Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009 - 2011

Truls Erik Bønsnes

4
2011

OPPDRAGSRAPPORT A

Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009-2011

Norges vassdrags- og energidirektorat

2011

Norges vassdrags- og energidirektorat
2011

Oppdragsrapport serie A nr 4 2011

Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009 - 2011

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Truls Erik Bønsnes

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 20

Forsidefoto: Målestasjon utløp Storvatn 26. mars 2010, kl 14:30.
Konsentrasjon og vannføring på 175 mg/l og 3.8 m^3/s (kl 0800).

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Rapporten presenterer sedimenttransportdata ved utløpet av tappetunnelen fra Storvatn til Nervatn, i perioden januar 2009 til februar 2011. De høyeste sedimentkonsentrasjonene ble målt på synkende/lave vannstander i 2009 og 2010. Konsentrasjonsøkningene skyldes trolig utvasking av bunnsedimenter i Storvatnet, særlig i områdene nærmest tunnelinnslaget. Kornfordelingsanalyser av suspensjonsmaterialet fra 2009 viser at det er mer sand i prøvene med høye sedimentkonsentrasjoner på lave vannstander. Inntakskonstruksjonen ble oppgradert sommeren 2010. Dette bidro trolig til at det ble målt lavere sedimentkonsentrasjoner ved vannstandssenkning i februar 2011, på grunn av mindre utvasking av sedimenter rundt inntaket. Flybilder fra august 2010 viser høye sedimentkonsentrasjoner i Nervatnet og Sjursheimvatn samtidig som Storvatnet har lave konsentrasjoner. Dette skyldes trolig tilførsel fra breene ved henholdsvis Skjomstindane og Middagsskaret.

Emneord: suspensjonskonsentrasjon, transport

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2011

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1. Innledning **7**

2. Suspensjonstransport i utløpet av Storvatn **9**

2.1 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2009 9
2.2 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2010 14
2.3 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2011 20
2.4 Økt konsentrasjon ved lav vannstand 24

3. Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i utløpet av Storvatn **27**

3.1 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2009 27
3.2 Sedimenttransport og kornfordeling i Håkvik kraftstasjon i 2009. 28
3.3 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2010 32
3.4 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2011 34
3.5 Vannføringsepisode 16/8 -2010 37

4. Referanser **41**

Forord

I januar 2009 ble det etablert en målestasjon for suspensjonstransport ved utløpet av tappetunnelen fra Storvatn i Håkvikdalen. Hensikten med målestasjonen var å overvåke sedimenttransporten ved forskjellige vannstander og vannføringer. Den daglige driften utføres av Nordkraft as som også er oppdragsgiver for undersøkelsen.

Denne rapporten er utarbeidet av Truls E. Bønsnes som også er ansvarlig for oppdraget fra NVEs side.

Oslo, mai 2011

Jim Bogen
Seksjonssjef

Truls Erik Bønsnes
Senioringeniør

Sammendrag

Denne rapporten presenterer data fra måling av sedimenttransporten ved utløpet av tappetunnelen fra Storvatn til Nervatn, i 2009, 2010 og frem til 12.februar 2011.

I 2009 er de høyeste sedimentkonsentrasjonene målt i forbindelse med senkning i vannstanden ned mot LRV, dvs 230-225 m (LRV: 221). Det er registrert to konsentrasjonstopper, i slutten av mars og omkring 13.april. Maksimumskonsentrasjonene av uorganisk materiale var om lag henholdsvis ca 500 mg/l og 700 mg/l.

Konsentrasjonsøkningene skyldes trolig utvasking av bunnsedimenter i Storvatnet, særlig i områdene nærmest tunnelinnslaget. En ny økning av konsentrasjonen med maksimum 13. april har trolig sammenheng med en liten økning i vannføringen i denne perioden, som samsvarer med en tilsigsøkning til Storvatn og en svak vannstandsstigning i Storvatn. Det er vanskelig å si om denne konsentrasjonsøkningen kun skyldes erosjon i bunnsedimentene eller om det også kommer noe fra feltet omkring, men det er lite trolig at breene bidrar så tidlig i sesongen.

Tappetunnelen var stengt i perioden 14. april - 8. juni og noen kortere perioder etter det. Totaltransport av uorganisk materiale i 2009 var 436 tonn og organisk materiale 57 tonn.

Kornfordelingsanalyser av suspensjonsmaterialet i 2009 viser en markert økning av sandinnholdet i suspensjonsmaterialet i perioden med høye sedimentkonsentrasjoner ved lav vannstand. I gjennomsnitt for hele 2009, inneholdt materialet 12.7 % leire, 79.1 % silt og 8.2 % sand.

I 2010 ble også de høyeste sedimentkonsentrasjonene målt på synkende/lave vannstander. Maksimumskonsentrasjonen av uorganisk materiale ble målt i siste del av februar til ca 70 mg/l. Utvasking av bunnmateriale er også her trolig hovedårsak til konsentrasjonsøkningen. Tappetunnelen var stengt fra 25. februar til 5. august. Det ble i denne perioden foretatt en oppgradering av inntakskonstruksjonen til tappetunnelen. Derfor er det ikke målt sedimenttransport i denne perioden. Totaltransporten i perioden det er målt, er av uorganisk materiale om lag 33 tonn og organisk materiale om lag 53 tonn.

Det ble ikke tatt kornfordelingsanalyser i perioden med høye sedimentkonsentrasjoner i 2010. Gjennomsnittsfordelingen i suspenderte sedimenter i 2010 var 8.2 % leire, 75.7 % silt og 16.1 % sand.

