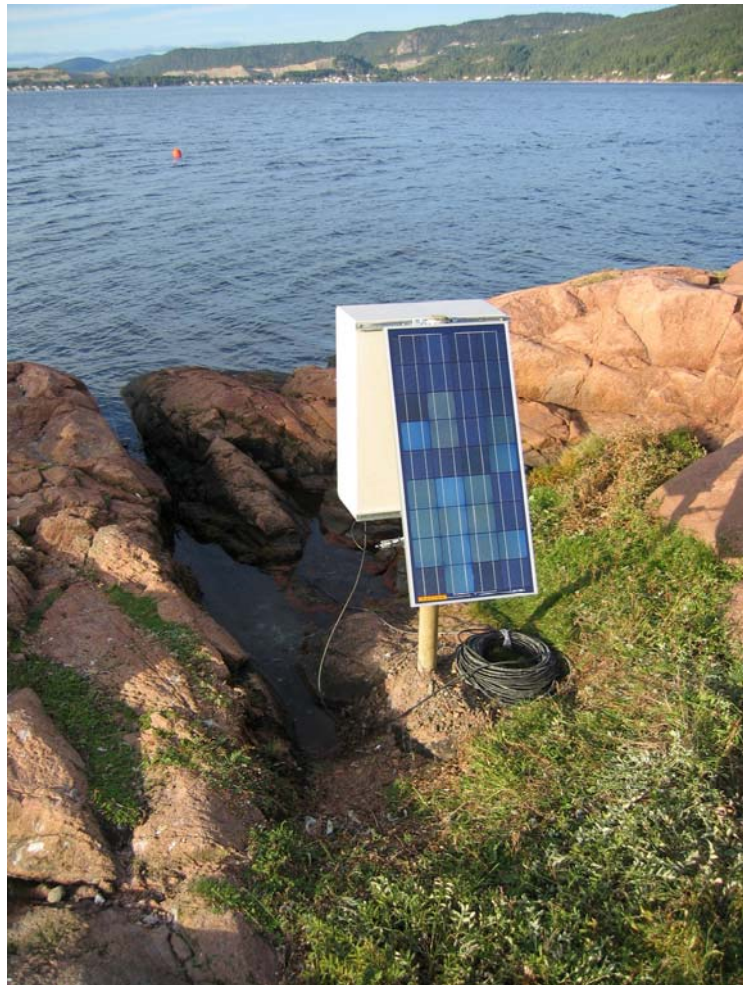


Miljøovervåking ved utdyping av Svelvikstrømmen



Fast målestasjon ved Saltskjær. Foto NIVA

Hovedkontor

Gaustadaléen 21
0349
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 Miljøovervåking ved utdyping av Svelvikstrømmen	Løpenr. (for bestilling) 5300-2006	Dato 20.10.06
	Prosjektnr. Undernr. O-23238	Sider Pris 51
Forfatter(e) Aud Helland	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Kystverket Nordland ved Overingeniør Gerd Smedstuen	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Kystverket utført miljøovervåking ved utdypingen av Svelvikstrømmen. Mudringsarbeidet startet opp i 2003 og ble avsluttet i 2006. Mudringsmassene ble kontinuerlig deponert i Dramstadbukta i Drammensfjorden. Overvåkingen hadde som mål å kontrollere uønsket spredning av partikler og miljøgifter. Dette ble ivarettatt av strøm- og turbiditetsmålinger i vannmassene samt måling av miljøgifter i blåskjell og i vannmassene. Akseptkriteriet for partikkelspredning ble av Fylkesmannen satt til 15 FTU. Konsentrasjonen av miljøgifter i påviste partikkelskyer under mudring og dumping tilsvarte et nivå hvor en ikke vil forvente konsentrasjonsøkning i blåskjell over SFTs miljøklasse III. Direkte målinger av miljøgifter i blåskjell bekreftet dette. I de to første mudringsårene ble ikke akseptkriteriene for partikkelspredning overskredet. I siste mudringsåret (i mars) ble akseptkriteriene overskredet ved enkelte anledninger, og alarm utløst med melding til anleggsledelsen. Likedan var det forhøyet turbiditet over akseptkriteriet de tre siste dagene i mai og utover i juni 2006. Mudringsarbeidet ble avsluttet 31. mai 2006. Reparasjoner på kloakkrørledninger i denne perioden antas å være medvirkende årsak til forhøyet turbiditet.

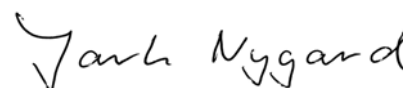
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Mudring Dumping Partikkelspredning Miljøovervåking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Dredging Dumping Particle dispersion Environmental monitoring
--	---



Prosjektleder



Forskningsleder



Fag- og markedsdirektør

Miljøovervåking ved utdyping av Svelvikstrømmen

Forord

NIVA utarbeidet for Kystverket 1. Distrikt et ”Miljøkontrollprogram for mudring og deponering av bunnsedimenter i Svelvikstrømmen” i mars 2003. Arbeidene NIVA har utført har vært i henhold til dette programmet.

Kontaktpersoner i Kystverket var innledningsvis Frank Johansen (nå SECORA) og senere Gerd Smedstuen.

SECORA har utført selve mudre- og deponeringsarbeidet som startet høsten 2003 og ble avsluttet i juni 2006. Ved SECORA har Ole Terje Østhus vært kontaktperson.

Ved NIVA har

- seksjon for Miljøinformatikk ved Arne Veidel, Tom C. Mortensen og Morten Willberg hatt ansvaret for etablering, drifting og vedlikehold av den faste overvåkingstasjonen ved Saltskjær. De har også hatt ansvar for måling av turbiditet i gradienter fra mudre- og dumpstedet ved gjentatte dagstokt.
- seksjon for Oceanografi ved Jo Høkedal har hatt ansvaret for målinger av strøm og turbiditet vertikalt i deponiområdet.
- seksjon for Miljøgifter ved Aud Helland og Torgeir Bakke har hatt ansvaret for målinger av miljøgifter i vann og blåskjell i området.

Oslo, 20. oktober 2006

Aud Helland

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	7
2. Innledning	7
2.1 Målsetting	9
3. Måleprogram	10
3.1 Løpende kontroll av turbiditet	10
3.2 Supplerende målinger av turbiditet	11
3.3 Overvåking av miljøgifter i vannmassene	11
3.4 Etterkontroll av tiltaket	12
4. Resultater og diskusjon	12
4.1 Løpende kontroll av turbiditet	12
4.1.1 Førstusasjonen i Svelvikstrømmen og Dramstadbukta	12
4.1.2 Overvåking av turbiditet under mudring og deponering	14
4.2 Supplerende målinger av turbiditet	27
4.2.1 Spredning av partikler under mudring	27
4.2.2 Spredning av partikler under deponering	30
4.3 Overvåking av miljøgifter i vannmassene i mudre- og deponeringsområdet	36
4.4 Integert overvåking av miljøgifter i vannmassene ved bruk av blåskjell	37
5. Referanser	38
Vedlegg A. Akseptkriterier for partikkelinnhold i sjøvann ved mudring av Svelvikterskelen.	39
Vedlegg B. Analysemetoder	47

Sammendrag

Kystverket 1. Distrikt har i perioden 2003 – 2006 utvidet Svelvikstrømmen for å bedre innselingen til Drammen. I den forbindelse og forut for igangsettelse av arbeidet, utarbeidet NIVA for Kystverket 1. Distrikt et ”Miljøkontrollprogram for mudring og deponering av bunnsedimenter i Svelvikstrømmen” i mars 2003. Miljøovervåkingen som NIVA har utført har vært i henhold til dette programmet.

Målsettingen med overvåkingen var å verifisere at den valgte metoden for opptak, transport og utlegging av mudringsmassene ga et resultat som forutsatt, det vil si at akseptkriteriene for turbiditet, spredning av miljøgifter og eventuelle andre miljøproblemer ikke ble overskredet. Fylkesmannen fastsatte akseptkriteriet for turbiditet i vannmassene til 15 FTU i maksimum 30 minutter.

Miljøkontrollen har bestått av flere delelementer:

- kontinuerlig overvåking av partikkelspredning fra Svelvikstrømmen til vannmassene sør sør-vest av mudringsområdet ved Saltskjær. Saltskjær ble valgt fordi området innenfor er et vernet gruntvannsområde
- enkeltmålinger av partikkelspredning vertikalt i vannmassene ved mudre- og deponeringstedet i Dramstadbukta
- målinger av miljøgifter i blåskjell og i vannmassene

Den naturlige turbiditeten i Svelvikstrømmen er for det meste lavere enn 5 FTU, tilsvarende ca 5 mg partikler / liter vann. Ved den faste stasjonen for kontinuerlig overvåking ved Saltskjær ble det ikke påvist partikkelspredning over den fastsatte grenseverdien på 15 FTU de to første mudringsårene (høst 2003 – vår 2004 og høst 2004 – vår 2005). Fra slutten av mars til begynnelsen av mai 2006 ble det registrert flere perioder med høy turbiditet over 15 FTU, hvor alarm ble utløst og anleggsledelsen varslet. I denne perioden var således akseptkriteriet for mudring ikke tilfredstilt. Mot slutten av mai 2006 var det igjen en periode med gjentatte overskridelser av akseptkriteriene. Den forhøyede turbiditeten avslutningsvis i måleperioden skyldes sannsynligvis reparasjoner på kloakkledninger i denne perioden.

Ved supplerende enkeltmålinger med håndholdt utstyr av partikkelspredning vertikalt og horisontalt i mudreområdet i 2004 og 2005 ble det ikke påvist spredning. I mudringsområdet måtte man måle tett opp til grabben for å påvise forhøyet partikkelkonsentrasjon. Partikkelkonsentrasjonen ble raskt fortynnet i kort avstand fra mudringsfartøyet.

Supplerende enkeltmålinger under deponering i Dramstadbukta i 2005 tydet på liten eller ingen spredning av partikler i de øvre vannlag. Etter at massene nådde bunnen ble vann med et høyere partikkelinnhold innlagret på 80m dyp, men akseptkriteriet på 15 FTU ble ikke overskredet. Det innlagrede vannet med partikler forble på 80m over en måleperiode på 3 dager (en helg, uten anleggsvirksomhet). I løpet av disse dagene avtok imidlertid mengden partikler (turbiditeten sank). Dette gjalt særlig partikler i det mest bunn-nære sjiktet, 5 m over bunn.

Forhøyede partikkelkonsentrasjoner i vannmassene ble bare observert i umiddelbar nærhet til mudringsfartøyet og kun i korte perioder etter deponering i Dramstadbukta. Det var derfor begrenset mulighet for prøvetaking av vann med forhøyede partikkelkonsentrasjoner for analyser av PAH og TBT. Det ble analysert tre vannprøver fra perioden da forurensede sedimenter ble mudret. Prøvene ble tatt tett opp til mudringsfartøyet og rett etter deponering. Konsentrasjonene av PAH og TBT var lave, og betydelig lavere enn konsentrasjoner som kunne gi overkonsentrasjoner i blåskjell tilsvarende SFTs miljøklasse III.

Utsatte blåskjell ble eksponert for vann i Svelvikstrømmen før anleggsarbeidene startet og i to perioder à 1 måned etter at mudring av forurensete masser startet. Det var liten til ingen akkumulering av PAH og TBT. Målingene var i tråd med det man skulle forvente ut fra de målte vannkonsentrasjonene av PAH og TBT.

I overvåkingsprogrammet ble det foreslått å utføre en etterkontroll. Under forutsetning av at akseptkriteriene for mudring og deponering ble opprettholdt, ble det ansett som tilstrekkelig å utføre denne etterkontrollen kun i deponeringsområdet. I deponeringsområdet er det derfor planlagt å ta 5 kjerneprøver av bunnen for analyse av TBT og PAH for å påse at området er dekket av rene sediment. Disse undersøkelsene vil bli utført i november 2006.

Akseptkriteriene for turbiditet ble imidlertid ikke overholdt i hele mudringsperioden. Overskridelsene forekom dog under mudring av rene masser. Det er derfor lite sannsynlig at miljøgifter er spredt. Mulige uønskede effekter kan være nedslamming av områdene sør for Svelvikstrømmen. En etterkontroll av området nedstrøms Svelvikstrømmen bør derfor vurderes. Et minimum bør være å gjøre et overslag av hvor store mengder masse som er spredt og hvilken betydning dette kan ha for sedimentasjon og tilslamming i grunnområdet nedstrøms Svelvik.

1. Bakgrunn

Svelvikterskelen er en del av moreneryggen tilhørende Ski-Ås-trinnet som markerer brefrontens beliggenhet for 10500 år siden. Vanddyppet over terskelen har variert gjennom tidene. I nyere tid har terskeldypet vært ca 10 m. Med økende båttrafikk øker kravet til farleden. Kystverket hadde derfor et ønske om å utvide tverrsnittet av terskelen ved bl.a. å utdype hele ferdselstransekten til 12 m for å øke fremkommeligheten ved innseiling til Drammensfjorden.

Kystverket fikk tillatelse av Svelvik kommune den 10.9.03 til utdyping / mudring av Svelvikstrømmen hvor ”Miljøkontrollprogram for mudring og deponering av bunnsedimenter i Svelvikstrømmen” av mars 2003 ble lagt til grunn for overvåking av eventuell partikkel- og miljøgiftspredning som følge av anleggsarbeidene.

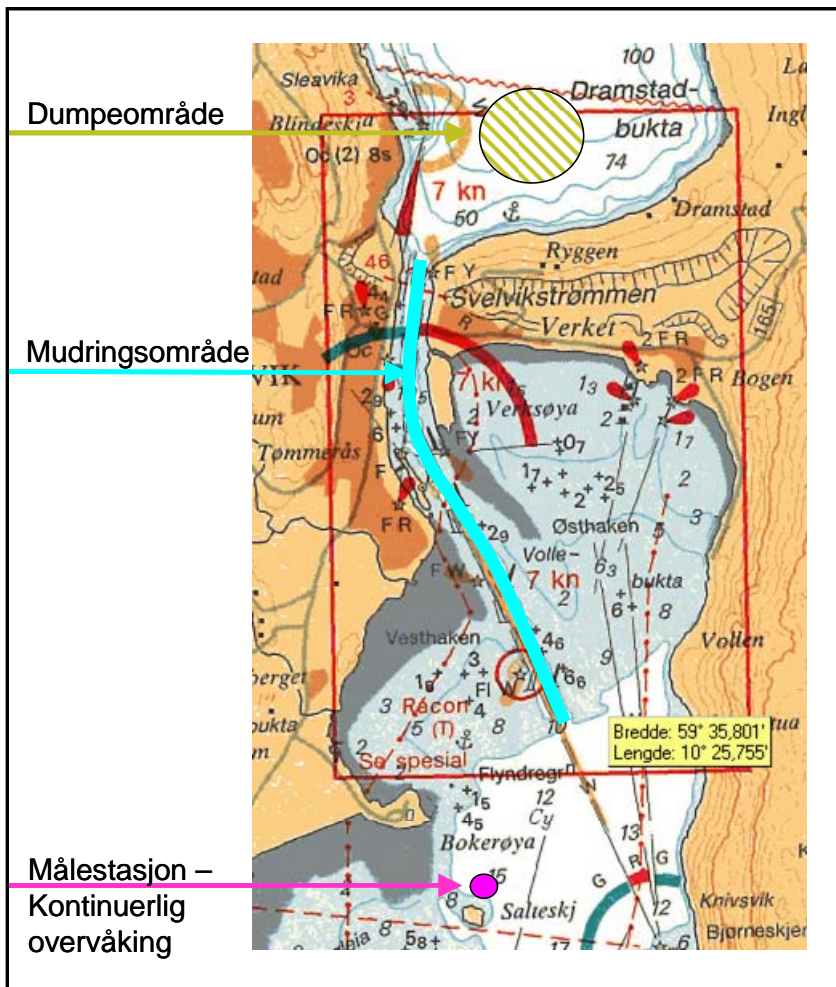
2. Innledning

Ved mudring og deponering er den største miljømessige bekymringen knyttet til spredning av partikler, og da særlig forurensede partikler. Massene som er mudret i Svelvikstrømmen består for det meste av rene avsetninger. Undersøkelser i 2001 og 2002 påviste imidlertid forhøyede konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT) i deler av det sørlige området av strømmen (Berge 2001, Jensen og Bjømbom 2002). I tillegg ble det påvist forhøyede konsentrasjoner av TBT utenfor Verksøya. Forurensningen ble antatt å være begrenset til den øvre 0,5 til 1m av avsetningene (Bakke og Helland 2002). Etter planen skulle de forurensede massene (ca 140.000 m³) mudres først og deretter deponeres på 100 - 120 m dyp i Dramstadbukta, innenfor Svelvikstrømmen i Drammensfjorden (**Figur 1**). De rene massene skulle deretter legges over de forurensede. Totalt mudringsvolum ble antatt å være ca 850.000 m³.

Mudringen har vært utført med en såkalt bakgraver (jfr. **Figur 2**) og deponeringen ved bruk av splittlekter.

Ved utarbeiding av overvåkingsprogram ble følgende vurderte spesielt:

- Mudringen av forurensede masser skulle begrenses til et relativt kort tidsrom i den totale anleggsperioden, som ble stipulert til tre år. I mudringsperioden med forurensede sedimenter omfattet derfor overvåkingen spredning av miljøgifter ved målinger i blåskjell og i vannmassene.
- Spredning av partikler kan også gi dårlig lystilgang og uønsket tilslamming. Det var særlig sjøområdet vest for linja Bokerøya-Saltskjær-Krokåsen, rett sør for tiltaksområdet, som ble betraktet som sårbart. Dette området er klassifisert som naturreservat (Bakke og Helland 2002). For å kontrollere at ikke området ble utsatt for uønsket tilslamming ble partikkelinnholdet i vannmassene målt kontinuerlig i hele anleggstiden ved en fast målestasjon ved Saltskjær.
- Forhøyede konsentrasjoner av partikler i vannmassene er også ansett som ugunstig for fisk og i Drammensfjorden særlig for laks- og sjøørretbestanden (Bakke og Helland 2002). Det er særlig i vår og sommermånedene dette kan ha betydning. Anleggsarbeidene ble derfor begrenset til høst og vinter, i perioden september til mai.
- Dramstadbukta er tidligere brukt som dumpeplass, for det meste for skip (<100 tonn). Lokaliteten har også tidligere mottatt mudringsmasser fra Svelvik havn og fra industriterminalen utenfor Tofte. Overdekking av dette området med rene masser fra Svelvikterskelen ble ansett å gi en ekstra miljøgevinst ved at risikoen for utlekking fra skipene reduseres (Bakke og Helland 2002).



Figur 1. Svelvikstrømmen og Dramstadbukta med markering av posisjon for mudring, deponering og kontinuerlig overvåkingstasjon



Figur 2. Mudringsfartøy ved Svelvik

2.1 Målsetting

Målsettingen med overvåkingen var å ”verifisere at den valgte metoden for opptak, transport og utlegging av mudringsmassene ga et resultat som forutsatt, det vil si at akseptkriteriene for turbiditet, spredning av miljøgifter og eventuelle andre miljøproblemer ikke blir overskredet”.

Siden det ikke finnes omforente akseptkriterier for turbiditet ble det utarbeidet et notat for Kystverket ”Akseptkriterier for partikkelinnhold i sjøvann ved mudring av Svelvikterskelen” (Vedlegg A.). Forslaget til akseptkriterier for mengde partikler i vannmassene ved mudring hadde ulike tilnærminger:

- kriteriene kan være basert på en variasjon i naturlig bakgrunsturbiditet
- kriteriene kan være basert på variasjoner i forhold til kriterier for badevannskvalitet
- kriteriene kan være basert på biologisk opptak av miljøgifter fra miljøgifter i mudringsmassene.

