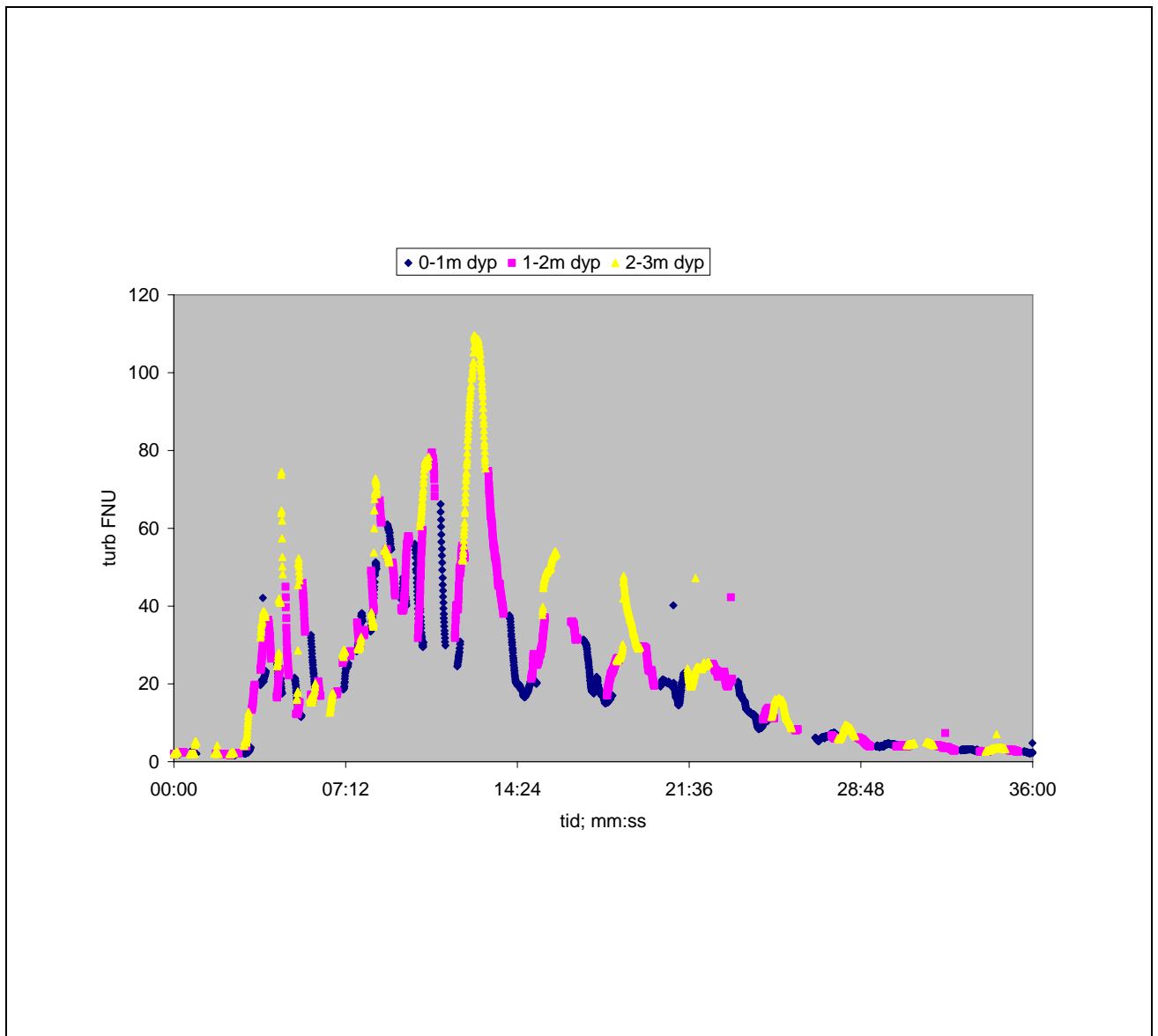


Overvåkning av vannkvaliteten i Drammenselva ved deponering av tunnelmasse



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 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

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

Akvaplan-niva

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

Tittel Overvåkning av vannkvaliteten i Drammenselva ved deponering av tunnelmasse	Løpenr. (for bestilling) 5446-2007	Dato 15 juni 2007
	Prosjektnr. Undernr. 26255	Sider Pris 15
Forfatter(e) Torleif Bækken	Fagområde Integrert vannforvaltning	Distribusjon fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

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

Sammendrag

I forbindelse med opparbeidelse av gangvei og friområde langs Drammenselva på Strømsøsidan, og stabilisering av leireområder på Bragernessiden er det deponert store mengder sprengsteinmasser fra tunneldriving. Slike masser kan inneholde betydelige mengder forurensninger. Det er derfor foretatt en overvåkning av vannkvaliteten i Drammenselva i forbindelse med disse arbeidene. De nærmeste områdene nedstrøms utfyllingene ble forurenset av ammonium, enkelte metaller, olje og PAH, men stort sett bare i moderate mengder. For kobber og bly tilsvarte imidlertid konsentrasjonene i enkelte prøver meget sterkt forurenset vann i henhold til SFTs vannkvalitetsklasser. For ammonium var det er lite sannsynlig at det ville oppstå giftige konsentrasjoner grunnet omdanning til ammoniakk. Partikkelkonsentrasjonene var høye nær utfyllingsarbeidene. Forurensningene kunne bevege seg som skyer med vannmassene. Utover i elva avtok konsentrasjonene av alle forurensningene til referanseverdier etter få meter på grunn av fortykning i ellevannet. Også lengre nedstrøms var det å forvente at ellevannet ytterligere ville tynne ut forurensningene slik at forurensninger fra utfyllingsaktiviteten ikke medfører vesentlige effekter på vannkvaliteten her. Det er ikke å forvente at spredningen av slam og forurensninger på sikt får vesentlige virkninger på sedimentkvaliteten i elva eller for dyre og plantelivet.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnelmasse 2. Utfylling 3. Partikler 4. Miljøgifter 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel blasted rock 2. Rock fill 3. Particles 4. Hazardous substances
---	--


Torleif Bækken
Prosjektleder


Merete
Forskningsleder


Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Overvåkning av vannkvaliteten i Drammenselva ved deponering av tunnelmasse

Forord

I forbindelse med planer om utfylling av sprengstein på to områder i Drammenselva er det foretatt undersøkelser av miljøgifter i berørte bunnsedimenter. Disse er rapportert tidligere (Bækken & Walday 2006). Over sedimentet er det fylt sprengstein fra tunneldriving. Foreliggende prosjekt skal gjøre en enkel overvåkning av vannkvaliteten i Drammenselva under deponeringen av tunnelmassen. Det er tidligere gitt en foreløpig rapportering av resultatene i form av et notat (Johannes Devold e-mail med vedlegg av 2.10.2006).