I 2011 er det bare målinger frem til 11. februar. Høyeste konsentrasjon av uorganisk materiale er 5.4 mg/l, målt 8. februar, også denne på synkende vannstand. Total transport i 47 døgn i 2011 var 4 tonn uorganisk og 11 tonn organisk materiale.

I gjennomsnitt inneholdt suspensjonsmaterialet i den korte måleperioden i 2011,14.2 % leire, 79.3 % silt og 6.5 % sand. Det ble registrert noe mer sand (14.3 %) i suspensjonsmaterialet ved lav vannstand (226.7 m) rett før tunnelen ble stengt enn tidligere på vinteren

I løpet av sommeren i 2010 ble det utført en oppgradering av inntakskonstruksjonen. Dette er sannsynligvis hovedårsaken til den reduserte utspylingen på lav vannstand i

februar 2011. Det er svært lite tilsig til Storvatn i de aktuelle periodene, mars 2009 og februar 2010 og 2011.

Flybilder fra august 2010 viser at sjøene oppstrøms og nedstrøms Storvatn har vesentlige mengder med suspenderte partikler i vannmassene. Storvatnet framstår som klart med svært lite partikler. Konsentrasjonsmålinger av tappevannet fra Storvatn viser et uorganisk partikkelinnhold på 0.0 mg/l. Det kan tyde på at de høye sedimentkonsentrasjonene som observeres i Nervatnet og Sjursheimvatn skyldes tilførsel fra breene ved henholdsvis Skjomstindane og Middagsskaret.

1. Innledning

I januar 2009 ble det etablert en målestasjon for suspensjonstransport ved utløpet av tappetunnelen fra Storvatn, se fig. 1.1 og fig. 1.2. Målestasjonen ble etablert for å kvantifisere mengden sedimenter som transporteres fra Storvatn til Nervatn. Målestasjonen er utrustet med en ISCO 6712 automatprøvetaker. Automatprøvetakeren har for det meste vært innstilt på 1 vannprøve pr. døgn. I tillegg er det tatt utvalgte prøver for kornfordelingsanalyse av suspensjonsmaterialet.

Instrumentering og prøvetaking følger NVEs standard som er beskrevet av Bogen (1988). Konsentrasjonsanalysene er utført etter standard prosedyre ved Hydrologisk avdelings sedimentlaboratorium (NVE, 1988). Kornfordelingsanalysene er utført med Laser-Coulter LS 230.

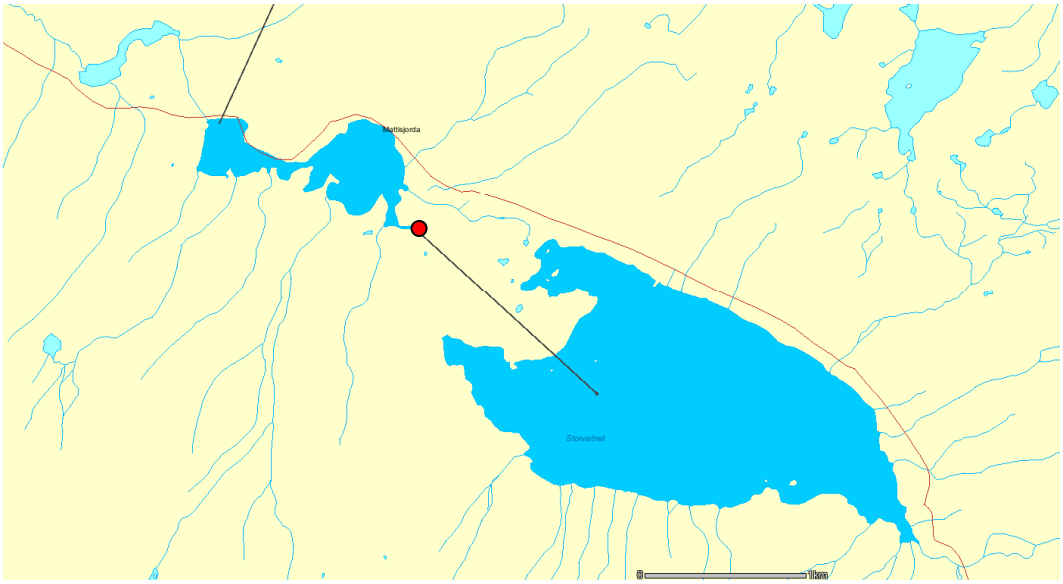


Fig. 1.1. Beliggenhet for målestasjon ved utløp Storvatn (stnr. 174.44).

Fig. 1.2. **Målestasjon ved utløp Storvatn (stnr. 174.44).**

2. Suspensjonstransport i utløpet av Storvatn

2.1 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2009

Suspensjonskonsentrasjonen ved utløp Storvatnet er svært lav i perioden fra 20. januar og fram til 20. mars. Deretter stiger konsentrasjonen fra et minimum til ca 500 mg/l for så raskt å avta til ca 20 mg/l i løpet av de første dagene i april. En ny puls med konsentrasjoner opp mot 700 mg/l inntreffer 13. april, se fig. 2.1 og fig. 2.2.