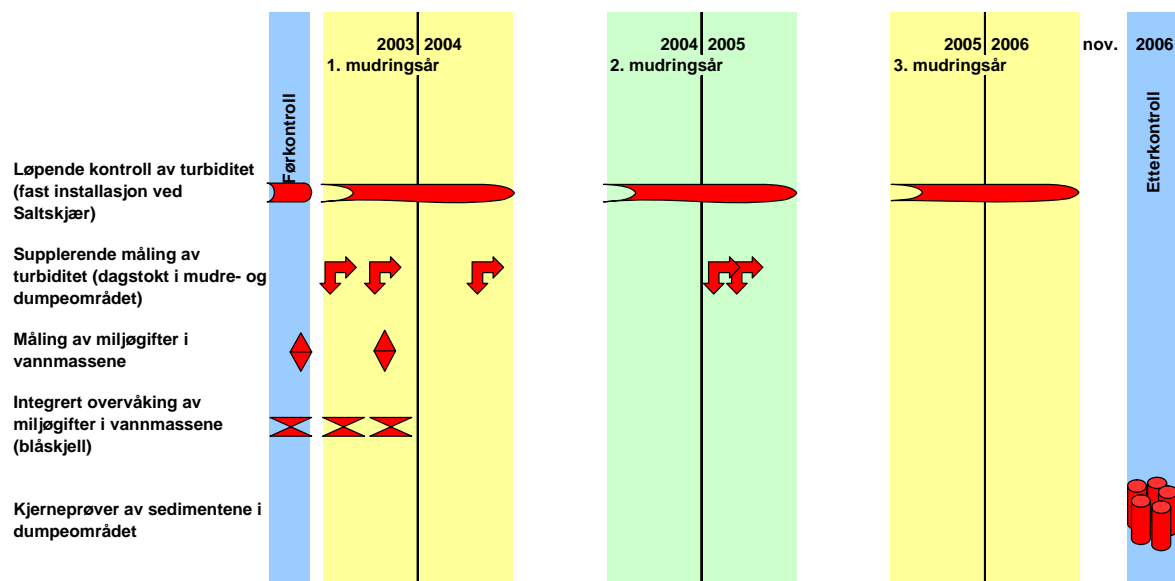
3. Måleprogram

Overvåkingsprogrammet har strukket seg over tre år:

- juli 2003 – september 2003 (førkontroll med bakgrunnsmålinger)
- september 2003 – mai 2004 (1. periode med løpende kontroll)
- september 2004 – mai 2005 (2. periode med løpende kontroll)
- september 2005 – mai 2006 (3. periode med løpende kontroll)
- november 2006 (sluttkontroll av deponiet)

Måleprogrammet har bestått av følgende delelementer (jfr. **Figur 3**).

1. løpende kontroll av turbiditet (partikkelspredning) ved mudring (fast installasjon ved Saltskjær)
2. supplerende måling av turbiditet horisontalt og vertikalt i vannmassene (dagstokt i mudre og dumpeområdet)
3. målinger av miljøgifter i vannmassene
4. integrert overvåking av miljøgifter i vannmassene (ved bruk av blåskjell)
5. etterkontroll av dumpeområdet med prøvetaking av bunnsedimentene (vil bli utført november 2006).

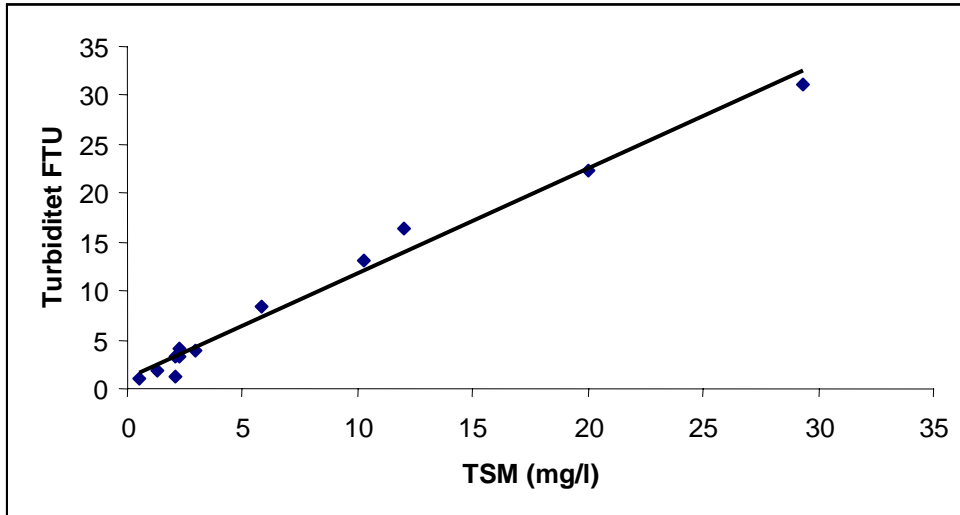


Figur 3. Flyttdiagram for måleprogrammet som ble utført under mudring av Svelvikterskelen 2003 – 2006.

3.1 Løpende kontroll av turbiditet

For arbeidene i Svelvikstrømmen satt Fylkesmannen som krav at partikkelinnholdet i vannmassene ikke skulle overskride 15FTU. Det har derfor vært kontinuerlig kontroll av partikkelspredning fra mudringsarbeidet i alle tre periodene. Partikkelspredningen er målt ved turbiditet. Turbiditet kan sies å være et mål for hvor klart vannet er, men sier ingenting om fargen på vannet. Turbiditet uttrykkes i FTU (Formazin Turbidity Unit) og står i et ca 1:1 forhold til mengde partikler (jfr. **Figur 4**). Hvis

turbiditetsøkningen viste en oppadgående trend over en måleperiode på 30 minutter skulle alarm utløses. Alarm skulle altså ikke utløses ved kortvarige tilfeller av turbiditetsøkning. Ved utløsning av alarm skulle anleggsleder følge fastsatte instruksjer.



Figur 4. Samvariasjon mellom turbiditet (FTU) og mengde partikler i vannmassen (mg/l)

Kontrollstasjonen ble lagt øst for Bokerøya for å overvåke eventuell partikkelspredning til gruntvanns- og naturområdet vest av Bokerøya. Overvåkingstasjonen har bestått av en fast posisjonert rigg med 3 turbiditetsensorer av typen YSI 600 OMS. Disse hang vertikalt i vannmassene og registrerte turbiditet ved 1.5m, 5m og 9m vanddyb. I tillegg var riggen instrumentert med en Aanderaa RCM 9 med turbiditets- og strømmåling på 12 m vanddyb. Disse målingene sikret overvåking av partikler i utstrømmende ferskvann i overflaten, i blandingsonen mellom ferskvannet og sjøvannet samt i det innstrømmende salte bunnvannet.

Signalene ble overført til en loggestasjon på Saltskjær via kabler. Signalene ble videreført via GSM til NIVAs database. Ved eventuell overskridelse av akseptkriteriene ble anleggsledelsen ved Svelvik automatisk oppringt, slik at eventuelle tiltak fra byggleider kunne iverksettes. I tillegg ble dataene overført til WEB, slik at turbiditetsutviklingen i de ulike dyp kunne følges over tid.

3.2 Supplerende målinger av turbiditet

Under første års anleggsperiode med mudring av forurensede sedimenter, ble det utført dagstokt for supplerende målinger av siktedyp, hydrografi og turbiditet vertikalt i vannsøylen i flere punkter ved mudrestedet i Svelvikstrømmen og ved deponeringsstedet i Dramstadbukta. Målingene ble foretatt ved en håndholdt Gytresonde (en SIAV 204 sensor med et Seapoint Turbidity Meter, modifisert til SAIV 2,5V standard) fra lettboat.

3.3 Overvåking av miljøgifter i vannmassene

Under de supplerende målingene ble det tatt vannprøver i påviste partikkelskyer for analyser av miljøgifter (PAH og TBT). Prøvene ble pumpet fra ønsket dyp over i 5 l spesialvaskede glassflasker, holdt kjølig og sendt NIVAs laboratorium samme dag. I tillegg ble det tatt prøver for analyser av partikulært materiale i NIVAs laboratorium for kalibrering av turbiditet.

For å gi et integrert bilde av miljøgiftbelastningen i vannmassene over tid ble det under første års mudring satt ut blåskjell i bur. Blåskjell er hyppig brukt og godt egnet til å ta opp løst og partikkelbundet TBT og PAH fra vannmassene, og vil gi et integrert bilde av belastningen over den tiden de står ute.

Blåskjellene ble hentet inn fra Solbergstrand i Oslofjorden. To bur à 20 skjell (3-5 cm) ble montert på måleriggen ved Bokerøya 10.7.03 og tatt inn igjen 20.8.03, ca en måned før start av anleggsarbeidet. Analyser av disse skjellene ga den generelle miljøgiftkonsentrasjonen i blåskjell i området før mudringen startet. Det ble senere satt ut skjell i to omganger, som hver ble eksponert i 1 måned, etter at mudringen var igangsatt. Det ble også analysert en startprøve av skjellene for å kontrollere utgangskonsentrasjonen av PAH og TBT før eksponering i vann fra Svelvikstrømmen. Hver prøve til analyse besto av en blandprøve av bløtdelene fra 20 skjell.

Nærmere beskrivelse av analysemetoder er gitt i Vedlegg B.

3.4 Etterkontroll av tiltaket

Under forutsetning av at partikkelspredning under mudring og deponering ble holdt under vedtatte grenseverdier (akseptkriteriene) ble det ikke ansett å være nødvendig med etterkontroll av miljøtilstanden i områdene sør for tiltaksområdet. Under denne forutsetningen ble etterkontrollen planlagt til å omfatte en kontroll av tilstand i deponiområdet.

I deponeringsområdet ble det foreslått å ta 5 kjerneprøver av det nye bunnsedimentet for analyse av miljøgiftinnhold i de øvre 2 cm (jfr. Miljøkontrollprogram av 20 mars 2003). Analysene omfatter TBT og PAH som tidligere er påvist i høye konsentrasjoner i deler av mudringsområdet.

Innsamlingen er planlagt utført i november 2006, med rapportering innen utgangen av året.

Hvis forutsetningene for partikkelspredning under mudring og deponering ikke ble holdt under vedtatte grenseverdier (akseptkriteriene) må etterkontroll av mulig påvirkede områder vurderes.

4. Resultater og diskusjon

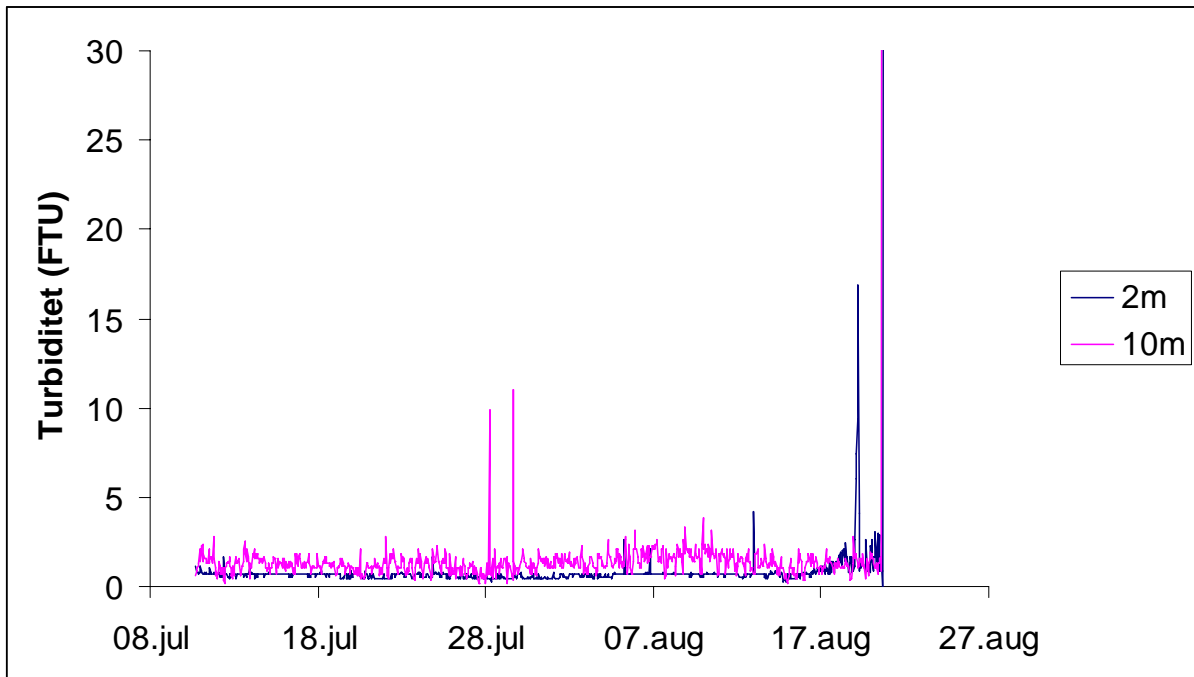
4.1 Løpende kontroll av turbiditet

4.1.1 Førsituasjonen i Svelvikstrømmen og Dramstadbukta

For å få en oversikt over det naturlige innholdet av partikler i vannmassene i Svelvikstrømmen ble dette undersøkt før anleggsarbeidene startet.

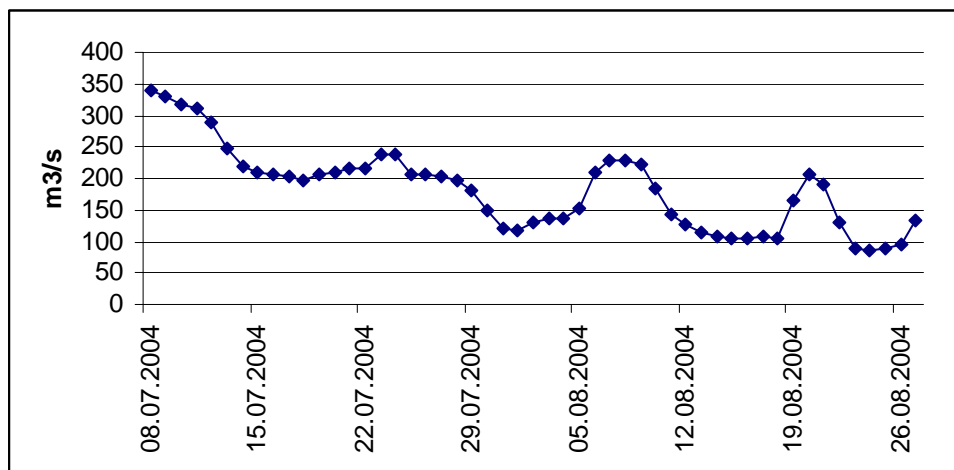
Partikkelinnholdet i vannmassene, uttrykt ved turbiditet (FTU) ble målt ved den faste installasjonen ved Saltskjær i perioden fra 10 juli til 22 august 2003 (**Figur 1**) før mudringsarbeidene ble igangsatt. **Figur 5** viser turbiditeten ved 2 og 10 m dyp i perioden. Figuren viser at turbiditeten i området ligger mellom 1 og 2 FTU. Ved to anledninger (28.7 og 29.7) ble det registrert en turbiditet på ca 10FTU på 10m vanddyb, og mot slutten av måleperioden viste sensorene en turbiditet over 15FTU i begge dyp. Økingen i turbiditet mot slutten av måleperioden skyldes begroing på sensorene. Dette er et problem, særlig tidlig høst og tidlig vår. Dette vises ved at turbiditeten gradvis øker. Sensorene må da renses.

De korte episodene med høy turbiditet før anleggstart skyldes sannsynligvis større partikler, som for eksempel tangrester, som legger seg i sensorkammeret og derved registreres som kortvarig høyere turbiditet.



Figur 5. Måling av turbiditet i 2 og 10 m dyp ved fast målestasjon ved Saltskjær fra 10.7 til 22.8.2003.

I perioder med stor nedbør vil avrenning fra land kunne gi økt turbiditet i overflatevannet i Drammensfjorden. I perioden juli – august 2003 var det imidlertid tørt vær med lav vannføring i Drammenselva. Vannføringen var avtagende i perioden (**Figur 6**).



Figur 6. Vannføring i Drammenselva ved Døvikfoss i perioden 8 juli – 27 august 2003. Vannføringen ved utløpet til fjorden vil være noe større, pga avrenning fra nedbørsfeltet nedstrøms Døvikfoss.

4.1.2 Overvåking av turbiditet under mudring og deponering

Under mudring av Svelvikstrømmen ble det utført kontinuerlig overvåking av partikkelinnhold i vannmassene nedstrøms mudringsområdet, ved Saltskjær. Anleggsperioden har strukket seg over tre år, fra 2003 til 2006.

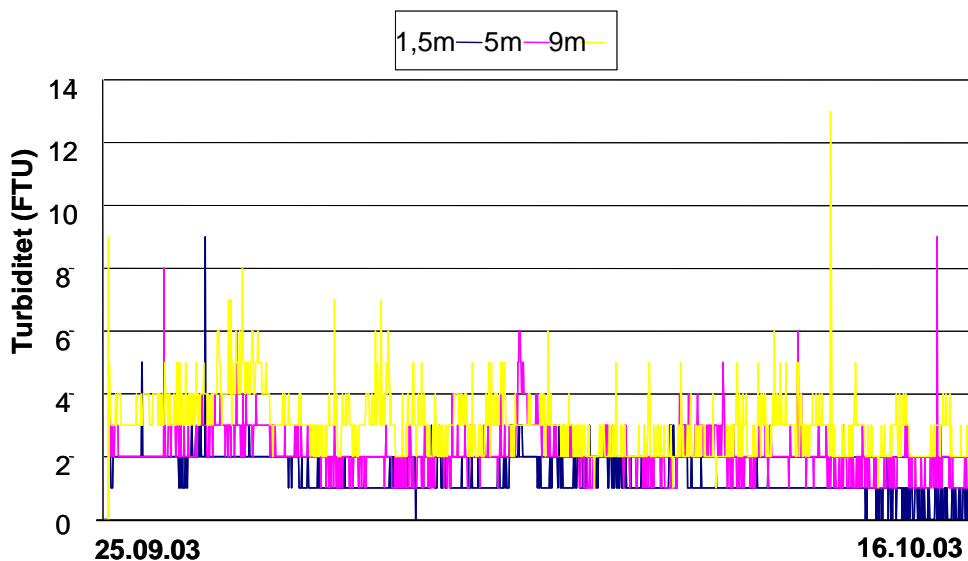
I korthet viste den løpende kontrollen av turbiditet nedstrøms Svelvikstrømmen følgende:

- I de to første mudringsårene (2003 – 2004 og 2004 – 2005) ble akseptkriteriene for turbiditet ikke overskredet. Det ble episodisk registrert høyere turbiditet enn 15 FTU (akseptgrensen), men dette var av kort varighet og hadde sammenheng med at partikler (tangrester, organiske fragmenter?) midlertidig forstyrret registreringene. Periodisk økte også turbiditeten gradvis, noe som hadde sammenheng med begroing. Sondene ble da rengjort og registreringene viste igjen lav turbiditet.
- I det siste mudringsåret (2005 – 2006) fram til mars 2006 ble det registrert nivåer av turbiditet som i de to første mudringsårene. I mars 2006 forekom imidlertid hyppige registreringer med høy turbiditet over 15 FTU. Mange av disse registreringene var kortvarig, men noen av periodene varte opp til 20-30 minutter, dvs. akseptkriteriet for turbiditet ble overskredet. Helt i slutten av mudringsperioden (slutten av mai 2006) var det igjen vedvarende høy turbiditet. Det ble utført reparasjoner på kloakkrørledningsnettet i perioden som kan være medvirkende årsak til den forhøyede turbiditeten.

I det følgende er den løpende kontrollen av turbiditet i de tre mudringsårene redgjort for i mer detalj.