Oslo, juni 2007

Torleif Bækken

Innhold

1. Innledning	5
2. Metoder og materiale	5
3. Resultater	6
3.1 Før utfylling	6
3.2 Under utfylling	6
3.2.1 Strømsø siden	6
3.2.2 Bragernessiden	7
4. Konklusjon	8
5. Referanser	14

1. Innledning

I Drammenselva er det gjort utfylling av sprengsteinmasser fra tunneldriving i forbindelse med:

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

2) utbygging/utfylling langs elveløpet, ca 1.1 km fra jernbanebru til Statens hus på Strømsønsiden. 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.

Sprengstein fra tunneldriving kan i tillegg til slampartikler inneholde betydelige mengder sprengstoffrester i form av nitrater og ammonium (Bækken 1998). Etter bruk av sprøytebetong for tunnelsikring, kan avrenningsvann fra tunnelmassen være sterkt basisk (høy pH verdi). Meget høye pH verdier er i seg selv skadelig for plante og dyreliv. Ved høy pH omgjøres også ammonium (NH_4) til ammoniakk (NH_3) som er meget giftig for vannlevende organismer (Alabaster & Lloyd 1982, Knoph 1995). Ved høy pH i resipienten og stor tilgang på ammoniumioner kan dette være et problem. Av denne grunn har myndighetene i USA gitt vannkvalitetskriterier for ammonium avhengig av både pH og temperatur (U.S.EPA 1985). De samme kriteriene brukes også i Canada (CCREM). Det er den senere tid også påvist at det kan være betydelige konsentrasjoner av olje og PAH i slam fra tunnelarbeider (Bækken og Tjomsland 2005).

I et forarbeid til utfyllingen ble det gjort en undersøkelse av sedimentkvaliteten. Områdene som var planlagt fylt over med masse hadde til dels sterkt forurensede sedimenter (Bækken & Walday 2006). For å hindre videre spredning under påfylling av tunnelmasse, ble det anbefalt forsiktig å dekke bunnen med et lagt fin masse før det ble dumpet tyngre masse på.

Foreliggende rapport omhandler resultater fra en enkel overvåkning av vannkvaliteten omkring deponeringsstedene i Drammenselva sett i forhold til potensielt forurensende stoffer tilført under utfylling av tunnelmasse. Prosjektet tar først og fremst for seg stoffer som tidligere er påvist i avrenning fra sprengstein fra tunneldriving. En tilsvarende overvåkning er også tidligere utført ved dumping av sprengstein mellom Bybrua og Jernbanebrua på Bragernessiden samt på Holmen.

2. Metoder og materiale

Det er tatt vannprøver fra Drammenselva før utfyllingen startet, under aktiv utfyllingsarbeid og i etterkant av utfylling. Referanseprøvene fra før anleggsstart ble tatt oppstrøms planlagt anleggsområde, og i samme område som utfyllingen ble planlagt å foregå. Under anleggsfasen ble prøvene tatt på ulike avstander fra fyllingene, samt på referansestasjonen oppstrøms anlegget. Det ble hentet prøver fra hver meters dyp i vannsøylen. Disse ble samlet til en blandprøve. Blandprøvene ble analysert på partikler (turbiditet), pH, ammonium-nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat-nitrogen ($\text{NO}_3\text{+NO}_2\text{-N}$), tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) og olje. I tillegg ble det ved utvalgte steder og tidspunkt kontinuerlig målt partikler (turbiditet) og konduktivitet i hele vannsøylen.

3. Resultater

3.1 Før utfylling

Referansekonsentrasjonene i Drammenselva før oppstart, 8.mai 2006, var normale for denne elva. pH i blandprøven lå omkring 6.8 midt i elva oppstrøms Bybrua og i prøver videre nedover til Jernbanebrua 10-20 m fra land på Strømsøsidan. Tilsvarende pH verdier ble funnet nedstrøms Bybrua på Bragernessiden (**Figur 1**). Referansekonsentrasjonene for konduktivitet, turbiditet (partikler), ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-) var henholdsvis omkring 3.3 mS/m, 2.1 FNU, 13 $\mu\text{g/l}$ og 260 $\mu\text{g/l}$ (**Figur 2**, **Figur 3**, **Figur 4**). For metallene var det også stort sett lave konsentrasjoner. Unntaket var kobber som ble funnet i noe forhøyede konsentrasjoner på Strømsøsidan. Konsentrasjonen av kobber var høyest på de to nederste stasjonene (**Tabell 1**). Konsentrasjonene av sum PAH og olje var også lave med konsentrasjoner under deteksjonsgrensene for de fleste forbindelsene (**Figur 6**, **Figur 7**).

3.2 Under utfylling

3.2.1 Strømsøsidan

Etter at utfyllingsarbeidene var satt i gang, ble det tatt prøver i ulike avstander nedstrøms utfyllingsstedet (Strømsø NF Aktiv) og utover i elven (Strømsø UF Aktiv). pH i blandprøven fra referansen oppstrøms bybrua var nå 7.1 (**Figur 1**). pH i vannet ved utfyllingsstedet varierte fra ca 7.0 til 7.5 i avstand henholdsvis 30 m til 5 m fra utfyllingsstedet. Utover i elva, i avstander 2 m, 5 m og 30 m fra fyllingen, var pH omkring det samme som målt ved referansen. Det var altså bare en liten, og bare lokal, økning i pH grunnet utfyllingen av tunnelmasse.

