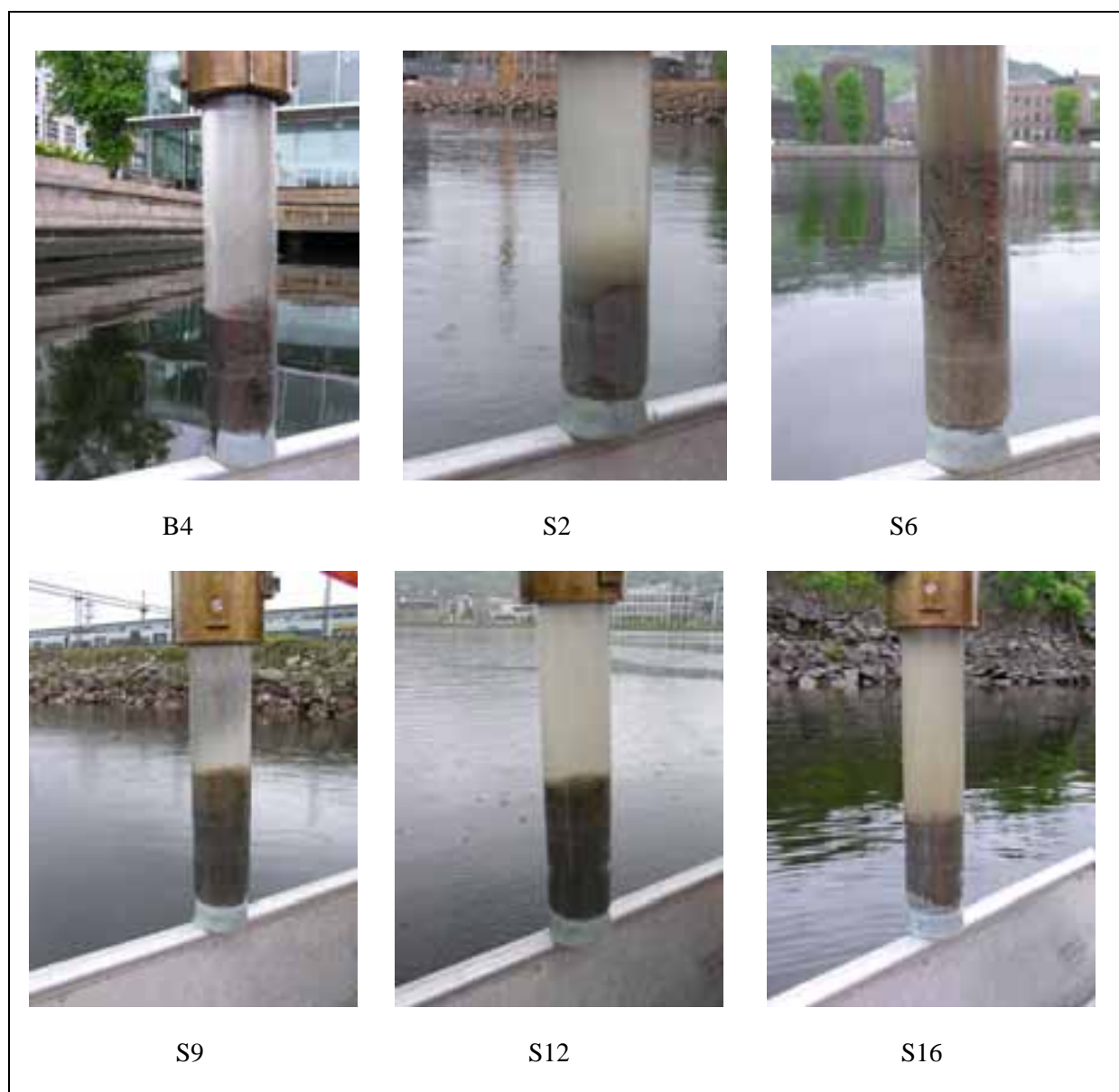
På bakgrunn av resultatene fra sedimentundersøkelsen ble det ønsket en mer presis avgrensning av utbredelsen av løst sediment. Dette ble utført ved dykking den 19. og 20. desember 2005. Formålet var å avgrense det bunnområdet i elva hvor det er sannsynlig at: 1) bunnsedimentene er forurensat av miljøgifter. 2) en vil få resuspensjon av bunnpartiklene ved inngrep i bunnen. I praksis innebærer det at det gjøres en geografisk avgrensning av bløtere bunnsedimenter i den del av elva hvor det planlegges utfylling.

Foreliggende rapport viser resultater fra de nye undersøkelsene av sedimentet, og gir en anbefaling om tiltak for å hindre spredning av miljøgifter under arbeidet med utfylling av områdene.