1. periode med løpende overvåking ved den faste stasjonen ved Saltskjær, september 2003 – mai 2004

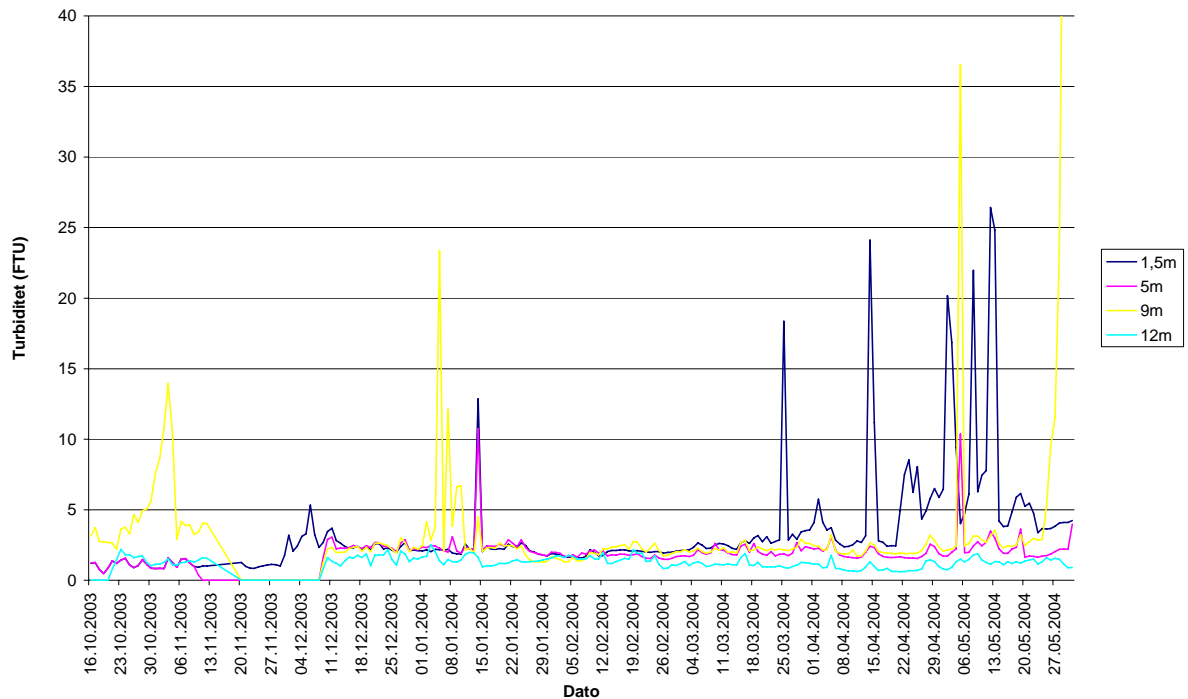
I første del av mudringsperioden, fra 25.09.03 til 16.10.03, ble turbiditeten målt for det meste til å være fra 1 til 4 FTU (Figur 7). Det ble ikke registrert turbiditetsverdier høyere enn 12 FTU i denne perioden. De noe høyere verdiene var av kort varighet.



Figur 7.. Overvåking av turbiditet i perioden 25.09.03 til 16.10.03 i 1,5m, 5m og 9m vanddyb ved fast installasjon ved Saltskjær.

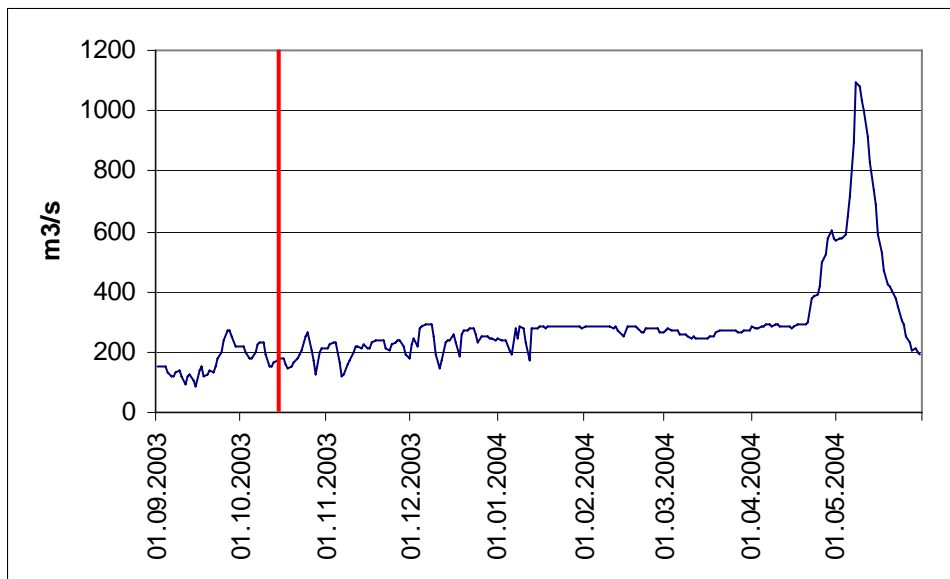
I den resterende av overvåkingsperioden, fram til mudringsslutt 27.05.04, var turbiditeten i hovedsak fra 1 til mindre enn 5 FTU (Figur 8). Det ble registrert høyere turbiditet ved noen anledninger på 1,5m og 9m vanddyb, men ingen episoder var lange nok til å utløse alarm i hht. akseptkriteriene. I detalj hadde følgende perioder forhøyet turbiditet:

- I dagene fra 2.11 til 4.11 ble det gjennomgående målt noe høyere turbiditet (>10FTU), men ikke over alarmgrense på 15FTU.
- I perioden 20.11.03 til 8.12.03 er målingene noe mangelfulle grunnet korrosjon av sensorene. Nye sensorer ble satt ut 9.12.03. Turbiditeten i overflatelaget (1,5m vanddyb) lå imidlertid under 5FTU i denne perioden.
- I perioden 5.1.04 til 14.1.04 blir instrumenttriggeren tatt av isen og ført inn på grunnere vann. Turbiditetsensorene blir ikke liggene korrekt og sensoren på 9m dyp ble liggende ned mot bunnen. Den 14.1.04 blir riggen dratt ut i riktig posisjon igjen. Arbeidet var vanskelig grunnet is.
- Den 15.1.04 ble det målt en turbiditet >10FTU på 1,5 og 5m dyp. Episoden var kortvarig og ikke over alarmgrense på 15FTU.
- Den 25.3.04 ble det målt høy turbiditet over alarmgrensen på 15FTU. Episoden strakk seg over 20 minutter. Episoden var imidlertid om natten fra 05:30 til 05:40, og kan neppe ha noe med mudringsaktivitetene å gjøre.
- Den 15.4.04 ble det målt høy turbiditet over alarmgrense på 15FTU. Tre episoder av kort varighet blir registrert, men hendelsen var om natten fra kl. 01:00 til 05:20 og settes derfor ikke i forbindelse med mudringsarbeidene.
- I perioden 1.5.04 til 2.5.04 ble det også registrert spredte gjentatte episoder over alarmgrense på 15FTU. Episodene var enkeltmålinger om kvelden og utover natten. En noe lenger periode med forhøyet turbiditet blir registrert på dagen den 2.5.04, men perioden var begrenset til 20minutter, dvs. innenfor alarmgrense.
- Den 5.5.04 ble det registrert flere episoder med høy turbiditet over alarmgrense >15FTU. Episodene var av 1 minutt til 20 minutters varighet.
- Den 12.5.04 ble det registrert en høy turbiditetsverdi over alarmgrense på 15FTU. Registreringen var om natten kl. 01:00.
- Den 13.5.04 ble sensorene rengjort, dette ga høye turbiditetsverdier. Etter denne rengjøringen viste registreringene jevnt over en lav turbiditet <5FTU.
- Den 27.5.04 steg turbiditeten i 9m vanddyb. Sensoren var igjen begrodd, men mudringsaktiviteten var da ved avslutning.



Figur 8. Overvåking av turbiditet i perioden 16.10.03 til 27.05.04 i 1,5m, 5m, 9m og 12m vanddyb ved fast installasjon øst av Bokerøya.

De høye turbiditets verdiene mot slutten av mudreperioden kan også ha sammenheng med flom i Drammenselva (Figur 9). I begynnelsen av mai var vannføringen oppe i $600 \text{ m}^3/\text{s}$, mot normalt $200\text{--}300 \text{ m}^3/\text{s}$. Flomtoppen ble nådd 9. mai med $1100 \text{ m}^3/\text{s}$. Størst partikkeltransport registreres gjerne i starten av en flomperiode.

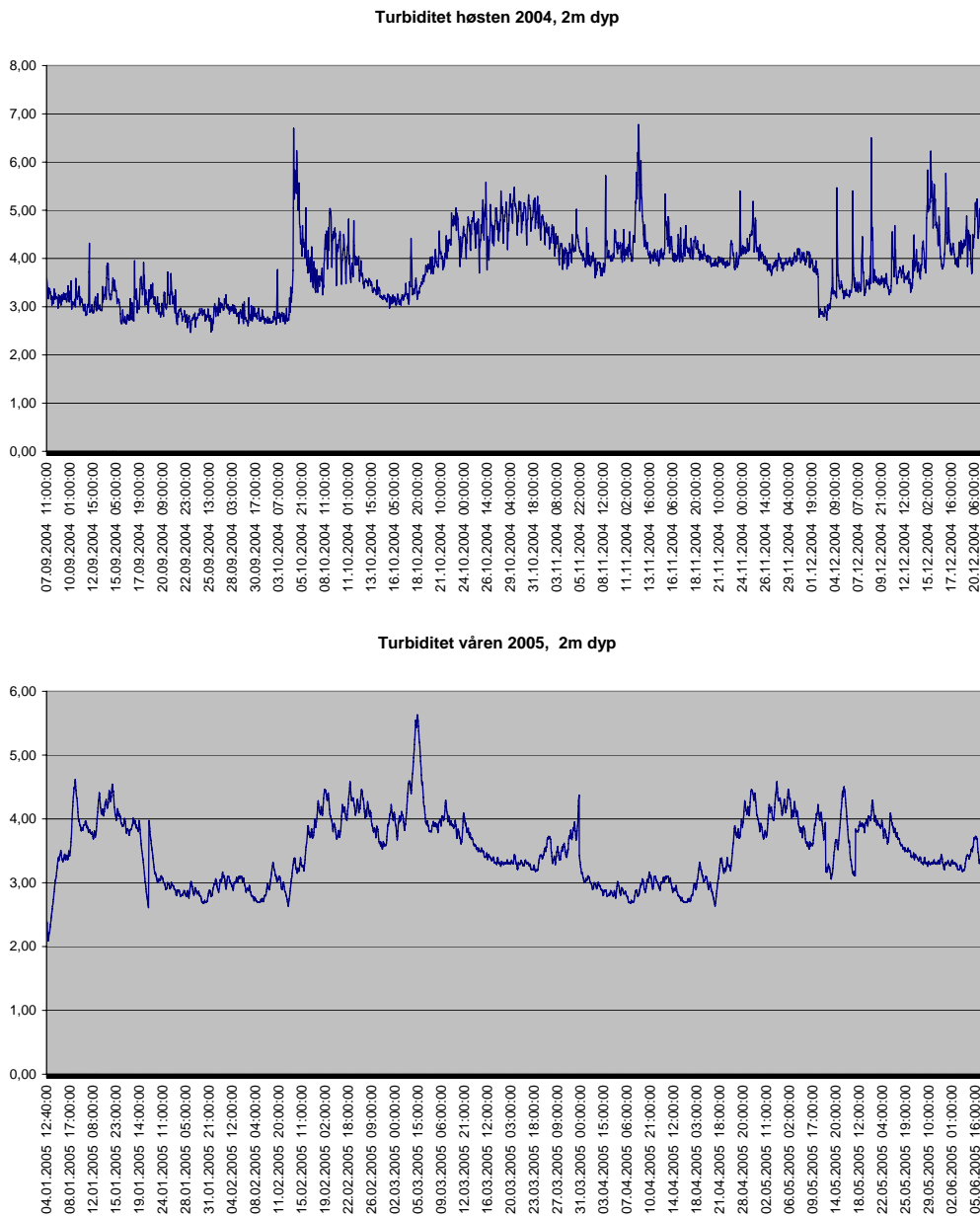


Figur 9. Vannføring i Drammenselva ved Døvikfoss i 1. mudreperiode 1.9.03 – 31.5.04. Vertikal rød linje markerer datoen 16.10.03 (jfr Figur 7 og Figur 8). Vannføringen ved utløpet til fjorden vil være noe større, pga avrenning fra nedbørsfeltet nedstrøms Døvikfoss.

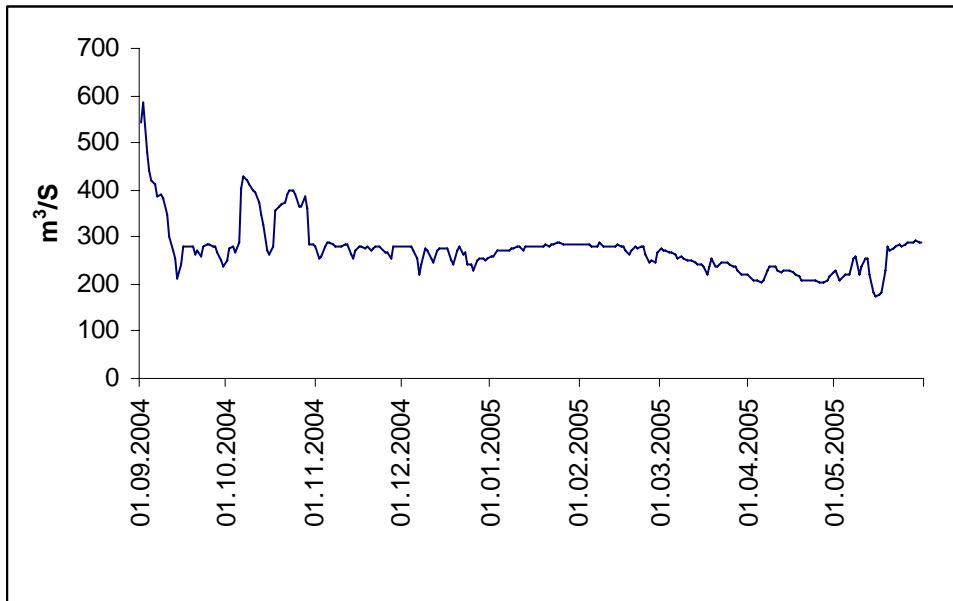
2. periode med løpende overvåking ved den faste stasjonen ved Saltskjær, september 2004 – mai 2005

I andre mudringsperiode ble målingene utført sammenhengende fra 07.09.04 til 07.06.05. I tillegg til signaler fra partikler i vann påvirkes detektorene av begroing. Dette kan sees i form av svakt økende ”støy” i dataene og at bunmlinjen i dataserien øker. Begroingsintensiteten var økende gjennom vårmånedene. Sensorene ble derfor ettersett og rensset jevnlig.

Turbiditeten i overflatelaget (2m dyp) overskred ikke akseptkriteriet på 15 NTU høsten 2004 eller våren 2005. Sensoren var svært utsatt for begroing og det ble derfor mye støy i dataene. Figur 10 viser at turbiditeten generelt lå mellom 3 og 5 i mudringsperioden. Økningen i oktober er sammenfallende med høyere vannføring i Drammenselva (Figur 11). Vannføringen var jevnt høyere (400 m³/s) enn normalt (200-300m³/s). Økning i turbiditet ved Saltskjær er derfor nødvendigvis ikke et resultat av mudringen, men kan like gjerne skyldes økt partikkeltransport i Drammenselva.



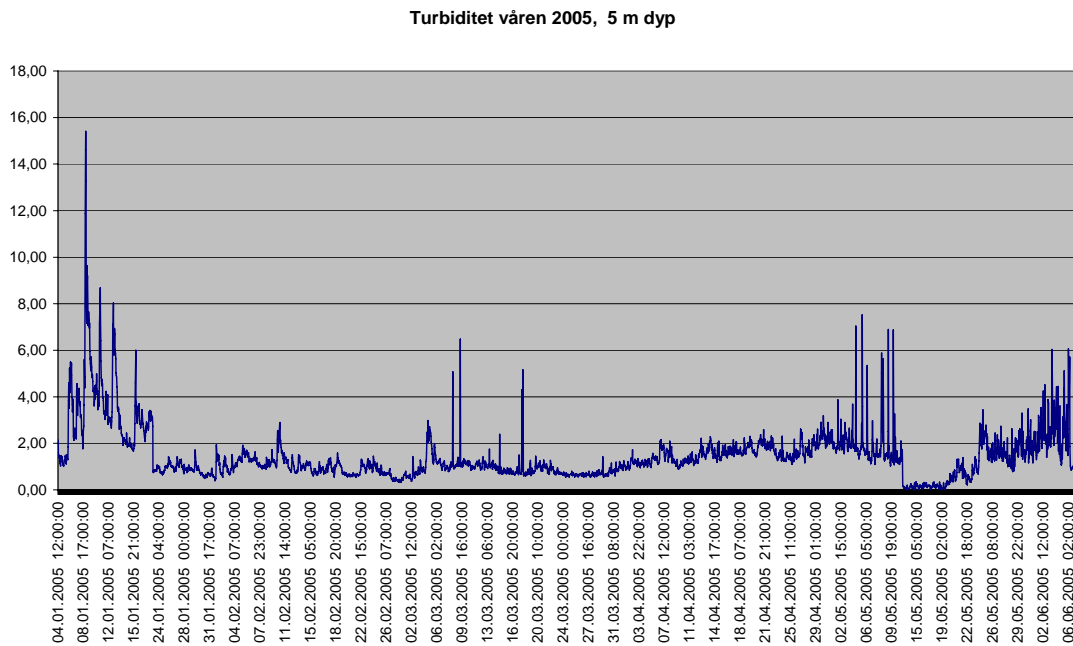
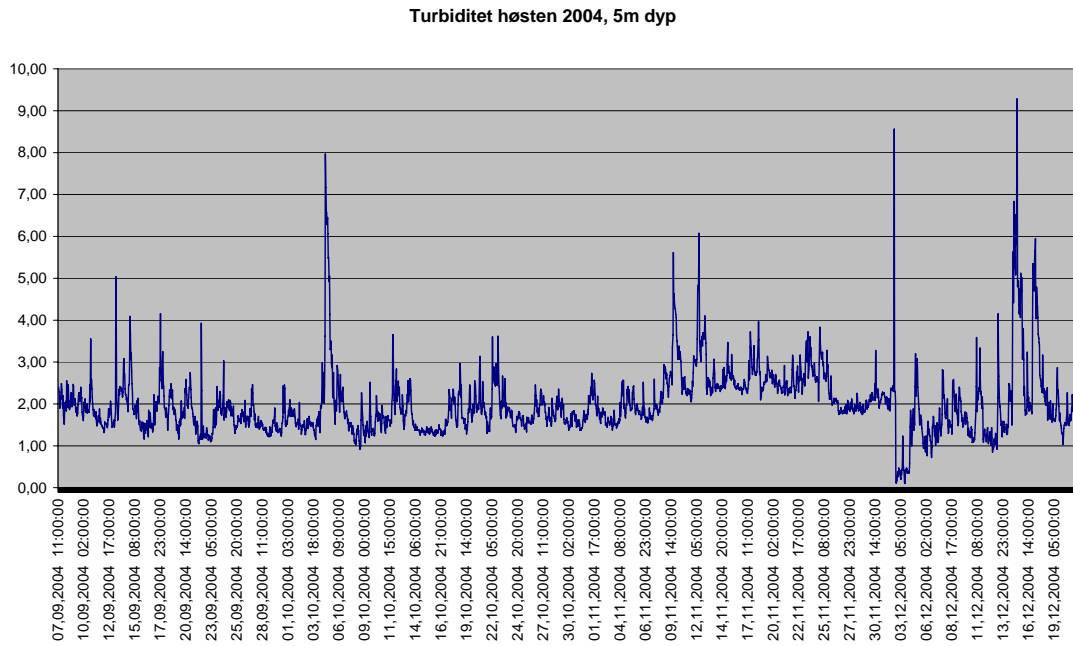
Figur 10. Turbiditet (FTU) ved 2 meters dyp ved fast målestasjon øst av Bokerøya høsten 2004 (øvre figur) og våren 2005 (nedre figur).



