

# Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken. Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken. Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden	Løpenr. (for bestilling) 6481-2013	Dato 18.02.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-12125	Sider Pris 37
Forfatter(e) Sissel Brit Ranneklev, Torulv Tjomsland og Magdalena Kempa	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Drammen (Buskerud)	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Drammen kommune	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Drammen kommune benytter Holmennokken som dumpingplass for snø fra Drammen sentrum. Snøprøver fra ulike trafikkbelastede veier i Drammen sentrum ble samlet inn og analysert for generelle vannkvalitetsparametere samt veirelaterte forurensninger. Resultater viste at snøen fra Drammen sentrum inneholdt forhøyede konsentrasjoner av partikler, metaller, PAH-forbindelser og salter, og konsentrasjonene økte i hovedsak i forhold til trafikkmengden. Spredning og fortykning samt transport av stoffer og partikler i snø dumpet fra Holmennokken til Drammenselva og Drammensfjorden ble estimert med 3-D modellen GEMSS. Beregninger fra et «verste tilfelle» scenario med GEMSS viste at det var god innblanding og spredning av forurensningene i snøen fra Holmennokken i elva og i fjorden. Bakgrunnskonsentrasjonen av forurensende stoffer økte marginalt, og estimert tykkelse på sedimentert masse var for lav til å kunne kvantifiseres.

En samlet vurdering tilsier at dagens snødumping i Drammenselva vil ha marginale effekter på vann- og sedimentkvalitet i elva og fjorden, og anses som forsvarlig ut fra en forurensningsmessig vurdering.


<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Miljøgifter</li> <li>Trafikkforurenset snø</li> <li>GEMSS modellering</li> <li>Snødumping</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hazardous substances</li> <li>Traffic polluted snow</li> <li>GEMSS-modeling</li> <li>Snow disposal</li> </ol>
--	---



Sissel Brit Ranneklev  
Prosjektleder



Thorjørn Larsen  
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsdirektør

# Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken

Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i  
Drammensenelva og Drammensfjorden

## Forord

På oppdrag fra Drammen kommune har NIVA vurdert konsekvenser av snødumping fra Holmennokken på vann og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden.

Torulv Tjomsland og Magdalena Kempa har hatt ansvar for GEMSS modelleringen, mens Sissel Brit Ranneklev hatt ansvar for feltarbeid, konsekvensvurdering og sammenstilling av rapport.

Kontaktperson i Drammen kommune har vært Jørn Gjennestad, som har bidratt med bakgrunnsinformasjon om snø- og trafikale forhold i Drammen kommune.

Oslo, 25.01.2013

*Sissel Brit Ranneklev*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Beskrivelse av området</b>	<b>8</b>
2.1 Holmennokken	9
<b>3. Beskrivelse av prøvetakingsprogram og analyser</b>	<b>10</b>
3.1 Prøvetaking	11
3.2 Nedbør- og temperaturforhold	11
3.3 Kjemiske analyser	12
<b>4. Resultater fra kjemiske analyser</b>	<b>15</b>
<b>5. Modellering med GEMMS-bakgrunnsdata</b>	<b>19</b>
5.1 Datagrunnlaget	19
<b>6. Simulert spredning</b>	<b>21</b>
6.1 Inndeling i beregningsceller og beregningsformel	21
6.2 Fordeling av elvevann og fjordvann	22
6.3 Spredning av smeltevann fra dumpet snø	22
<b>7. Oppsummering og konklusjoner</b>	<b>28</b>
<b>8. Referanser</b>	<b>30</b>
<b>Vedlegg A. Modellresultater</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg B. Kjemiske analyser</b>	<b>36</b>

---

## Sammendrag

Drammen kommune har lagt til rette for dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved friområdet Holmennokken ved Drammenselvas utløp. NIVA har videre beregnet spredning og fortykning av dumpet snø i Drammenselva og Drammensfjorden, og vurdert effekter på vann- og sedimentkvalitet.

Snøprøver fra Drammen sentrum ble samlet inn og analysert for generelle vannkvalitetsparametere, veisalter, næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter. Innsamlede snøprøver hadde ligget ca 4 uker og utgjorde siste snødekke før snøsmeltingen startet. Analyser viste at snøprøvene var belastet med ulike typer forurensninger slik som partikler, veisalt, næringsstoffer, tungmetaller og PAH-forbindelser. De høyeste konsentrasjonene av forurensninger ble i hovedsak funnet langs de mest trafikkerte veiene.

Spredning og fortykningen av snøen fra Holmennokken i Drammenselva og videre til Drammensfjorden ble beregnet ved bruk av den 3-dimensjonale modellen GEMSS. Moduler i GEMSS for hydrodynamikk og sedimenttransport ble benyttet, og resipienten ble delt inn i beregningsceller som utgjør totalvolumet av resipienten. Parametere som veiede konsentrasjoner av forurensninger i snøen (i forhold til trafikkbelastning og type veier i Drammen sentrum), mengde snø, vannstand, temperaturer, saltholdighet, klimadata, vannføring og detaljert digitalisert dybdekart ble lagt inn i modellen. Konsentrasjoner av utvalgte stoffer og partikler ble beregnet for hver beregningscelle fra start av en snødumpingsepisode fram til den avsluttes etter fem dager. Beregninger ble gjort for hele vinteren 2012.

Beregninger fra GEMSS i et «verste tilfelle» scenario viste god innblanding av stoffer og partikler i Drammenselva og videre i Drammensfjorden. Konsentrasjoner av stoffer og partikler økte marginalt over bakgrunnskonsentrasjoner. For metaller ble Klifs tilstandsklasse I og II ble opprettholdt i selve dumpingssonen, og konsentrasjonene var under EQS i henhold til Vannforskriften. Estimert tykkelse på sedimentert masse kunne ikke beregnes, da mengde partikler var for lavt til å kunne gi kvantitative sikre svar. Simuleringer viste at stoffene og partiklene ble transportert utover fjorden i et stort areal og volum, og ble derved godt fortennet.

På et generelt grunnlag ønsker man ikke å øke belastningen i en resipient, og dumping av trafikkforurenset snø vil øke tilførselen av forurensninger i resipienten. Beregninger fra GEMSS-modelleringen viste at økning i konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter samt sedimentasjonstilvekst i Drammenselva og Drammensfjorden som følge av snødumpingen var lave. En samlet vurdering tilsier derfor at dagens snødumping ved Holmennokken i Drammenselva vil ha marginale effekter på vann- og sedimentkvalitet i elva og fjorden, og anses som forsvarlig ut fra en forurensningsmessig vurdering.

## Summary

Title: Disposal of traffic polluted snow from Drammen city at Holmennokken. Effects on water and sediment quality in River Drammenselva and the Fjord of Drammen.

Year: 2013

Author: Sissel Brit Ranneklev, Torulv Tjomsland, and Magdalena Kempa

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6216-2

The municipality of Drammen is using the recreational area Holmennokken as a site for disposal of snow from Drammen centrum. NIVA has estimated the distribution and dilution of disposed contaminated snow, and potential effects on water and sediment quality in River Drammenselva and the Fjord of Drammen.

Snow samples were collected from roads in Drammen centrum and analyzed for general water quality parameters, road salts, nutrients, heavy metals, and organic contaminants. Results showed that the snow was contaminated with road related pollutants, and the highest concentrations were generally found along roads with highest traffic load.

The 3-D model GEMSS with the modules hydrodynamics and sediment transport was applied to estimate the mixing and dilution of dumping the polluted snow in River Drammenselva and the Fjord of Drammen. Parameters like concentrations of pollutants in the snow (traffic-weighted with respect to traffic load and number of roads in Drammen centrum), snow volume dumped, water level, temperature, salinity, climatic factors, discharges, and depth (digital map) were feed into the model. The river and fjord were divided into calculation cells, amounting to the total volume of the recipient. Concentrations of contaminants and particles were estimated for each cell forward in time from the onset until the finalization of one snow disposal event. Estimations were performed for the whole winter 2012.

With respect to a worst scenario case, estimations showed that the contaminants and the particles in the snow were diluted and distributed well in the recipient. Concentrations of contaminants increased marginal above background concentrations. According to the Norwegian Climate and Pollution Agency's classification system for heavy metals, Class I and II were maintained within the snow dumping zone. EQS according to the Water Framework Directive were not exceeded. Increased sedimentation could not be estimated due to that that the amount of particles in the snow were too low to provide a reliable result.

Estimations showed minor increase in concentrations of contaminants and sedimentation due to the snow disposal, both in the River Drammenselva and the Fjord of Drammen. Current practice of using Holmennokken as a snow disposal site will most likely have marginal effects on water and sediment quality in the river and fjord. With respect to chemical contamination it is considered that Holmennokken is an effective and suitable site for snow disposal.

# 1. Innledning

Drammen kommune har tidligere benyttet Drammenselva ved Bybrua som dumpingplass for trafikkforurenset snø fra sentrum. For å redusere støy og trafikale utfordringer, samt å legge snømassene til en resipient med høyere kapasitet har Drammen kommune lagt til rette for å flytte dumpingplassen til friområdet Holmennokken ved utløpet av Drammenselva. Uavhengig av dette har Fylkesmannen i Buskerud og Drammen kommune inngått avtale om ikke å tilføre forurensninger til elv og fjord som følge av f.eks. snødumping.

NIVA vurderte i 2001 effekter av dumping av trafikkforurenset snø ved Bybrua i forhold til vannkvalitet og sedimentasjon i Drammenselva (Bækken & Tjomsland, 2001). En spredningsmodell for «verste tilfelle» ble satt opp, og modellberegninger viste at det var forsvarlig å benytte Drammenselva for dumping av snø fra gatene i Drammen sentrum. Beregnede konsentrasjoner av forurensede stoffer utenfor selve dumpeområdet var innenfor Klasse I i Klifs klassifiseringssystem, som indikerer «ubetydelig forurenset». Ut fra en forureningsmessige vurdering ble det ansett som forsvarlig å anvende Drammenselva til å dumpe snø fra gatene i Drammen, samt at økt snødumpeaktivitet innenfor praktiske grenser ikke vil påvirke dette resultatet.

I denne rapporten har det blitt samlet inn snøprøver fra ulike trafikkbelastede veier i Drammen sentrum, tilsvarende gater som Bækken og Tjomsland (2001) benyttet i sitt arbeid. Modellen GEMSS ble satt opp for å beregne spredning av snø, samt fortykning og transport av forurensninger i snøen og sedimentasjon av partikler fra Holmennokken til Drammenselva og Drammensfjorden. Beregnede konsentrasjoner av forurensende stoffer i Drammenselva og Drammensfjorden som følge av snødumpingen ble vurdert i henhold til Klifs klassifiseringssystem (Andersen mfl., 1997) og Vannforskriften (Direktoratsgruppa for vanddirektivet, 2009). Konsekvenser snødumpingen har på sedimentasjon i Drammenselva og Drammensfjorden ble vurdert.



## 2. Beskrivelse av området

Drammenselva har sitt hovedutspring fra Tyrifjorden og utgjør nedre del av Drammensvassdraget. Vassdraget har det tredje største nedbørsfeltet i Norge på 17 034 km<sup>2</sup> og elva er Norges sjette lengste (308 km). Ved utløpet renner Drammenselva ut i Drammensfjorden som utgjør vestre del av Ytre Oslofjorden. Drammenselva overvåkes av i Klifs elvetilførselsprogram RID, og i **Tabell 1** vises konsentrasjonen av noen målinger fra 2010 (Skarbøvik mfl., 2011). Konsentrasjoner her presenterer bakgrunnsnivået i Drammenselva. Målte konsentrasjoner fra RID-programmet er klassifisert i henhold til Klifs klassifiseringssystem for ferskvann (Andersen mfl., 1997). Dette klassifiseringssystemet angir forurensningstilstand, hvor Klasse I (Blått) betegner bakgrunnsnivå, mens Klasse V (Rødt) representerer en Svært dårlig tilstand.

Tilstandsklasse	I Bakgrunnsnivå	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Fargekode					

I tillegg er konsentrasjonene av metallene vurdert etter Klassifiseringsveileder 01:2009 i henhold til Vannforskriften (Direktoratsgruppa for vanddirektivet, 2009), hvor man opererer kun med to klasser God eller Dårlig kjemisk tilstand, etter såkalte EQS (Environmental Quality Standards) som grenseverdier.

Tilstandsklasse	God	Dårlig
Fargekode		

**Tabell 1.** Vannføring, pH, TOC og konsentrasjon av metaller i Drammenselva fra 16 målinger i 2010 (Skarbøvik mfl., 2011). TOC er gitt i mg/l, mens metaller er gitt i µg/l. Klassifisering er utført i henhold til Klif klassifiseringssystem for ferskvann (Andersen mfl., 1997)\* og Vannforskriften (Direktoratsgruppa for vanddirektivet, 2009)\*\*. For celler som ikke fargede eksiterer det ikke klassegrenser.

	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)	pH	TOC	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
Drammenselva 2010*	351	7.1	3.43	0.10	0.01	0.88	2.89	0.46	0.26
Drammenselva 2010**				God	God		God		

Som vist i **Tabell 1** er nivåene av metaller lavt i Drammenselva, under EQS og i Klasse I/II. Drammenselva har tidligere vært belastet med utslipp fra treforedlingsindustri og urensset kloakk etter som befolkningsveksten tiltok i området, noe som har påvirket forhold i elva og Drammensfjorden. I tillegg har det vært betydelig skipstrafikk og industri i området. Undersøkelser har vist at sedimentene i fjorden er særdeles forurenset av PCB, PAH, Hg (kvikksølv) og TBT (tributyltinn, bunnstoff til båter). I dag er det kostholdsråd for Drammensfjorden som omfatter skrubbe, ørret, torsk og all type fiskelever. Kostholdsrådet er knyttet til Hg, TBT, PCB, dioksinlignende PCB og dioksiner (www.matportalen.no). Nyere undersøkelser viser at situasjonen i Drammensfjorden har blitt bedre de siste fem årene, og estimat for naturlig restitusjon av sediment, vann og biota viser at miljømål for området kan oppnås innen 5-15 år (Eek mfl., 2012). Et av de viktigste tiltakene i dag for restitusjon av fjorden er kildekontroll fra virksomheter som er tilknyttet området, og det har vært gjort tiltak i forhold til industri og utbygging av avløpsnett i Drammen. Kommunen har opprettet badeplasser langs Drammenselva og området har i dag betydelig rekreasjonsverdi for befolkningen. Drammenselva regnes i dag som en av de viktigste laksevelevne på Østlandet.