Konsentrasjonen øker sterkt når vannstanden synker ned mot LRV i slutten av mars. Konsentrasjonsøkningen inntreffer når vannstanden synker til nivåer mellom 230 og 225 m, se fig. 2.4 og fig. 2.13. I samme periode avtar vannføringen i utløpstunnelen, se fig. 2.1 og fig. 2.2 Konsentrasjonsøkningen skyldes trolig utvasking av bunnsedimenter i Storvatnet, særlig i områdene nærmest tunnelinnslaget, se fig. 3.8. Den påfølgende reduksjonen i konsentrasjon kan ha sammenheng med at vannføringen avtar til et minimum. En ny økning av konsentrasjonen med maksimum 13. april har trolig sammenheng med en liten økning i vannføringen i denne perioden. Dette kan være sedimenter som ble avsatt i tunnelen i forbindelse med nedtappingen, eller fra erosjon i bunnsedimentene nær tunnel innslaget som vaskes ut når vannføringen øker noe.

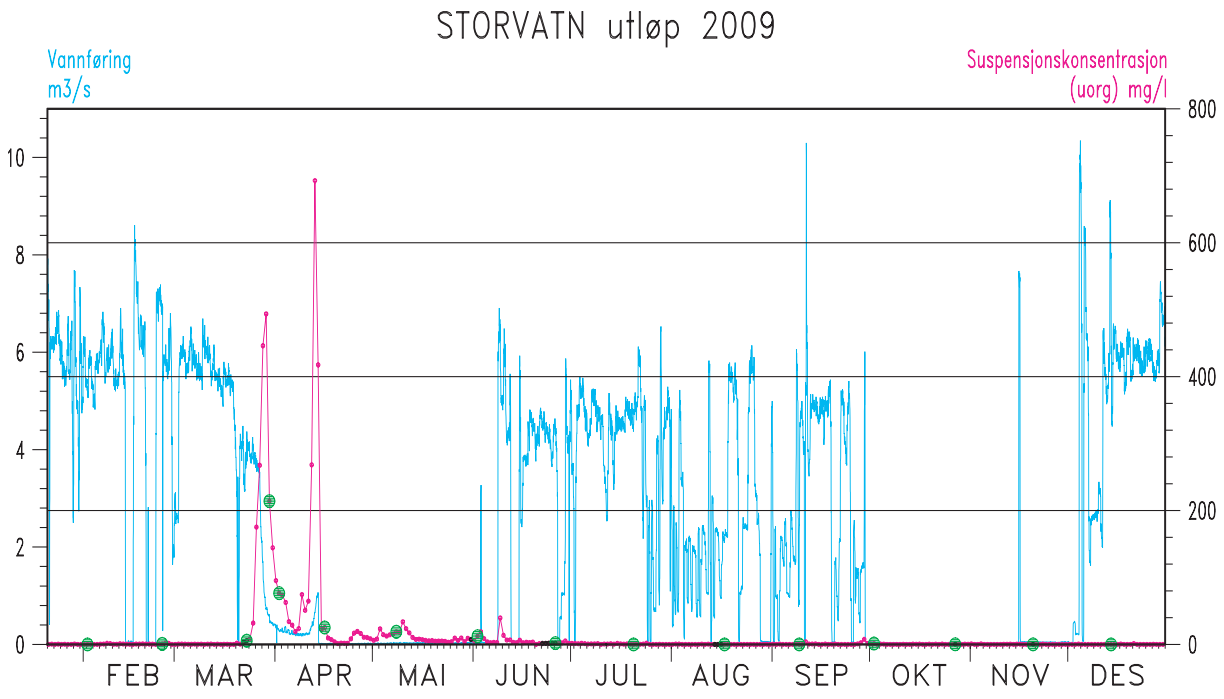
Det som også er verdt å legge merke til er at konsentrasjonsøkningen i april 2009 (den andre pulsen) samsvarer med en tilsigsøkning til Storvatn og en svak vannstandsstigning i Storvatn (se vannføring fra måleseriene 174.3 og 174.44 og vst 174.4 i denne perioden, fig. 3.3b). Det er vanskelig å si om denne konsentrasjonsøkningen kun skyldes erosjon i bunnsedimentene eller om det også kommer noe fra feltet omkring, men det er lite trolig at breene bidrar så tidlig i sesongen.

Tappetunnelen er stengt i perioden 14. april til 8. juni og i noen korte perioder etter dette, se fig. 2.1. Det er imidlertid en viss lekkasje (13-25 l/s), som kan gi et representativt bilde av magasinvannet. I denne perioden varierer konsentrasjonen mellom 2 mg/l og 35 mg/l.

I forbindelse med åpning av luken i begynnelsen av juni øker konsentrasjonen noe i en kort periode. Dette har trolig sammenheng med utvasking av sedimenter fra tunnelsålen. Deretter synker konsentrasjonen ned til et minimum, selv om vannføringen øker opp mot samme nivå som i begynnelsen av mars. Lavere konsentrasjoner har trolig sammenheng med økt vannstand i Storvatnet og dermed mindre erosjon og utvasking av bunnsedimenter i nærheten av tunnelinnslaget.