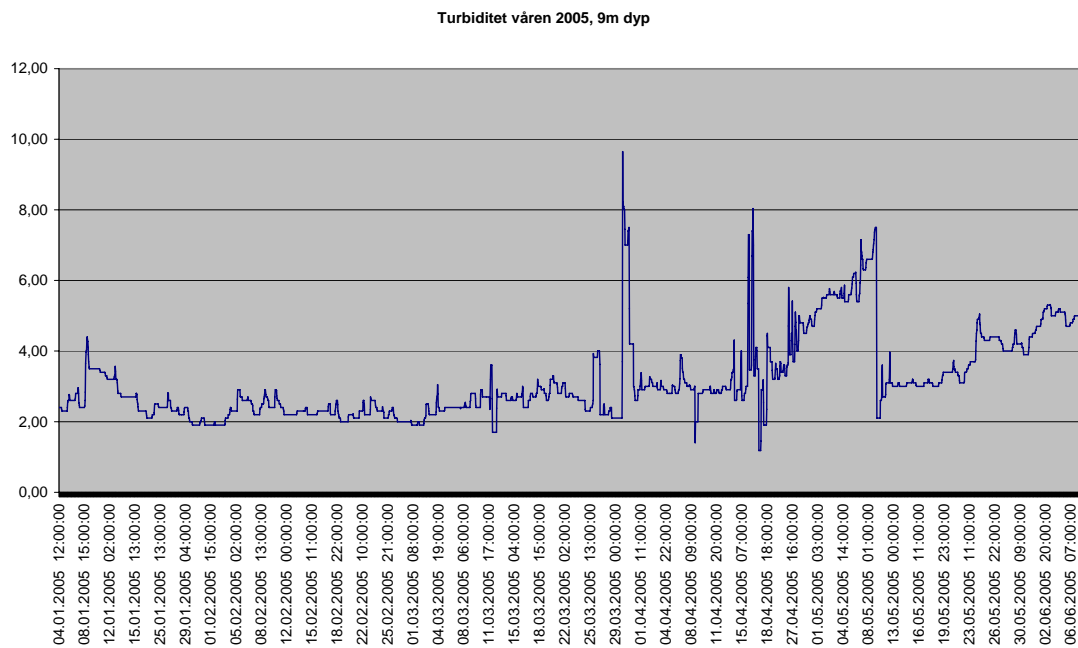
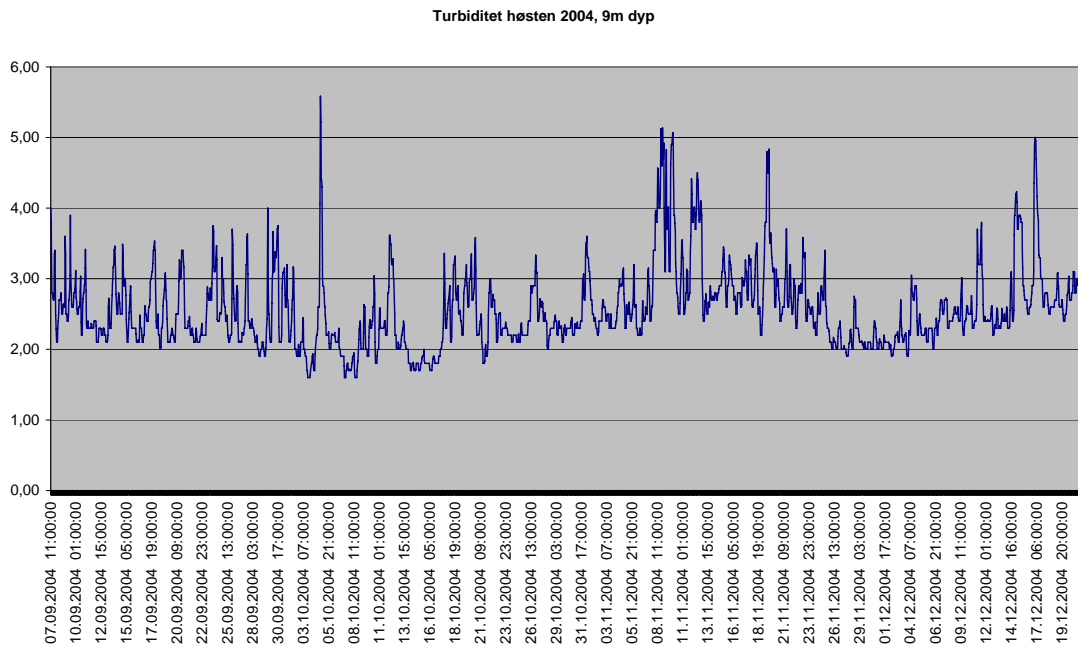
Figur 11. Vannføring i Drammenselva ved Døvikfoss i 2. mudreperiode 1.9.04 – 31.5.05. Vannføringen ved utløpet til fjorden vil være noe større, pga avrenning fra nedbørsfeltet nedstrøms Døvikfoss.

Akseptkriteriene for turbiditet ble heller ikke overskredet i 5 m dyp høsten 2004. Turbiditeten var generelt noe lavere enn turbiditeten i overflaten (Figur 12). I begynnelsen av desember (2.12.04) ble det utført arbeider på riggen, dette er grunnen til den lave turbiditeten <1 FTU i denne korte perioden. I perioden 6.1 – 23.1.2005 oppsto tekniske problemer med sensoren i 5 m dyp. I en kort periode viste loggeren en turbiditet på 15 FTU. Ellers viste målingene en turbiditet på 8 og 6 FTU i denne perioden. Vellykkede reparasjoner på riggen 23.1.05 ga igjen stabile måledata på under 2 FTU, helt til slutten av mars 2005. Figur 12 viser hvordan turbiditeten øker svakt utover i april til 2 FTU. I begynnelsen av mai øker turbiditeten til over 6 FTU, men det er hyppig veksling mellom lave og høye verdier. Rensing av sensoren 13.5.05 viser at de vekslende signalene skyltes begroing. Figur 12 viser varierende data i slutten av mai og begynnelsen av juni., igjen som følge av begroing.

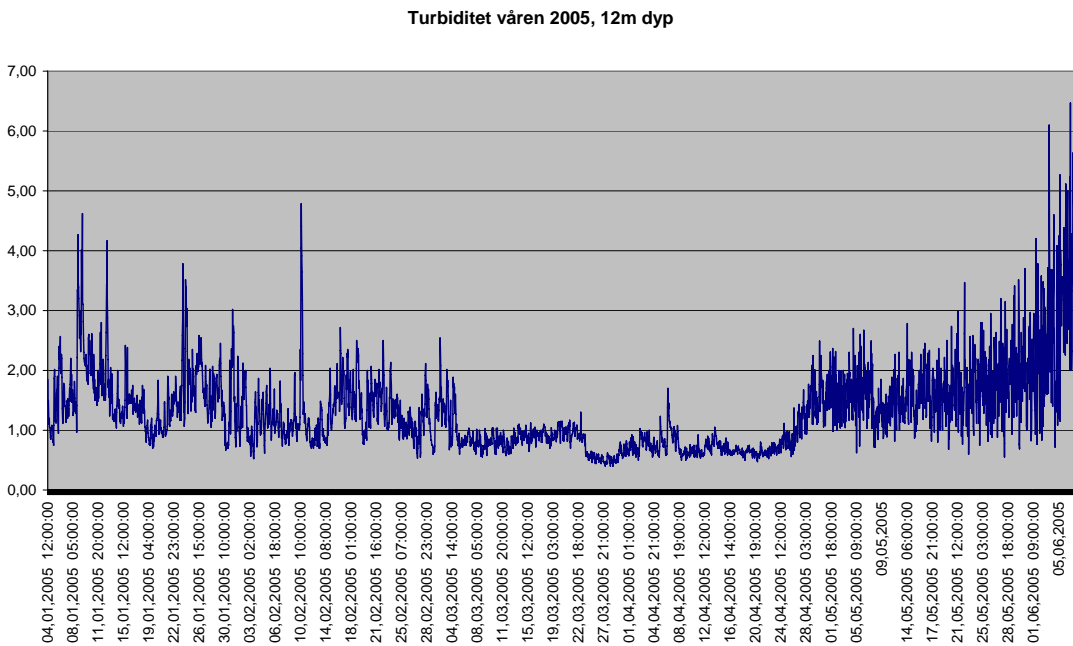
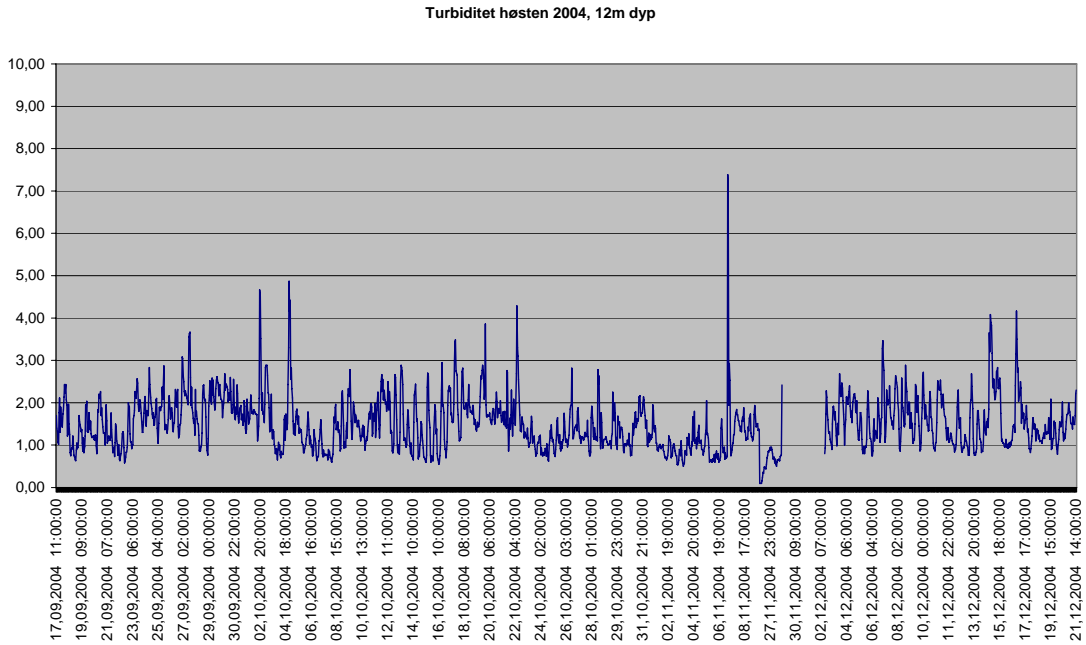
Målingene i 9 og 12 m dyp viste også lav turbiditet gjennom hele mudringsperioden, men som for sensorene lenger opp i vannmassene var også disse utsatt for begroing. Akseptkriteriet på 15 FTU ble ikke overskredet i perioden (Figur 13 og Figur 14). Sensoren i 12m dyp registrerer turbiditet i inngående sjøvann. I høstperioden 2004 lå turbiditeten mellom 1 og 2 NTU. Det mangler data fra 29.11.-2.12.2004 i dette dypet (jfr. Figur 14), grunnet tekniske problemer med sensoren.



Figur 12. Turbiditet (FTU) ved 5 meters dyp ved fast målestasjon øst av Bokerøya høsten 2004 (øvre figur) og våren 2005 (nedre figur).



Figur 13. Turbiditet (NTU) ved 9 meters dyp ved fast målestasjon øst av Bokerøya høsten 2004 (øvre figur) og våren 2005 (nedre figur).



Figur 14. Turbiditet (NTU) ved 12 meters dyp ved fast målestasjon øst av Bokerøya høsten 2004 (øvre figur) og våren 2005 (nedre figur).

3. periode med løpende overvåking ved den faste stasjonen ved Saltskjær, september 2005 – mai 2006

I tredje mudringsperiode ble målingene utført sammenhengende fra 06.09.05 til 30.06.06 (Figur 15), mudringen var ferdig 31.5.06. Etter dette ble det utført reparasjoner på kloakkledninger.

Det ble registrert forhøyet turbiditet, over akseptgrensen i to perioder i hhv. 2m og 5 m dyp. Vannføringen i Drammenselva var lav i disse korte periodene (Figur 16), og kan derfor ikke forklare de forhøyede verdiene.

Overskridelsen i den første perioden (2 m dyp) strakk seg fra 29.9.05 til 5.10.05. Signalstyrken økte fra under 5 FTU til over 15 FTU, og i løpet av noen dager steg signalstyrken ytterligere. Figur 17 viser at variasjonen i signalstyrken ble mindre etter hver, dette tyder på begroing av sensorene. Rensing av sensorene den 5.10.05 gjorde at turbiditeten falt tilbake til 2-3 FTU (Figur 17).

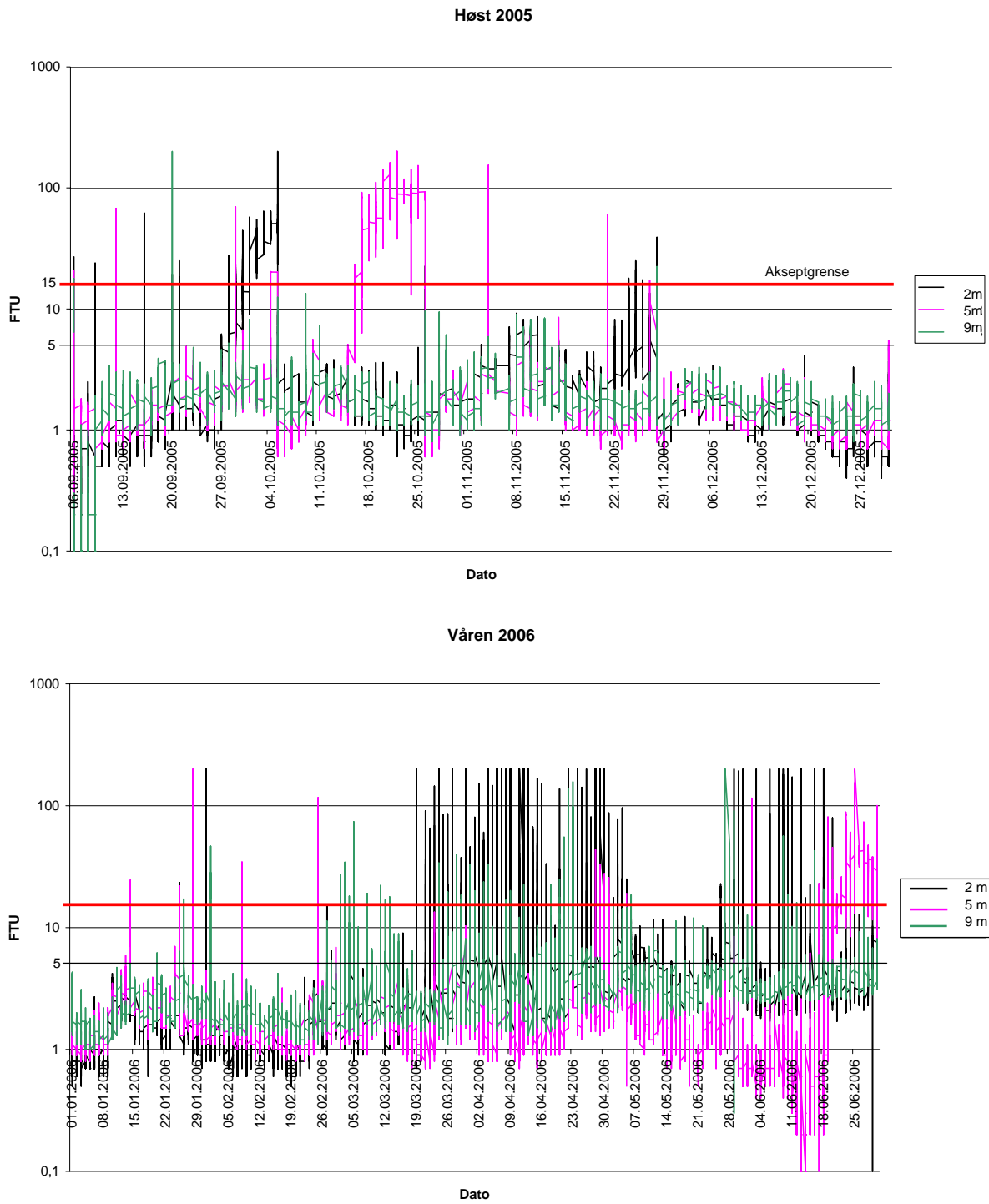
Andre periode med overskridelser av turbiditeten (5 m dyp) var i fra 15.10 – 26.10.05. Her også ser en det samme forløpet som i 2 m dyp tidligere. I begynnelsen med begroing øker turbiditeten i korte øyeblikk. Disse øyeblikkene kommer etter hvert hyppigere og bunnlinjen i grafen øker og variasjonsbredden på signalene avtar. Den 26.10.05 ble sensorene rensset, turbiditeten sank da igjen til <1 - 2 FTU. Videre utover høsten var turbiditeten over 15 FTU i kun korte perioder / øyeblikk.

Vinteren 2006 lå turbiditeten for det meste under 5 FTU. Det ble registrert over 15 FTU i noen korte perioder / øyeblikk. I mars forekom hyppige registreringer med høy turbiditet. Mange av disse registreringene var kortvarig, sekunder til 10 minutter. Noen av periodene varte opp til 20-30 minutter, dvs. akseptkriteriet for turbiditet ble overskredet. Til forskjell fra turbiditetsøkningen høsten 2005 var det ingen økning i bunnlinjen og variasjonsbredden på signalene var stabilt stor. Vi har ikke opplysninger om vannføring fra Drammenselva fra 2006 (data frigis ikke før 2007), men det er lite trolig at økt partikkelføring i Drammenselva var årsaken til de forhøyede verdiene. Signalprofilen tyder heller ikke på begroing av sensorene. Overskridelsen antas derfor å skyldes mudringarbeidene i Svelvikstrømmen.

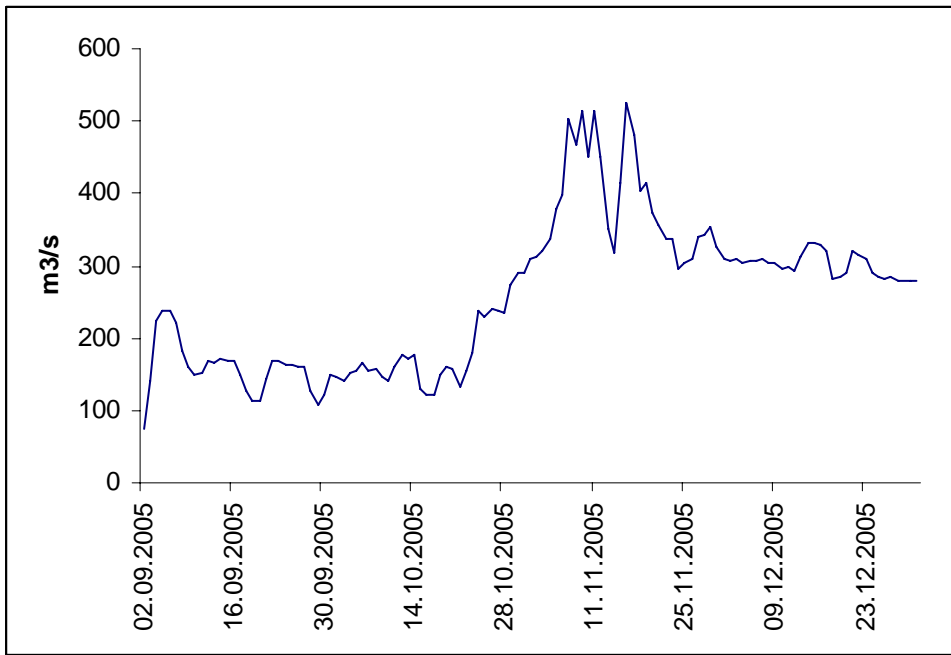
Fra 6.5.05 til 26.5.05 var turbiditeten igjen stabilt under 5 FTU.