2. Materiale og metode

2.1 Sedimentprøver

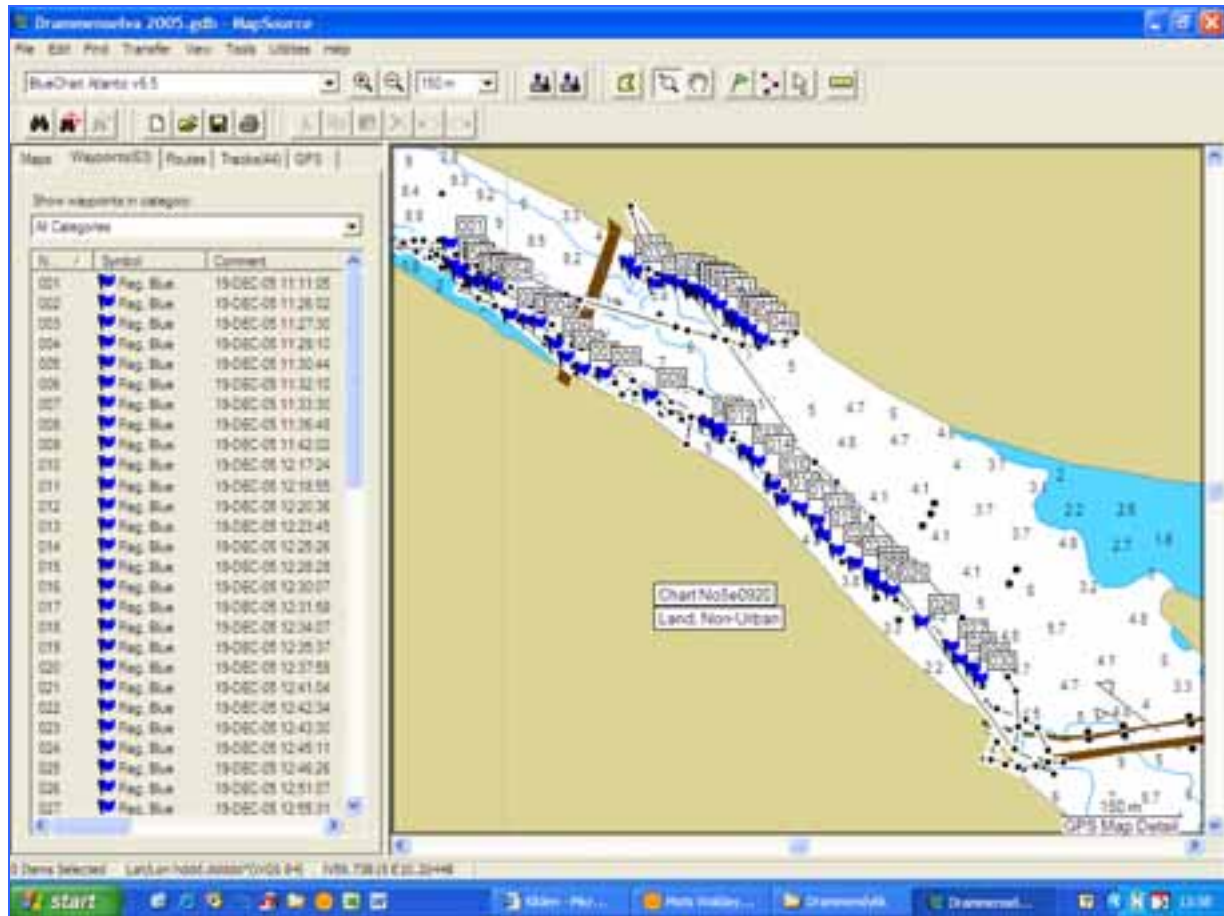
Det ble tatt sedimenter i begge de planlagte utfyllingsområdene med en Skogheim sedimentprøvetaker (**Figur 1**). Innvendig diameteren på røret er ca 6 cm. På Bragernessiden ble det forsøkt tatt prøver fra 12 steder spredt over det området som skal fylles ned (**Error! Reference source not found.**). På Strømsøsidan ble det forsøkt tatt prøver fra 16 steder. Bunnforholdene er bestemmende for om det er mulig å få opp prøver. Dersom det er stein/grus /sandbunn eller kompakt leirebunn er det vanskelig å få med sedimenter. Der det er løsere bunn, ofte med organisk materiale, vil prøvetakeren trenge ned i sedimentet i forhold til hvor dypt det løse laget går. Derfor vil prøvetakingen også gi en antydning av hvor i elva det er løse masser som kan virvles opp ved dumping av stein. Det ble analysert på 2 prøver fra Bragernessiden og 5 prøver fra Strømsøsidan. Hele sedimentsøylen ble analysert. Prøvene ble analysert på tørrstoff og gløderest, et utvalg tungmetaller (inkludert kvikksølv), PAH (polyaromatiske hydrokarboner), PCB (polyklorerte bifenyler) og enkelte andre klororganiske forbindelser, bl.a.nedbrytningsprodukter av DDT (DDE og DDD).



Figur 1. Sedimentkjerner fra ulike prøvesteder i Drammenselva

2.2 Dykkerarbeid

Dykker med kommunikasjon svømte langs bunnen og rapporterte overgang fra løst til fast sediment. Fast sediment ble definert som sedimenter hvor det var vanskelig å stikke mer enn fingrene ned i sedimentet. Båten med reservedykker og båtfører fulgte rett over dykkeren. Hver gang dykkeren rapporterte overgang til fastere bunnsediment ble det laget en waypoint på GPS (Garmin 60CS) (**Figur 2**), og Vedlegg A.



Figur 2. Bildet ('screen print') viser waypoints (blå flagg) samlet inn langs østre og vestre elvebredd i nedre del av Drammenselva. Waypoints markerer overgang fra løse til faste bunnsedimenter.

3. Resultater

3.1 Sedimentkjerner

På Bragernessiden ble det forsøkt å ta sedimentkjerner på 12 steder fordelt på nedfyllingsområdet. Avstandene var ca 6 m og 20-30 m fra land (**Figur 4**, **Figur 5** og **Figur 6**). Dypet varierte fra ca 3.5 til 5.5 m (**Tabell 1**). Det ble hentet opp prøver fra 4 steder. Høyden på sedimentkjernene varierte fra 7 cm til 22 cm. Alle var fra området nærmest 5-10 m fra land. To av disse ble analysert.