Tabell 2.1 Avløp, minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden 20/1 til 13/8 2009

Mnd	Ant døgn	Avløp		Uorganisk Suspensjonstransport				Organisk Suspensjonstransport			
		Total Mill m^3	Pr. døgn mill m^3	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l
JAN	12	5.97	0.5	0.91	0.076	0.15	0.7	2.37	0.198	0.4	1.6
FEB	28	11.01	0.39	7.16	0.256	0.65	2.3	0.26	0.009	0.02	0.4
MAR	31	11.76	0.38	279.11	9.004	23.74	493.6	11.64	0.375	0.99	24.0
APR	30	0.44	0.01	92.45	3.082	210.43	692.7	4.36	0.145	9.92	30.2
MAI	31	0.07	0	0.70	0.023	10.34	33.9	0.13	0.004	1.90	3.7
JUN	30	7.01	0.23	42.6	1.42	6.08	39.6	9.42	0.314	1.35	5.5
JUL	31	10.12	0.33	6.88	0.222	0.68	2.0	8.09	0.261	0.8	1.1
AUG	31	6.01	0.19	0.3	0.01	0.05	0.5	5.54	0.179	0.92	2.0
SEP	30	7.18	0.24	4.89	0.163	0.68	7.5	7.6	0.253	1.06	1.6
OKT	31	0.08	0	0.02	0.001	0.23	1.4	0.05	0.002	0.67	1.6
NOV	30	0.48	0.02	0.12	0.004	0.25	0.9	0.12	0.004	0.24	1.4
DES	30	12.82	0.43	1.07	0.036	0.08	1.2	7.20	0.240	0.56	1.1
2009	345	72.95	0.21	436.22	1.264	5.98	692.7	56.77	0.165	0.78	30.2



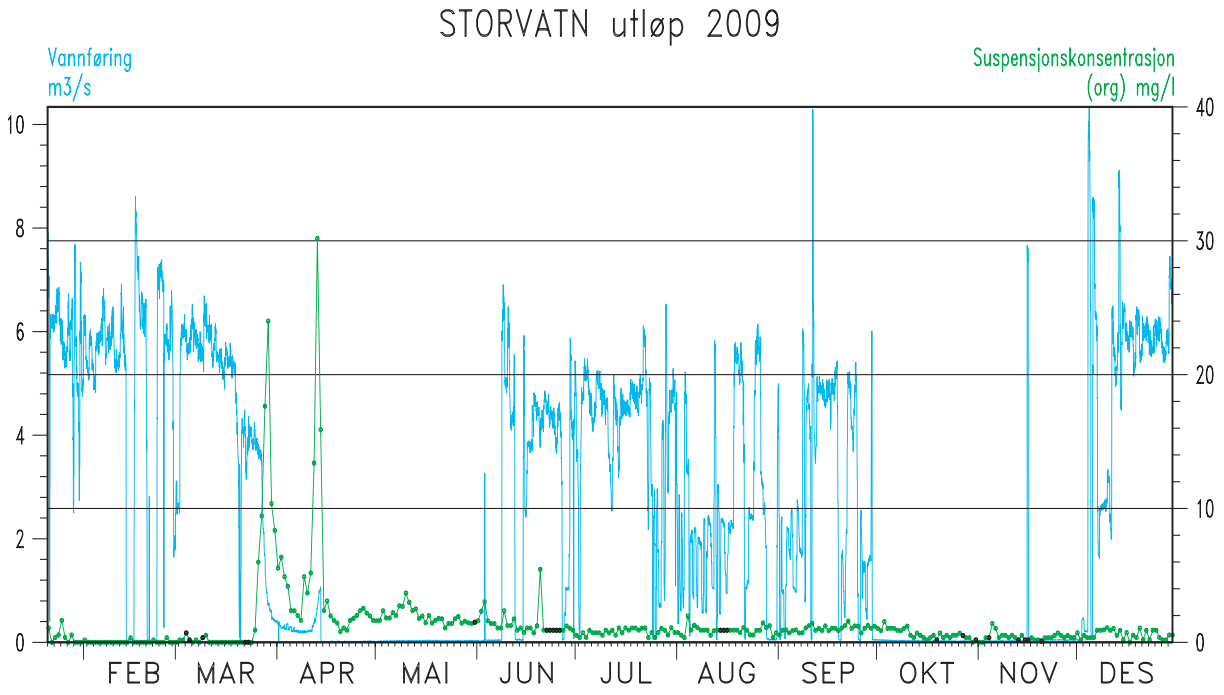
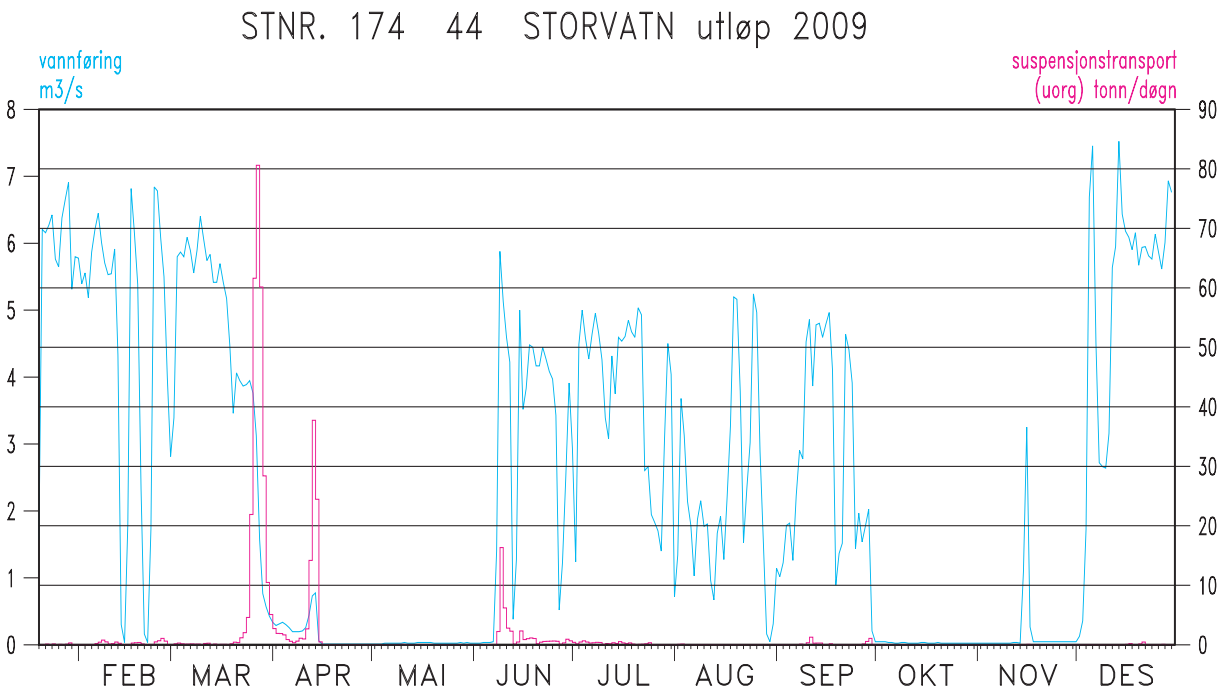