Konsentrasjonene av ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) økte betydelig nedstrøms dumpeområdet sett i forhold til referansekonsentrasjonen. Området mellom 30 m og 5 m nedstrøms hadde konsentrasjoner fra 135 $\mu\text{g/l}$ og 265 $\mu\text{g/l}$, men referansen var 35 $\mu\text{g/l}$ (**Figur 4**). Ammonium går ved høy pH og høy temperatur i økende grad over til giftig ammoniakk (NH_3). pH var imidlertid her så lav at det ikke var giftige konsentrasjoner av ammoniakk. Prøvene utover i elva viste at konsentrasjonene meget raskt var på nivå med referansekonsentrasjonene. Det ble observert en tilsvarende fordeling av nitrat (NO_3^-) som av ammonium.

Under utfyllingsarbeidet økte partikkelkonsentrasjonen betydelig i nærområdet til fyllingen. Det ble observert turbiditetsverdier mellom ca 14 og 40 FNU. Partikkelskyen vil flytte seg i forhold til utfyllingsaktiviteten og strømningsmønsteret i elva (se Bragernessiden). Det er trolig årsaken til at det ble registrert høyere konsentrasjoner i blandprøven 30 m nedstrøms enn 5 m nedstrøms. Utover i elva, på 2 m, 5 m og 30 m avstand fra fyllingen, lå alle konsentrasjonene på bakgrunnsnivå. I juni ble det kontinuerlig målt turbiditet nedstrøms fyllingen ved 5 m, 10 m og 30 m avstand (**Figur 5**). Det ble registrert betydelig konsentrasjoner av partikler på 5 m avstand fra fylling. Denne partikkelskyen hadde tettest innhold av partikler mellom 2 dyp og bunnen på ca 4 m dyp. Lengre nedstrøms avtok partikkelinnholdet sterkt og ved 30 m avstand fra fyllingen var det tilnærmet referansekonsentrasjoner.

Konduktiviteten på utfyllingstidspunktet var høy i forhold til det som ble registrert i prøvene fra før utfylling (8.mai 2006). Konduktiviteten var sågar høyest på referansen og lengst ute i elva. Årsaken til dette er innslag av saltvann/brakkvann i prøvene. Alle prøvene er blandprøver fra hver 1 m fra bunn til topp. Prøver fra de dypeste områdene har fått med mest vann fra saltvannskilen, og prøvene fra områdene lengst nedstrøms i elva mer saltvann enn de lengre oppstrøms. I juni ble det også kontinuerlig målt konduktivitet nedstrøms fyllingen på 5 m, 10 m og 30 m avstand (**Figur 5**). Mot bunnen ble det funnet høye verdier. Dette skyldtes saltvannspåvirkninger. Referansestasjonen ligger lengre oppe i elva og en må derfor dypere i elva for å finne påvirkning fra saltvannsinntrengningen. I

det øvre vannlaget var det bare ferskvann. Her skyldtes konduktivitetsøkningen økt innhold av ioner fra fyllingen. En del av dette vil være ammonium- og nitrater.

De fleste metallene ble funnet i forholdsvis lave konsentrasjoner, men konsentrasjonene økte likevel i forhold til det som ble funnet i referanseprøvene (**Tabell 1**). Kobber (Cu) og bly (Pb) ble imidlertid funnet i konsentrasjoner som tilsvarte både markert, sterk og meget sterk forurensning. Også for sink (Zn) var det en prøve med konsentrasjon tilsvarende markert forurensning. Det ble ikke tatt prøver av metallene utover i elva, men det er å forvente at de i stor grad følger partikkelkonsentrasjonene, og derfor avtar raskt til referanseverdier utover i elva.

Konsentrasjonene av olje i vannmassene nedstrøms fyllingen var høyere enn ved referansestasjonen. Konsentrasjonene var imidlertid ikke høye. Konsentrasjonene av PAH var også klart forhøyet på stasjonen nær utfyllingen (5m fra). Konsentrasjonene avtok raskt nedstrøms, og de var allerede ved 10 m og 30 m nedstrøms fyllingen på referanse nivå. Det ble ikke tatt prøver av olje og PAH utover i elva, men det er å forvente at de i stor grad følger partikkelkonsentrasjonene, og derfor avtar raskt til referanseverdier. I referanseprøven fra oktober var konsentrasjonen av PAH vesentlig høyere enn nedstrøms fyllingen. Her må det være har kilder oppstrøms og demonstrerer at Drammenselva er en generelt forurenset elv. Det ble observert oljefilm på vannoverflaten i området under dumping av tunnelmasse. Blandprøven vil i liten grad få med denne delen av forurensningen. Det er uklart om denne oljen kommer fra deponert tunnelmasse eller fra anleggsmaskiner på fyllingen.