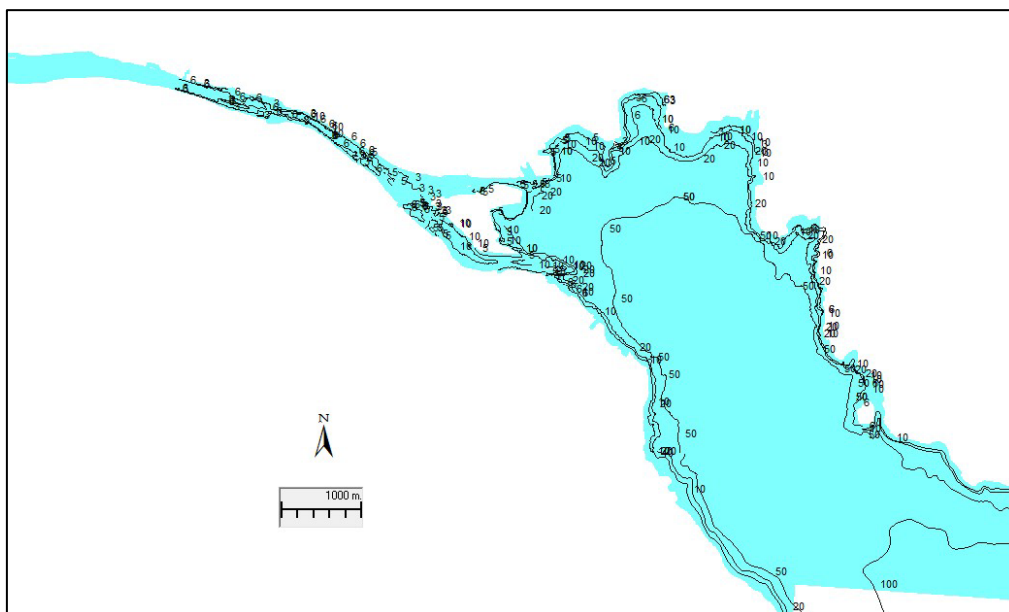
## 2.1 Holmennokken

Ved utløpet av Drammenselva ligger Holmennokken, hvor elva deler seg i et nordlig og sørlig løp. Snø fra gatene i Drammen ble vinteren 2011-2012 dumpet ved land fra vestenden av det sørligste løpet (*Figur 1*), og smeltet snø vil i hovedsak passere Strømsøløpet.



*Figur 1.* Snødumpingsplass ved Holmennokken er tegnet inn med oransje lukket sirkel, og i bilde vist til venstre selve plassen med vestre del av Drammenselvas utløp.

I *Figur 2* viser dybdene i elveløpet og i Drammensfjorden. I elveløpet er dybden under 10 m, mens dybden i Drammensfjorden øker til ca 100 m.



*Figur 2.* Dybdene i elveløpet og Drammensfjorden.

### 3. Beskrivelse av prøvetakingsprogram og analyser

Snø ble tatt ut fra 4 stasjoner i Drammen sentrum, samt en referansestasjon på Spiraltoppen. Valg av stasjoner ble gjort ut fra tidligere undersøkelse (Bækken & Tjomsland, 2001), og var basert på følgende kriterier:

- 1) Gater i Drammen kommune hvor det foreligger utstrakt bortkjøring av snø
- 2) Gatene skal være representative med hensyn til trafikkbelastningen i sentrum, dvs årsgjennsnitt (ÅDT)
- 3) Stasjonene skal være lett tilgjengelige

Det skal velges ut tilnærmet samme lokaliteter som for undersøkelsen i 2001. Oversikt over stasjoner er vist i **Tabell 2** og plassering av stasjonene er vist på kart i **Figur 3**.

**Tabell 2.** Informasjon over de ulike stasjonene hvor prøvetaking av snø ble utført. %-tall er gitt av Drammen kommune 2012. Etter 2001 er trafikkvolumene endret da hovedveiene ble ført i tunneler på begge sider av elva og gjennomgangstrafikken er fjernet.

Stasjon	ÅDT (Årsgjennsnitt)	% av gatestrekning i Drammen	% snø som kjøres vekk fra denne type lokalitet	Type gate
St. 1 Cappelens gate	0-2 000	25	30	Boliggate
St. 2 Rådhusgata	2 000-4 000	40	40	Handlegate med parkeringsplasser
St. 3 Erik Børresens allé	4 000-6 000	20	20	Kryss mellom to hovedveier, regulert med trafikklys. Saltes
St. 4 Hauges gate	6 000-10 000	15	10	Hovedinnskjøring. Saltes
St. 5 Spiralen (i skogen)	Ingen belastning	Referanse	Referanse	Ingen trafikal belastning



**Figur 3.** Prøvetakingsstasjonene i Drammen. Stasjoner er tegnet inn i merkede bokser.

### 3.1 Prøvetaking

Prøvetaking ble utført mandag 20.2.2012. Det ble benyttet plastspade og -bøtter for prøver hvor metaller og generell vannkvalitets parametere skulle analyseres. For snøprøver som skulle analyseres for organiske miljøgifter ble snø tatt ut med metallspade og plassert i 40 l melkespann av metall, som var vasket med acetone før bruk. Det er generelt vanskelig å ta gode representative snøprøver. Snøen som ble tatt ut hadde vært liggende en stund (4 uker), og var den siste rest før siste snøsmelting. Det var få «brøytekanter», og snøen som ble samlet inn var i hovedsak blitt skuffet sammen fra nærområdet. Det var noe grus og stein i snøen, og noen steder var den hardt komprimert. Kompakteringsgraden (liter smeltet vann/m<sup>3</sup> snø) var på 0.4-0.6. I videre arbeid ble kompakteringsgrad satt til 0.5, dvs 1 liter snø gir 0.5 l smeltevann. I **Figur 4** vises uttaket av snøprøver fra Drammen sentrum.

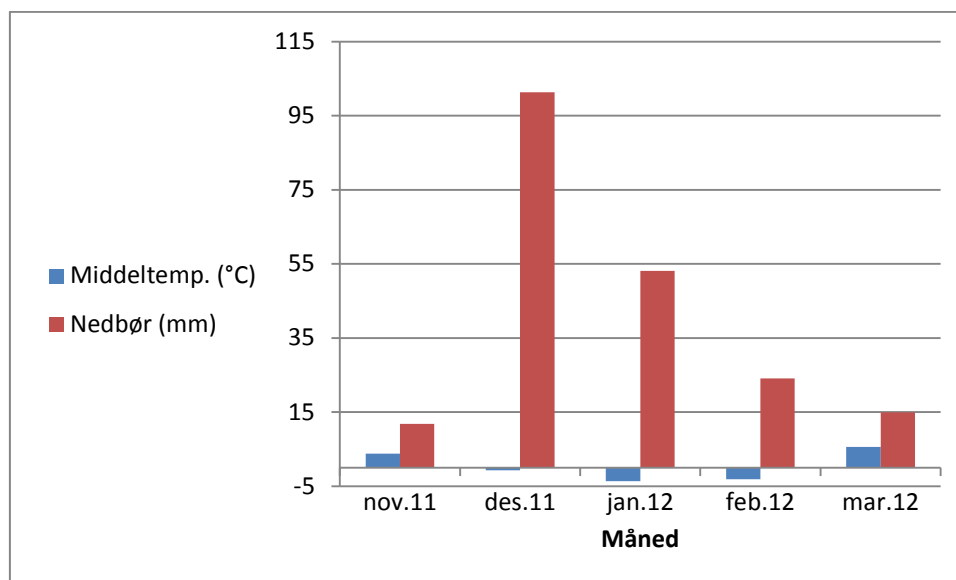


**Figur 4.** Uttak av snøprøver fra stasjon 2, 4 og 5 i Drammen sentrum.

Etter uttak av snøprøvene ble de fraktet direkte til NIVAs lokaler i Oslo og oppbevart nedfrost fram til analyse.

### 3.2 Nedbør- og temperaturforhold

Den største nedbøren som falt i form av snø i Drammen fra november 2011 til mars 2012 kom i januar (**Figur 5**), da nedbøren som falt i desember kom i hovedsak i form av regn. Deretter avtok nedbøren samtidig som temperaturen økt. Målte temperaturer fra november til mars var høyere enn normalen. Snø som ble tatt ut 20.2.12 hadde i hovedsak blitt liggende fra januar, da siste snøfall kom 26.1. (pers. med. Jørn Gjennestad, Drammen kommune). Snøen som ble tatt ut til analyse var da ca 4 uker gammel.



**Figur 5.** Middeltemperatur (°C) og nedbør (mm) fra Berskog (Stasjon nr. 26900). Data hentet fra [www.yr.no](http://www.yr.no)

### 3.3 Kjemiske analyser

Snøprøvene ble smeltet og analysert på NIVAs akkrediterte laboratorium. Oversikt over parameter og analysemetoder benyttet for påvisning er gitt i **Tabell 4** og **Tabell 4**. Konsentrasjoner er oppgitt for smeltede snøprøver.

**Tabell 3.** Forklaring til de ulike parameterne som er analysert i snøprøvene.

Parameter	Forkortelse	Informasjon
Bly	Pb	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Kobber	Cu	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Nikkel	Ni	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Sink	Zn	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Kadmium	Cd	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Krom	Cr	Metall, naturlig forekommende, men kan også relateres til «veiforurensing»
Polyklorete bifenyl	PCB7	Organisk miljøgift hvor ny bruk ble forbudt i 1980. Finnes i dag i gamle produkter og materialer, f.eks. lysarmatur og fugemasse. Kongenerne 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 måles her, også kalt "Seven Dutch". Relateres i liten grad til «veiforurensing»
Polyaromatiske hydrokarboner	PAH16	Såkalte tjærestoffer, fra ufullstendig forbrenning av organisk materiale (f.eks. olje, bensin, diesel). PAH16 (utvalgte PAH-forbindelser som måles og rapporteres i miljøprøver) og KPAH, som er potensielle kreftfremkallende PAH-forbindelser.
Klorerte pesticider	-----	Gamle typer pesticider, ikke relatert til «veiforurensing», men analyseres sammen med PCB7.
Surhet	pH	Surhet i vannprøve fra skala1-14, hvor 7 er nøytralt. pH lavere enn 7 betegnes som surt, mens pH høyere enn 7 betegnes som basisk.
Ledningsevne	-----	Vannprøvens evne til å lede strøm, gir et mål på oppløste ioner i en væskeløsning
Total innhold av nitrogen	Tot-N	Vannprøvens totalinnhold av nitrogen
Total innhold av fosfor	Tot-P	Vannprøvens totalinnhold av fosfor
Fosfat-fosfor	PO <sub>4</sub> -P	Vannprøvens totalinnhold av fosfat
Glødetap	-----	Innhold (%) av organisk materiale i vannprøven
Tørrstoff	-----	Vannprøvens innhold (%) av stoffer etter at vann er dampet bort

**Tabell 4.** Oversikt over parametere bestemt og analysemetode benyttet. Rådata er gitt i Vedlegg B.

Parameter	Analysemetode	Deteksjonsgrense	Benevning
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn <sup>a</sup>	Intern metode	0.001, 0.002, 0.002, 0.004, 0.01, 0.001, 0.0015	µg/l
pH	NS4720		Uten benevning
Ledningsevne	NS-ISO 7888	0.2	mS/m
Saltinnhold (Cl/Na, Ca, Mg)	NS-EN ISO 10304-1/NS EN ISO 14911	0.03/0.02, 0.02, 0.02	mg/l
Tot-N	NS 4743	10	µg N/l
Tot-P	NS 4725 modif.	1	µg P/l
PO <sub>4</sub> -P	NS 4724	1	µg P/l
PAH16 <sup>b</sup>	Intern		ng/l
PCB7 <sup>b</sup>	Intern		ng/l
Klorerte pesticider <sup>bc</sup>	Intern		ng/l
Glødetap	NS 4764	0.2	g/l
Tørrstoff	NS 4764	0.2	g/l

<sup>a</sup>, ICP ble valgt som analysemetode, da ICPMS kan gi interferenser pga av høy saltinnhold, som et resultat blir deteksjonsgrensen noe høyere.

<sup>b</sup>, ikke akkreditert metode, men tilpasset for snøprøver, basert på akkreditert metode

<sup>c</sup>, pesticidene her er ikke relatert til vegavrenning, men under analyse av PCB7 utføres disse samtidig, følgende pesticider inngår i analysen, pentaklorobenzen (QCB), heksaklorobenzen (HCB), α- og γ-Lindan, heksaklorosyklohexan (HCH), oktaklorostyren (OCS), og DDT derivater som p,p-DDE og p,p-PDE.

Trafikkforurensede snøprøver er heterogene, både i kjemisk sammensetning og ikke minst fordeling i selve vannfasen. Noen forbindelser danner oljeaktige overflatefilmer, i vannfasen vil gummi/plastkomponenter ikke sedimentere, mens metallbiter, stein og grus sedimenterer momentant. En illustrasjon av dette er vist i **Figur 6**. Her ses en tydelig bunnfelling etter en time, men vannfasen er fremdeles farget mørk av partikler som ikke sedimenterer.



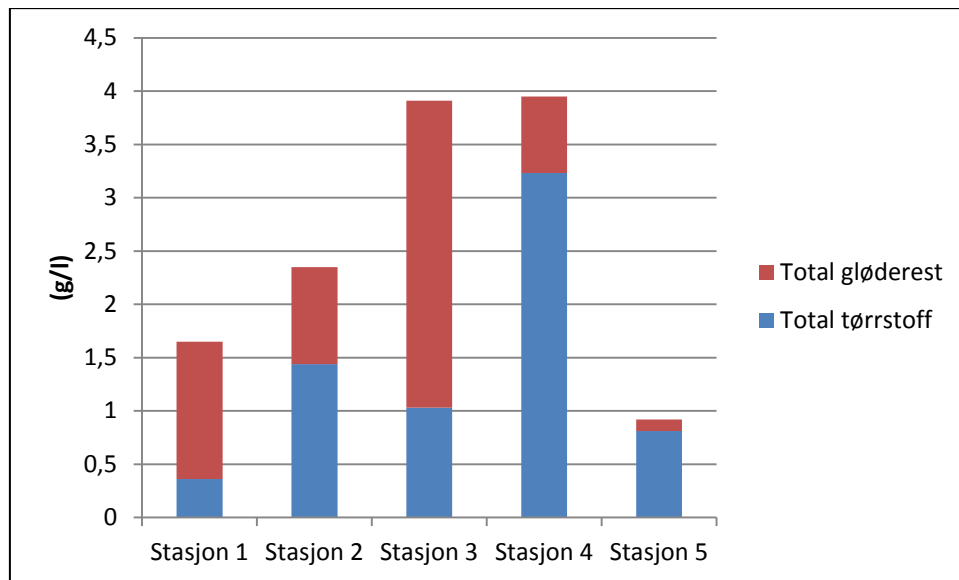
**Figur 6.** Sedimentering av snøprøver fra Stasjon 1-5. Bilde til venstre viser etter umiddelbar oppristing av prøver, mens bilde til høyre viser sedimentasjon etter 1 time.