På Strømsønsiden ble det forsøkt å ta sedimentkjerner på 16 steder fordelt på utfyllingsområdet. Avstandene fra land var 5-6 m og 20-30 m. Dypet varierte fra 1.75 m til 6 m. Det ble tatt opp sedimenter fra 12 steder. Høyden på sedimentkjernene varierte fra 6 cm til 22 cm. De fleste sedimentprøvene ble hentet fra området 5-10 m fra land, men det ble også hentet sedimentprøver fra 20-25 m fra land. Fem av prøvene ble tatt ut for analyse.

Tabell 1. Egenskaper ved prøvesteder og sedimenkjerner. B-prøver angir Bragernessiden, S-prøver angir Strømsøsidan (se kartfigur). Analyserte prøver er markert med tykk skrift.

	Innhold	Analysert	Prøvedyp m	Avstand land m	Sedimenthøyde cm
Bragernes					
B1	Tom		5.5	15	
B2	Tom		4	6	
B3	Tom		4.5	20	
B4	Sediment	Ja	4	6	11
B5	Tom		4.5	20	
B6	Sediment	Nei	3.5	6	7
B7	Tom		5.5	20	
B8	Tom		5	20	
B9	Tom		5	20	
B10	Sediment	Ja	4.5	10	21
B11	Tom		6	30	
B12	Sediment	Nei	3.5	10	22
Strømsø					
S1	Tom		2.75	25	0
S2	Sediment	Ja	1.75	6	16
S3	Sediment	Nei	3	25	9
S4	Sediment	Nei	1.75	6	21
S5	Tom		2.75	25	0
S6	Sediment	Ja	2	6	22
S7	Sediment	Nei	4.5	6	11
S8	Sediment	Nei	6.5	6	6
S9	Sediment	Ja	5	6	16
S10	Tom		5	5	0
S11	Tom		4.75	30	0
S12	Sediment	Ja	2.5	6	14
S13	Sediment	nei/lagret	4	25	10
S14	Sediment	nei/lagret	2	6	14
S15	Sediment	nei/lagret	2.5	20	10
S16	Sediment	Ja	2	6	10

3.2 Tungmetaller

Alle konsentrasjonene er for hvert tilfelle et gjennomsnitt for hele sedimentkjernen. Kvikksølv skilte seg ut ved å ha meget høye konsentrasjoner i sedimentet ved B4 på Bragernessiden og S9 på Strømsøsidan, med henholdsvis 3.58 og 2.57 mg/kg t.v. (**Tabell 2**). I henhold til SFTs klassifisering var disse sedimentprøvene henholdsvis meget sterkt forurenset og sterkt forurenset (Andersen et al 1997). Begge stasjonene ligger forholdsvis nær land. Også ved B10 og S16 ble det funnet forhøyede konsentrasjoner (markert forurenset). I området ved S16 er det også tidligere funnet høye konsentrasjoner av kvikksølv på nivå med det som ble funnet på S9 (2.59 mg/kg t.v.) (Bækken & Lien 1994). Sett i forhold til svenske kriterier var flere av sedimentprøvene markert forurenset av krom (Cr) (Naturvårdsverket 2000). Prøven fra S6 var også markert forurenset av kobber (Cu). For de andre metallene var det lave konsentrasjoner (ubetydelig eller moderat forurenset).

Tabell 2. Tørrstoffinnhold (TTS), innhold av uorganisk (TGR) og organisk materiale, samt konsentrasjoner av tungmetaller og arsen (As) i hele sedimentkjerner fra to stasjoner på Bragernessiden (B2, B10) og 5 stasjoner på Strømsøsidan i Drammen 3 juli 2005. Prøver fra overflatesedimenter (5 cm) fra 3.august 1994 er vist nederst. Fargene refererer til SFTs vannkvalitetsklasser. Celler uten farge angir at det ikke eksisterer kriterier. * refererer til svenske kriterier.

		I < Ubetydelig	II – Moderat	III – Markert	IV < Sterkt	V < Meget sterkt		
		B4	B10	S2	S6	S9	S12	S16
TTS	g/kg	517	433.3	420.7	288.5	284.6	462.1	453.7
TGR	g/kg	950.5	935.8	904.4	805.5	908.8	928.9	932.2
Organisk	%	4.95	6.42	9.56	19.45	9.12	7.11	6.78
As	mg/kg	3	4	5	4	5	5	4
Cd	mg/kg	0.4	0.4	0.5	0.93	0.69	0.6	0.6
Cr*	mg/kg	16.4	18.4	24.2	36.6	31.5	28	28.3
Cu	mg/kg	38.1	33	97	176	108	60.8	68.1
Fe	mg/kg	9570	14300	8130	7810	13800	14800	11300
Hg	mg/kg	3.68	0.81	0.18	0.39	2.57	0.39	0.66
Mn	mg/kg	117	173	103	104	163	156	140
Ni	mg/kg	9.6	13	11	15.1	15.3	14.6	15
Pb	mg/kg	34.9	31	77.7	123	88.4	65.8	68.4
V	mg/kg	18	25.8	16.9	18.3	26.3	25.2	23.6
Zn	mg/kg	145	138	289	727	227	182	158
1994, 5cm								
Cd	mg/kg	0.22		0.71		0.33		0.74
Cu	mg/kg	21.7		102		41.8		109
Hg	mg/kg	0.17		0.23		0.31		2.59
Pb	mg/kg	41		68.4		36.8		128