I perioden 29.5.06 til 20.6.06 var det igjen vedvarende høy turbiditet, over akseptgrensen på 15 FTU i overflatevannet (2 m dyp) (Figur 19). Mudringsarbeidet ble avsluttet 31.5.06, men turbiditetsloggerene ble ikke hentet inn før 20.6.06. Den forhøyede turbiditeten skyldes sannsynlig reparasjoner på kloakk-rørledninger i tidsrommet. I 5 m dyp skjer det samtidig (20.6.06) en økning i turbiditet til over akseptgrensen på 15 FTU. Kurven på registreringene kan tyde på at dette skyldes begroing av sensorene, eller også tilslamming som følge av det høye partikkelinnholdet i overflatelaget i perioden forut. Bunnvannet hadde imidlertid stabilt lav turbiditet i perioden.

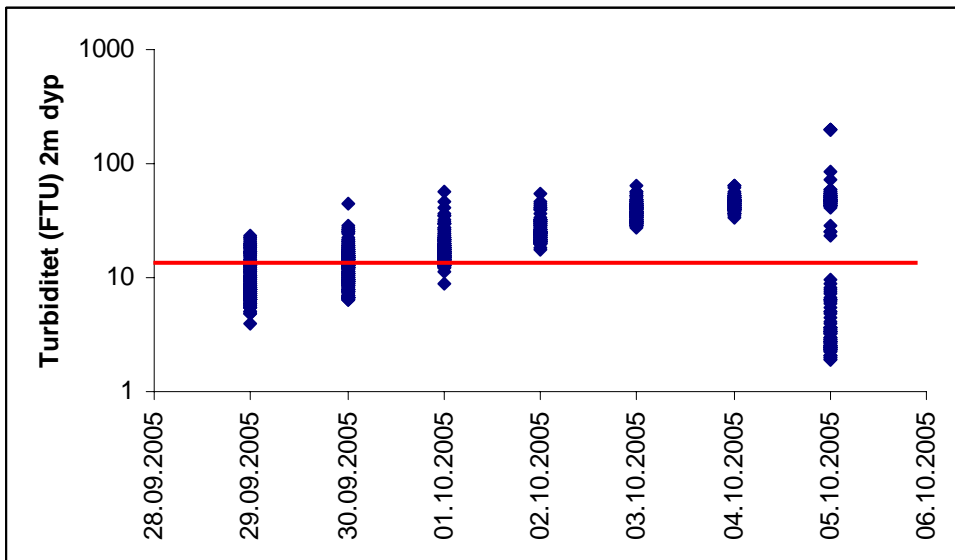
Siden akseptkriteriene for turbiditet ikke ble overholdt bør mulig uønskede effekter nedstrøms Svelvikstrømmen avklares. Det er lite sannsynlig at miljøgifter er spredt, men det kan være aktuelt å gjøre et overslag av hvor store mengder masse som er spredt og hvilken betydning dette kan ha for sedimentasjon og tilslamming i grunnområdet nedstrøms Svelvik.



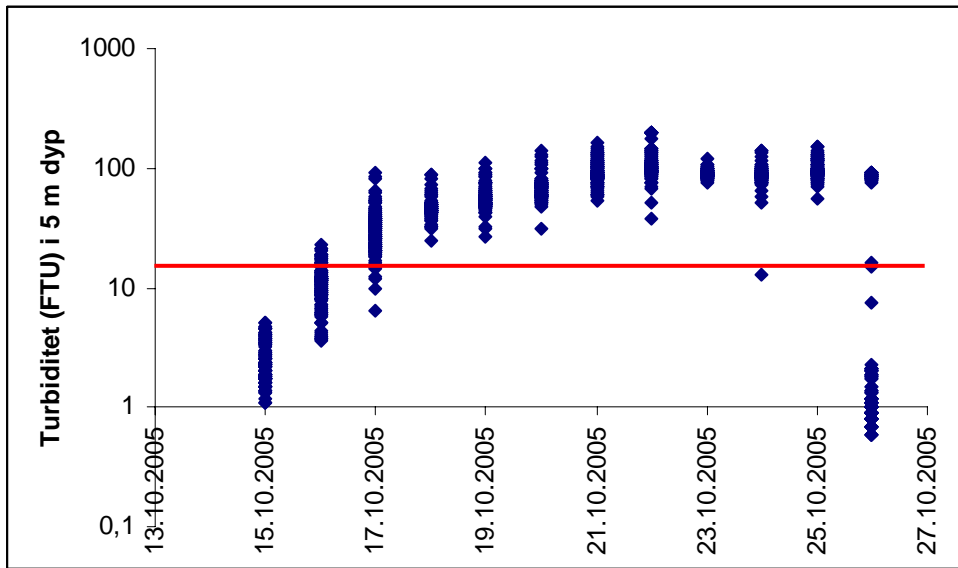
Figur 15. Turbiditet (FTU) ved fast målestasjon øst av Bokerøya høsten 2006 (øvre figur) og våren 2006 (nedre figur). Rød linje markerer akseptgrensen på 15 FTU.



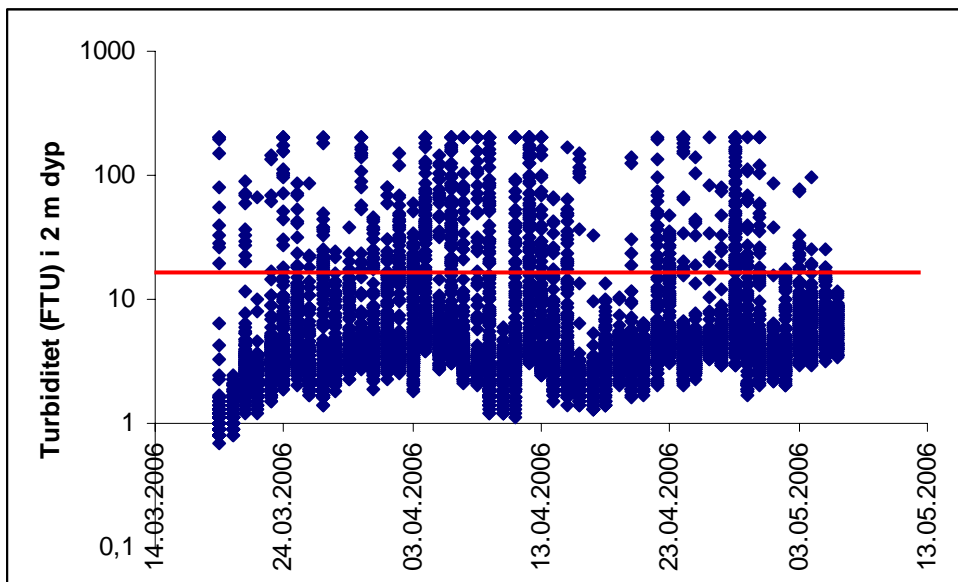
Figur 16. Vannføring i Drammenselva ved Døvikfoss i 3 mudreperiode 1.9.05 – 31.12.05. Vannføringen ved utløpet til fjorden vil være noe større, pga avrenning fra nedbørsfeltet nedstrøms Døvikfoss.



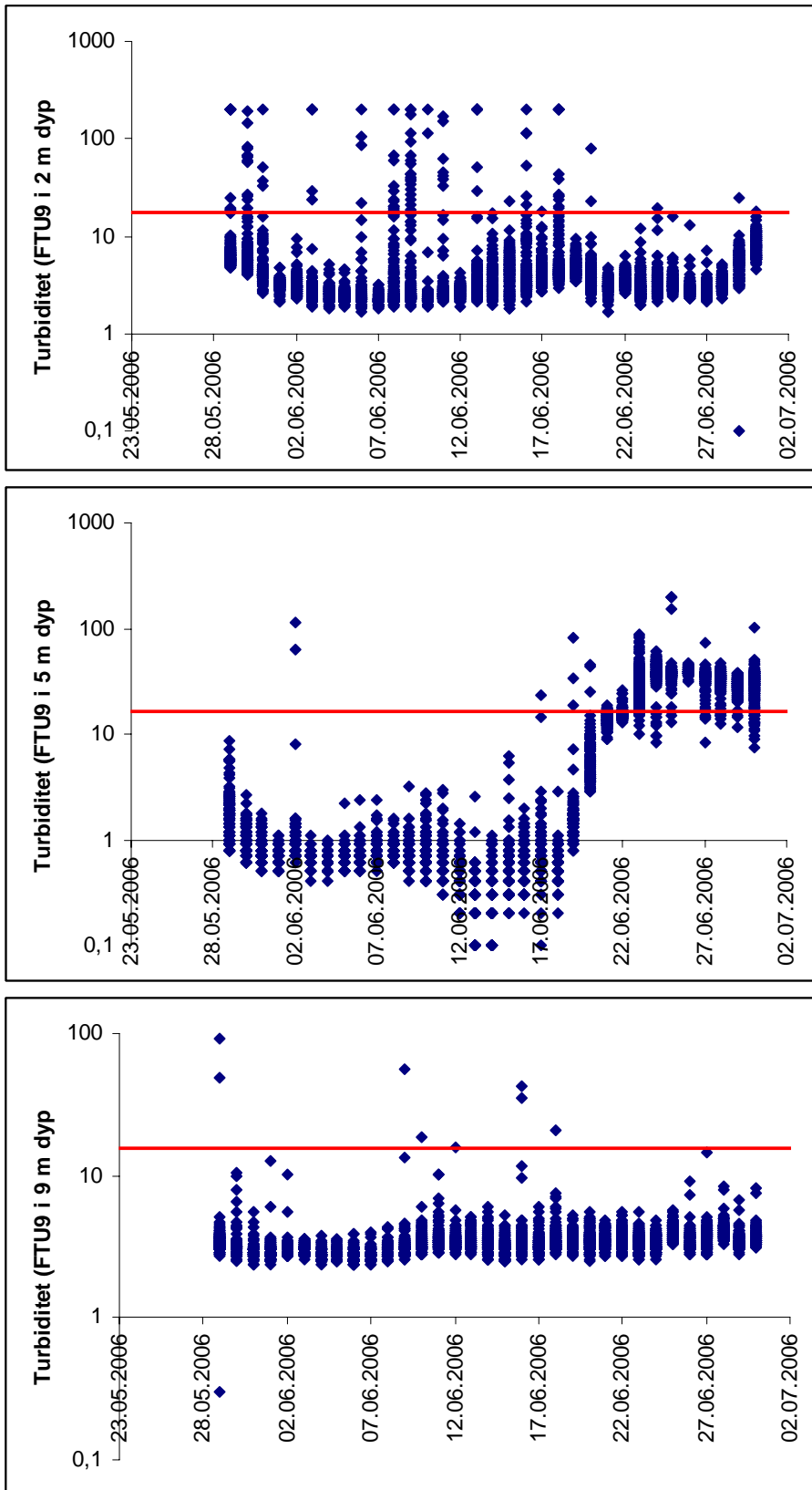
Figur 17. Turbiditet (FTU) i 2 m dyp i perioden 29.9.05 til 5.10.05. Rød horisontal linje markerer 15 FTU, akseptable grense for turbiditet.



Figur 18. Turbiditet (FTU) i 5 m dyp i perioden 15.10.05– 26.10.05. Rød horisontal linje markerer 15 FTU, akseptable grense for turbiditet.



Figur 19. Turbiditet (FTU) i 2 m dyp i perioden 19.3.05 – 6.5.05. Rød horisontal linje markerer 15 FTU, akseptable grense for turbiditet.



Figur 20. Turbiditet i 2 m dyp (øvre figur), 5 m dyp (midtre figur) og ved 9 m dyp (nedre figur) i perioden 29.5.06 – 30.6.06. Røde horisontale linjer markerer 15 FTU, akseptable grense for turbiditet.

4.2 Supplerende målinger av turbiditet

Det ble målt turbiditet vertikalt i vannmassene fra mudrestedet og nedstrøms mot den faste målestasjonen ved Saltskjær og ved deponering i Dramstadbukta. Disse målingene ble gjort med håndholdt utstyr.

I korthet kan målingene oppsummeres som følger:

- i mudringsområdet måtte man måle tett opp til grabben for å påvise forhøyet partikkelkonsentrasjon. Partikkelkonsentrasjonen ble raskt fortennet i kort avstand fra mudringsfartøyet.
- i deponeringsområdet i Dramstadbukta ble det målt liten eller ingen spredning av partikler i de øvre vannlag. Etter at massene nådde bunnen ble vann med et høyere partikkelinnhold innlagret på 80m dyp, men akseptkriteriet på 15 FTU ble ikke overskredet. Det innlagrede vannet med partikler forble på 80m over en måleperiode på 3 dager (en helg). I løpet av disse dagene avtok imidlertid mengden partikler (tubiditeten sank). Dette gjalt særlig partikler i det mest bunn-nære sjiktet, 5 m over bunn.

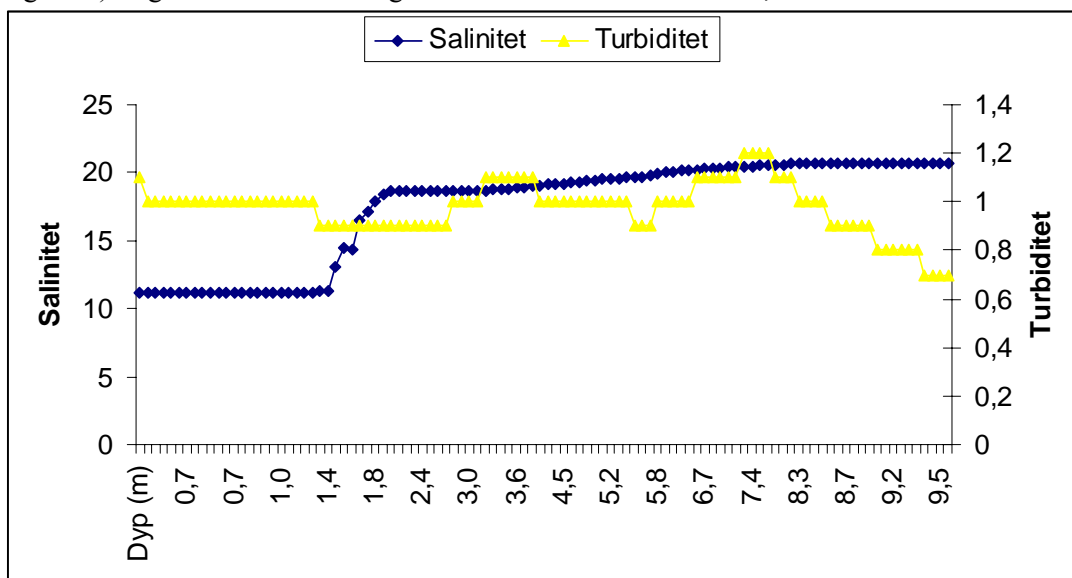
I det følgende er målingene beskrevet mer i detalj.

4.2.1 Spredning av partikler under mudring

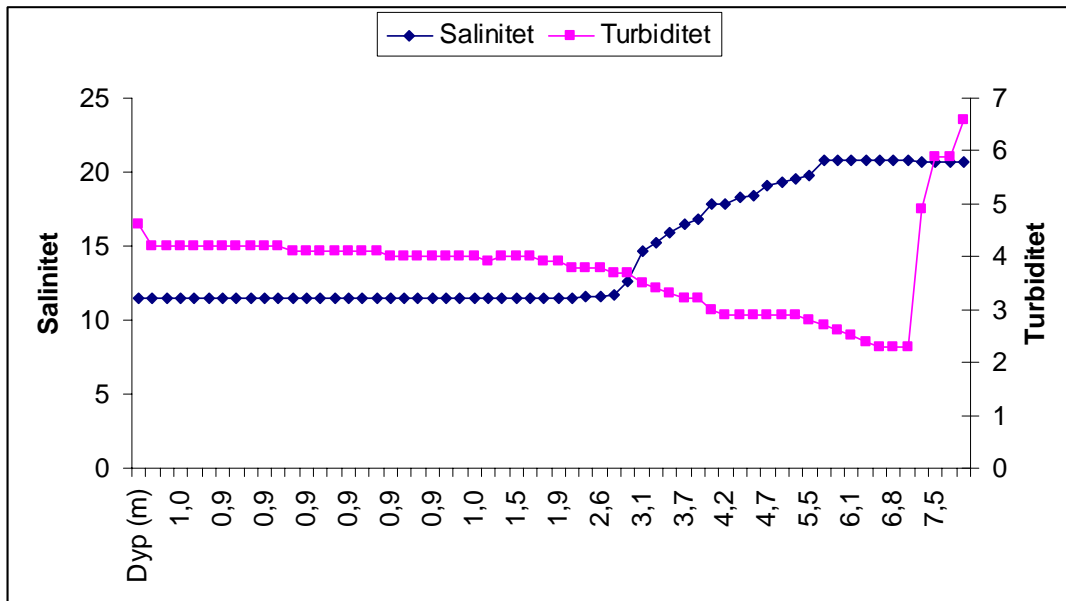
Generelt var det vanskelig å påvise partikkelskyer ved mudre- og deponeringstedet. Partikkelskyer ble påvist kun tett opptil mudrings- og deponeringsfartøyet. Oppvirvlede partikler i overflatevannet ble påvist i korte perioder.

Et typisk transekt er vist i

Figur 21. Turbiditeten var så lav som <2FTU i en avstand av 30m fra mudringsfartøyet den 25.9.03. Det var liten variasjon i turbiditet med økende vanddyb. I en avstand av 5 m fra mudringsfartøyet i Svelvikstrømmen økte turbiditeten til 4FTU (Figur 22). Figuren viser en økning i turbiditet helt nede ved bunn, til i underkant av 7FTU.



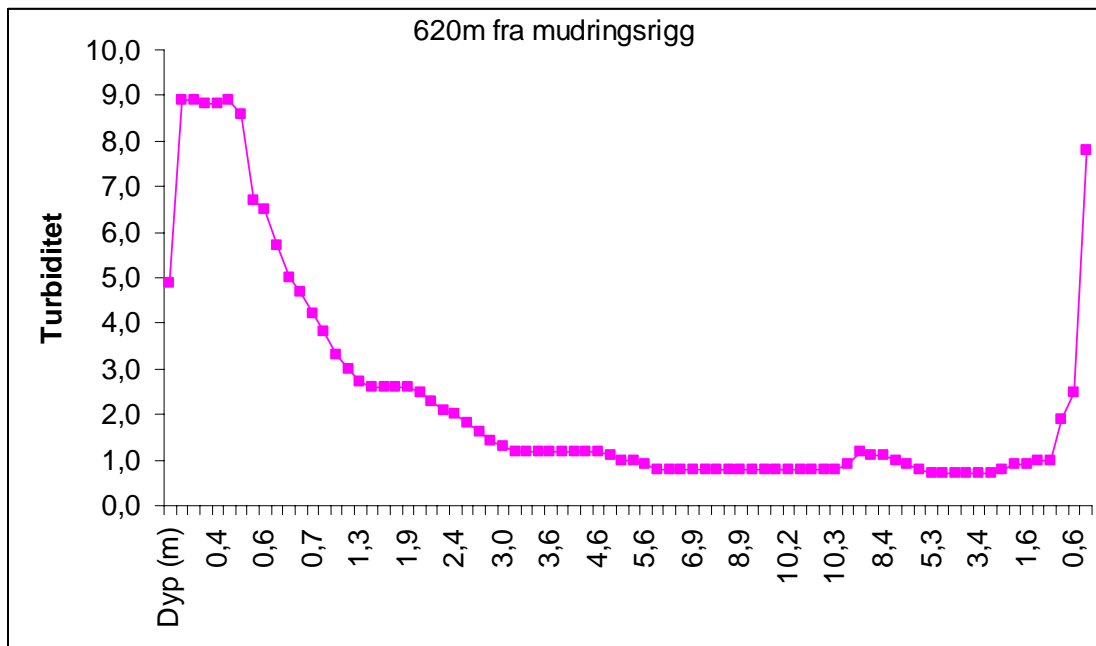
Figur 21. Turbiditet og saltholdighet vertikalt i vannmassene 30 m fra mudringsgrabben i Svelvikstrømmen 25.09.03 kl. 14:34 – 14:36.