Prøver for metallanalyser og generelle vannkvalitetsparametere ble tatt ut etter umiddelbart oppristing. For prøver som skulle til organiske analyser ble «melkespannene» ristet opp og overført til glassflasker. Videre uttak til organiske analyser ble tatt fra disse flaskene for i størst mulig grad sikre uttak av homogene prøver. Stein og grus ble ikke inkludert i videre analyser. For prøver til organisk analyse ble ca 140 ml x 3 umiddelbart oppristet smeltet vannprøve overført til brente syltetøyglass. Disse prøvene ble videre frosset ned for videre frysetørking. Dette ble gjort for å oppkonsentrere prøven (3x) slik at man i størst mulig grad vil kunne måle verdier over deteksjonsgrensen, samt at man sikrer en noe større grad av homogenitet av prøven framfor å ta ut «sedimentfraksjonen» i bunnen.

## 4. Resultater fra kjemiske analyser

Resultater fra målinger av generelle vannkvalitetsparametere, konsentrasjoner av salter, næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter er vist i figurer og tabeller videre. Da det ikke er utviklet klassegrenser for forurensningsgrad i snøprøver, er kun konsentrasjoner i de ulike stasjonene vist.

Total partikkelkonsentrasjonen ble målt som tørrstoff, og den organiske fraksjonen av denne ble målt som gløderest. Partikkelkonsentrasjonen i smeltede snøprøver varierte fra 0,4 til 3,2 g/l (**Figur 7**), og stasjonene 3 og 4 hadde høyeste konsentrasjoner. Fra stasjon 5 og 4 utgjorde organiske partikler, i form av gløderest 14 % og 22 % av snøprøvene, henholdsvis. I prøvene fra stasjon 1-3 utgjorde tørrstoff en for lav andel, noe som tyder på at prøvene ikke var godt ristet opp under uttak til analysen på laboratoriet, da tørrstoff i slike prøver er større enn gløderest. Konsentrasjoner av tørrstoff og innhold av organiske partikler var ellers i samsvar med resultatene fra Bækken og Tjomsland (2001).



**Figur 7.** Konsentrasjon av totalt tørrstoff og gløderest i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene.

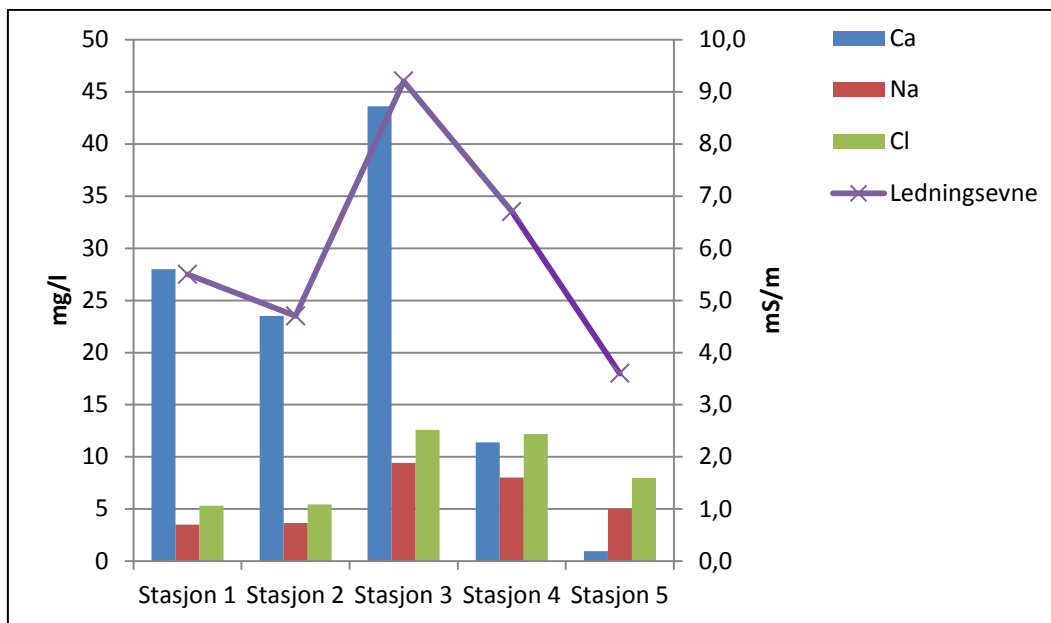
pH var over 7 for alle prøver med unntak av referanseprøven som var noe lavere (**Tabell 5**).

**Tabell 5.** pH i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene.

Stasjon	pH
1	7,61
2	7,59
3	7,36
4	7,17
5	6,37

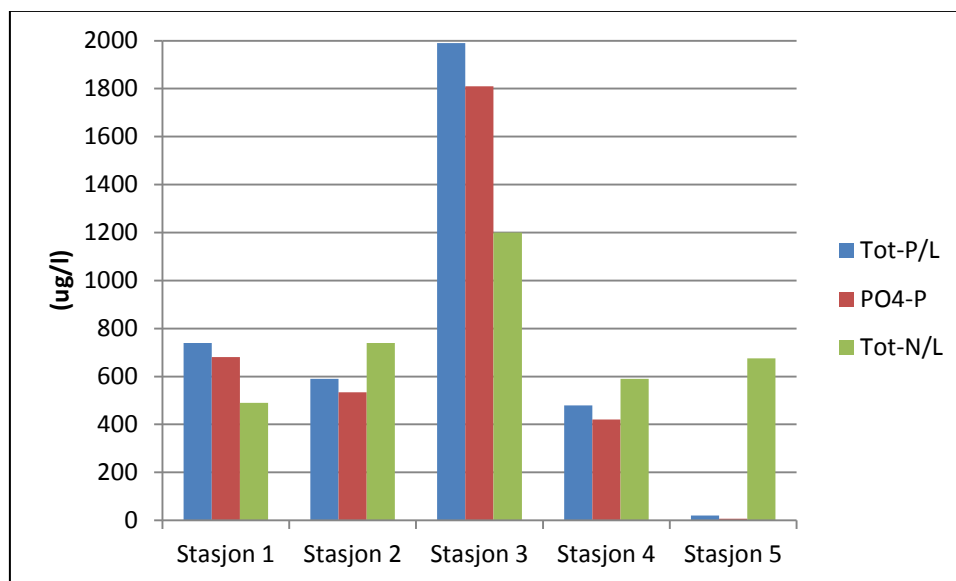
Konsentrasjoner av salter og ledningsevne i snøprøvene fra stasjonene er vist i **Figur 8**. Stasjon 3 hadde den høyeste ledningsevnen og konsentrasjon av salter.





**Figur 8.** Konsentrasjon av Cl, Na, Ca og ledningsevne i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene.

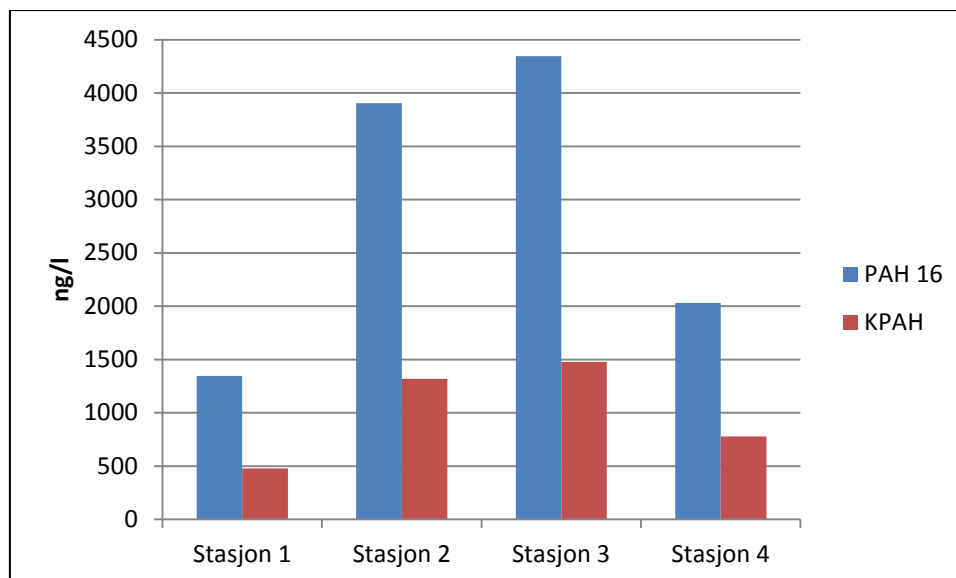
I **Figur 9** vises konsentrasjoner av total-N, total-P og PO<sub>4</sub>-P fra de ulike stasjonene. Konsentrasjonene var høyest i stasjon 3. Fosforforbindelsene forelå i hovedsak som fosfat, og konsentrasjonen var lavest i stasjon 5. I stasjon 5 var konsentrasjonen av total-N tilsvarende lik stasjon 1, 3 og 4.



**Figur 9.** Konsentrasjon av total-N, total-P og PO<sub>4</sub>-P i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene.

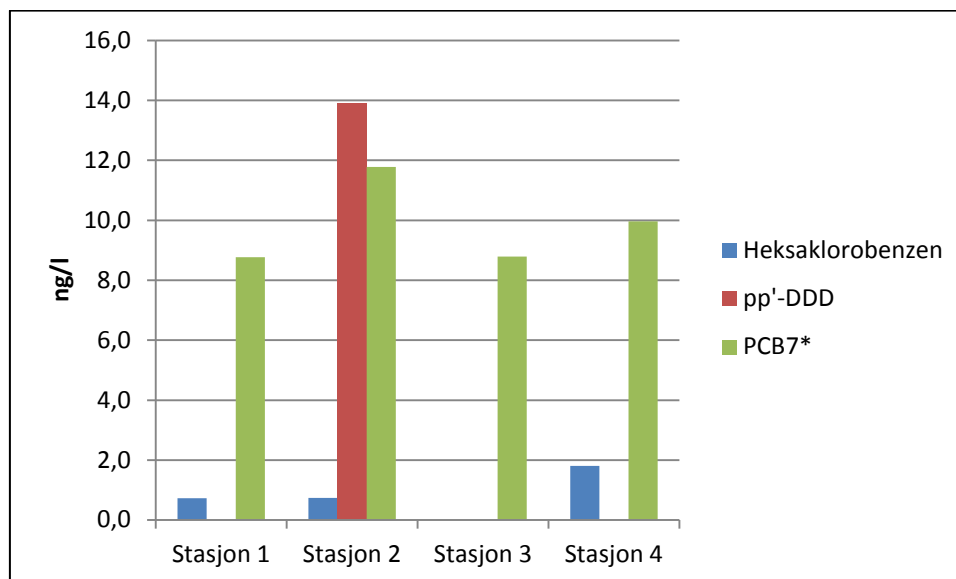
I referansestasjonen ble ikke konsentrasjoner av organiske miljøgifter bestemt, da det var forventet nivåer under deteksjonsgrensen. Konsentrasjoner av PAH16 og kreftfremkallende PAH-forbindelser er vist i **Figur 10**. Stasjon 3 hadde den høyeste konsentrasjonen av PAH-forbindelser. Kreftfremkallende PAH-forbindelser (KPAH) utgjorde fra 34 til 38 % av PAH16. PAH-forbindelsen benzo(a)pyren hvor

det er utviklet miljøkvalitetsklasser (EQS) i henhold til Vanddirektivet ble funnet i konsentrasjoner fra 0.035 til 0.140 ug/l i de ulike snøprøvene. EQS for benzo(a)pyren er satt til 0.05 µg/l.



**Figur 10.** Konsentrasjon av PAH16 og KPAH (kreftfremkallende PAH forbindelser) i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene. Stasjon 5 ble ikke analysert da det var forventet konsentrasjoner under deteksjonsnivå.

Konsentrasjoner av PCB7 og klorerte pesticider er vist i **Figur 11**. Konsentrasjonene var lave, og nær deteksjonsnivå. Isomereren pp'-DDT ble kun målt i konsentrasjoner over deteksjonsgrensen ved en stasjon.



**Figur 11.** Konsentrasjon av PCB7 og klorerte pesticider i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene. Konsentrasjoner som ble målt under deteksjonsgrensen er ikke vist. \*For PCB7 var de fleste kongenerne i konsentrasjoner under deteksjonsgrensen.

Konsentrasjoner av metaller fra de ulike stasjonene er vist i **Tabell 6**. Konsentrasjonen av kadmium var under deteksjonsgrensen, samt de fleste målinger fra referansestasjonen. For videre beregninger av Cd ble deteksjonsgrensen benyttet. Konsentrasjoner av metaller som var over deteksjonsgrensen var høyest i stasjon 3.

**Tabell 6.** Konsentrasjoner av metaller i smeltede snøprøver fra de ulike stasjonene. <, indikere målte verdier under deteksjonsgrensen.

Stasjon	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Ni (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
1	<0,001	0,023	0,091	0,020	0,036	0,328
2	<0,001	0,022	0,093	0,017	0,030	0,321
3	<0,001	0,048	0,287	0,043	0,087	0,878
4	<0,001	0,017	0,070	0,014	0,020	0,240
5	<0,001	<0,002	0,004	<0,004	<0,010	0,014

Ledningsevne og konsentrasjoner av salter, næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter i de smeltede, trafikkpåvirkede snøprøvene var generelt forhøyede i forhold til referansestasjonen. Som tidligere nevnt er det ikke utviklet klassegrenser for å vurdere forurensningsgrad av snøprøver. Dersom nivåene i de trafikkpåvirkede snøprøvene ble sammenlignet med «vann» ville de fleste klassifiserbare parametere bli klassifisert til Klasse IV-V i forhold til Klifs klassifiseringssystem (Andersen mfl., 1997), som indikerer «Sterkt forurenset» eller «Meget sterkt forurenset», henholdsvis. I forhold til Vannforskriften (Direktoratsgruppa for vanndirektivet, 2009) hvor man har en rekke ulike klassegrenser for forskjellige vanntyper (innhold av bl.a. humus, kalk og farge) vil generelt nivået av de ulike parameterne være forhøyede, tilsvarende klasse «Svært dårlig» eventuelt «Ikke god kjemisk tilstand». For videre spredning og fortynning av de forurensende stoffene fra snøen i Drammenselva og Drammensfjorden vil kun de organiske miljøgiftene, metallene og partiklene bli vurdert, da det er disse parameterne som anses å være problematiske i forhold til forurensing fra trafikkpåvirket snø.