3.2.2 Bragernessiden

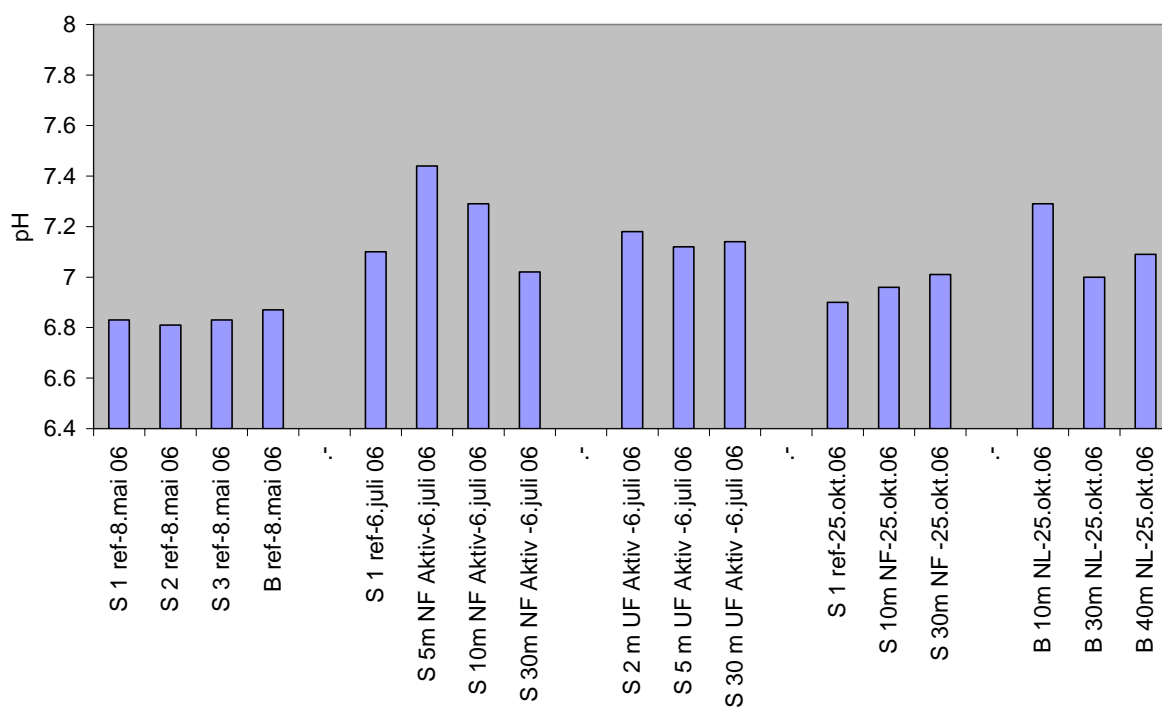
På Bragernessiden ble tunnelmassen dumpet fra en leker. Fyllingen er sin helhet under vann. Det ble utført en registrering av forurensningsnivå under dumping av ett lekerlass tunnelmasse. pH i blandprøvene var nær normal med verdier i overkant av 7. Konduktivitetsverdiene i blandprøvene var forholdsvis lave, men økte fra referanseverdier omkring 3.9 mS/m til 6.4 mS/m 40 m nedstrøms lekeren (**Figur 2**). En kontinuerlig registrering av konduktiviteten gjennom partikkelskyene som bevegede seg nedover med vannstrømmen viste variasjoner mellom 3.9 mS/m og 4.4 mS/m (**Figur 8**). Dette reflekterer økt ioneinnhold, der økte konsentrasjoner av ammonium og nitrater er en del av forklaringen (se Strømsøsidene). Konsentrasjonene av partikler (som turbiditet) i blandprøvene økte betydelig nedstrøms lekeren. Mens referanseprøver (blandprøver) lå omkring 2 FNU, var konsentrasjonen i blandprøven 10 m nedstrøms lekeren på 44 FNU. Den kontinuerlige registreringen av turbiditet gjennom partikkelskyene viste konsentrasjoner fra bakgrunnsnivå på omkring 2 FNU til maksimumsverdi på omkring 110 FNU (**Figur 8**). Partiklene kom i klare pulser som samsvarte med slipp av tunnelmasse fra lekeren.

For tungmetaller sett i forhold til referanse tatt 8. mai på Bragernessiden og i forhold til referanseprøve 25. oktober på Strømsøsidene, var det først og fremst konsentrasjonene av bly (Pb) som endret seg vesentlig. Fra å ligge på lave bakgrunnsverdier i referanseprøvene tilsvarte konsentrasjonene på 10 m, 30 m og 40 m nedstrøms leker henholdsvis meget sterkt og markert forurenset vann i henhold til SFTs vannkvalitetsklasser. Også for kobber ble det registrert forhøyet konsentrasjon med markert forurenset vann 10 m nedstrøms lekeren. For de andre metallene var det bare små endringer fra referanseprøvene og liten grad av forurensning. Prøvene er blandprøver fra forurensete ”skyer” som driver med vannmassene nedover elva. Partiklene vil etter hvert deponere på bunnen av elva eller ute i sjøen. De største partiklene vil deponere nær fyllingen og kan her slamme ned bunnen. Det kan for en kort periode ødelegge habitatene til bunnlevende organismer i disse områdene. Det forventes at bunndyrsamfunnet er normalisert i løpet av 1-2 år. Lettere partikler vil følge strømmen og deponere i rolige områder/bakevjer i elva eller ute i sjøen. Det er ikke å forvente at slamspredningen på sikt får vesentlige virkninger på sedimentkvaliteten i elva eller for dyre og plantelivet.

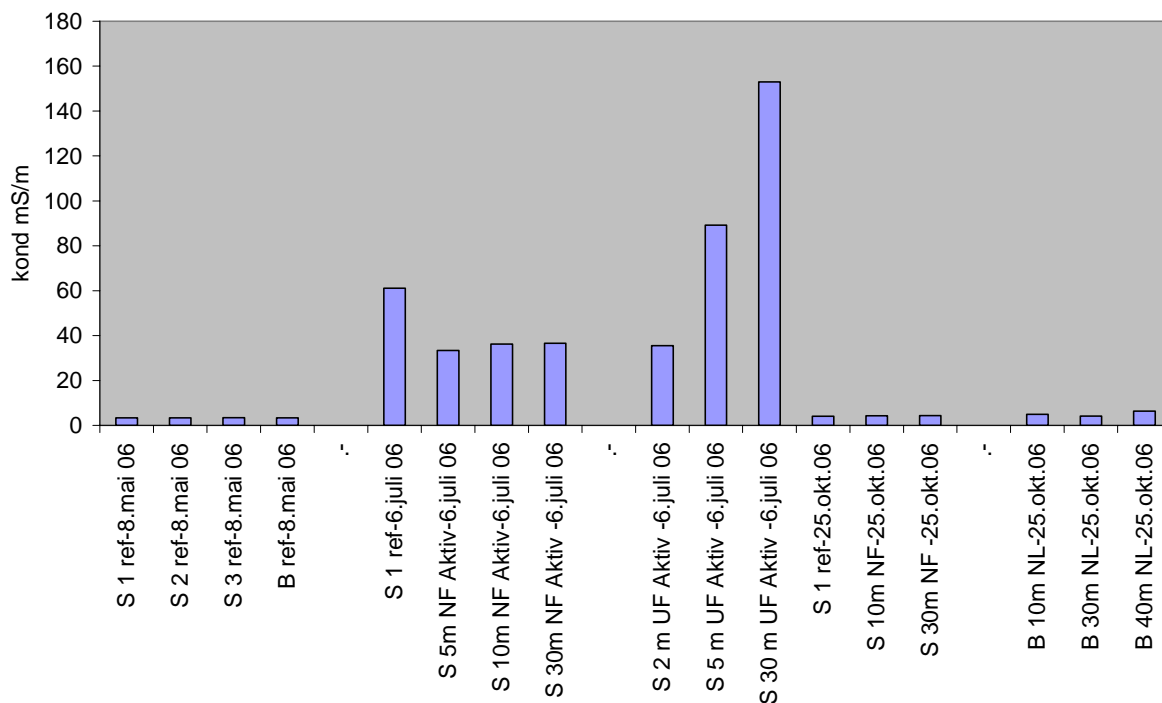
Konsentrasjonene av olje nedstrøms lekteren var forholdsvis høye, med 380 µg/l i blandprøven 10 m nedstrøms lekteren. Konsentrasjonene av PAH var høyest 10 m nedstrøms lekteren, og avtok til referanseverdier fra før utfyllingen lengre nedstrøms.