Fig. 2.1. **Minerogen og organisk suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet i 2009 (svarte symboler er interpolerte verdier). Store grønne symboler er tidspunkt for kornfordelingsprøver.**



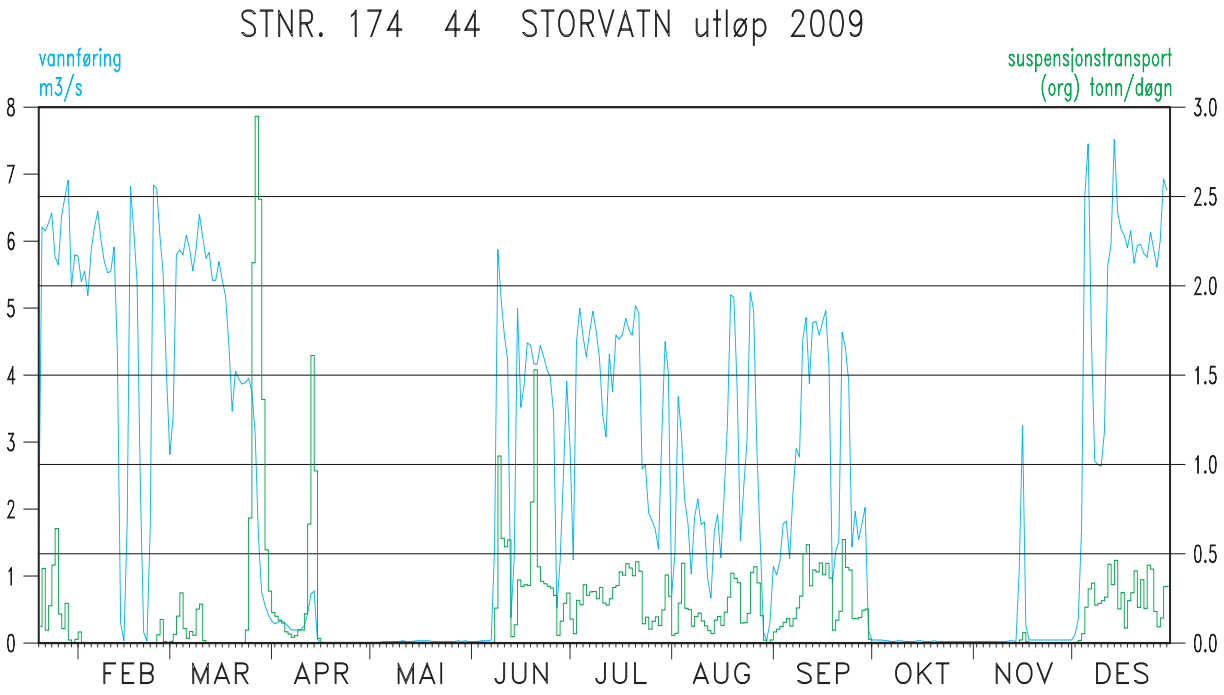
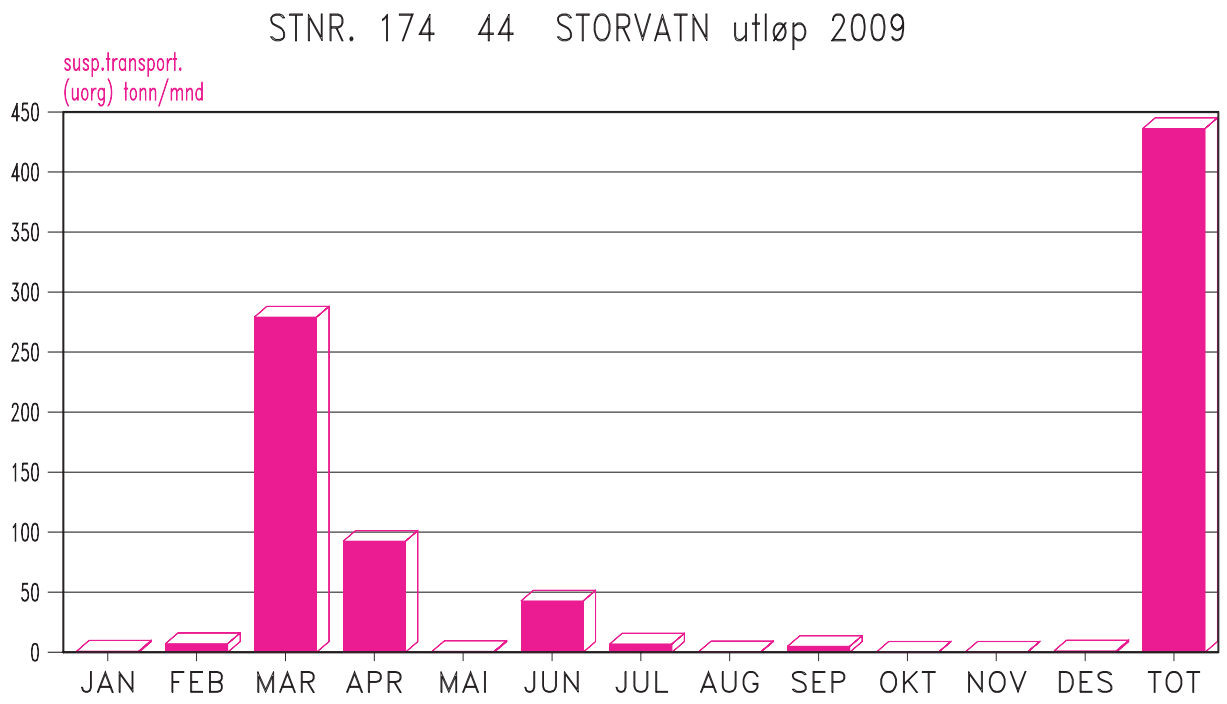