## 5. Modelling med GEMMS-bakgrunnsdata

Spredning og fortytningen av snøen fra Holmennokken i Drammenselva og videre til Drammensfjorden ble beregnet ved bruk av den 3-dimensjonale modellen GEMSS (Generalized Environmental Modeling System for Surfacewaters). Modellen kan beregne f.eks. strøm, temperatur, saltholdighet, konsentrasjon av stoffer med ulike egenskaper, sedimenttransport, bakterier, vannkvalitet og spredning av olje. For bruk og videre informasjon om modellen, se [www.erm-smg.com](http://www.erm-smg.com). I dette prosjektet har to moduler blitt benyttet:

### GEMSS - Hydrodynamikk

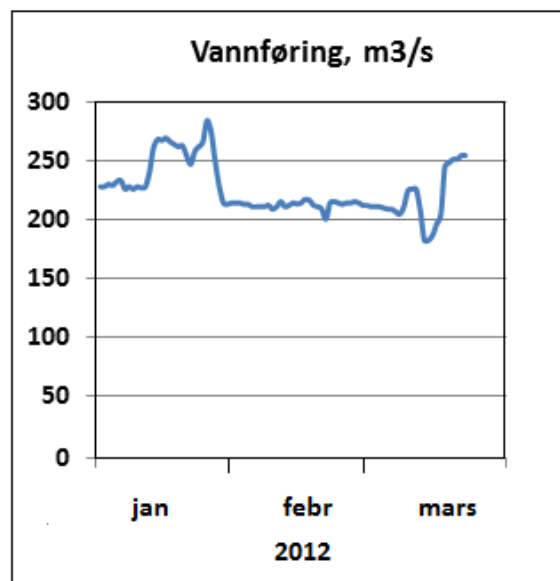
Modellen simulerer strøm, temperatur og transport av konservative stoffer. Resipienten deles inn i beregningsceller. Resultatene beregnes suksessivt fremover i tid med f.eks. et par minutters intervall. Som input trengs vannstand, temperatur og saltholdighet i ytre ende av fjorden, klimadata samt vannføringer og vanntemperatur i elvetilløpene. Videre er det behov for et detaljert digitalisert dybdekart.

### GEMSS - Modul for sedimenttransport

Modulen beregner hvordan erosjon, transport og sedimentasjon av partikler som følge av strøm og bølger. Konsentrasjonene blir beregnet for hver beregningscelle (resipienten deles inn i mindre volum, som til sammen utgjør totalvolumet) samtidig med de hydrodynamiske beregningene.

### 5.1 Datagrunnlaget

Modellen ble satt opp for de tre første månedene av 2012 hvor det ble laget scenarier for spredning av dumpet snø inkludert innhold av partikler. Vannføringen i Drammenselva ble hentet fra NVEs database (*Figur 12*). Det var behov for å lese inn vannstand, temperatur og saltholdighet ved beregningsområdets ytre ende i Drammensfjorden. Vannstand hvert 10. minutt ble hentet fra Kystverkets database. Vannstanden var viktig for å kunne simulere bevegelsen av tidevannet. Det ble benyttet et karakteristisk dybdeprofil for temperatur og saltholdighet ut fra tidligere observasjoner utført av NIVA.



*Figur 12.* Vannføringen i Drammenselva var mellom 200 m<sup>3</sup>/s og 300 m<sup>3</sup>/s. Kilde NVE.

Det finnes ikke eksakte tall for mengde og tidspunkt for dumping av snø i 2012, men Drammen kommune har data fra perioden 2010-2012:

- Midlere dumpet snømengde per snørydding var 5000 m<sup>3</sup>
- En snørydding varte ca 5 dager
- Vanninnholdet i den dumpede snøen var 50 %
- Dumpet vannmengde per ryddeperiode var 2500 m<sup>3</sup> (6 l/s, ved jevn fordeling over 5 dager)

Konsentrasjoner av ulike stoffer i dumpet snø ble beregnet på grunnlag av analyse av ryddet snø fra ulike deler av byen (**Tabell 2**) og konsentrasjoner av stoffer målt på de ulike stasjonene. De veide konsentrasjonen av snø dumpet ved Holmennokken er vist i **Tabell 7**.

**Tabell 7.** Veide konsentrasjoner av snø dumpet ved Holmennokken. Klorerte pesticider og PCB7 er ikke videre modellert, da konsentrasjonene var lave, nær deteksjonsgrensen.

Stoff	Konsentrasjon
Cr	0.027 (mg/l)
Cd	0.001 (mg/l)
Cu	0.076 (mg/l)
Ni	0.023 (mg/l)
Pb	0.042 (mg/l)
Zn	0.426 (mg/l)
PAH	3037 (ng/l)
Tørrstoff	1400 (mg/l)

Kornstørrelsesfordelingen av partikler er vist i **Tabell 8**. Her ble det benyttet data fra Bækken & Tjomsland (2001), som utførte en omfattende analyse av snøprøver fra Drammen sentrum. Resultat viste seg at nær 100 % av partiklene hadde en diameter mindre enn 15µm. Bestemmelse av partikkelstørrelse i trafikkforurensede snøprøver for videre å vurdere sedimentasjon og transport er komplisert, da prøvene er så inhomogene og store partikler som plast, gummi og sot ikke vil sedimentere ut. Beregningene Bækken & Tjomsland (2001) utførte indikerer langsom sedimentasjon og dermed stor transportevne.

**Tabell 8.** Kornfordeling av partikler i dumpet snø fra Bækken & Tjomsland (2001).

Kornstørrelse (µm)	Andel (%)
2	40
5	40
15	10
30	10

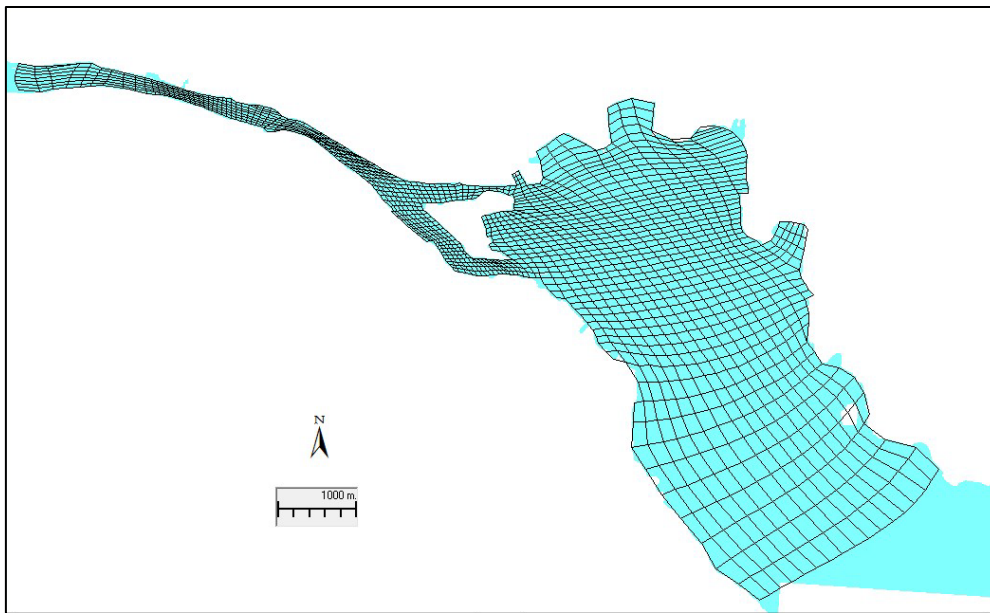
## 6. Simulert spredning

### 6.1 Inndeling i beregningsceller og beregningsformel

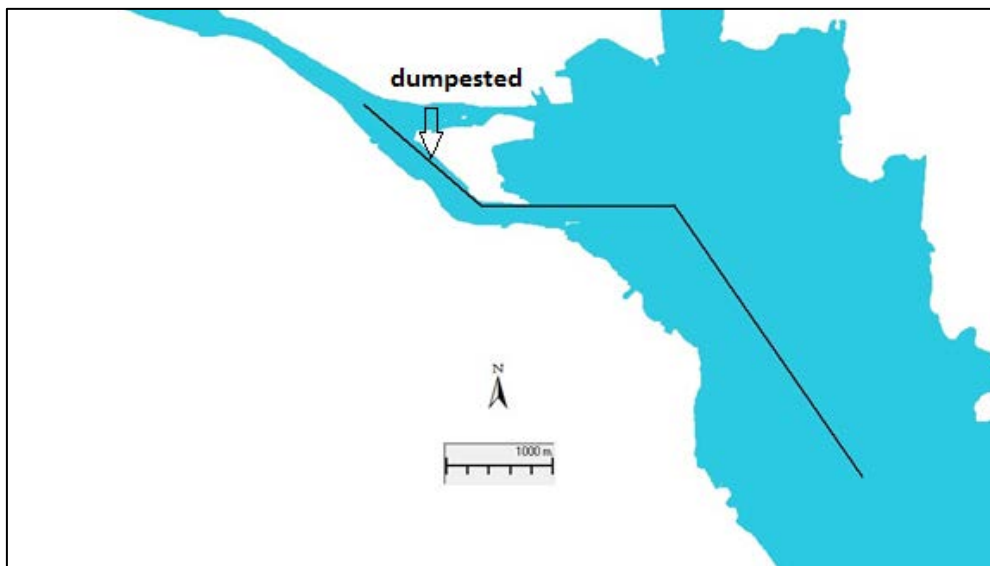
GEMSS beregnet strøm og spredning av smeltet vann fra dumpet snø, samt partikler i den dumpede snøen fremover i tid med 1 minutt intervall i perioden januar-mars 2012. Nedre del av Drammenselva og fjorden ble delt inn i beregningsceller (

**Figur 13**), og et utvalg av disse resultatene vises videre. Data fra lengde og dyp profilet som blir presentert i resultatkartene er vist i

**Figur 14**.



**Figur 13.** Nedre del av Drammenselva og innerste del av Drammensfjorden delt inn i beregningsceller. Vertikalt var cellene inndelt i 2 m tykke horisontale lag i de øverste 10 meterne, på større dyp hadde lagene 10 meters tykkelse.



**Figur 14.** Data fra dette lengde-dyp (x-z) profilet blir benyttet i kommende figurer.

Resultatkartene med ulike fargeskala framover viser konsentrasjoner av smeltet snø med benevnningen ppm som betyr part per million. Dersom konsentrasjonen i fjorden er 1, så vil det i følge beregninger være en andel på 1/ 1 000 000 smeltet vann fra snødumpingen. Tilsvarende betyr konsentrasjon på 1000 ppm i fjorden at 1/1000 består av smeltet snøvann. På grunnlag av resultatkartene med konsentrasjon av smeltet vann fra dumpet snø ( $C_{\text{simulert}}$ ) kan konsentrasjonene av stoffer ( $C_{\text{stoff}}$ ) skaleres ved bruk av analysene av stoffkonsentrasjonene ( $C_{\text{smeltevann}}$ ) i smeltet snø fra **Tabell 7**.

$$C_{\text{stoff}} \text{ (mg/l)} = C_{\text{simulert}} \text{ (ppm)} / 1\,000\,000 \times C_{\text{smeltevann}} \text{ (mg/l)} \quad \text{(Formel 1)}$$

F.eks var innholdet av kadmium i dumpet smeltevann målt til 0,001 mg/l (**Tabell 7**). Det vil si at om simulert konsentrasjon av smeltevann i fjorden er 100 mg/l (se ulike konsentrasjoner og lysgrønn farge i resultatkartene) så er konsentrasjonen av kadmium (Cd) fra snødumpingen lik  $100/1000\,000 \times 0,001 \text{ mg/l} = 0,0000001 \text{ mg/l} = 0,0001 \text{ } \mu\text{g/l}$  i de lyse grønne områdene i resultatkartene.