4. Konklusjon

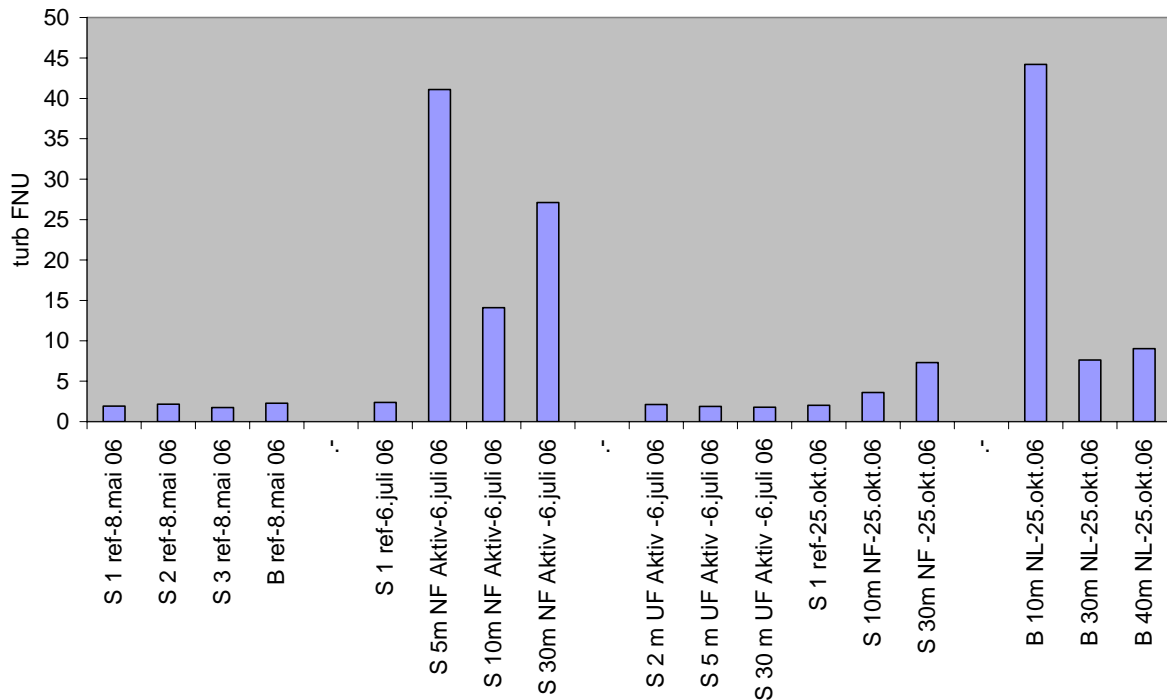
1. De nærmeste områdene nedstrøms utfyllingene blir forurenset av ammonium, enkelte metaller, olje og PAH, men stort sett bare i moderate mengder. For kobber og bly var imidlertid konsentrasjonene i enkelte prøver høye, og tilsvarte da meget sterkt forurenset vann i henhold til SFTs vannkvalitetsklasser.
2. Det er lite sannsynlig at det oppstår giftige konsentrasjoner av ammoniakk.
3. Utover i elva avtok konsentrasjonene av alle forurensninger til referanseverdier etter få meter på grunn av fortykning i ellevannet.
5. Også lengre nedstrøms er det å forvente at ellevannet ytterligere tynner ut forurensningene slik at forurensninger fra utfyllingsaktiviteten ikke medfører vesentlige effekter på vannkvaliteten.



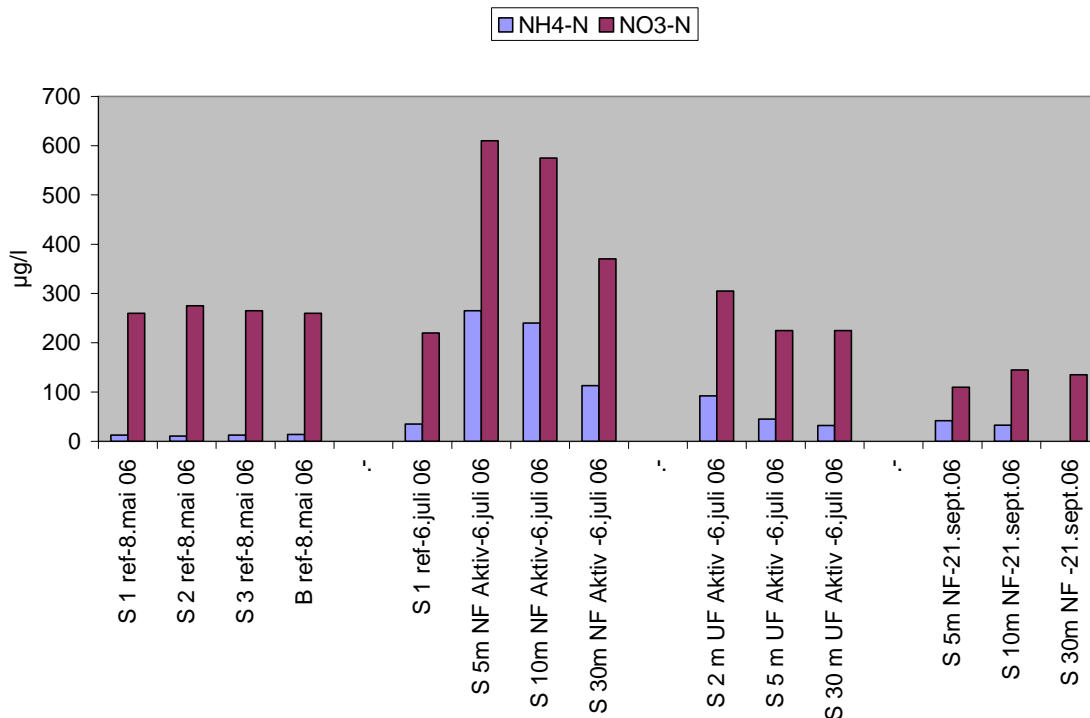
Figur 1. pH i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrøms utfylling av tunnelmasser på Strømsøsiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