Fig. 2.2. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2009. Vannføringen er vektet døgnmiddel og avviker noe fra presentasjoner med høyt oppløste data.**



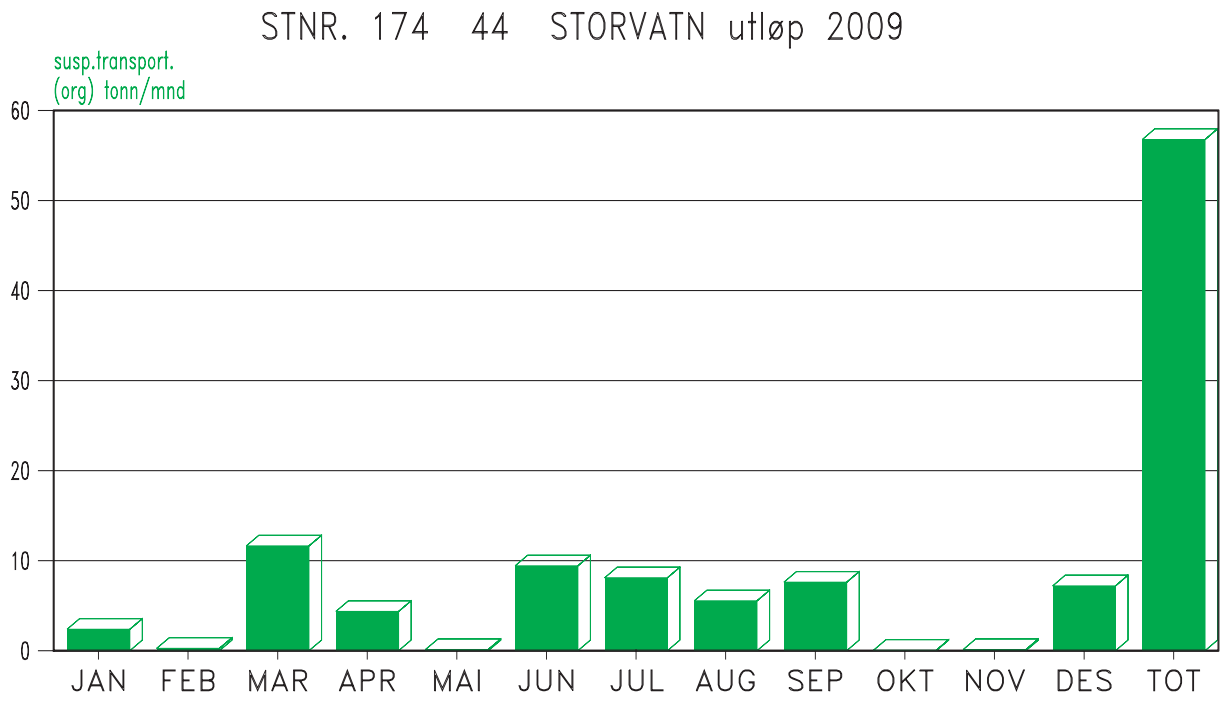


Fig. 2.3. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden 20. januar til 13. august 2009.**