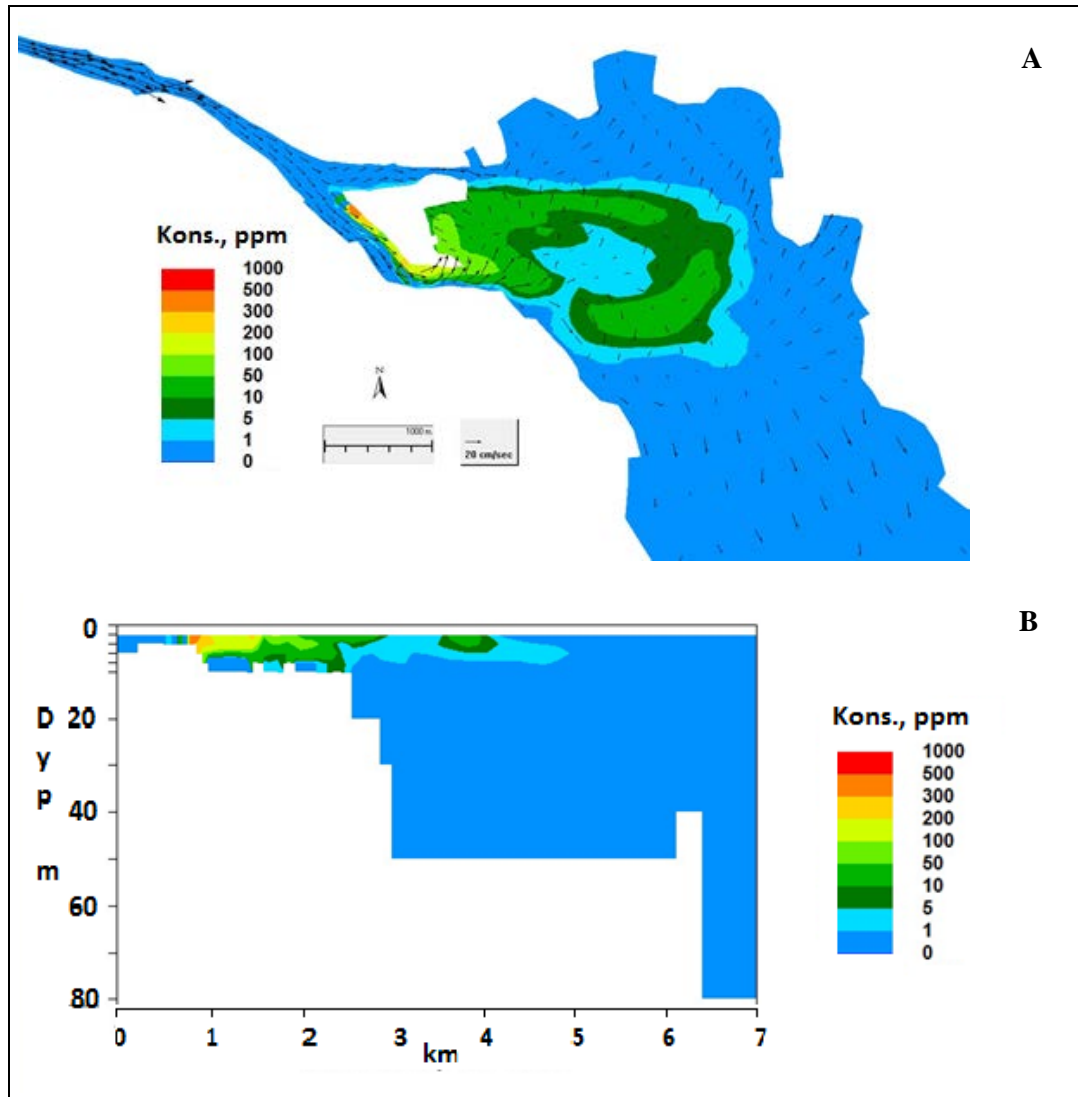
## 6.2 Fordeling av ellevann og fjordvann

Typisk tidevannsforskjell i dette området er under 0,5 meter, som forårsaker en vekselvis innover- og utover rettet strøm hver 6. time. Ferskvannet fra Drammenselva møter det saltre og tyngre vannet fra fjorden, og vil i hovedsak legge seg i overflaten, mens saltvann fra fjorden trenger innover langs bunnen av elveløpet. I hvilken grad dette skjer avhenger av tidevannets amplitude og vannføringen i Drammenselva. I **Vedlegg A** vises et eksempel på dette. Vannføringen i simuleringsperioden 2012 var såpass høy at saltvannkilen langs bunnet ikke nådde særlig lenger opp enn hva figuren viser, dvs. til dumpestedet. Vann og partikler fra snødumpingen ble følgelig i liten grad ført «oppe» elva.

## 6.3 Spredning av smeltevann fra dumpet snø

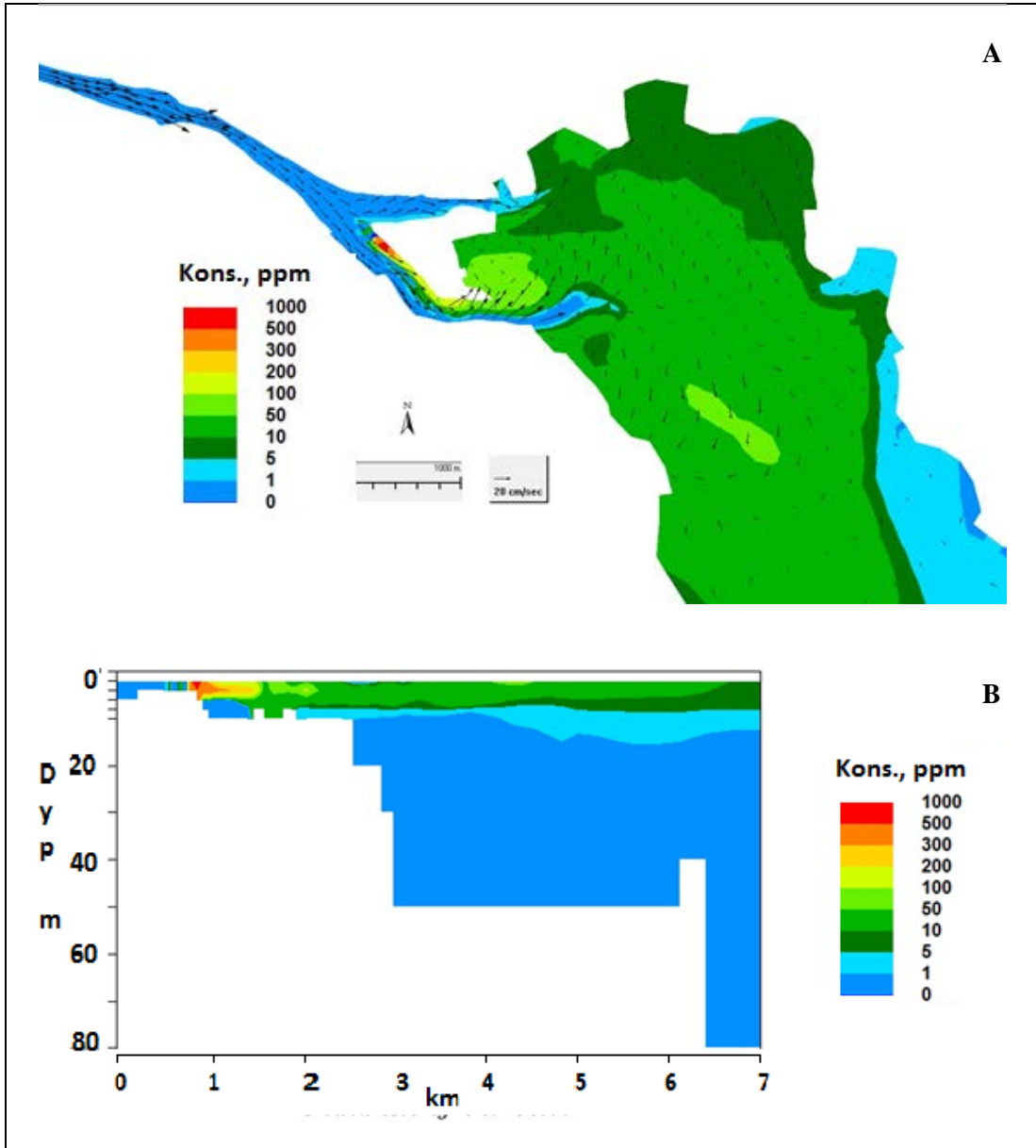
Simuleringene omfattet dumping ved 5 tilfeller, og alle med en varighet på 5 dager. Det var liten forskjell mellom de enkelte episodene, og videre beskrives spredningsforløpet fra en av disse episodene som startet 15. februar og varte i 5 dager. Resultater fra oppstart av snødumping, dag

fire og dagen etter at dumping opphørte er vist i **Figur 15 -Figur 17**, resultatkartene må videre skaleres for de ulike stoffene. De resterende simuleringene er vist i **Vedlegg A**.

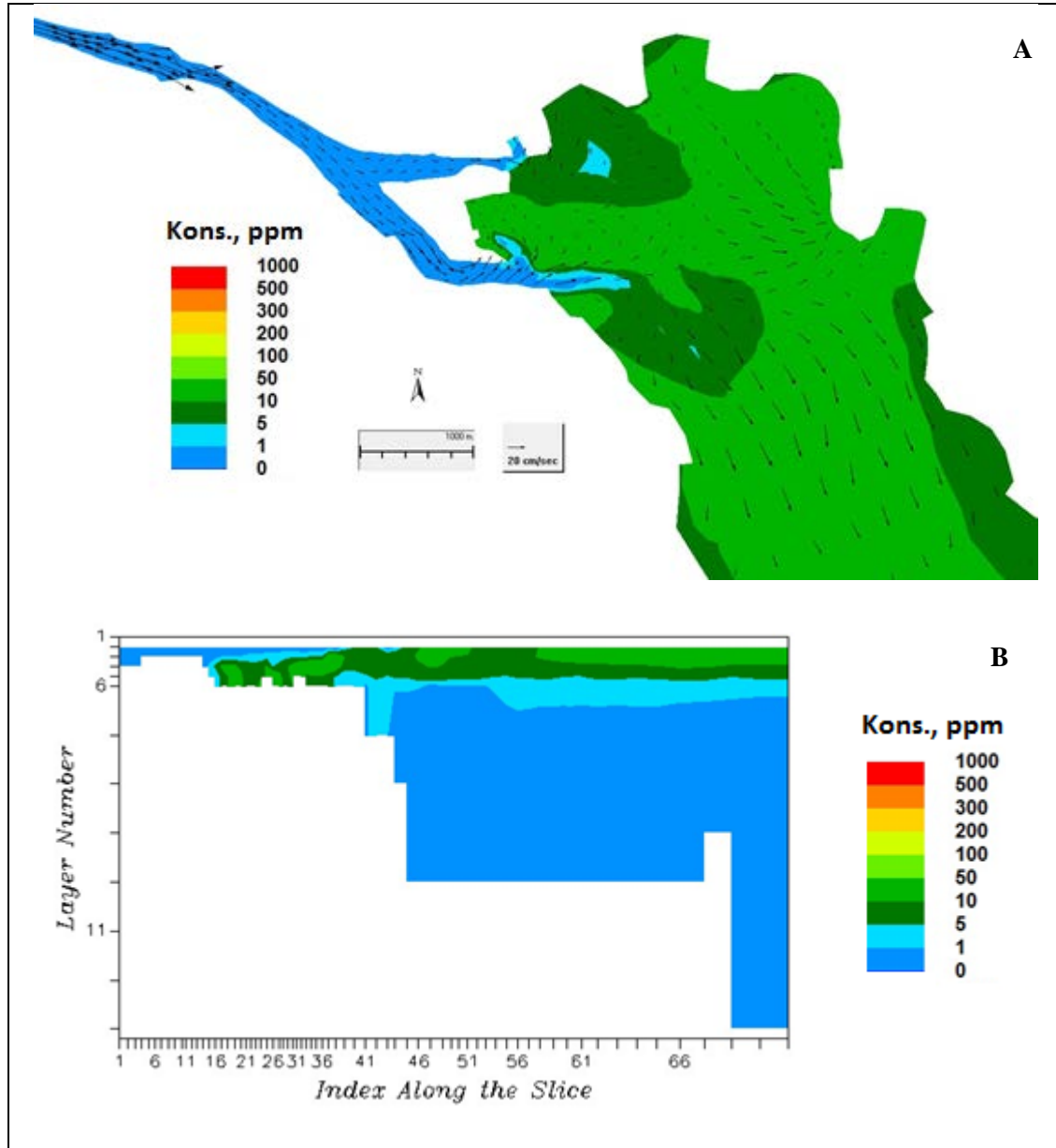


**Figur 15.** Første dag med dumping av snø. A) i overflate, B) lengde-dyp profil (x-z).





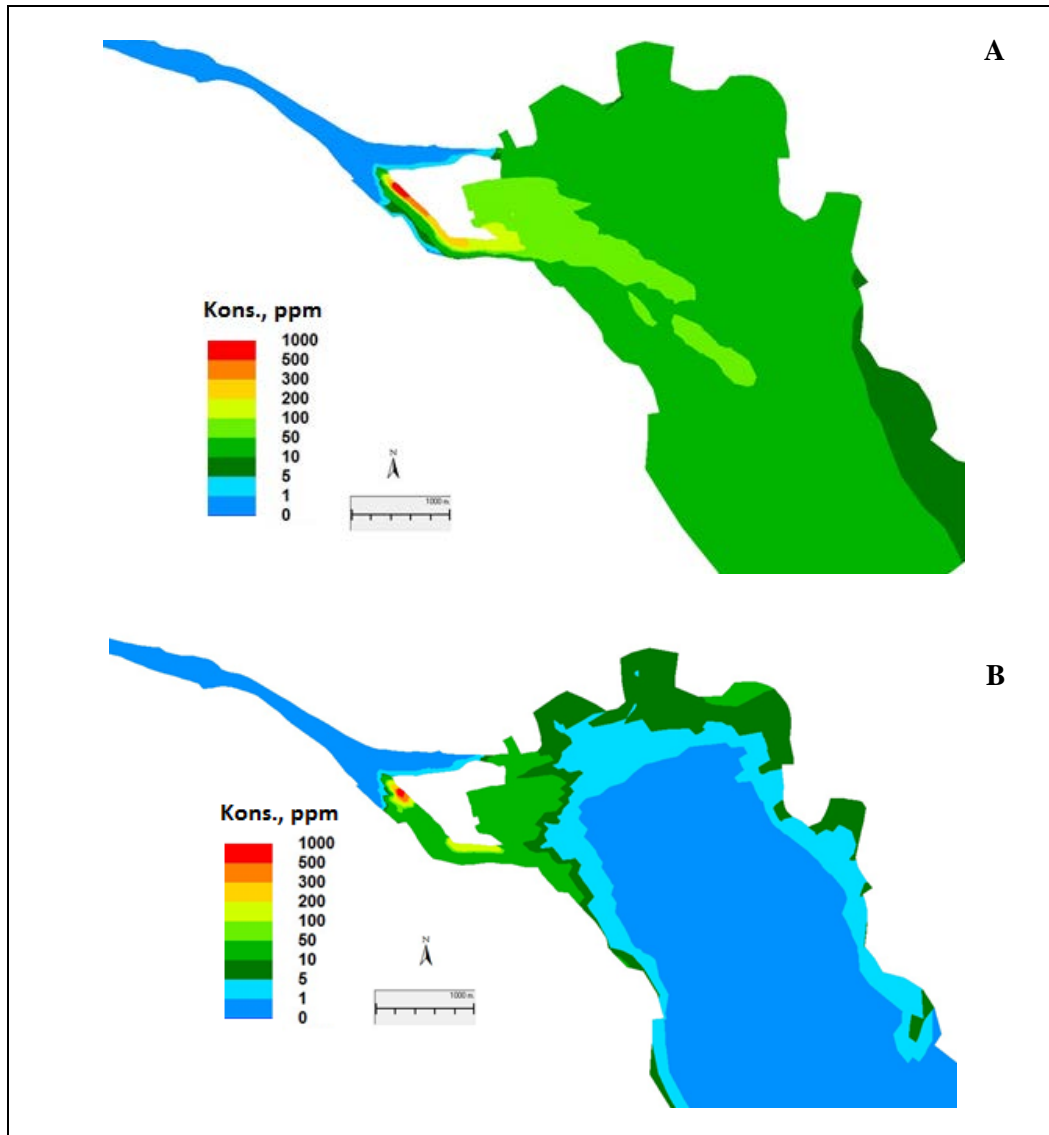
Figur 16. Den fjerde dagen med dumping av snø. A) i overflate, B) lengde-dyp profil (x-z).