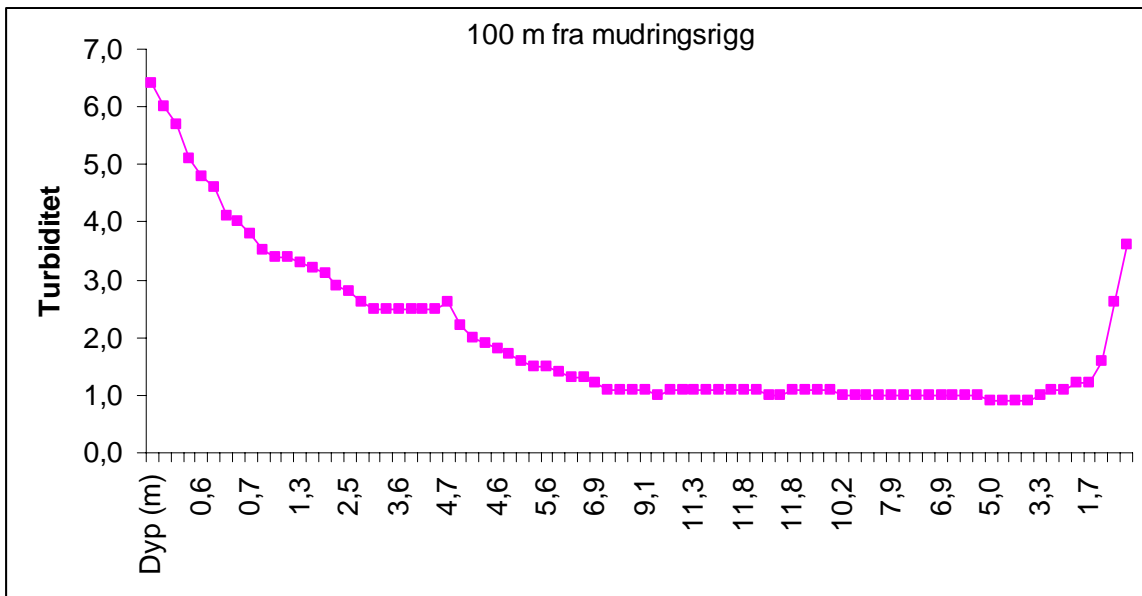
Figur 22. Turbiditet og saltholdighet vertikalt i vannmassene 5 m fra mudringsfartøyet i Svelvikstrømmen 25.09.03 kl. 14:45 – 14:46.

Det ble også foretatt målinger av turbiditet i en gradient nedstrøms mudringsfartøyet fra 10 til 620 m fra mudringsfartøyet. Målingene ble utført den 21.10.03. Målingene viste en noe økende turbiditet opp mot fartøyet (

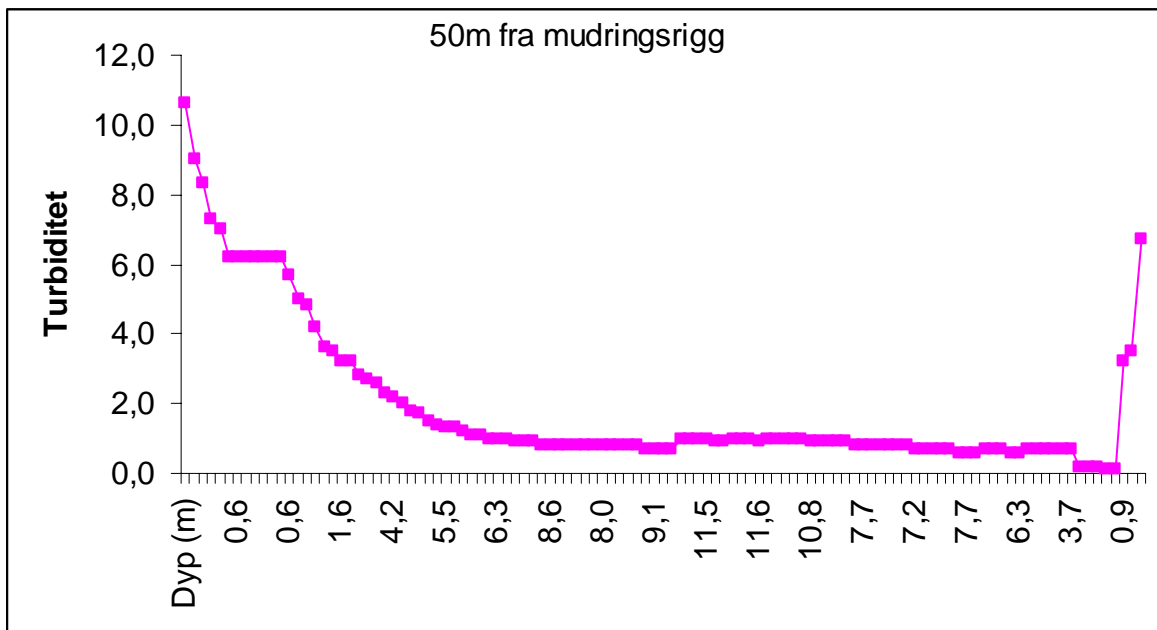
Figur 23 til Figur 26). Turbiditeten i overflaten var 9FTU 620m fra fartøyet og økte til 12FTU 10m fra fartøyet. Turbiditeten avtok med økende vanddyb.



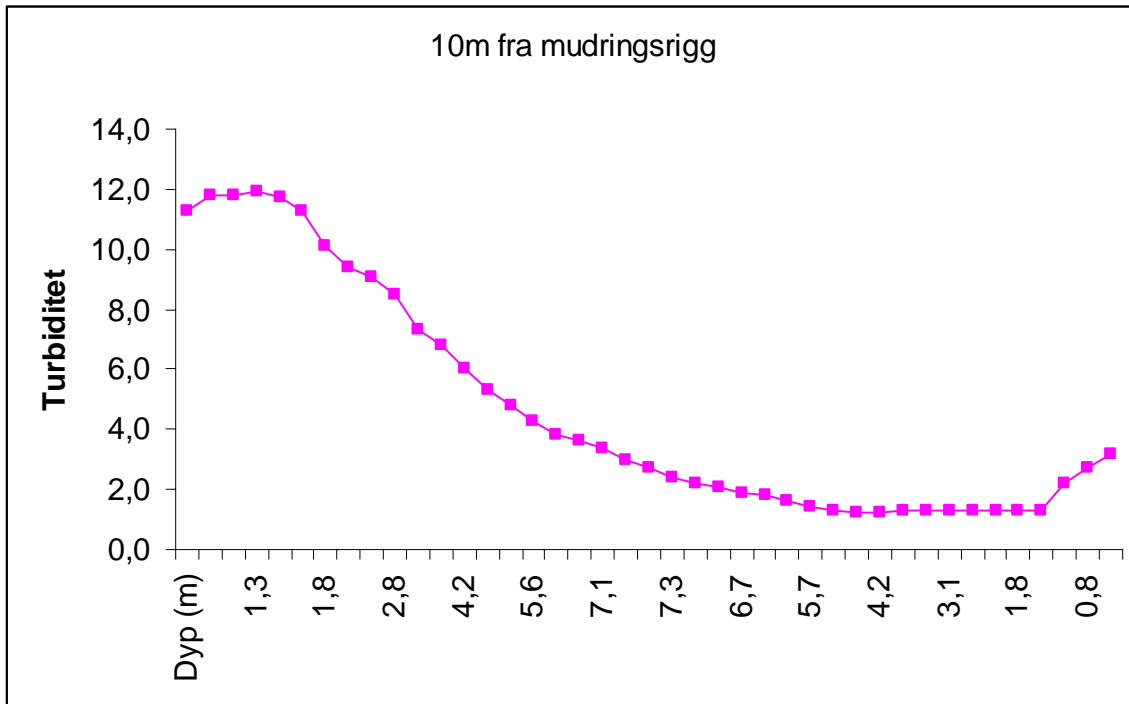
Figur 23. Måling av turbiditet på Svelvikterskelen 21.10.03, 620m fra mudringsfartøyet. Merk dypet! Målingene går fra overflaten ned til 10 m dyp og opp til overflaten igjen.



Figur 24. Måling av turbiditet på Svelvikterskelen 21.10.03, 100m fra mudringsfartøyet. Merk dypet! Målingene går fra overflaten ned til 11,8 m dyp og opp til overflaten igjen.



Figur 25. Måling av turbiditet på Svelvikterskelen 21.10.03, 50m fra mudringsfartøyet. Merk dypet! Målingene går fra overflaten ned til 11,6 m dyp og opp til overflaten igjen.

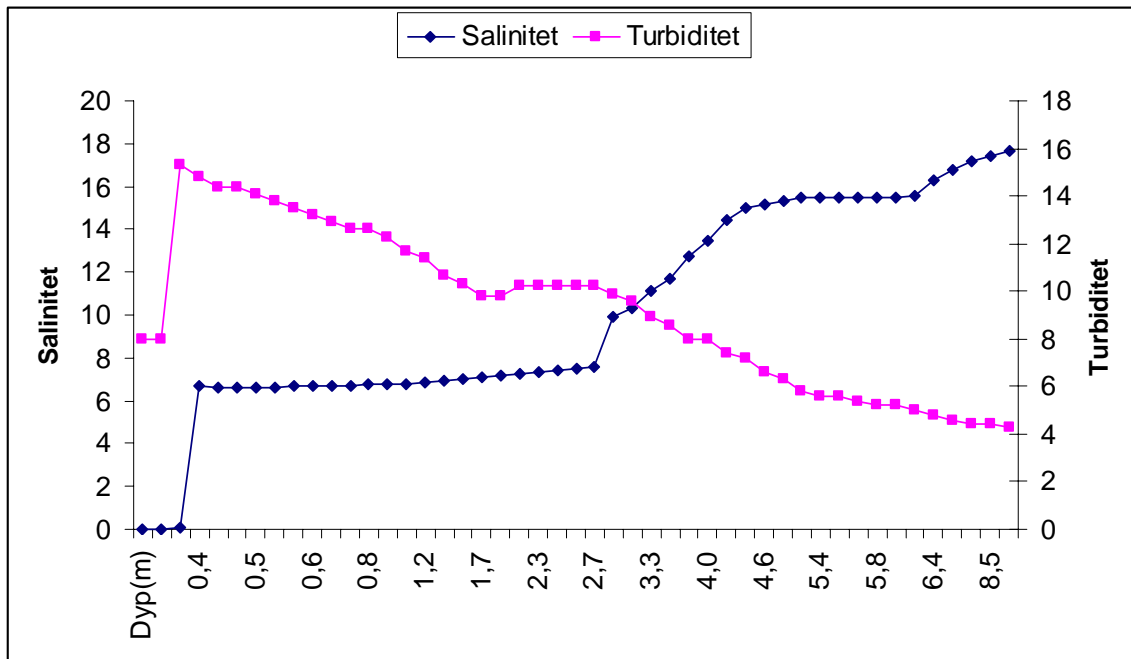


Figur 26. Måling av turbiditet på Svelvikterskelen 21.10.03, 10m fra mudringsfartøyet. Merk dypet! Målingene går fra overflaten ned til 7,3 m dyp og opp til overflaten igjen.

4.2.2 Spredning av partikler under deponering

Ved deponeringstedet i Dramstadbukta ble det i første mudringsperiode målt turbiditet direkte i deponeringstedet med håndholdt utstyr. I tillegg ble det satt ut en Gytresonde fra 1.2.05 – 7.2.05 i ytterkant av deponeringsområdet. Sonden registrerer dyp, salt og turbiditet. Sonden ble plassert i sprangsjiktet for å kontrollere om deponerte masser på noen måte skulle trenge opp igjen til overflaten.

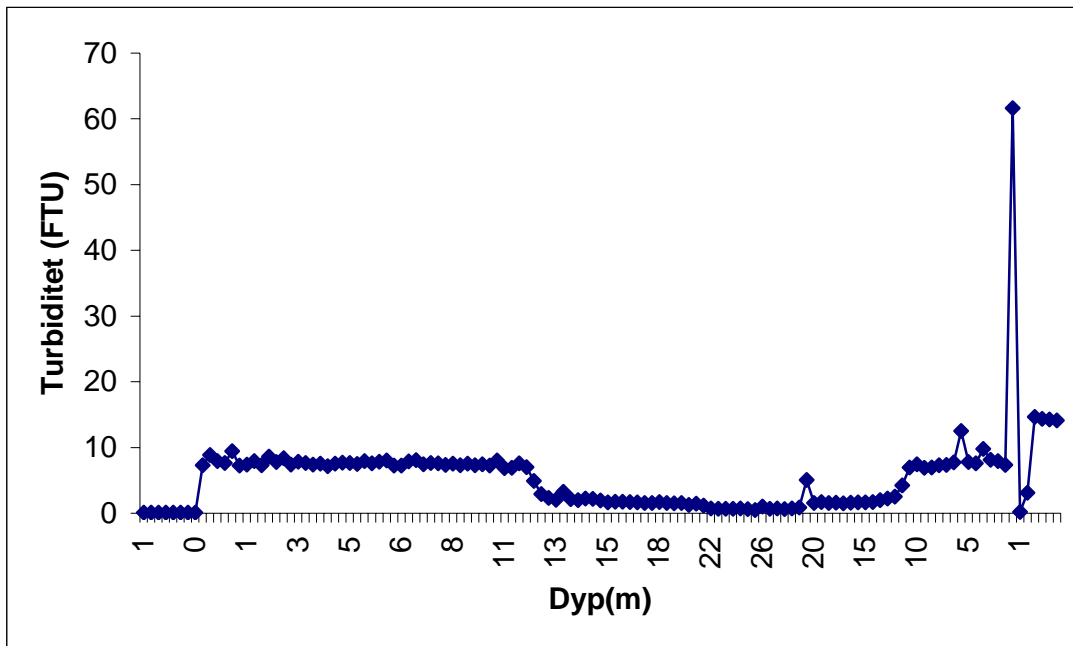
Med det håndholdte utstyret (Turbiditetsensor SAIV) ble det målt direkte i deponeringspunktet for å kunne påvise et forhøyet partikkelinnhold. Umiddelbart etter deponering ble det påvist en turbiditet på 15FTU i overflatevannet. Turbiditeten avtok med dypet, til 4FTU ved 9m dyp (Figur 27).



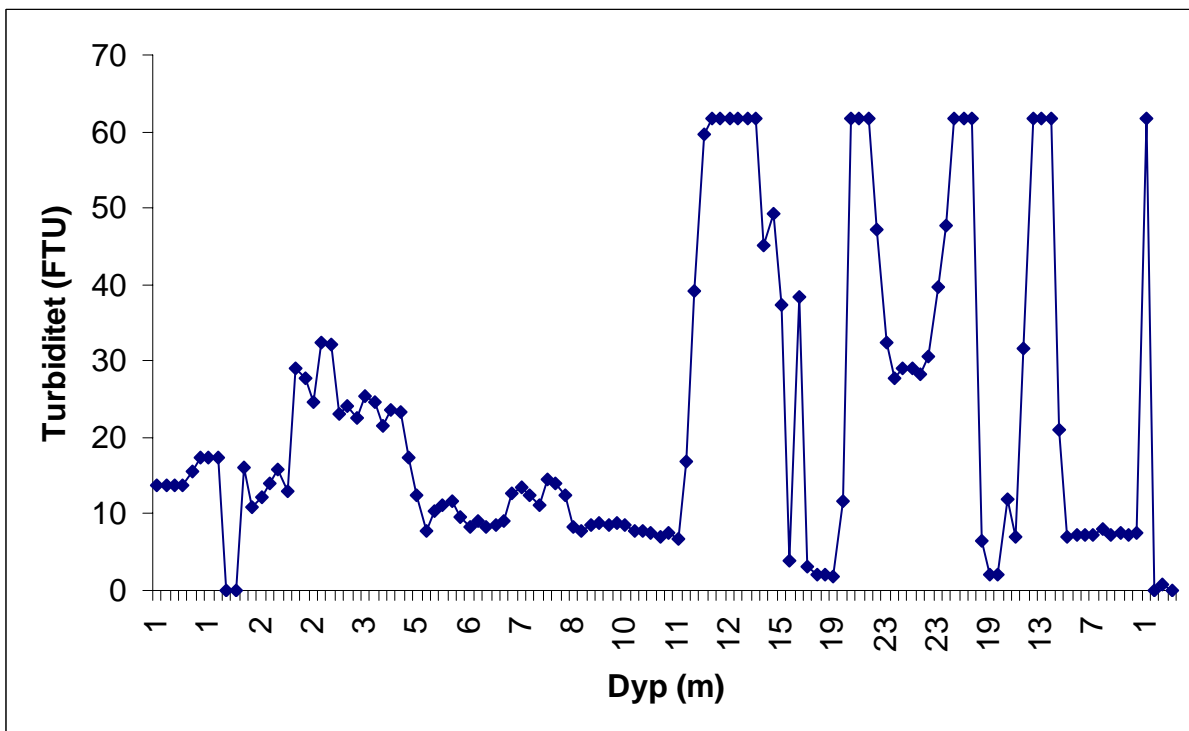
Figur 27. Turbiditet og saltholdighet vertikalt i vannmassene i deponeringspunktet (N 59 37,321" Ø 10 29,811") i Dramstadbukta, umiddelbart etter deponering (25.09.03 kl. 15:30 – 15:31).

Ved måling i deponeringsområdet den 21.10.03 ble det ikke påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner.

Måling av turbiditet i deponeringsområdet den 13.5.04, før deponering ble utført, viste en høyere turbiditet (i underkant av 10 FTU) fra overflaten og ned til 11m dyp (ca terskeldyp) enn ved tidligere registreringer. Under terskeldyp var turbiditeten lav (Figur 28). Turbiditeten økte til over 15 FTU og helt opp i 60 FTU umiddelbart etter en deponering (Figur 29). Det skal bemerkes at målingene ble utført i selve deponeringspunktet umiddelbart etter en deponering. Partikkeltettheten varierte mye nedover i vannsøylen over korte tidsintervaller. Som figuren viser var turbiditeten ned i 1-2 FTU i overflaten innen sensoren ble trukket opp til overflaten igjen.