3.3 Organiske miljøgifter

PAH - forbindelser

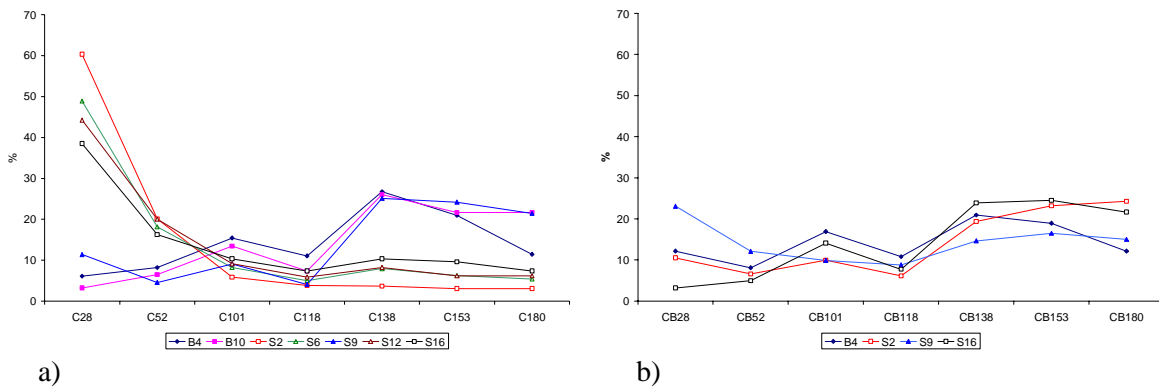
Sedimentet i alle prøvene var forurenset av PAH. Høyest var konsentrasjonen i prøven fra S9 der sedimentet var sterkt forurenset med ca. 8400 µg/kg t.v. (Tabell 3). I alle de andre ble sedimentet karakterisert som markert forurenset. Andelen karsinogene PAH- forbindelser (KPAH) varierte mellom stasjonene fra ca. 14 % til ca 34 %. Benzo(a)pyren brukes som indikator på KPAH forurensninger, og det er egne kvalitetskriterier for denne. Forbindelsen hadde høyest konsentrasjoner ved S9 og S16 der sedimentet var sterkt forurenset.

Klororganiske forbindelser

Sedimentet i de fleste prøvene fra 2005 var forurenset av PCB. Konsentrasjonene var stedvis meget høye på Strømsøsidan. Sedimentet fra S2 og S6 hadde henholdsvis 547 og 716 µg/kg t.v. (Tabell 4). Det tilsvarende meget sterkt forurenset sediment. Det var også forholdsvis høye konsentrasjoner i prøvene fra S9 og S16 nær land lengre nedstrøms. Sedimentet herfra var sterkt forurenset av PCB. På Bragernessiden var konsentrasjonene langt lavere, men likevel var sedimentet ved B4 markert forurenset. Undersøkelsen i 1994 viste også høye konsentrasjoner i områdene ved S2 og S16, begge steder var overflatesedimentet sterkt forurenset.

PCB profilen (% sammesetning av de ulike PCB7 forbindelsene) i prøvene fra Strømsøsidan viste et meget uvanlig møster. Med unntak av sedimentet fra S9 var de dominert av de lavklorete forbindelsene PCB 28 og PCB 52 (**Error! Reference source not found.**). Vi har ingen umiddelbart opplagt forklaring på dette. Det kan skyldes en utsortering partikler med denne type PCB pga strømforholden, eller det kan være/har vært en spesiell kilde i nærheten av S2 og S6 som har spredt denne type PCB nedover. Begge sedimentkjernene herfra var omkring 20 cm dype, og ligger nedstrøms en innersving i elva, hvilket innebærer at dette trolig er et område i elva der det foregår en del sedimentasjon av partikler som transporteres med elva. PCB profilen ved S9 var mer lik den som vanligvis observeres, med større andel av mellom- og høyklorete forbindelser. Den samme profilen ble også registrert på Bragernessiden. I prøvene fra overflatesediment (5 cm) i 1994 hadde S9 mer innslag av lavklorete, mens de andre prøvene var dominert av mellom- og høyklorete forbindelser.

Av de andre analyserte klorete forbindelsene ble nedbrytningsprodukter av DDT (DDD og DDE) funnet i høye konsentrasjoner. Prøvene fra Strømsøsidan var alle sterkt forurenset av DDT med konsentrasjoner fra 13.2 til 20.5 µg/kg t.v.. Prøvene fra Bragernessiden var markert forurenset. I overflatesedimentet fra undersøkelsen i 1994 var konsentrasjonene lavere, med unntak av ved S16 der sedimentet også da var sterkt forurenset. De andre klorete forbindelsene ble funnet i forholdsvis lave konsentrasjoner.



Figur 3. Fordelingen av PCB-forbindelser i hver av prøvene fra a) 3.6.2005 og b) 3.8.1994 fra samme områder.

Tabell 3. PAH forbindelser i sedimentprøver fra to stasjoner på Bragernessiden (B2, B10) og 5 stasjoner på Strømsønsiden. Fargene refererer til SFTs vannkvalitetsklasser. Celler uten farge angir at det ikke eksisterer kriterier.