**Figur 17.** Dagen etter at dumpingen opphørte. A) i overflate, B) lengde-dyp profil (x-z).

Dumpet snø spredte seg i overflaten utover fjorden. De høyeste konsentrasjonene var i størrelsesrommet 300 -500 ppm (parts per million) ved oppstart av snødumpingen (**Figur 15**). Etter to dager med dumping økte utbredelsen i dybde og lengderetningen, og den tredje dagen nådde dumpet snø beregningsområdets ytterkant (ca. 7 km fra dumpestedet) med konsentrasjoner i området 5-10 ppm (se **Vedleggene**). Den fjerde dagen ble hele fjorden innen beregningsområdet påvirket av konsentrasjoner mellom 5-10 ppm, og maksimal konsentrasjon i utlippssonen ble nådd som var i størrelsesorden 500-1000 ppm (**Figur 16**). Den femte og siste dagen snøen ble dumpet var situasjonen omtrent som dagen før (se **Vedleggene**). Tidevann og vind fortynnet vannet i ytterenden (sør), og vannet i overflaten strømmet fra dumpestedet langs elvebredden og ut i Drammensfjorden. Dagen etter at dumpingen opphørte ble konsentrasjonene først redusert i overflaten nær dumpestedet, **Figur 17**, og konsentrasjoner i hele influensområdet var mellom 5-10 ppm.

I **Figur 18** vises maksimumkonsentrasjoner i løpet av vinteren (januar-mars). Konsentrasjoner mellom 500-1000 ppm i overflaten fant sted langs elvebredden nedenfor dumpstedet, mens verdier mellom 10 ppm og 50 ppm fant sted i hele fjorden i de øverste 10 meterne.



**Figur 18.** Maksimum konsentrasjoner i løpet av vinteren (januar-mars).

Beregnete maksimumkonsentrasjoner av de ulike metallene og PAH16 er vist i **Tabell 9**. Det er tatt utgangspunkt i konsentrasjon lik 1000 ppm (maksimumkonsentrasjon), **Formel 1**, samt veiede konsentrasjon gitt i **Tabell 7**, og et påslag fra bakgrunnskonsentrasjonen. Som vist i **Tabell 9** vil metaller og PAH fra snøsmeltingen gi en liten økning i bakgrunnskonsentrasjonen. Klassegrensene endres ikke som følge av snødumpingen, og vil tilsvare Klasse I eller Klasse II, selv i dumpingssonen. For PAH16 er det ingen informasjon om bakgrunnskonsentrasjoner i Drammenselva og Drammensfjorden. I forhold til klassegrenser som er utviklet for marine resipienter (Bakke mfl., 2007) kan et påslag til bakgrunnskonsentrasjonen av PAH 16 tilsvarende 0,003 µg/l anses som lavt, da bl.a. pyren var den PAH-forbindelsen som var til stedet i høyeste konsentrasjon i snøprøvene (0,00096 µg/l) og hvor konsentrasjonen i klassegrensen er av de lavest (0,023 µg/l; Klasse II).

**Tabell 9.** Beregnede maksimum konsentrasjoner fra Drammenselva og Drammensfjorden. Bakgrunnskonsentrasjoner er tatt fra elevtilførselsprogrammet RID (Tabell 1). Totalkonsentrasjon er lik sum av bakgrunnskonsentrasjonen og påslag fra maksimum konsentrasjon fra snøsmeltingen. Klassifisering av totalkonsentrasjon er gjort i henhold til (Andersen mfl., 1997)\* og Vannforskriften (Direktoratsgruppa for vanndirektivet, 2009)\*\*. I kolonner hvor konsentrasjoner er klassifisert men celler ikke farget, er det ikke utviklet klassegrenser.

Stoff	Beregnet fra snø (mg/l)	Beregnet fra snø (µg/l)	Bakgrunnskonsentrasjon (µg/l)	Totalkonsentrasjon (µg/l)*	Klassifisering i henhold til Vannforskriften**
Cr	0,000027	0,027	0,26	0,29	
Cd	0,000001	0,001	0,01	0,011	God
Cu	0,000076	0,076	0,88	0,96	
Ni	0,000023	0,023	0,46	0,48	God
Pb	0,000042	0,042	0,10	0,14	God
Zn	0,000046	0,046	2,89	2,94	
PAH16	0,000003037	0,003			

I 2012 var vannføringene i beregningsperioden over 200 m<sup>3</sup>/s. I følge simuleringene ble hele elveløpet fylt med ferskvann slik at det ikke sedimenterte partikler oppstrøms dumpestedet. Ved lavere vannføringer, f.eks. 100 m<sup>3</sup>/s, trengte i større grad tungt/salt bunnvann oppover langs bunnen av elven med tilhørende sedimentasjon av partikler (data ikke vist). Partikler som fulgte med den dumpede snøen kan ifølge simuleringene forventes å sedimentere ved dumpestedet, langs motsatt bredd like nedenfor og i «bassenger» i elva oppstrøms dumpestedet. Størstedelen blir transportert utover fjorden og sedimenteres over et stort område. Mengde partikler som ble dumpet og tilhørende tykkelse på sedimentert masse var for liten til å gi kvantitative svar og sikre tolking av denne hendelsen. Tilførsler av enkelte metaller fra snødumpingen til Drammensfjorden for hele 2012 utgjorde fra 0,004 til 0,03 % i forhold til tilførsler målt fra RID-målestasjonen ved Mjøndalen i 2011.

Ved avtagende vannføring og ved høy vannstand i fjorden kan stoff i større grad påvirke elva oppstrøms dumpestedet. Stoffet blir ført oppover langs bunnen og kan der trenge opp mot overflaten og påvirke hele vannsøylen nedover igjen. Dette skjedde ikke ved de forholdene som ble simulert i 2012. Det er likevel sannsynlig at dette kan skje i større grad enn simuleringene viser. Konsentrasjonene vil rimeligvis bli av samme størrelse eller mindre enn ved transport over tilsvarende avstand utover fjorden, dvs. kun et noe større område som kan bli påvirket.

## 7. Oppsummering og konklusjoner

Snøprøver fra Drammen sentrum som hadde akkumulert over en periode på fire uker ble samlet inn og analysert for generelle vannkvalitetsparametere, veisalter, næringsstoffer, tungmetaller og organiske miljøgifter. Resultater viste at snøprøvene var forurenset med tungmetaller, organiske miljøgifter, veisalter og næringsstoffer. Tungmetaller, PAH-forbindelser, veisalter og nitrater har sin opprinnelse fra bl.a. veidekket, drift, forbrenning av bensin/diesel, olje, selve motorkjøretøyet, bilpleieprodukter og infrastruktur langs veien (Meland, 2010).

Høyeste konsentrasjoner av forurensende stoffer i snøprøver ble funnet i Stasjon 3, i ved lyskrysset Erik Børresens allé og Nedre Strandgate. Det er forventet at forurensningsgraden øker med ÅDT, og Stasjon 4 skulle derved være høyere belastet med forurensing enn Stasjon 3. Årsak til at man ikke ser denne sammenhengen kan skyldes flere forhold, f.eks. inhomogenitet i snøprøvene som gjør det vanskelig å ta ut representative prøver, snø som ble tatt ut her var siste rest før endelig snøsmelting, slik at innsamlet snø bestod av gammel og nyeste snø og forholdet mellom disse vil være avhengig av bl.a. tidligere brøyting. På veier regulert med trafikklys har man sett en økning i konsentrasjonen i retning mot trafikklyset hvor biler stopper og starter opp og konsentrasjoner av forurensning vil være avhengig av antall stopp/start samt trafikkmengden (pers. med. T. Bækken/NIVA). I rapporten til Bækken og Tjomsland (2001) så man også tilfeldige konsentrasjonsvariasjoner av forurensinger i samme snøkant, som de konkluderte med kunne skyldes varierende «værforhold» innenfor et lite areal, varierende bruk av salter og ulik fuktighet på samme veibanen (våte veibaner slites mer enn tørre).

Konsentrasjonene av forurensinger og partikler i snøen var generelt noe lavere i denne undersøkelsen enn i rapporten til Bækken og Tjomsland (2001), men innfor de nivåene de fant i de tre ulike tidsrommene de tok ut snøprøver. I følge Bækken (pers. med.) har man sett generelt at konsentrasjoner av miljøgifter (PAH og metaller) i veiforurenset snø har avtatt de sist årene, noe som antagelig skyldes bedre rensing av avgasser. Konsentrasjonen av veisalt og ledningsevne i snøprøvene var derimot betydelig lavere i denne undersøkelsen enn i 2001. Dette kan være forårsaket av ulike værforhold, men mest sannsynlig endrede bruksvaner i forhold til veisaltning, da det har vært et stort fokus på å redusere veisaltning nasjonalt. I denne undersøkelsen som i 2001 ble det funnet høye konsentrasjoner av tot-P fra 21 µg/l i referansestasjon til 1990 µg/l i Stasjon 3. I rapporten til Bækken og Tjomsland (2001) ble det foreslått at spylevæske kunne være en årsak. Ved gjennomgang av sikkerhetsdatablader for spylevæske ([www.produktregisteret.no](http://www.produktregisteret.no)) står det i dag på alle produktene som ble gjennomgått at de er fosfatfrie. I nedbør i Norge forventes det å finne konsentrasjoner i området 10-20 µg/l, noe som tilsvarer konsentrasjonen funnet på referansestasjonen (pers. med. Richard Wright/NIVA). Hva som er årsaken til de høye P-konsentrasjonene i snøprøver fra trafikkbelastede områder er fremdeles uklart. Nivået av tot-N var generelt lavt, og men noe forhøyet i Stasjon 3. Konsentrasjonen av tot-N på de resterende stasjonene inkludert referansestasjonen var tilsvarende det man finner i nedbør i Norge, ca 500-1000 µg/l (pers. med. Richard Wright/NIVA), og indikerer at nitrogenet som vi finner i snøprøvene i liten grad er relatert til trafikk. Snøprøvene fra referansestasjonen hadde de laveste konsentrasjonene, men viste samtidig at nedbøren er kystnær og påvirket av sjøsalter (NaCl).

Spredning og fortykning av veiede konsentrasjoner (belastningsgrad og andel ulike belastede veier i sentrum) av metaller, organiske miljøgifter og partikler av snø fra Drammen sentrum som ble dumpet ved Holmennokken ble beregnet med den 3-dimensjonale modellen GEMSS.

Beregninger med GEMSS i et «verste tilfelle» scenario viste at metallene og PAH16 ble raskt blandet inn i Drammenselva og at det var en marginal økning i bakgrunnskonsentrasjonen. Bakgrunnskonsentrasjoner av metaller i Drammenselva er lavt (Klasse I/II), og tilstandsklassene I og II ble opprettholdt i selve dumpingssonen under snøsmeltingen. Simuleringer viste at størstedelen av

metaller og PAH16-forbindelser ble transportert utover fjorden og i et stort areal og volum, og derved godt fortynnet. For å fortynne forurensningene fra snøen ytterligere kunne man vurdere å fjerne snøen fra de mest forurensede veiene tidligere. I og med at tilstandsklasse I og II ble opprettholdt i selve dumpingssonen anses dette som ikke nødvendig så fremt forurensningssituasjonen ikke endrer seg ytterligere.

Stein og grus som tilføres fra snødumpingen vil kunne forventes å kunne sedimentere ved dumpestedet, langs motsatt bredde av elveløpet og i kulper oppstrøms dumpingplassen ved lav vannføring i elva og høyt tidevann. Estimert tykkelse på sedimentert masse kunne ikke beregnes da mengder partikler som ble dumpet var for lavt til å kunne gi kvantitative sikre svar. Dersom det er ønskelig kan man vurdere å installere sedimentplater rundt dumpingssonen for enkel visuell observasjon av eventuell sedimenttilvekst som følge av snødumpingen.

Beregninger utført med GEMSS viste at økning i konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter samt sedimentasjonstilvekst i Drammenselva og Drammensfjorden som følge av snødumpingen var lave. En samlet vurdering tilsier da at dagens snødumping i Drammenselva vil ha marginale effekter på vann- og sedimentkvalitet i elva og fjorden, og anses som forsvarlig ut fra et forurensningsmessig forhold.