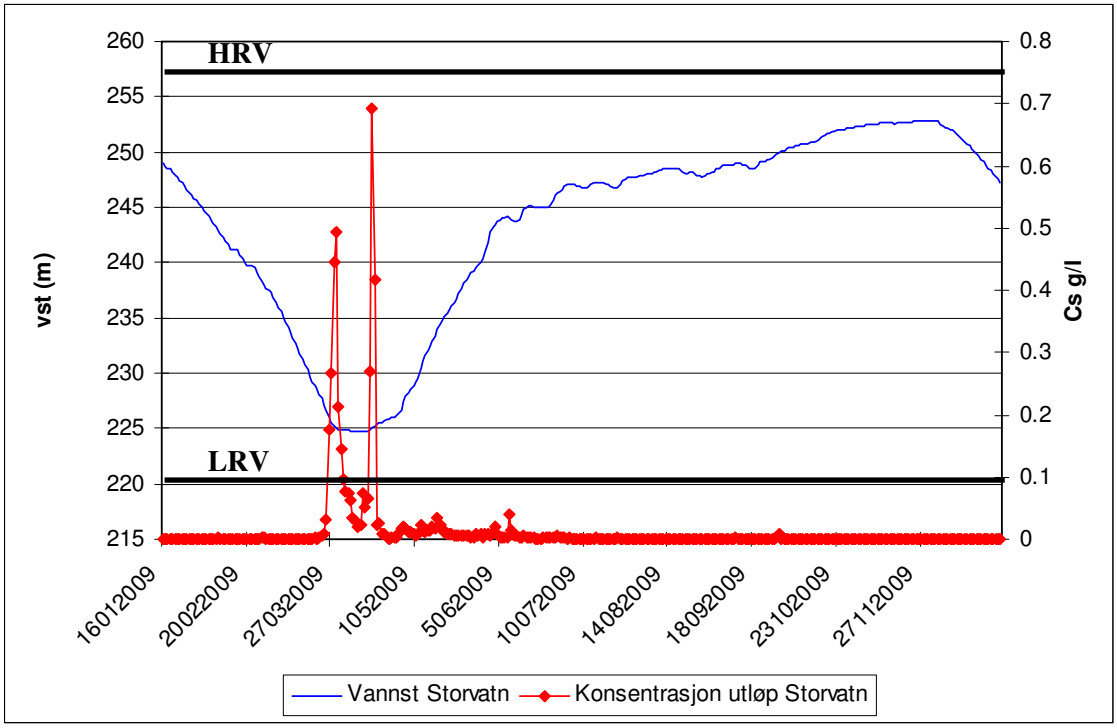


Fig. 2.4. **Minerogen suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet og vannstand i Storvatnet i 2009.**

2.2 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2010

Suspensjonskonsentrasjonen vedvarer på et lavt nivå fra årsskiftet 2009-2010 og fram til siste halvdel av februar. Tidvis med små utslag på opp mot 5 mg/l. Fra 19. februar stiger konsentrasjonen gradvis til et maksimum på ca 70 mg/l i løpet av noen få dager, fig. 2.5. Dette skjer samtidig med at vannstanden synker til nivåer omkring 227-226 moh (gammelt høydegrunnlag), se fig. 2.8 og fig. 2.13 Hovedårsaken til konsentrasjonsøkningen skyldes trolig utvasking av bunnsedimenter i områdene nærmest tunnelinnslaget, (se fig. 3.8), men det er uvisst hvor mye materiale som bringes inn fra tørrlagte områder noe lenger unna.

Vannføringsforholdene i tappetunnelen i perioden før og under nedtappingsfasen følger det samme mønsteret som i 2009. Konsentrasjonsforskjellene mellom nedtappingene i 2009 og 2010 er allikevel relativt store. Isforholdene under nedtappingen kan hatt en viss innvirkning siden vannstanden var ned på et minimum så tidlig som i slutten av februar. I 2009 var ikke vannstanden nede på et minimum før i slutten av mars.

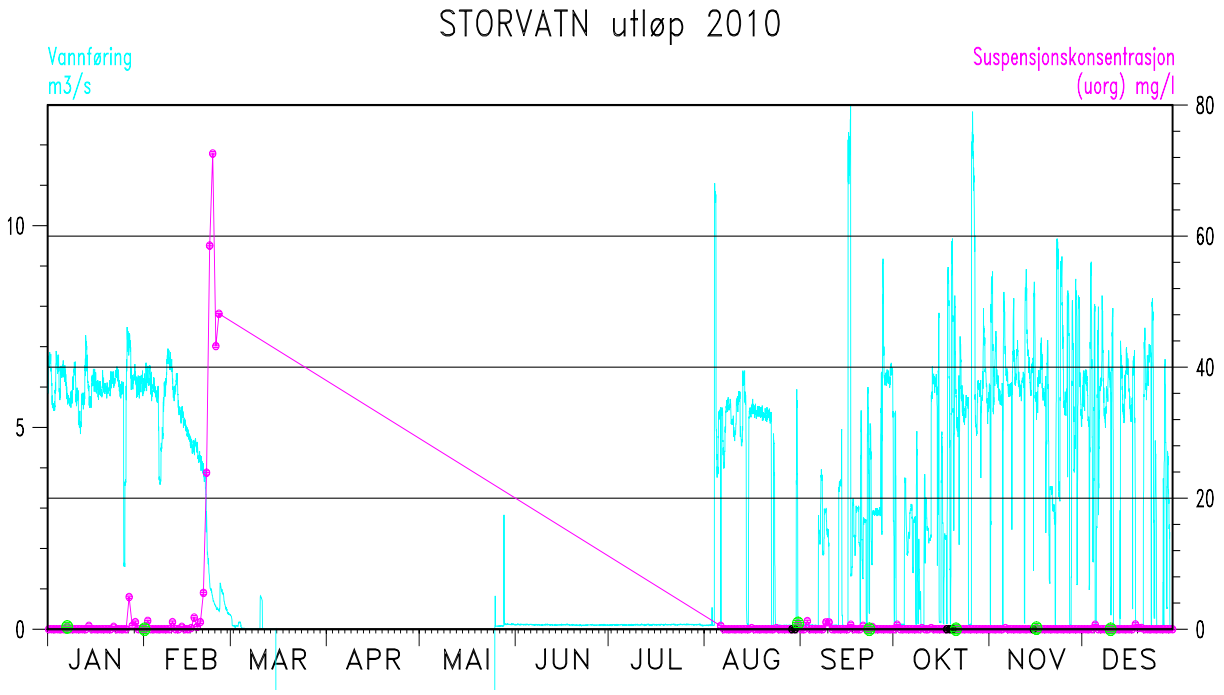
Tappetunnelen er stengt i perioden 25. februar og fram til 5. august 2010. I løpet av sommeren i ble det utført en oppgradering av inntakskonstruksjonen, se fig. 3.8. En ønsket effekt av denne oppgraderingen er bl.a at det bringes mindre sedimenter inn i tappetunnelen.