		I < Ubetydelig	II – Moderat	III – Markert	IV < Sterkt	V < Meget sterkt		
		B4	B10	S2	S6	S9	S12	S16
SUM PAH	µg/kg tv	2684	3453.7	3527.4	3459	8387	5332	2400
SUM KPAH	µg/kg tv	808	1161	933	846	1176	1253	618
KPAH	%	30	34	26	24	14	23	26
SUM NPD	µg/kg tv	344	426	567	730	1370	1195	412
*Dibenzotiofen	µg/kg tv	30	29	58	110	280	45	37
Acenaften	µg/kg tv	27	45	41	57	680	160	27
Acenaftilen	µg/kg tv	11	9.7	8.4	39	250	74	12
Antracen	µg/kg tv	46	33	46	62	670	180	39
Benzo(a)antracene	µg/kg tv	99	170	160	190	290	220	110
Benzo(a)pyren	µg/kg tv	150	230	170	150	190	230	110
Benzo(b)fluoranten	µg/kg tv	270	370	250	260	360	400	200
Benzo(e)pyren	µg/kg tv	150	200	140	140	190	200	99
Benzo(ghi)perylene	µg/kg tv	180	200	200	150	160	210	100
Chrysen	µg/kg tv	170	230	190	250	280	280	160
Dibez(a,h)anthracene	µg/kg tv	29	41	43	26	36	43	18
Fenantren	µg/kg tv	280	360	420	490	1000	930	330
Fluoranten	µg/kg tv	488	590	720	560	2150	830	488
Fluoren	µg/kg tv	38	36	63	84	72	140	42
Indeno(1,2,3-cd)- anthracene	µg/kg tv	160	200	210	120	160	210	97
Naftalen	µg/kg tv	34	37	89	130	90	220	45
Perylen	µg/kg tv	51	88	79	61	93	110	53
Pyren	µg/kg tv	371	435	540	480	1296	700	350

Tabell 4. PCB og et utvalg andre klororganiske forbindelser i sedimentprøver fra to stasjoner på Bragernessiden (B2,B10) og 5 stasjoner på Strømsønsiden (S..) i Drammen 3 juli 2005. Prøver fra overflatesedimenter (5 cm) fra 3.august 1994 er vist nederst. Fargene refererer til SFTs vannkvalitetsklasser. Celler uten farge angir at det ikke eksisterer kriterier.

		I < Ubetydelig	II – Moderat	III – Markert	IV < Sterkt	V < Meget sterkt		
	Enhet	B4	B10	S2	S6	S9	S12	S16
PCB7	µg/kg tv	52.4	23.05	547	716	219	33.9	135
CB28	µg/kg tv	3.2	0.75	330	350	25	15	52
CB52	µg/kg tv	4.3	1.5	110	130	10	6.8	22
CB101	µg/kg tv	8.1	3.1	32	59	20	3.1	14
CB118	µg/kg tv	5.8	1.7	21	36	9	2	10
CB138	µg/kg tv	14	6	20	57	55	2.8	14
CB153	µg/kg tv	11	5	17	45	53	2.1	13
CB180	µg/kg tv	6	5	17	39	47	2.1	10
a-hexaklorsykloheksan	µg/kg tv	<0.2	<0.2	1.4	0.94	<0.2	<0.2	<0.5
g-hexaklorsykloheksan(lindane)	µg/kg tv	<0.2	<0.2	<1	<1	<0.2	<0.2	<0.5
Pentaklorbenzen	µg/kg tv	2.9	2.2	<1	<1	3.6	1.3	<0.5
Heksaklorbenzen	µg/kg tv	1.1	1	1.2	1.3	0.75	<0.2	<0.5
Octaklorstyren	µg/kg tv	<0.2	<0.2	<1	<1	<0.2	<0.2	<0.5
pp-DDD	µg/kg tv	3.3	3.8	9.5	11	18	14	11
pp-DDE	µg/kg tv	1.4	1	3.9	6.3	2.5	1.6	2.2
pp-DDT	µg/kg tv	<1	<1	<3	<3		<1	<1
SUM DDT	µg/kg tv	4.7	3.8	13.4	17.3	20.5	15.6	13.2
1994, 5 cm								
SUM PCB7	µg/kg tv	14.8		135.8		27.3		112.7
CB28	µg/kg tv	1.8		14.3		6.3		3.6
CB52	µg/kg tv	1.2		8.9		3.3		5.6
CB101	µg/kg tv	2.5		13.5		2.7		15.9
CB105	µg/kg tv	0.6		3		1		2.9
CB118	µg/kg tv	1.6		8.3		2.4		8.7
CB138	µg/kg tv	3.1		26.3		4		26.9
CB153	µg/kg tv	2.8		31.5		4.5		27.6
CB156	µg/kg tv	0.5		6.1		0.9		5.7
CB180	µg/kg tv	1.8		33		4.1		24.4
CB210	µg/kg tv	0.5		<0.5		<0.2		1.8
HCHA	µg/kg tv	<0.2		<0.2		<0.2		<0.2
HCHG	µg/kg tv	<0.2		<0.2		<0.2		<0.2
QCB	µg/kg tv	1.1		0.4		<0.2		0.8
HCB	µg/kg tv	1.7		1.1		0.4		1.3
OCS	µg/kg tv	<0.2		<0.2		<0.2		<0.2
pp-DDD	µg/kg tv	0.5		3.8		1.5		17.7
pp-DDE	µg/kg tv	1.1		2.4		0.8		5.6
Sum DDT	µg/kg tv	1.6		6.2		2.3		24.3

3.4 Avgrensning av løst sediment

Bunnen på de undersøkte områdene har for det meste en slakk helning utover mot dypet. Sedimentforholdene er relativt heterogene, hvilket betyr at det *flekkvis kan være områder med bløtere sedimenter også utenfor den linjen vi har definert som grense*. Tilsvarende vil det også være områder med fastere sedimenter innenfor linjen.