## 8. Referanser

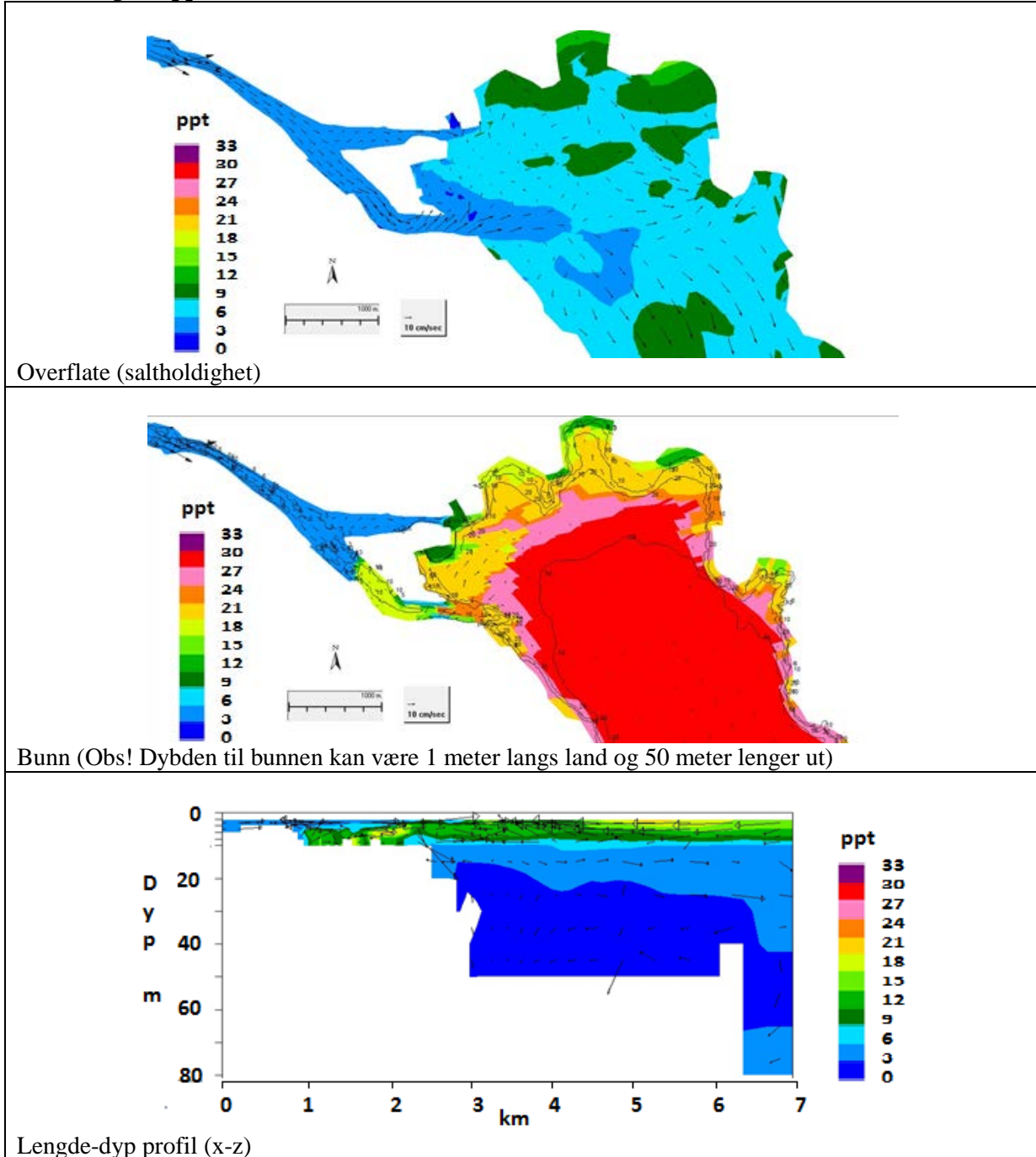
- Andersen, J. R., J. L. Bratli, et al. (1997). "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann." Klif-rapport TA-1468/1997, s. 31.
- Bakke, T., G. Breedveld, et al. (2007). "Veileder for klassifisering av miljøkvaliteter i fjorder og kystfarvann - Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter." Klif-rapport TA-2229/2007, s. 12.
- Bækken, T. and T. Tjomsland (2001). "Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum. Konsekvenser av snødumping for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva." Niva-rapport 4460, s. 42.
- Direktoratsgruppa for vanndirektivet (2009). "Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann." Vannportalen:
- Eek, E., H. P. Arp, et al. (2012). "Sluttrapport fra overvåking av Drammensfjorden 2008-2011." NGI-rapport 20081432-00-82 R, s. 110.
- Meland, S. (2010). "Ecotoxicological effects of highway and tunnel wash water runoff." PhD- thesis Norwegian university of life sciences 2010:25.
- Skarbøvik, E., P. Stålnacke, et al. (2011). "Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters -2010." Klif-rapport TA-2856/2011.

## Vedlegg A. Modellresultater

### Fordeling av ellevann og fjordvann

Ferskvannet fra Drammenselva la seg i overflaten, mens saltvann fra fjorden trengte innover langs bunnen til like ved dumpestedet.

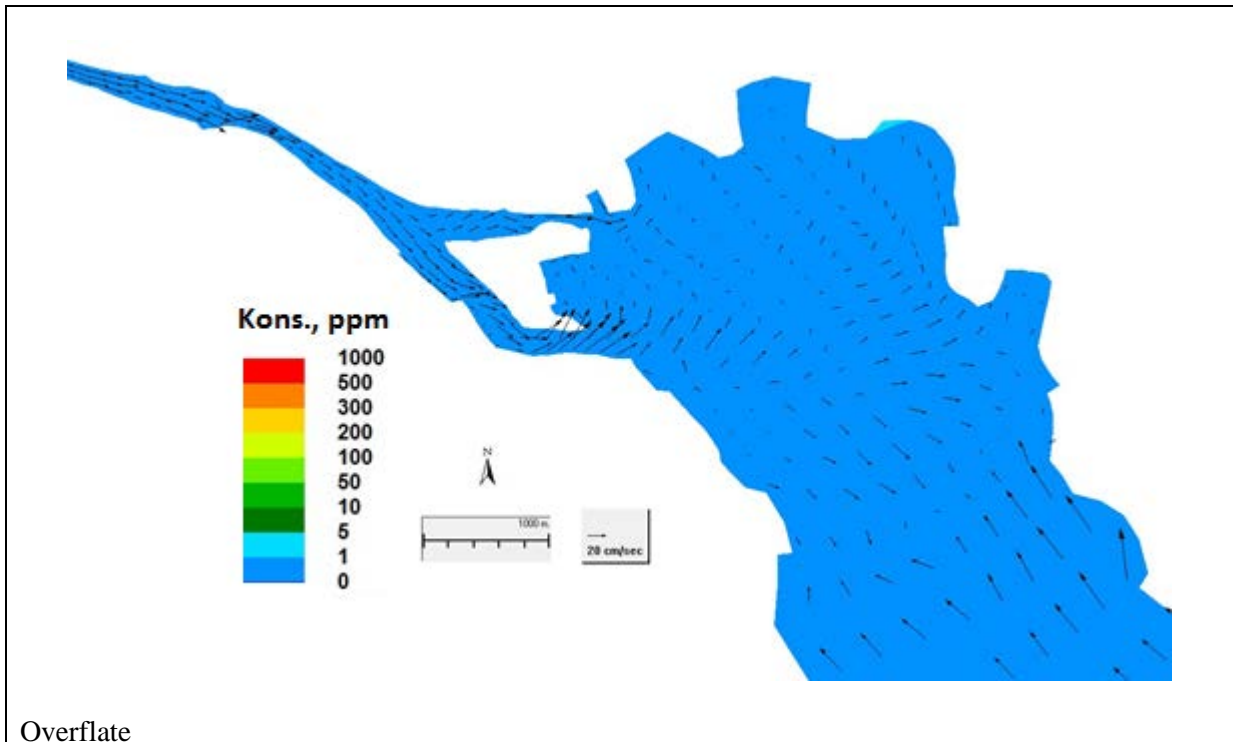
### Saltholdighet (ppm)



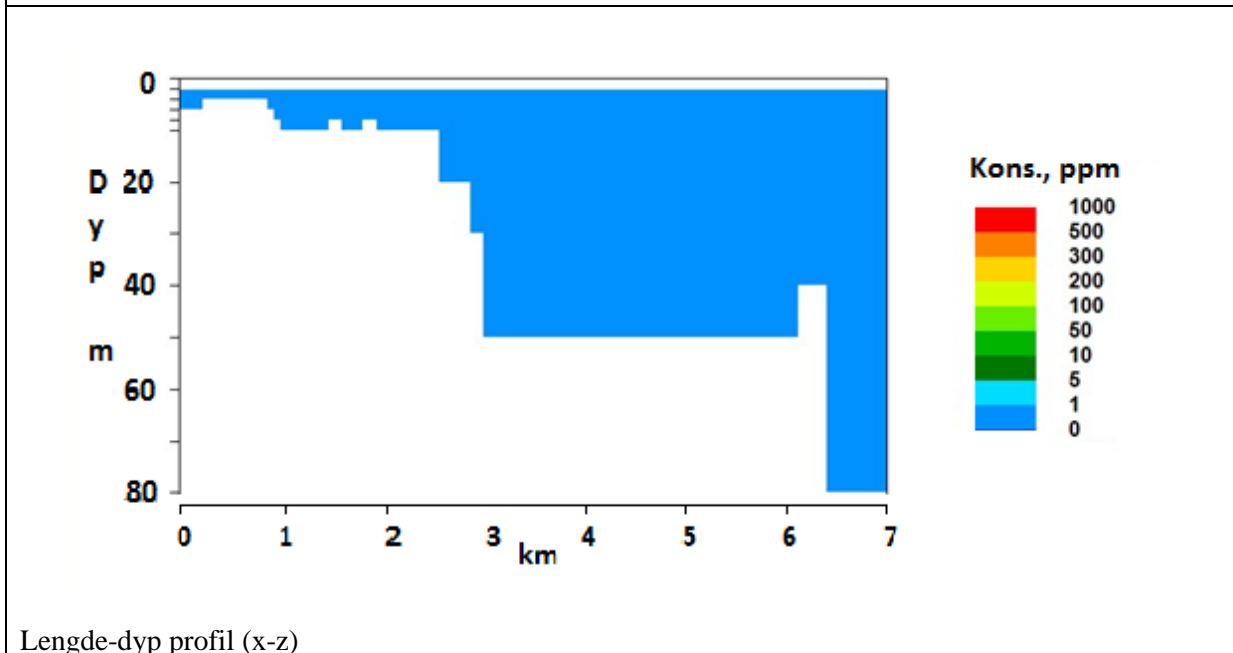


**Andel vann fra smeltet snø.**

Før dumping var alle konsentrasjoner under 1 ppm.

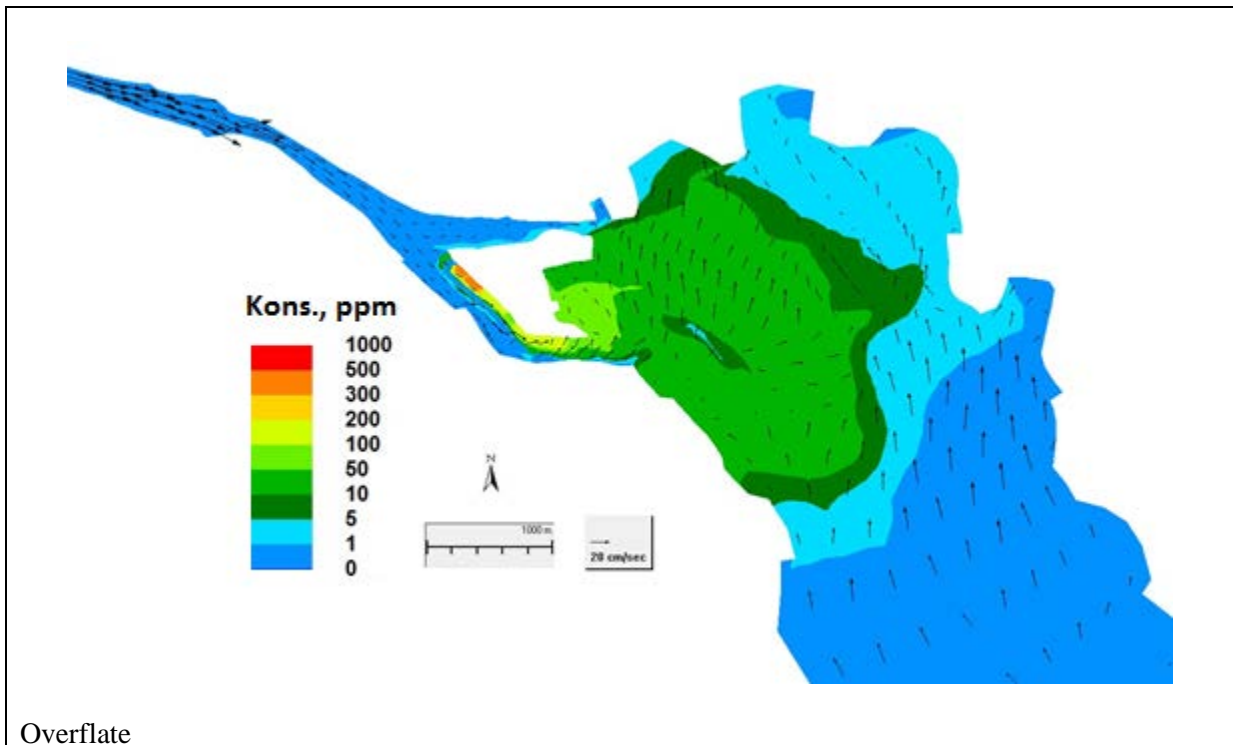


Overflate

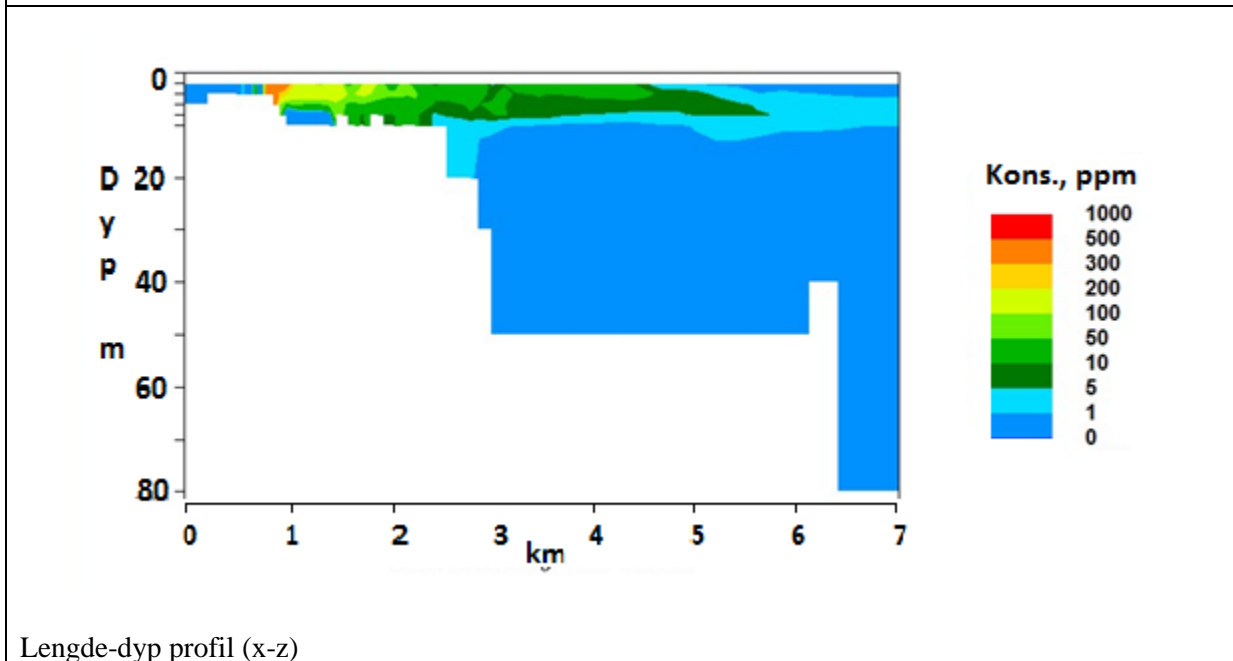


Lengde-dyp profil (x-z)