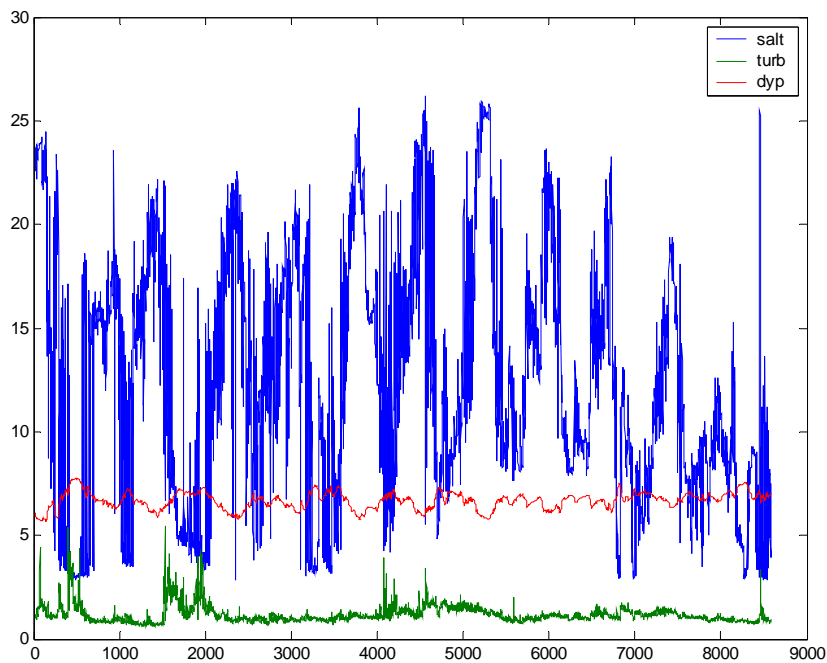


Figur 28. Måling av turbiditet i Dramstadbukta før dumping av mudringsmasser, 13.5.04 kl. 9:33. Posisjon N 59.37.373, Ø 010.25.369



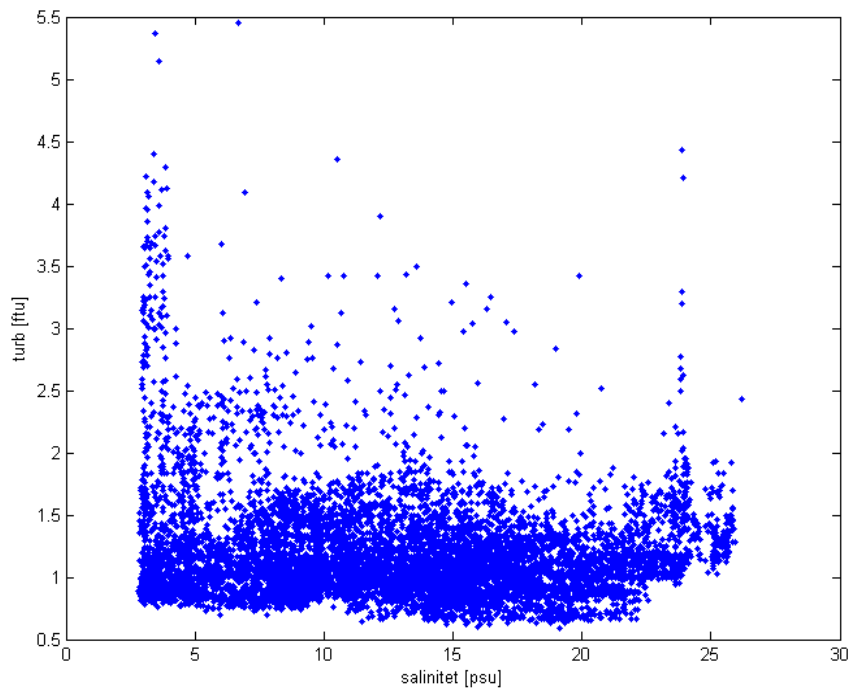
Figur 29. Måling av turbiditet i Dramstadbukta ved dumping 13.5.04 kl. 9:48. Posisjon N 59.373.74, Ø 010.25.387

Med Gyresonden som ble plassert i sprangsjiktet den 1.2.05 til 7.2.05 i ytterkant av deponeringsområdet ble det registrert turbiditet opp til 5 FTU, men for det meste lå turbiditeten på ca 1 FTU (Figur 30). På grunn av forankring i bunn varierer det loggede dypet med tidevannet. Det er en svak tendens til noe høyere turbiditet ved lave saltholdigheter (Figur 31). Hvis deponeringen skulle føre til omveltning av vann fra dypere lag ville en forvente en økt turbiditet med økt saltholdighet. I måleperioden var turbiditeten ikke i noe tilfelle over akseptkriteriet på 15 FTU.

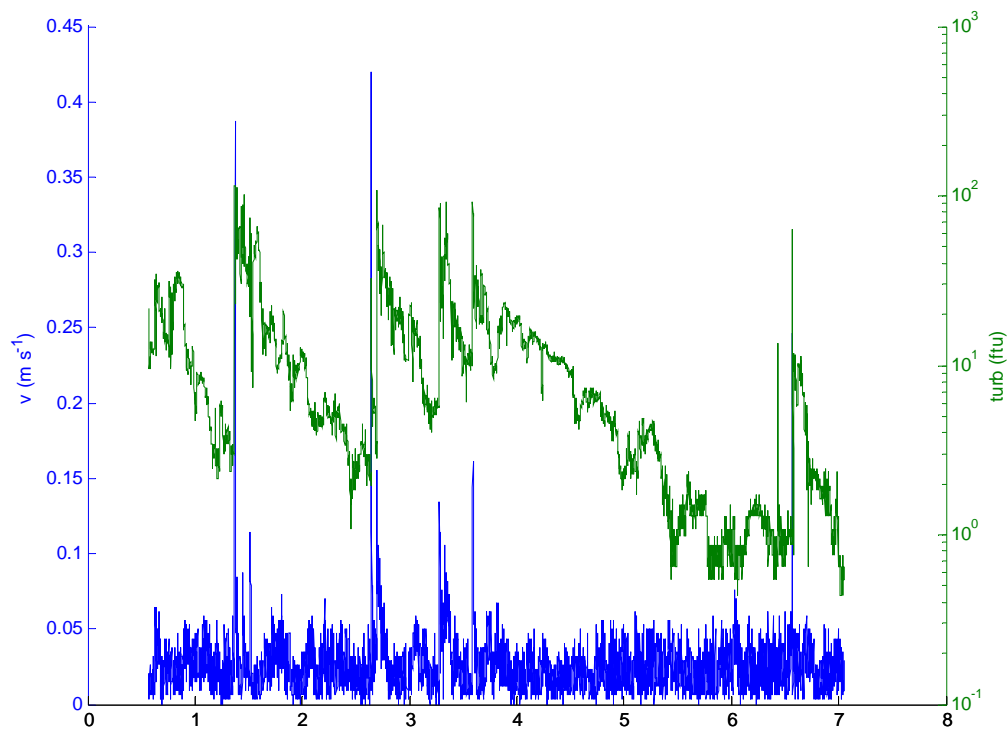


Figur 30. Turbiditet, salinitet og dyp som funksjon av tid i ytterkant av deponeringsområdet i Dramstadbukta i perioden 1.2.05-7.2.05.

I samme periode ble det også plassert en Anderaa RCM 9 like over bunnen (ca 2m) i ytterkant av deponeringsområdet, nordvestlig retning. RCM 9 måler blant annet strømhastighet og retning samt turbiditet over tid. Måleren viser at dumpingen setter opp relativt kraftige strømmer langs bunnen (en økning fra $0,05$ til $0,4 \text{ ms}^{-1}$) samtidig som turbiditeten øker (Figur 32). Målingene viser også at det er en netto transport av partikler langs bunn i nord vestlig retning.



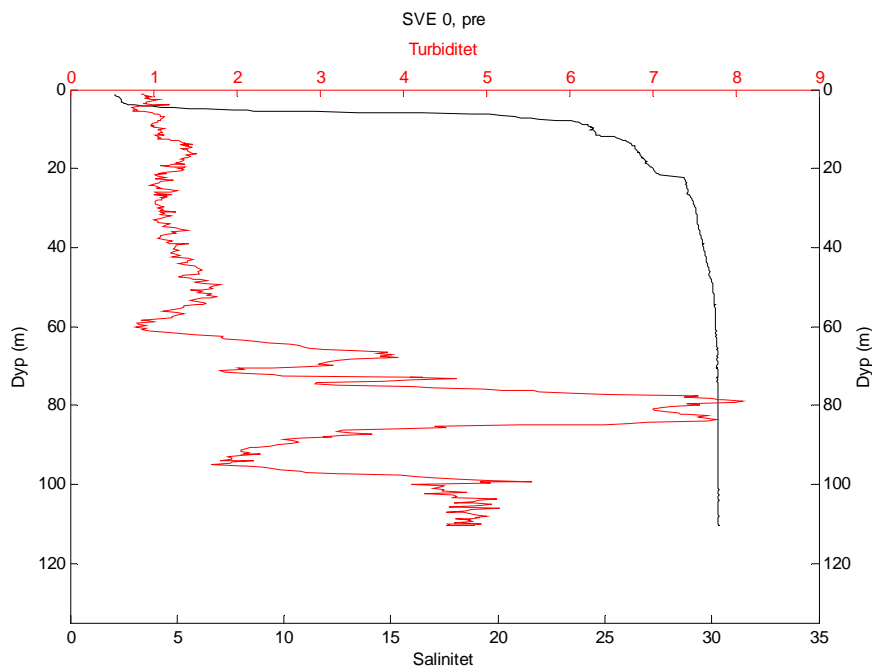
Figur 31. Korrelasjon mellom turbiditet og salinitet i sprangsjiktet i ytterkant av deponeringsområdet i Dramstadbukta i perioden 1.2.05-7.2.05.



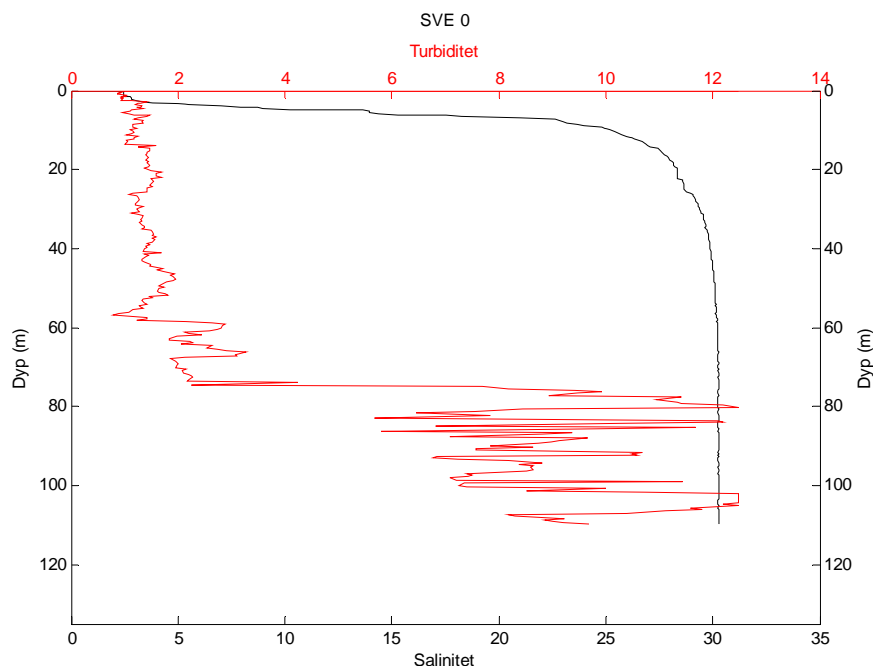
Figur 32. Strømhastighet og turbiditet som funksjon av tid (dager) i ytterkant av deponeringsområdet (nordvestlig retning) i Dramstadbukta i perioden 1.2.05-7.2.05.

I tillegg til utsetting av Gytresonden ble det utført manuelle målinger av turbiditet midt i dumpeområdet mandag morgen den 7.2.05, før deponering startet (dvs. lørdag og søndag uten deponering) (Figur 33). Figuren viser økende saltholdighet med dypet og et sprangsjikt mellom 5 og 15m. I tillegg viser figuren en turbiditet på i overkant av 1 FTU fra overflaten ned til 60m dyp. Fra 60m dyp øker turbiditeten til et maksimum på 8 FTU ved 80m. Noen meter over bunn ligger turbiditeten på ca 5 FTU. Vann med et høyere partikkelinnhold, dvs. høyere turbiditet, er altså innlagret på 80m dyp. Lavere turbiditet noen meter over bunn kan skyldes utsynking i løpet av helgen uten dumpeaktivitet. Det er imidlertid en rest av partikler i bunnvannet som bruker lenger tid på å synke ut, dette gir en rest-turbiditet på mellom 4 og 5 FTU.

Det ble utført tilsvarende målinger umiddelbart etter første deponering mandag morgen 7.2.05 (Figur 34). Turbiditeten var lav, ca 1 FTU i overflaten og ned til 60m vanddyb. På 80 m vanddyb økte turbiditeten til 12 FTU. Relativt høy turbiditet, mellom 6 og 12 FTU ble registrert videre ned til bunnen på 115m. Flere målinger i varierende avstand til deponeringsområdet tyder på en svak spredning av dette turbide vannet nordover. Selv disse relativt høye turbiditetsverdiene overskrider ikke akseptkriteriet for mudring og deponering.



Figur 33. Turbiditet med økende dyp målt 7.2.05 i deponeringsområdet før dumping.



Figur 34. Turbiditet med økende dyp målt 7.2.05 i deponeringsområdet etter dumping.

4.3 Overvåking av miljøgifter i vannmassene i mudre- og deponeringsområdet

Det var lagt inn i kontrollprogrammet at det skulle tas vannprøver i påviste partikkelskyer når de forurensede massene ble mudret. Det var imidlertid vanskelig å påvise partikkelskyer slik at prøvetakingen tjente formålet. Et begrenset antall prøver er likevel analysert for PAH og TBT (**Tabell 1**). Prøven tatt 25.9.03 ble tatt før mudring startet og hadde en konsentrasjon av PAH på 13 ng/l og et innhold av TBT på 2,9 ng/l. Det finnes ikke miljøkvalitetskriterier for organiske miljøgifter i sjøvann, og det er få analyser å sammenligne med. Sammenlignet med prøven fra 25.9.03 viser prøven fra deponeringsområdet den 21.10.03 ingen forhøyede konsentrasjoner. Prøven fra mudreområdet samme dag viser imidlertid høyere konsentrasjoner av både PAH og TBT. Det skal bemerkes at prøven fra mudreområdet ble tatt tett opp til grabben, for å få en prøve fra en partikkelsky.

Tabell 1. Analyser av PAH og TBT i vannprøver fra Svelvikstrømmen før mudring (25.9.03) samt i dumpe og mudreområdet den 21.10.03.

		ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
		PAH	KPAH	NPD	Sn	TBT
25.09.2003	Svelvikstrømmen	13,1	0	5,8	1,2	2,9
21.10.2003	Dumpeområdet	9,8	0	0	1,2	2,9
21.10.2003	Mudreområdet	53,1	15,6	3,5	4,5	11,0

I følge notatet til Kystverket "Akseptkriterier for partikkelinnhold i sjøvann" (Vedlegg A.) vil en vannkonsentrasjonen av PAH på 630 ng/l og TBT på 200 ng/l kunne gi en konsentrasjon av disse stoffene i blåskjell tilsvarende SFTs klasse III (øvre grense). De påviste vannkonsentrasjonen var således langt under disse konsentrasjonene.

4.4 Integrert overvåking av miljøgifter i vanmassene ved bruk av blåskjell

Miljøgifter i vannmassene ved bruk av blåskjell ble målt det første mudreåret (høsten 2003 til våren 2004), da forurensede sedimenter ble mudret. Blåskjell ble hentet inn fra Solbergstrand i Oslofjorden og satt ut på den faste målestasjonen ved Saltskjær 10.7.03 og tatt inn igjen 20.8.03. Disse skulle gi den generelle bakgrunnen i området, før mudring startet. Det ble senere satt ut skjell i to omganger, som hver ble eksponert i 1 måned, etter at mudringen var igangsatt.

Skjellene fra Solbergstrand hadde et lavt innhold av PAH og konsentrasjonen holdt seg lav gjennom en måned med eksponering i Svelvikstrømmen (Tabell 2). Tallverdien var noe høyere etter en måneds eksponering, men forskjellen kan ikke regnes som signifikant. Konsentrasjonen av PAH tilsvarer SFTs miljøkvalitetsklasse I (lite eller ikke forurenset) (Molvær et al. 1997). Konsentrasjonen av TBT var høyere og tilsvarte SFTs klasse II (moderat forurenset). Grenseverdiene for TBT i SFTs veileder for miljøkvalitet (Molvær et al 1997) er oppgitt på tørrvektbasis, mens verdiene her er oppgitt på våtvektbasis. En kan anta et tørrstoffinnhold på ca 20% i blåskjell. Omgjort til tørrvekt tilsvarer dette en konsentrasjon på 313 og 339 µg TBT/kg (t.v.) i skjellen fra hhv. Solbergstrand og skjell eksponert i Svelvikstrømmen. Som for PAH er ikke forskjellen i konsentrasjon mellom Solbergstrand og Svelvik ansett som signifikant.

Etter at mudringen var igangsatt viste analysene av skjellene et økende innhold av PAH gjennom mudringsperioden, mens innholdet av TBT var stabilt, eller med en tendens til konsentrasjonsreduksjon (Tabell 2). Konsentrasjonene er i tråd med analysene av vannprøvene for PAH og TBT (jfr. kap. 4.3)

Tabell 2. PAH og TBT i blåskjell fra Solbergstrand og Svelvikterskelen ved den faste målestasjonen ved Saltskjær. Merk to verdier for TBT, v.v = våtvekt og t.v. = tørrvekt (SFTs miljøkvalitetskriterier er oppgitt på t.v.) KPAH = potensielt kreftfremkallende PAH. NPD = oljerelaterte PAH -forbindelser.

		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg
	Prøvedato	PAH	KPAH	NPD	Sn	TBTvv / TBT t.v.
Solberstrand	09.07.2003	8,3	0,7	3,7	25,6	63 / 313
Svelvikstrømmen før anleggstart	20.08.2003	11,2	1,3	1,8	27,8	68 / 339
Svelvikstrømmen; mudring pågått i 1 mnd.	21.10.2003	26,52	2,01	8,7	19,7	48 / 241
Svelvikstrømmen; mudring pågått i 2 mnd.	20.11.2003	55,93	16,3	6,4	21,4	52 / 261
SFTs klasse	I					
SFTs klasse	II					

5. Referanser

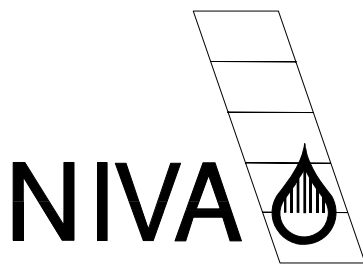
Bakke, Torgeir og Helland, Aud 2002. Miljøkonsekvenser ved mudring av Svelvikterskelen og deponering i Dramstadbukta. NIVA rapport no. 4581-2002, 25 s.

Berge, John Arthur 2001. Undersøkelse av miljøgifter i sediment fra Svelvikstrømmen. NIVA rapport no. 4430-2001. 22 s.

Jensen, Tor og Bjørnbom, Erik 2002. Miljøundersøkelse Svelvikstrømmen. VERITAS rapport 64510038, 21 s.

Molvær, J Knutzen J, Magnusson, J, Rygg, B, Skei, J og Sørensen, J 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veileder 97:3, 36 s

Vedlegg A. Akseptkriterier for partikkelinnhold i sjøvann ved mudring av Svelvikterskelen.