3.4.1 Strømsønsiden

Variierende mellom 3-6m dyp ble bunnen fastere og mer sandliknende. Punkter på grenselinjen mellom fast og løst sediment er vist på **Figur 4**, **Figur 5** og **Figur 6**. Disse ble alltid funnet utenfor det planlagte utfyllingsområdet. Det innebærer at det er stor sannsynlighet for å finne områder med meget forurenset sediment i hele det planlagte utfyllingsområdet. Vi anbefaler derfor at det dekkes til. Langs elvebredden er det mer eller mindre brådypt. I skråningen vil det være lite akkumulert sediment. En tildekking kan derfor starte fra den nåværende fyllingsfoten og gå utover så langt fyllingen er planlagt.

Det var veldig mye synketømmer på bunnen, det meste lå langs bunnen, men relativt ofte stakk det også stokker opp i vannmassene. Vår vurdering er at alt tømmeret vil gjøre utlegging av duk meget vanskelig. I le av tømmer og annet på bunnen, var det akkumulert finere sedimenter, på enkelte steder også dypere enn de "waypoints" vi definerte, se kapittel 2.2.

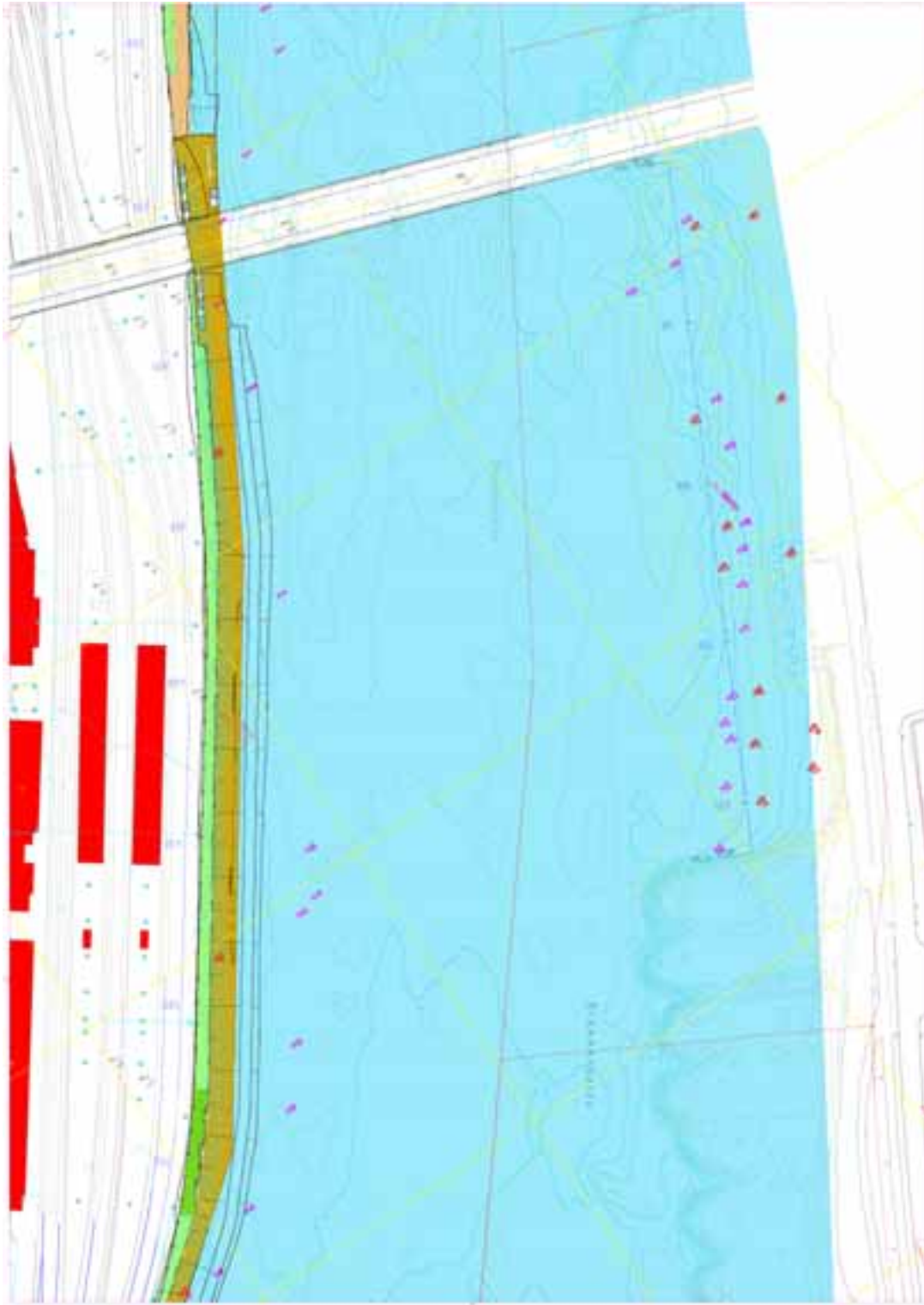
3.4.2 Bragernessiden

Bunnen var heterogen, enkelte steder med meget kompakt leire, noen ganger som store klumper oppå selve bunnen (resultater av menneskelige inngrep?). Punkter på grenselinjen mellom fast og løst sediment er vist på **Figur 5**. Disse ligger oftest nærmere strandkanten enn yttersiden på den planlagte fyllingen. Strandkanten består her av en loddrett betongkant. Vi anbefaler at området mellom betongkanten og grenselinjen dekkes til.

Det var mindre tømmer her enn på vestsiden.



Figur 4. Strømsøsiden. Fyllingsområdet fra Statens hus nedstrøms forbi Bybrua. Røde tall og sirkler angir sted for sedimentprøver, lilla tall og sirkler angir grensen for utbredelse av løst sediment. Kartfigur produsert av Rambøll Norge AS.