Andel vann fra smeltet snø etter to døgn med snødumping

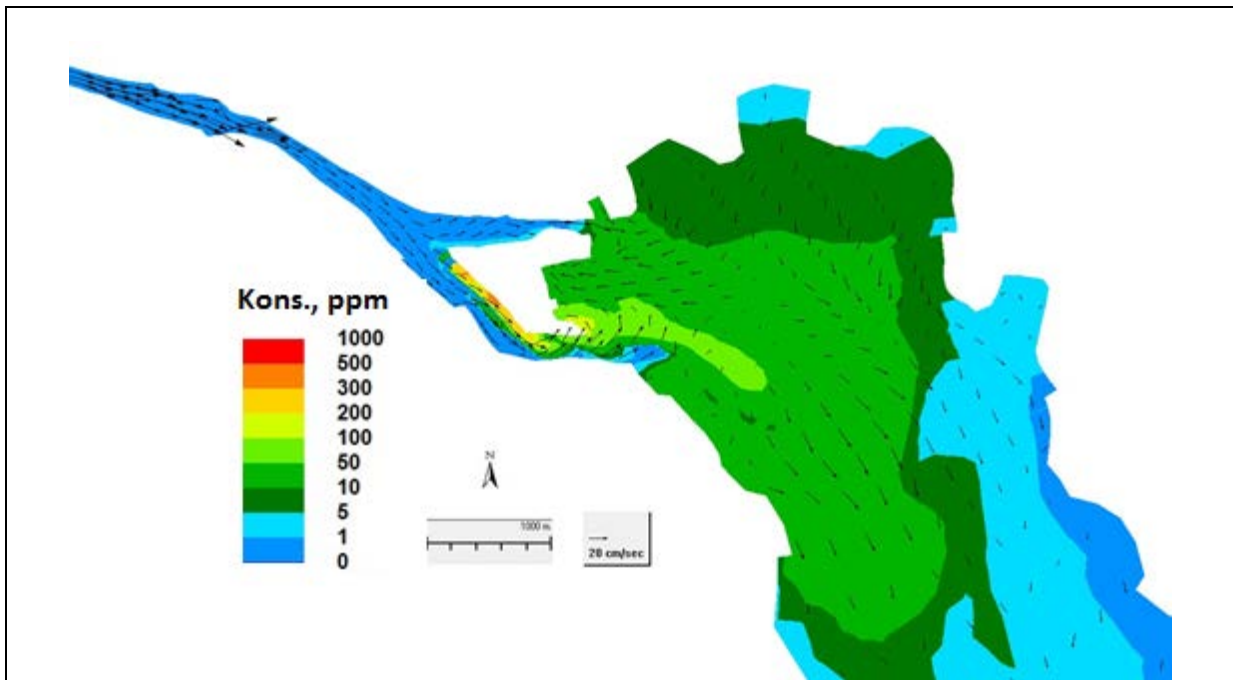


Overflate

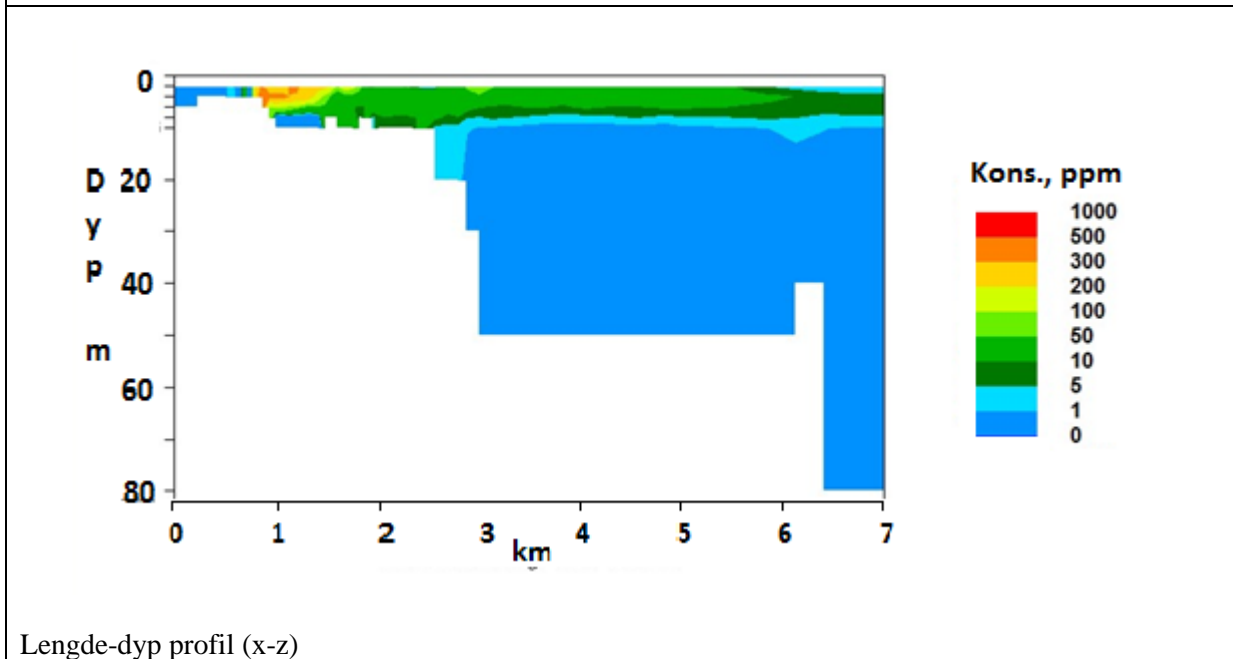


Lengde-dyp profil (x-z)

Andel vann fra smeltet snø etter tre døgn med snødumping

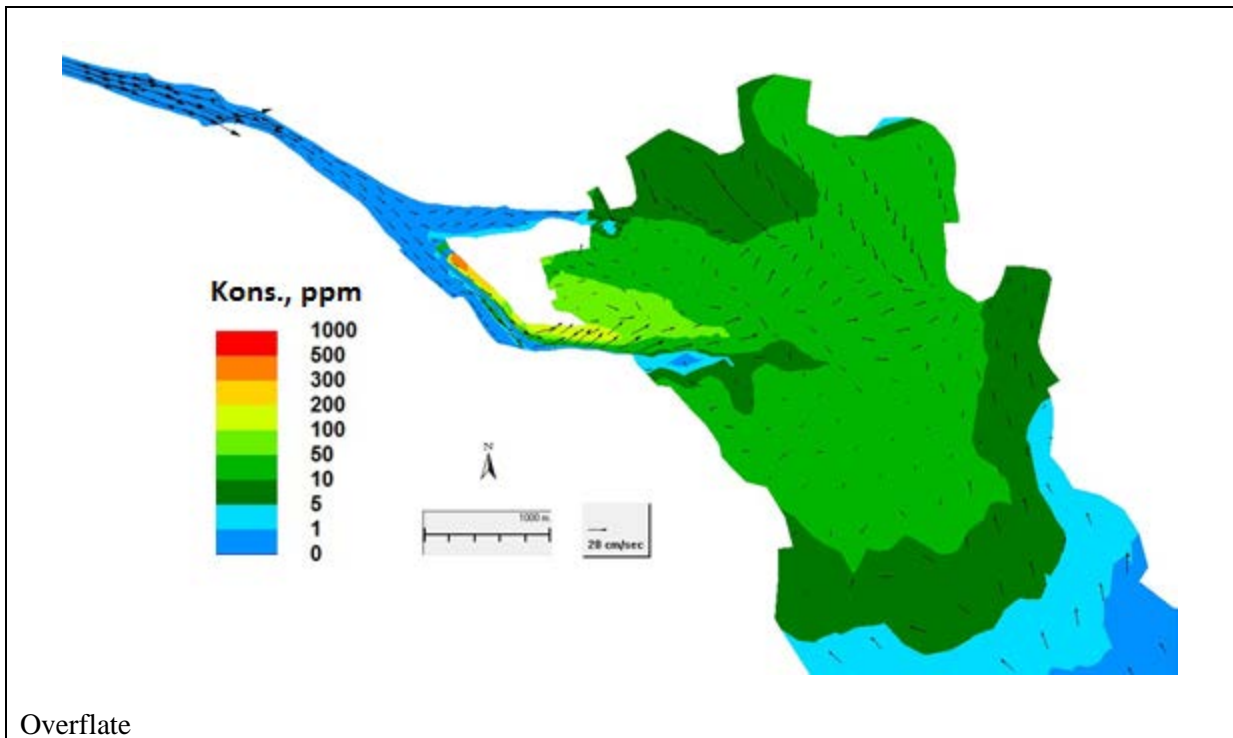


Overflate

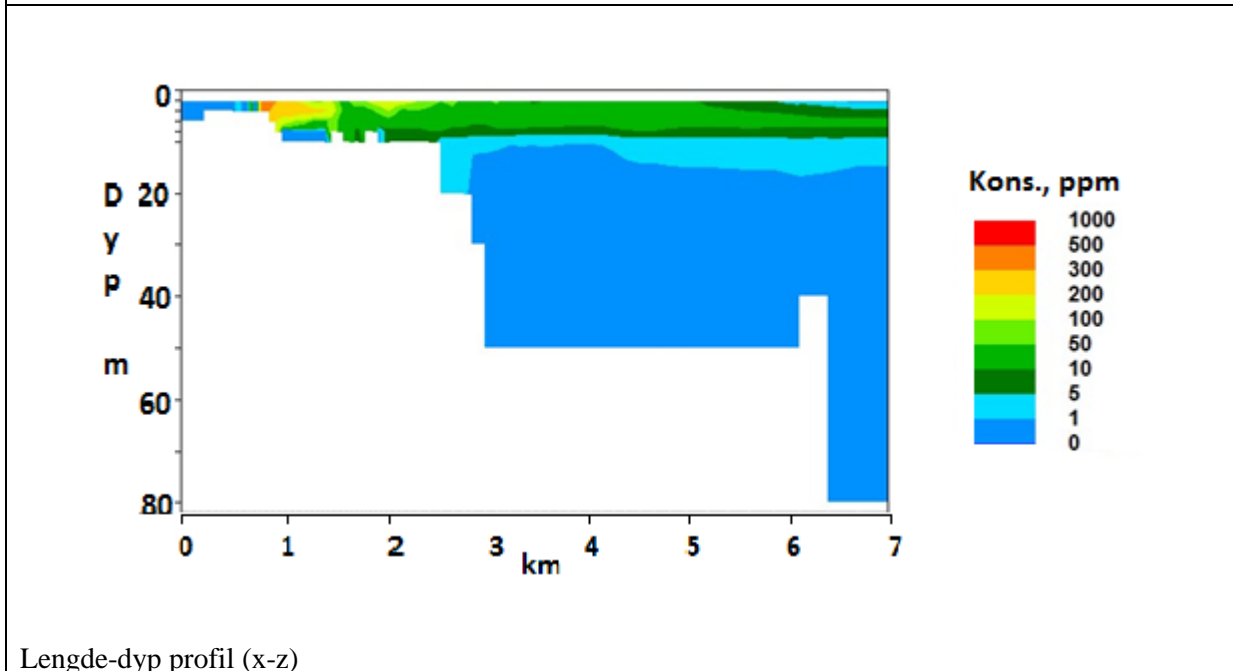


Lengde-dyp profil (x-z)

Andel vann fra smeltet snø etter fem døgn med snødumping



Overflate



Lengde-dyp profil (x-z)

# Vedlegg B. Kjemiske analyser

Rekvisisjonsnr : 2012-00730 Mottatt dato : 20120403 Godkjent av : MAR Godkjent dato: 20120420  
 Prosjektnr : O 12125  
 Kunde/Stikkord : SNØDRAMMEN  
 Kontaktp./Saksbeh. : SRA

Analysevariabel																								
Enhet ==>	PrDato	Merking	Prøvetype	As/ICP		Cd/ICP		Cr/ICP		Cu/ICP		Fe/ICP		Mn/ICP		Ni/ICP		Pb/ICP		V/ICP		Zn/ICP		
Metode ==>				E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	E 9-5	
1	2012-00730	1 n St.1	fersk	<0.02	<0.001	0.005	0.019	2.56	0.0594	0.004	<0.01	0.0043	0.0723											
2	2012-00730	1 n St.2	fersk	<0.02	<0.001	0.006	0.025	3.09	0.0699	0.004	<0.01	0.0048	0.0949											
3	2012-00730	1 n St.3	fersk	<0.02	<0.001	0.0074	0.034	3.55	0.0960	0.005	<0.01	0.0068	0.119											
4	2012-00730	1 n St.4	fersk	<0.02	<0.001	0.004	0.017	2.23	0.0594	<0.004	<0.01	0.0033	0.0655											
5	2012-00730	1 n St.5	fersk	<0.02	<0.001	<0.002	<0.002	0.0984	0.0074	<0.004	<0.01	<0.001	0.0093											
6	2012-00730	St.4 TOT	fersk	<0.02	<0.001	0.017	0.0701	11.7	0.239	0.014	0.02	0.016	0.240											
7	2012-00730	St.5 TOT	fersk	<0.02	<0.001	<0.002	0.004	0.502	0.0130	<0.004	<0.01	<0.001	0.014											

Rekvisisjonsnr : 2012-00731 Mottatt dato : 20120403 Godkjent av : MAR Godkjent dato: 20120525  
 Prosjektnr : O 12125  
 Kunde/Stikkord : SNØDRAMMEN  
 Kontaktp./Saksbeh. : SRA

Analysevariabel											
Enhet ==>	PrDato	Merking	Prøvetype	TTS-V		STS		SGR		TGR-V	
Metode ==>				B 3	B 2	B 2	B 2	B 2	B 2	B 3	B 3
1	2012-00731	1n St.1	fersk	2012-00731	0.20	123	100.0	0.16			
2	2012-00731	1n St.2	fersk	2012-00731	0.20	76.5	60.0	0.16			
3	2012-00731	1n St.3	fersk	2012-00731	0.22	139	113	0.18			
4	2012-00731	1n St.4	fersk	2012-00731	0.23	60.5	49.5	0.16			
5	2012-00731	1n St.5	fersk	2012-00731	0.21	4.2	2.2	0.24			



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)