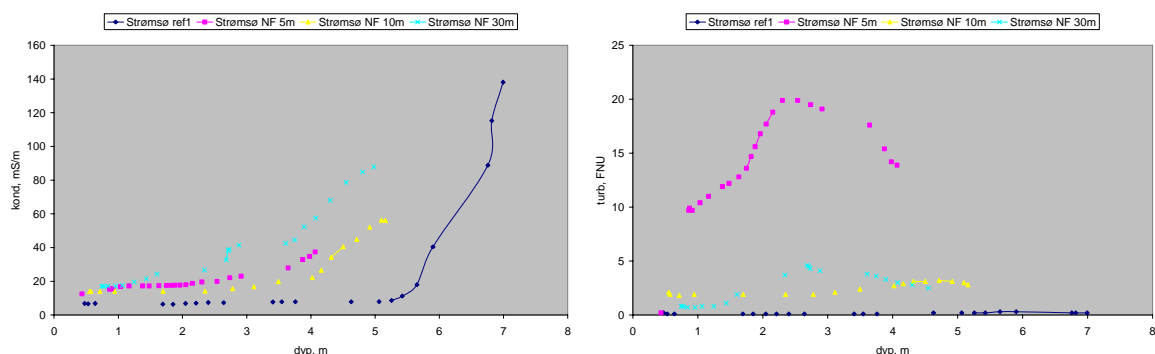
Figur 2. Konduktivitet i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrømsutfylling av tunnelmasser på Strømsøsiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



Figur 3. Turbiditet (partikler) i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrøms utfylling av tunnelmasser på Strømsøsiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



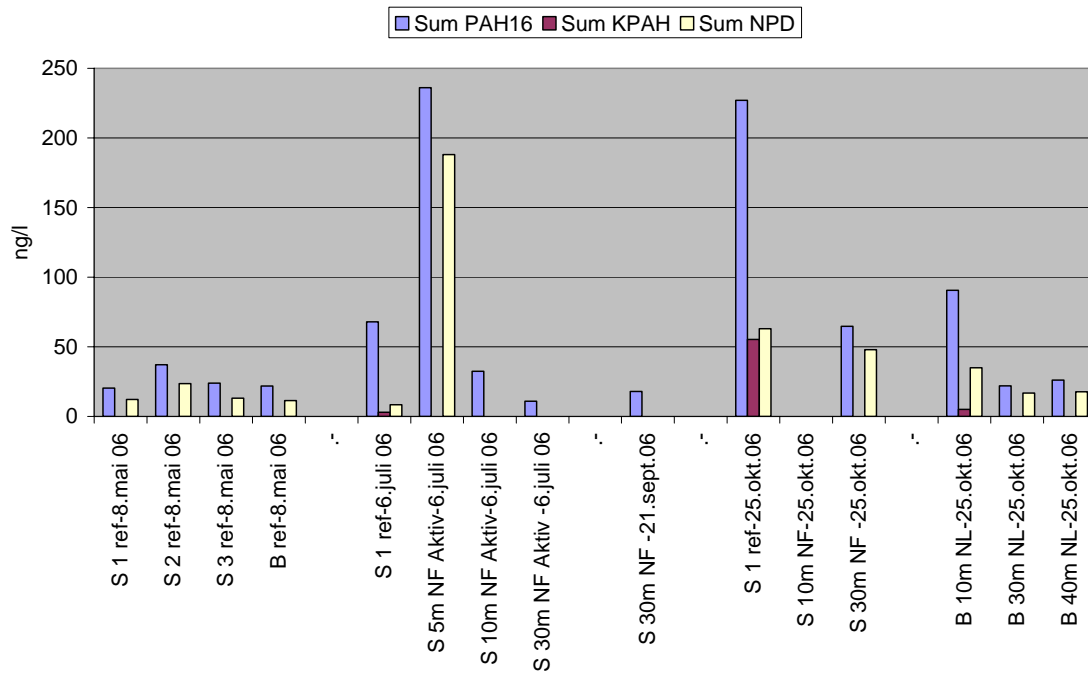
Figur 4. Ammonium (NH₄-N) og nitrat (NO₃-N) i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrøms utfylling av tunnelmasser på Strømsøsiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