Figur 5. Strømsønsiden og Bragernessiden. Fyllingsområdet nedstrøms Bybrua på begge sider av elva. Røde tall og sirkler angir sted for sedimentprøver, lilla tall og sirkler angir grensen for utbredelse av løst sediment. Kartfigur produsert av Rambøll Norge AS.



Figur 6. Strømsø siden. Fyllingsområdet forbi jernbanestasjonen ned til jernbanebrua. Røde tall og sirkler angir sted for sedimentprøver, lilla tall og sirkler angir grensen for utbredelse av løst sediment. Kartfigur produsert av Rambøll Norge AS.

4. Konklusjoner og anbefalinger

Kvikksølv (Hg), PCB og DDT er blant våre mest alvorlige miljøgifter. Det er i dag et generelt forbud mot å anvende PCB og DDT. For bruk av kvikksølv gjelder strenge restriksjoner. Særlig i nedre del av Drammenselva og i Drammensfjorden er det fra tidligere kjent at det stedvis er meget høye konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet. Det er også påvist høye konsentrasjoner i biota, særlig av kvikksølv i fisk. En bør derfor i størst mulig grad søke å forhindre at disse miljøgiftene spres i miljøet og blir mer biotilgjengelige.

De analyserte prøvene i denne undersøkelsen hadde til dels svært høye konsentrasjoner av miljøgifter. Prøvene ble tatt fra løst sediment på elvebunnen. Ved dumping av steinmasse på det løse elve-sedimentet vil trykket medføre at sedimentet blåses vekk/virvles opp i vannmassene. Det vil medføre en uønsket spredning av forurensningene. Avgrensningen av løst sediment, utført av dykkere, viser at utbredelsen varierer. Det er anslått en grense mellom løst og fastere sediment utover i elva. Det vil likevel være enkelte områder innenfor som har fast sediment. I praksis vil det sannsynligvis være lite formålstjenelig å skille ut disse fra mellomliggende områder med løst sediment.

For å hindre spredning av miljøgiftene fra bunnsedimentet ut i elva og Drammensfjorden er prinsipielt to tiltak mulige: 1) fjerne massene, 2) dekke over massene, med duk og /eller finkornet masse.

Vi vil anbefale en overdekning. Det ble imidlertid påvist mye tømmer på bunnen. Det kan gjøre anvendelse av duk meget komplisert, og i realiteten lite egnet. Vi anbefaler derfor at det fylles på finkornet masse direkte på sedimentet. Overdekket areal på Strømsøsiden av Drammenelva bør være fra dagens fyllingsfot (der bunnen flater ut), og så langt ut som den nye fyllingen er planlagt. Overdekket areal på Bragernessiden av Drammenselva bør være fra betongkanten og ut til grenselinjen mellom løst og fast sediment. Utenfor denne linjen ansees det ikke nødvendig med overdekking.

Det må imidlertid stilles krav til hvordan overdekningen foregår, slik at arbeidet med overdekningen ikke medfører unødig oppvirvling av bunnsediment. Forslagsvis kan overdekningen foregå ved at finkornet steinmasse (f.eks sand) legges forsiktig på i et 30 cm tykt lag direkte på sedimentet. Det er viktig at dette gjøres skånsomt, slik at sedimentet ikke virvles opp i vannmassene. Senere kan større masse dumpes på dette laget.

Ved utfylling over større arealer er det planlagt først å lage en sjete ytterst mot elva, for deretter å fylle ut i det innenforliggende området. En bør vurdere å stenge av mot elvevannet i begge ender av sjeteen. Anvendelse av en sjete reduserer den umiddelbare transporten av forurensninger ut i elva. Vi mener likevel at områder med løst sediment som blir liggende innenfor en sjete også først bør dekkes til av fin masse. Dette fordi forurensninger som fordeles opp i røysa etter hver vil finne veien ut i elva.

Under utfyllingsarbeidet bør det foregå en kontinuerlig overvåkning for å kontrollere at overdekning og utfylling fungerer etter planen, og at det ikke medfører unødig forurensning.

5. Referanser

Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT, Veiledning 97:04/TA-1468/1997.

Bækken, T og Lien, L. 1994. Konsekvensanalyse "Lukket løsning Bragernes". Konsekvensanalyse for Drammenselva - trinn 1. Sedimentundersøkelser. - NIVA Rapport 3137.

Bækken, T. og Lien, L. 1997. Drammenselva. Miljøvurderinger i forbindelse med utfylling av strandsone ved Mjøndalen. – NIVA Rapport 3687-1997.

Fjeld, E. og Rognerud, S. 2002. Kvikksølv i sedimenter fra Drammenselva og i abbor fra indre Drammensfjord, 2000-2001. – NIVA Rapport 4523-2002.

Fjeld, E., Schlabach, M., Rognerud, S. og Kjellberg, G 2004. Miljøgifter i sedimenter og fisk fra Mjøsa, Drammensvassdraget og Drammensfjorden, oppfølgende undersøkelser i 2004. Statlig program for forurensningsovervåkning. - SFT rapport TA-2051/2004, NIVA Rapport 4896-2004.

Lien, L. og Bækken, T. 1999. Miljøkonsekvenser for Drammenselva ved bygging av ny motorvegbro (E18). – NIVA Rapport 4089-1999.

Lien, L. 2002. Miljøkonsekvenser for Drammenselva ved bygging av ny motorvegbro (E18) – supplerende undersøkelser. – NIVA Rapport 4561-2002.