NOTAT
MILJØGIFTER MARINT

Akseptkriterier for partikkelinnhold i sjøvann ved mudring av
Svelvikterskelen



September 2003

for Kystverkets 1. Distrikt

Revision 1, 5 september 2003

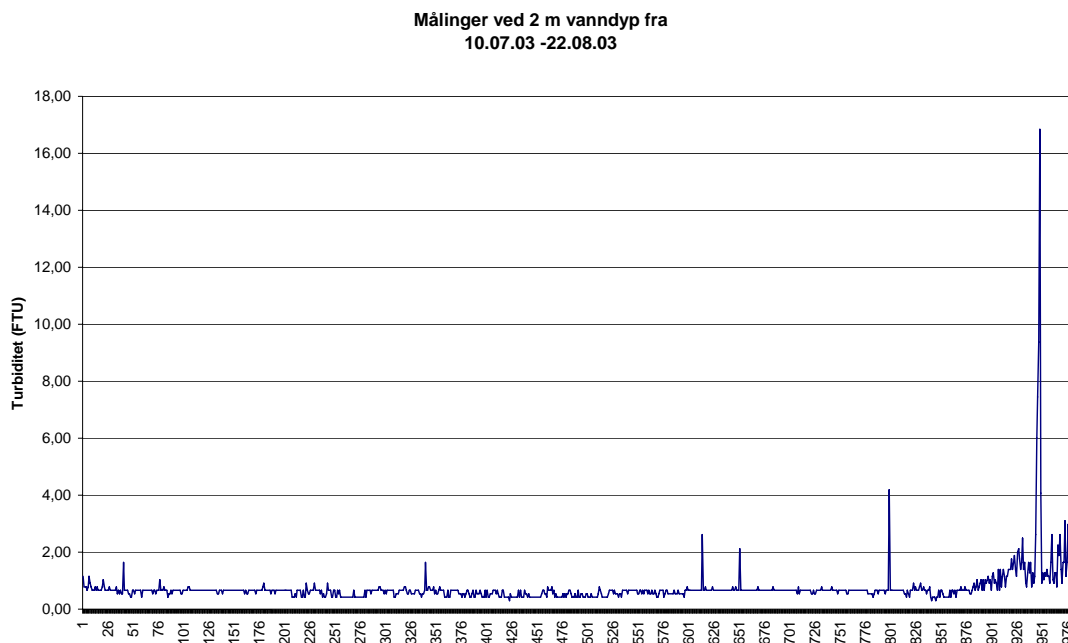
Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA)

Bakgrunn

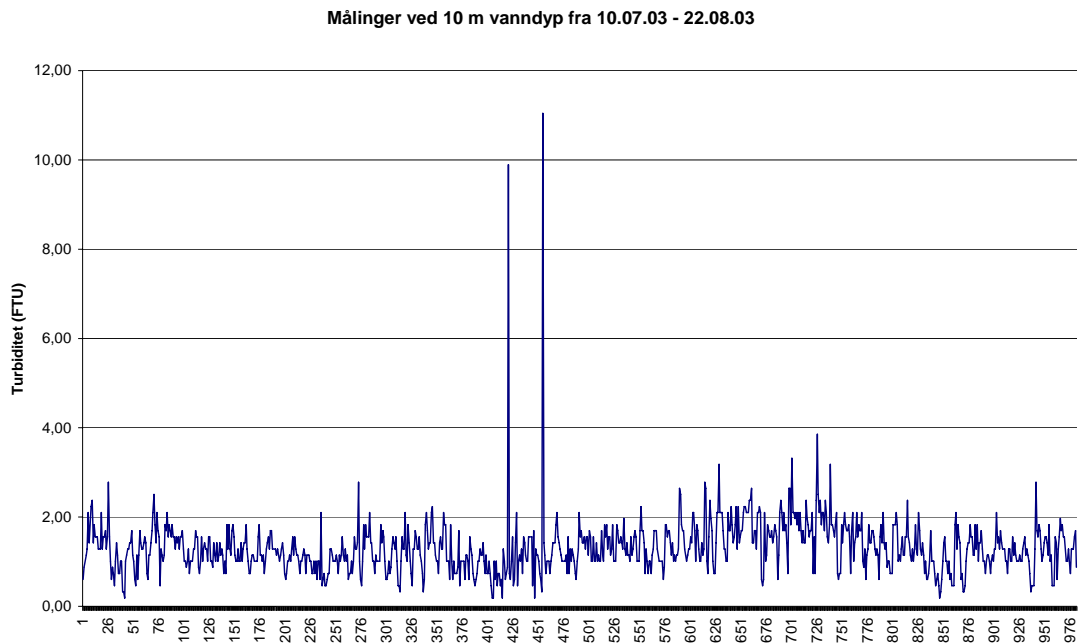
Ved mudring av marine sedimenter spres partikler mer eller mindre til vannmassene. Miljøgifter er gjerne knyttet til små partikler som kan transporteres langt og derved spres over et stort område. På denne måten kan miljøgiftene bli mer tilgjengelig for marine organismer. Av de totalt 850.000 m³ som skal mudres på Svelvikterskelen er 140.000 m³ anslått å være forurenset av PAH og TBT.

Det eksisterer ingen allment aksepterte kriterier for hva som er akseptabel spredning av partikler, eller hva som er akseptable mengde partikler i vannmassene som følge av mudringen. Mengde partikler i sjøvann varierer naturlig fra ett område til et annet og også over året. I områder som har store ferskvannstilførsler, som Drammensfjorden, vil partikkelmengden variere over året, avhengig av vannføring i elvene. Mengde partikler i vannmassene varierer også over året som følge av algeoppblomstring.

For å fastslå hvor mye partikler det er i vannmassene ved Svelvikterskelen ble det etablert en målestasjon for turbiditet sør for Bokerøya, like nord for Salteskjær. Måling av turbiditet gikk kontinuerlig hver time fra 10.7.03 til 22.8.03 ved 2 og 10 m vanddyp (Figur 35 og Figur 36). Turbiditet gir et indirekte mål for hvor mye partikler som er i vannmassene. Det var små variasjoner i turbiditeten ved 2 m dyp i måleperioden. Gjennomsnittlig lå verdiene på ca 1 FTU. Turbiditetsøkningen i slutten av måleperioden (Figur 35) skyldes forstyrrelser som følge av begroing på sensoren. Det var noe høyere turbiditet ved 10 m dyp, ca. 2 FTU og i en periode opptil 4 FTU. Innstrømmende sjøvann hadde altså et høyere partikkelinnhold enn utgående brakt overflatevann.

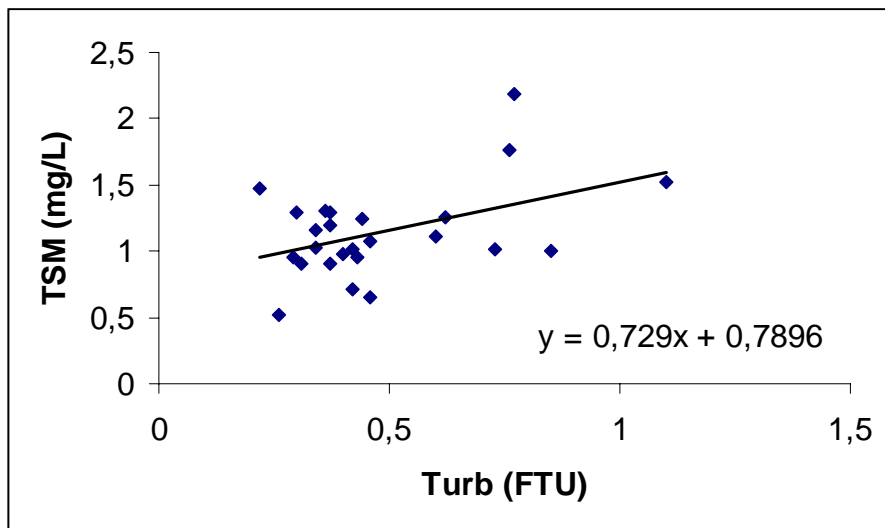


Figur 35. Turbiditet målt ved 2 m dyp utenfor Svelvikterskelen juli, august 2003



Figur 36. Turbiditet målt ved 10 m dyp utenfor Svelvikterskelen juli, august 2003.

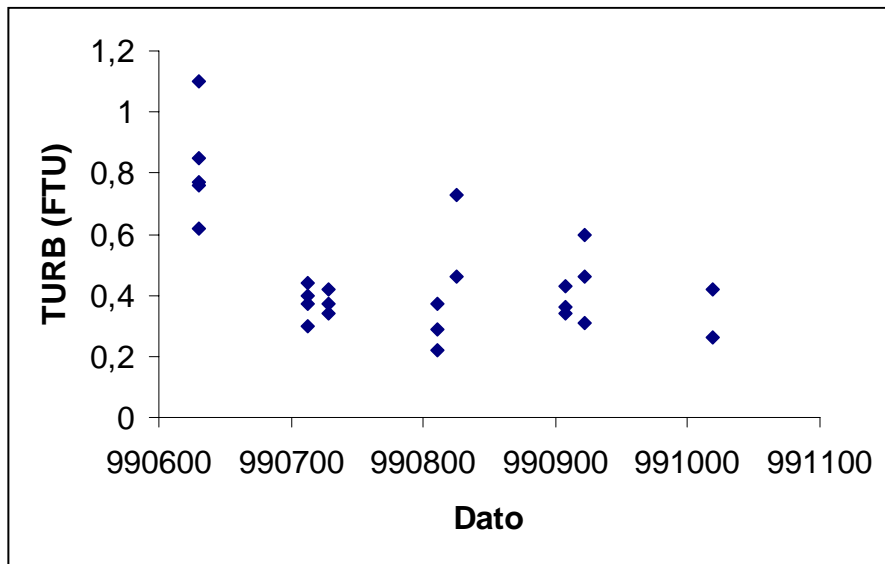
NIVA har også tidligere målt turbiditet på Svelvikterskelen. Målinger utført fra juni til og med oktober i 1999 i 1 til 10 m vanddyb viste omtrent samme variasjon i turbiditet som målingene i 2003. Ved målingene i 1999 ble det samtidig analysert vannprøver for totalt suspendert materiale (TSM). Figur 37 viser forholdet mellom turbiditet og TSM. En turbiditet på 2 FTU tilsvarer ca 2,3 mg TSM / L sjøvann, og en turbiditet på 4 FTU tilsvarer 3,7 mg TSM / L sjøvann.



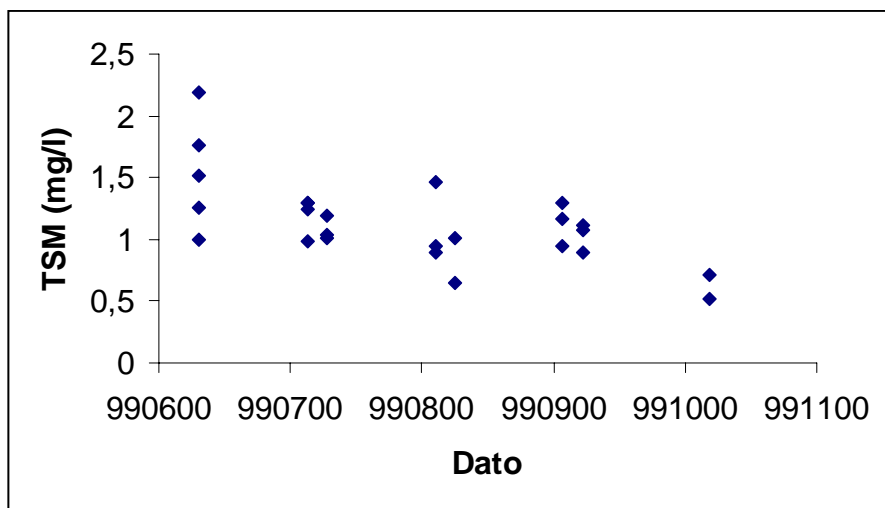
Figur 37. TSM (totalt suspendert materiale) som funksjon av Turb (turbiditet i FTU) på Svelvikterskelen fra juni til og med oktober 1999.

Mengde partikler i vannmassene vil som nevnt over, variere naturlig over året. Figur 38 viser at i 1999 hadde vannmassene noe høyere partikkelinnhold i juni måned enn i perioden juli til oktober. Dette skyldes større tilførsler fra land fra Drammenselva og Lierelva i vårmånedene. Høyere partikkelkonsentrasjoner kan også forekomme i perioder med stor nedbør sommer og høst.

A:



B:



Figur 38. A: Turbiditet og B: totalt suspendert materiale (TSM) i vannmassene på Svelvikterskelen i månedene juni tom. oktober 1999.

Hvor godt Drammensfjorden fungerer som felle for partiklene som følger med elvene er avhengig av vannføringen. Ved høy vannføring i elvene blir relativt mer vann og partikler presset ut over Svelvikterskelen enn ved lav vannføring, og som Figur 39 viser, forekommer de høyeste konsentrasjonene av partikler i Drammenselva i forbindelse med høy vannføring. Det kan nevnes at Lierelva er en større partikkelkilde til fjorden enn Drammenselva.

- Prøvetaking av vann for kjemisk analyse gjennomføres i den/de stasjonene hvor det er registrert høye turbiditetsverdier.
- Påviste feil og mangler utbedres før arbeidene startes opp igjen
- Situasjonen rapporteres i dagboken
- Omfanget av kjemisk analyse avklares med Sandefjord kommune v/byggeleder.

Kriterier basert på badevannskvalitet

Grensen for egnet badevann basert på turbiditet ligger på 2 FTU. Overskrider turbiditeten 5 FTU er ikke vannet egnet til bading. Turbiditet som et kvalitetsmål er satt med tanke på estetikk og risiko for bading, og er kanskje lite overførbart til mudring, hvor turbiditetsøkningen skyldes uorganiske partikler. I tillegg vil ikke mudringen foregå i sommerhalvåret.

Kriterier basert på opptak i organismer

Høyt partikkelinnhold i vannmassene kan virke negativt på organismer som følge av nedslamming, redusert lystilgang og ved opptak av miljøgifter. Ved mudring av forurensede masser på Svelvikterskelen er det størst betenkelighet knyttet til mudring av de forurensede massene, med mulighet for akkumulering av miljøgifter i organismer i området, og da først og fremst fastsittende organismer som ikke har anledning til å flykte fra eventuelle partikkelskyer. Akseptkriterier basert på akkumulering av miljøgiftene i blåskjell kan være en relevant angrepsvinkel ut i fra at blåskjell er en hyppig benyttet organisme i overvåking av miljøkvalitet. Organismen er fastsittende, hyppig forekommende og benyttet til konsum.

Sedimentene på Svelvikterskelen er forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT). PAH-forurensningen kan være opp til SFTs klasse IV for miljøkvalitet, opp til 20000 µg PAH / kg sediment. TBT forurensningen er generelt i klasse I til III, men lokalt klasse IV til V, tilsvarende hhv. fra <1 til 20 µg / kg sediment og fra 20 til >100 µg / kg sediment.

Basert på litteraturdata kan vi anslå en biokonsentrasjonsfaktor (BCF) for ulike miljøgifter. BCF er basert på forholdet mellom miljøgiftkonsentrasjonen i vann (C_w) i forhold til miljøgiftkonsentrasjonen i blåskjell (C_M), utregnet som:

$$BCF = \log(C_M / C_w)$$

For langtidseksponering gjelder for:

- PAH: $\log BCF = 3,5$
- TBT: $\log BCF = 4$

Et utgangspunkt for beregning av akseptkriteriene kan være at en i anleggsperioden aksepterer at blåskjell kan akkumulere PAH og TBT tilsvarende øvre grense for SFTs klasse III, hhv. 2mg PAH / kg og 2 mg TBT / kg blåskjell. Benyttes ovenstående formel blir den høyeste akseptable vannkonsentrasjon som blåskjell utsettes for $C_w = 630$ ng PAH / L og $C_w = 200$ ng TBT / L sjøvann (Tabell 3).

Vi antar at PAH og TBT i vannmassene skyldes oppvirvling av forurensede bunnsedimenter, og at alt av forurensning er knyttet til partikler som blåskjellene inntar. De forurensede sedimentene på Svelvikterskelen ligger i klasse IV for både PAH og TBT. Tabell 3 viser hvilke konsentrasjoner av partikler (TSM i mg/L) som kan tolereres, basert på klasse IV sedimenter.

Tabell 3. Beregning av mengde TSM i vannmassene som skal til for å gi en definert miljøgiftkonsentrasjon i blåskjell.

Parameter	C _w (ng/L)	TSM (mg/L)	TSM (mg/L)
		Sediment Klasse IV nedre grense	Sediment Klasse IV øvre grense
PAH	630	105	32
TBT	200	10.000	2.000

Legger en den laveste partikkelkonsentrasjonen til grunn resulterer dette i en akseptabel turbiditet på 43 FTU (jfr. Figur 37: $32 \text{ mg/L} = 0,729 * \text{Turb} + 0,7896$). Dette er 10 ganger høyere en normalvariasjonen i turbiditet på Svelvikterskelen.

Eventuelle effekter på organismer som følge av forhøyet partikkelinnhold er en funksjon av påvirkningens styrke og varighet. Den totale lengden av anleggsperioden vil påvirkes av hvor ofte arbeidet må stoppes. Kriteriene bør derfor settes slik at en oppnår kortest mulig anleggsvirksomhet, samtidig som akseptabel mengde partikler i vannmassene ikke overskrides.

Vedlegg B. Analysemetoder

NIVA-metode nr.	Analysevariable:	Måleenhet:	LIMS-kode:
B 4	Totalt suspendert materiale	mg/l Det. grense 0,1 mg/l	TSM
Tittel: Bestemmelse av totalt suspendert materiale.			
Anvendelsesområde: Metoden brukes til bestemmelse av små mengder suspendert materiale i sjøvann og brakkvann. Anvendelse av metoden forutsetter bruk av mikrovekt utstyrt med ionekilde som fjerner statisk elektrisitet.			
Prinsipp: Nucleopore kapillærfiltre tørkes ved 40 - 50 °C i to timer og taraen bestemmes ved veing på mikrovekt utstyrt med ionekilde. Prøven filtreres gjennom et slikt filter som igjen tørkes ved 40 - 50 °C i to timer før det veies på mikrovekt. Tørrstoffet representeres ved vektøkningen.			
Måleusikkerhet: For fire målinger av en prøve ble middelveiden 1 18 mg/l og standardavviket 0 19 mg/l og for seks målinger av en annen prøve ble de henholdsvis 3 57 og 0 36 mg/l. Etter 38 dobbeltanalyser av naturlige prøver ble middelveidi og standardavvik for differansene 0.02 og 0.36 mg/l.			
Måleområde:			
Referanser: Standard methods 1995 19th. Ed. 2540 D pp 2-54: Total suspended solids dried at 103 – 105 °C. (Benytter nucleopore istedenfor glassfiber filtre).			
Instrumenter: Sartorius 4503 Micro utstyrt med ionekilde “Static Eliminator Bar Pu 210 Item no. LC 9793. Nucleopore kapillærfilter med porevidde 0.4 µm og diameter 47 mm. Filtreroppsats og vannstrålepumpe.			

NIVA-metode nr.	Analysevariable:	Måleenhet:	LIMS-kode:
H 2-2	Polyaromatiske hydrokarboner	ng/l	PAH-V PAH16-V
<p>Tittel Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i vannprøver.</p>			
<p>Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i vann og avløpsvann. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden. Denne metoden benyttes sammen med metode H 2-1.</p>			
<p>Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder og ekstraheres med syklohexan. Ekstraktet gjennomgår ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.</p>			
<p>Måleusikkerhet:</p> <p>Se NIVA-dokument nr. Y – 3.</p>			
<p>Måleområde:</p>			
<p>Referanser:</p> <p>Grimmer G. og Bøhnke H. 1975. Jour. of the AOAC Vol. 58 No. 4.</p>			
<p>Instrumenter:</p> <p>Hewlett Packard modell 5890 Series II med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor og kolonne HP- 5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm.</p>			

NIVA-metode nr.	Analysevariable:	Måleenhet:	LIMS-kode:
H 2-4	Polyaromatiske hydrokarboner	µg/kg t.v.	PAH-B PAH16-B
<p>Tittel Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i biologisk materiale.</p>			
<p>Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden. Denne metoden benyttes sammen med metode H 2-1.</p>			
<p>Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike rensprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.</p>			
<p>Måleusikkerhet:</p> <p>Se NIVA-dokument nr. Y – 3.</p>			
<p>Måleområde:</p>			
<p>Referanser:</p> <p>Grimmer G. og Bøhnke H. 1975. Jour. of the AOAC Vol. 58 No. 4.</p>			
<p>Instrumenter:</p> <p>Hewlett Packard modell 5890 Series II med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor og kolonne HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm.</p>			

NIVA-metode nr.	Analysevariable:	Måleenhet:	LIMS-kode:
H 14-2*	Tinnorganiske forbindelser	µg/kg Sn t.v.	SnOrg-B
Tittel Opparbeidelse og analyse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale.			
Anvendelsesområde: Metoden benyttes til bestemmelse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale de forbindelsene som bestemmes rutinemessig er butyl- og fenyl-tinnforbindelser.			
Prinsipp: Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsnings- midler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.			
Måleusikkerhet: Se referanse.			
Måleområde:			
Referanser: N. Følsvik J.A. Berge E:M: Brevik and M. Walday: Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (<i>Nucella lapillus</i>) from Norway. Chemosphere 1999 Vol 38 (3) 681-91.			
Instrumenter: Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor.			

* : Analysemetoden er ikke akkreditert