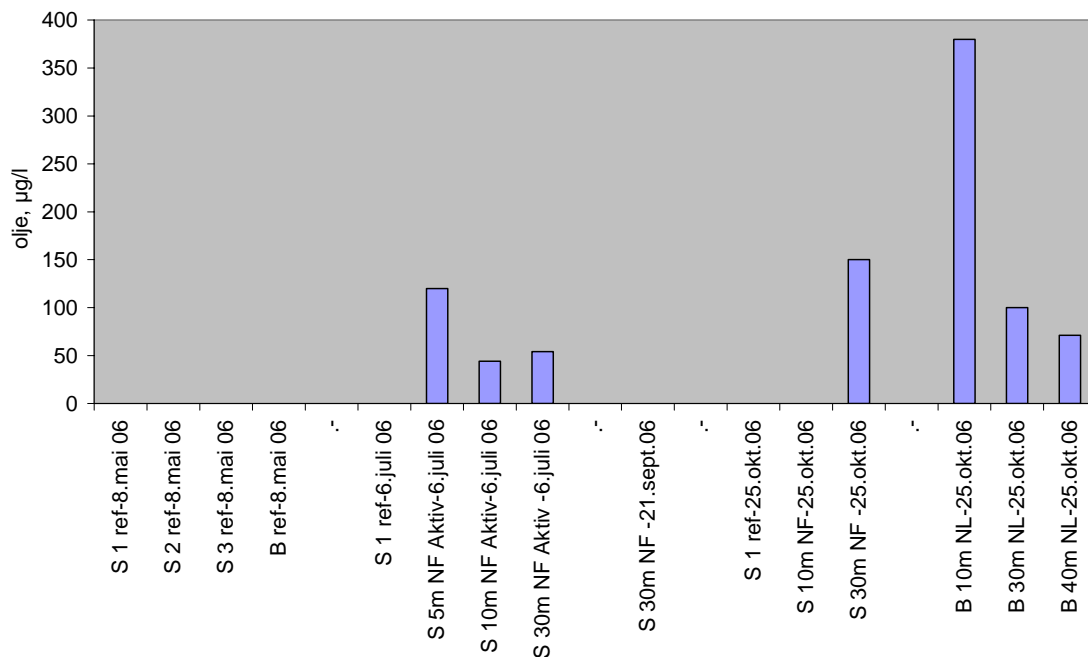
Figur 5. Konduktivitet (A) og turbiditet (B) på ulike dyp nedstrøms utfyllingssted på Strømsø siden 21.09.2006.

Tabell 1. Konsentrasjoner av tungmetaller i vannfase på ulike datoer i referanseprøver og prøver ved utfylling. **S** og **B** angir Strømsø og Bragernes. **NF** angir nedstrøms fylling, **NL** angir nedstrøms lektre som tømmer masse. **Aktiv** betyr at prøvene er tatt mens tunnelmasse er tømt ut i elva. Meteravgivelse gir avstand fra fyllingen. Farger angir forurensningsgrad i henhold til SFTs klassifiseringssystem for ferskvann (Andersen et al 1997). S angir økt analyseusikkerhet grunnet høye kloridkonsentrasjoner. Der det ikke er angitt farge finnes det ikke kriterier.

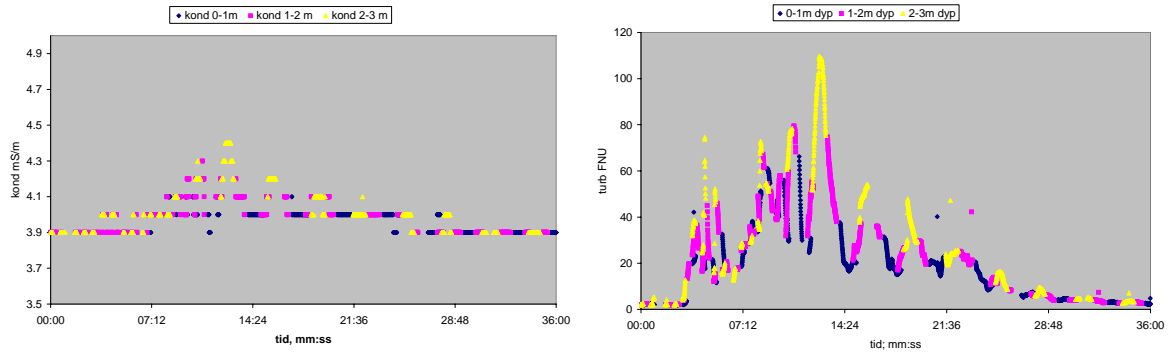
		I – ubetydelig	II – moderat	III – markert	IV – sterkt	V – meget sterkt			
		Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
S 1 ref	8.mai 06	0.058	0.3	1.48	170	12.8	0.93	0.311	4.94
S 2 ref	8.mai 06	0.035	0.2	1.98	160	11.9	0.64	0.2	4.09
S 3 ref	8.mai 06	0.035	0.2	2.21	160	12.1	0.65	0.21	4.15
B ref	8.mai 06	0.023	0.2	1.12	160	11.7	0.61	0.19	4.18
S 1 ref	6.juli 06	0.024	s0.76	2.61	73	11.8	0.54	0.285	5.77
S 5m NF Aktiv	6.juli 06	0.037	s0.83	4.09	303	43.1	1.1	2.87	9.63
S 10m NF Aktiv	6.juli 06	0.031	s0.56	2.44	160	22.6	0.62	1.3	6.2
S 30m NF Aktiv	6.juli 06	0.064	s0.34	7.52	357	45.1	0.96	2.47	20.7
S 30m NF	21.sept.06	0.15	s1.6	4.3	140	15.4	0.9	1.51	12.4
S 1 ref	25.okt.06	0.01	0.2	1.25	140	8.88	0.53	0.394	4.81
S 30m NF	25.okt.06	0.02	0.2	1.18	220	18.4	0.6	1.21	5.07
B 10m NL	25.okt.06	0.044	0.8	2.64	918	82.9	1.2	6.44	13.8
B 30m NL	25.okt.06	0.01	0.3	1.29	290	20.2	0.64	1.47	4.37
B 40m NL	25.okt.06	0.022	0.3	1.21	270	28.2	0.56	1.75	4.36



Figur 6. Sum PAH16, sum KPAH (potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser) og sum NPD (lettere, oljerelaterte PAH-forbindelser) i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrøms utfylling av tunnelmasser på Strømsøssiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



Figur 7. Olje i blandprøver fra referansestasjoner og nedstrøms utfylling av tunnelmasser på Strømsøssiden (S) og Bragernessiden (B). Prøvene er tatt i løpet av våren, sommeren og høsten 2006. NF angir nedstrøms fylling, UF angir utover i elva ved fylling, Aktiv angir at prøvene er tatt under aktivt utfyllingsarbeid. Meterangivelse angir avstand fra fylling.