Naturvårdsverket 2000. Bedømningsgrunder før miljøkvalitet. Sjøar och vattendrag. – NVV Rapport 4913

Vedlegg A.

Tabell 5. Waypoints langs østre elvebredd (desimalgrader). Posisjonene markerer overgang fra løst til fast bunnsediment (se tekst). Distanse fra waypoint til elvebredd i meter (målt fra kart).

TYPE	WP	LAT	LONG	DIST (M)	TIME
WGS-84	031	59.74236740	10.20405147	28	20-DEC-05 11:45:35
WGS-84	032	59.74227495	10.20421827	33	20-DEC-05 11:47:34
WGS-84	033	59.74212885	10.20467106	38	20-DEC-05 11:50:37
WGS-84	034	59.74216606	10.20496870	27	20-DEC-05 11:53:03
WGS-84	035	59.74212625	10.20522569	24	20-DEC-05 11:54:15
WGS-84	036	59.74205366	10.20547832	24	20-DEC-05 11:56:19
WGS-84	037	59.74205584	10.20549458	23	20-DEC-05 11:56:24
WGS-84	038	59.74204687	10.20562652	22	20-DEC-05 11:57:18
WGS-84	039	59.74199809	10.20573892	22	20-DEC-05 11:58:17
WGS-84	040	59.74194579	10.20590312	23	20-DEC-05 11:59:44
WGS-84	041	59.74188519	10.20611501	23	20-DEC-05 12:00:53
WGS-84	042	59.74175208	10.20639136	29	20-DEC-05 12:03:05
WGS-84	043	59.74169509	10.20649077	32	20-DEC-05 12:03:23
WGS-84	044	59.74168519	10.20658599	30	20-DEC-05 12:03:40
WGS-84	045	59.74160012	10.20679135	34	20-DEC-05 12:05:20
WGS-84	046	59.74149224	10.20705571	37	20-DEC-05 12:07:03

Tabell 6. Waypoints langs vestre elvebredd (desimalgrader). Posisjonene markerer overgang fra løst til fast bunnsediment (se tekst). Distanse fra waypoint til elvebredd i meter (målt fra kart).

TYPE	WP	LAT	LONG	DIST (M)	TIME
WGS-84	001	59.74259036	10.20004844	60	19-DEC-05 11:11:05
WGS-84	047	59.74234175	10.20010670	34	20-DEC-05 12:19:26
WGS-84	048	59.74228945	10.20022128	37	20-DEC-05 12:20:41
WGS-84	049	59.74224150	10.20025531	33	20-DEC-05 12:21:54
WGS-84	050	59.74216975	10.20055739	35	20-DEC-05 12:23:51
WGS-84	051	59.74214058	10.20063585	34	20-DEC-05 12:24:43
WGS-84	052	59.74214712	10.20082218	39	20-DEC-05 12:25:24
WGS-84	053	59.74211175	10.20099250	40	20-DEC-05 12:26:01
WGS-84	054	59.74208409	10.20108118	38	20-DEC-05 12:26:34
WGS-84	002	59.74176868	10.20139609	23	19-DEC-05 11:26:02
WGS-84	003	59.74170741	10.20180806	27	19-DEC-05 11:27:30
WGS-84	004	59.74167966	10.20204526	31	19-DEC-05 11:29:10
WGS-84	005	59.74144204	10.20242681	22	19-DEC-05 11:30:44
WGS-84	006	59.74128546	10.20266376	7	19-DEC-05 11:32:10
WGS-84	007	59.74115076	10.20303818	7	19-DEC-05 11:33:30
WGS-84	008	59.74109997	10.20352593	18	19-DEC-05 11:36:48
WGS-84	009	59.74085723	10.20457031	20	19-DEC-05 11:42:02
WGS-84	010	59.74054031	10.20583187	34	19-DEC-05 12:17:24
WGS-84	011	59.74048248	10.20607042	34	19-DEC-05 12:18:55
WGS-84	012	59.74042137	10.20610856	30	19-DEC-05 12:20:36
WGS-84	013	59.74021023	10.20669462	26	19-DEC-05 12:23:45
WGS-84	014	59.74009884	10.20698237	26	19-DEC-05 12:25:26
WGS-84	015	59.73984964	10.20732083	18	19-DEC-05 12:28:28
WGS-84	016	59.73968175	10.20752275	14	19-DEC-05 12:30:07
WGS-84	017	59.73958930	10.20792173	26	19-DEC-05 12:31:58
WGS-84	018	59.73943809	10.20829548	30	19-DEC-05 12:34:07
WGS-84	019	59.73927766	10.20842808	23	19-DEC-05 12:35:37
WGS-84	020	59.73910701	10.20876755	26	19-DEC-05 12:37:59
WGS-84	021	59.73895932	10.20917273	34	19-DEC-05 12:41:04
WGS-84	022	59.73883828	10.20953030	40	19-DEC-05 12:42:34
WGS-84	023	59.73876729	10.20954070	35	19-DEC-05 12:43:30
WGS-84	024	59.73870861	10.20972443	38	19-DEC-05 12:45:11
WGS-84	025	59.73864793	10.20999961	43	19-DEC-05 12:46:26
WGS-84	026	59.73829840	10.21064845	42	19-DEC-05 12:51:07
WGS-84	027	59.73801593	10.21133300	43	19-DEC-05 12:55:31
WGS-84	028	59.73786816	10.21151606	38	19-DEC-05 12:56:47
WGS-84	029	59.73775408	10.21180532	39	19-DEC-05 12:58:25
WGS-84	030	59.73765031	10.21197002	35	19-DEC-05 12:59:20