Figur 8. Konduktivitet og turbiditet målt kontinuerlig gjennom ulike dyp 30 m nedstrøms lekker i løpet av deponering av et lekkerlass tunnelmasse på elvebunnen på Bragernessiden. Dybde kategorier angitt med ulike farger.

Tabell 2. Konsentrasjoner av PAH forbindelser i Drammenselva på Strømsø siden under deponering av tunnelmasse 2006.

kjemisk navn	Strømsø 1 ref <25_10_2006	Strømsø 1 ref<06_07_2006	Strømsø 1 ref<08_05_2006	Strømsø 10m NFylling Aktiv<06_07_2006
sum KPAH	55.3	3	0	0
sum NPD	63	8.4	12.2	0
sum PAH	245.4	70	20.4	32.5
sum PAH16	227	67.9	20.4	32.5
Acenaften	<2	<2	<2	<2
Acenaftylene	3.2	<2	2.3	<2
Antracen	3.5	<2	<2	<2
Benzo(a)antracene	16	3	<2	<2
Benzo(a)pyren	17	<2	<2	<2
Benzo(b,j)fluoranten	22	2.2	2.7	<2
Benzo(e)pyren	14	2.1	<2	<2
Benzo(ghi)perylene	11	<2	<2	<2
Benzo(k)fluoranten	9.6	<2	<2	<2
Chrysen	15	6.3	<2	2.5
Dibenzotiofen	<2	<2	<2	<2
Dibez(a,h)anthracene	2.7	<2	<2	<2
Fenantren	12	3.4	4	<2
Fluoranten	30	15	3.2	13
Fluoren	<2	<2	<2	<2
Indeno(1,2,3<cd)anthracene	10	<2	<2	<2
Naftalen	51	5	8.2	<2
Perylen	4.4	<2	<2	<2
Pyren	24	33	<2	17

kjemisk navn	Strømsø 2 ref 08_05_2006	Strømsø 3 ref 08_05_2006	Strømsø 30m NF 21_09_2006	Strømsø 30m NF25_10_2006	Strømsø 30m NFylling Aktiv 06_07_2006	Strømsø 5m NFylling Aktiv 06_07_2006
sum KPAH	0	0	0	0	0	0
sum NPD	23.6	13.2	0	48	0	188
sum PAH	37.1	23.9	18	64.8	10.9	238.5
sum PAH16	37.1	23.9	18	64.8	10.9	236.2
Acenaften	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acenaftylene	2.4	<2	<2	<2	<2	<2
Antracen	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Benzo(a)antracene	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Benzo(a)pyren	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Benzo(b,j)fluoranten	2.3	2.3	<2	<2	<2	2.9
Benzo(e)pyren	<2	<2	<2	<2	<2	2.3
Benzo(ghi)perylene	<2	<2	<2	<2	<2	2.3
Benzo(k)fluoranten	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Chrysen	<2	<2	<2	<2	<2	2.5
Dibenzotiofen	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dibez(a,h)anthracene	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Fenantren	8.6	6.5	<2	15	<2	28
Fluoranten	3.4	3.7	<2	6.8	4.8	24
Fluoren	2.8	2.2	<2	2.4	<2	2.5
Indeno(1,2,3<cd)anthracene	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Naftalen	15	6.7	<2	33	<2	160
Perylen	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pyren	2.6	2.5	18	7.6	6.1	14

Tabell 3. Konsentrasjoner av PAH forbindelser i Drammenselva på Bragernessiden under deponering av tunnelmasse 2006.

kjemisk navn	Bragernes ref<08_05_2006	Bragernes10m NL<25_10_2006	Bragernes30m NL<25_10_2006	Bragernes40m NL<25_10_2006
sum KPAH	0	5.1	0	0
sum NPD	11.4	35	16.8	17.7
sum PAH	21.8	95.3	21.9	26
sum PAH16	21.8	90.5	21.9	26
Acenaften	<2	<2	<2	<2
Acenaftylen	<2	<2	<2	<2
Antracen	<2	2.4	<2	<2
Benzo(a)antracene	<2	2.3	<2	<2
Benzo(a)pyren	<2	2.8	<2	<2
Benzo(b,j)fluoranten	2.3	4.4	<2	<2
Benzo(e)pyren	<2	4.8	<2	<2
Benzo(ghi)perylene	<2	6	<2	<2
Benzo(k)fluoranten	<2	<2	<2	<2
Chrysen	<2	2.9	<2	<2
Dibenzotiofen	<2	<2	<2	<2
Dibez(a,h)anthracene	<2	<2	<2	<2
Fenantren	6.4	21	4.8	6.7
Fluoranten	3.5	8.7	2	2.3
Fluoren	2.1	6	<2	2.4
Indeno(1,2,3<cd)anthracene	<2	<2	<2	<2
Naftalen	5	14	12	11
Perylen	<2	<2	<2	<2
Pyren	2.5	20	3.1	3.6

5. Referanser

Alabaster, J.S. & Lloyd,R. 1982: Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London.

Bækken, T. 1998. Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse. – NIVA Rapport 3920-1998.

Bækken, T. 2001. Utfylling av tunnelmasse i nedre del av Drammenselva. Overvåkning av vannkvaliteten. – NIVA Rapport 4348-2001.

Bækken, T og Tjomsland, T. 2005 Utslipp av tunnelvann til Kortenbekken. Virkninger på sediment og biologi i Kortenbekken, Homannsbekken og Ilene naturreservat.- NIVA Rapport 4948-2005

Bækken, T. og Walday, M. 2006. Forurensningstilstanden i sedimenter i Drammenselva. Tilaks vurdering ved overfylling av sprengsteinmasser. – NIVA Rapport 5151-2006.

Knoph, M.B. 1995: Toxicity of Ammonia to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) - Dr.scient oppgave. Univ. Bergen.

U.S. EPA 1985: Ambient water quality criteria for ammonia. -1984. EPA 440/5-85-001, Office of Water Regulation and Standards Criteria and Standards Division, United States Environmental Protection Agency, Washington DC.