I forbindelse med åpning av luken i begynnelsen av august øker konsentrasjonen noe i en kort periode. Dette har trolig sammenheng med utvasking av sedimenter fra tunnelsålen.

Deretter synker konsentrasjonen ned til et minimum, selv om vannføringen øker opp mot samme nivå som i begynnelsen av februar. Lavere konsentrasjoner har trolig sammenheng med økt vannstand i Storvatnet og dermed mindre erosjon og utvasking av bunnsedimenter i nærheten av tunnelinnslaget. Endringer i tappevolum ut av tunnelen ser ikke ut til å gi variasjoner i sedimentkonsentrasjon under forhold med høy vannstand. Unntaket kan være når tunnelen stenges helt og at det inntreffer en utspylingseffekt ved neste åpning. Det var antydning til et slikt kjøremønster i perioder i løpet av høsten 2010, men konsentrasjonene varierte på et svært lavt nivå 0-1 mg/l, som er under grensen av hva som kan betraktes som målbart.

Tabell 2.2 Avløp, minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden januar til desember 2010.

Mnd	Ant døgn	Avløp		Uorganisk Suspensjonstransport				Organisk Suspensjonstransport			
		Total Mill m^3	Pr. døgn mill m^3	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l
JAN	31	16.4	0.53	4.39	0.14	0.27	4,9	10.1	0.326	0.62	1,1
FEB	25	9.7	0.39	26.8	1.07	2.77	72,6	6.05	0.242	0.63	3,5
Tunnelen stengt fra 1/3 til 5/8 2010											
AUG	26	7.52	0.29	0.29	0.011	0.04	0,9	6.83	0.263	0.91	1,4
SEP	30	4.65	0.15	0.62	0.021	0.13	1,2	5.45	0.182	1.17	1,8
OKT	31	8.52	0.27	0.1	0.003	0.01	0,7	8.05	0.26	0.94	1,6
NOV	30	15.75	0.52	0.18	0.006	0.01	0,2	9.97	0.332	0.63	1,3
DES	30	8.9	0.3	0.23	0.008	0.03	0,7	6.17	0.206	0.69	1,5
2010	203	71.44	0.35	32.61	0.16	0.46	72,6	52.62	0.26	0.74	3,5



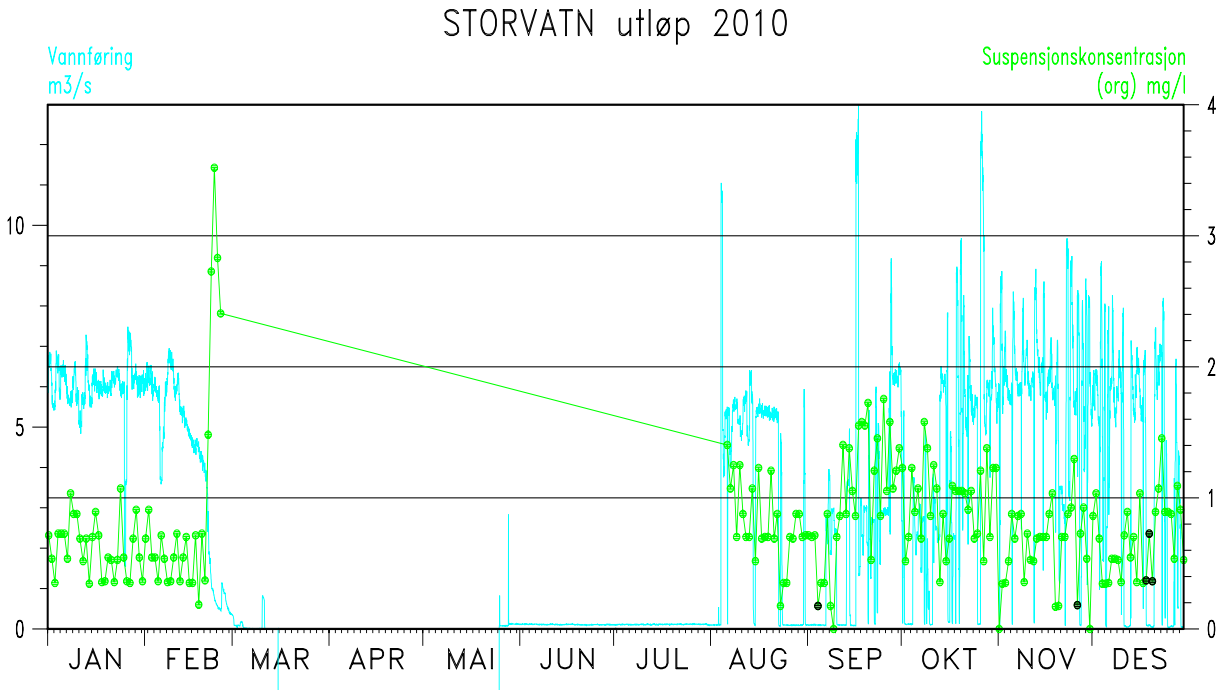
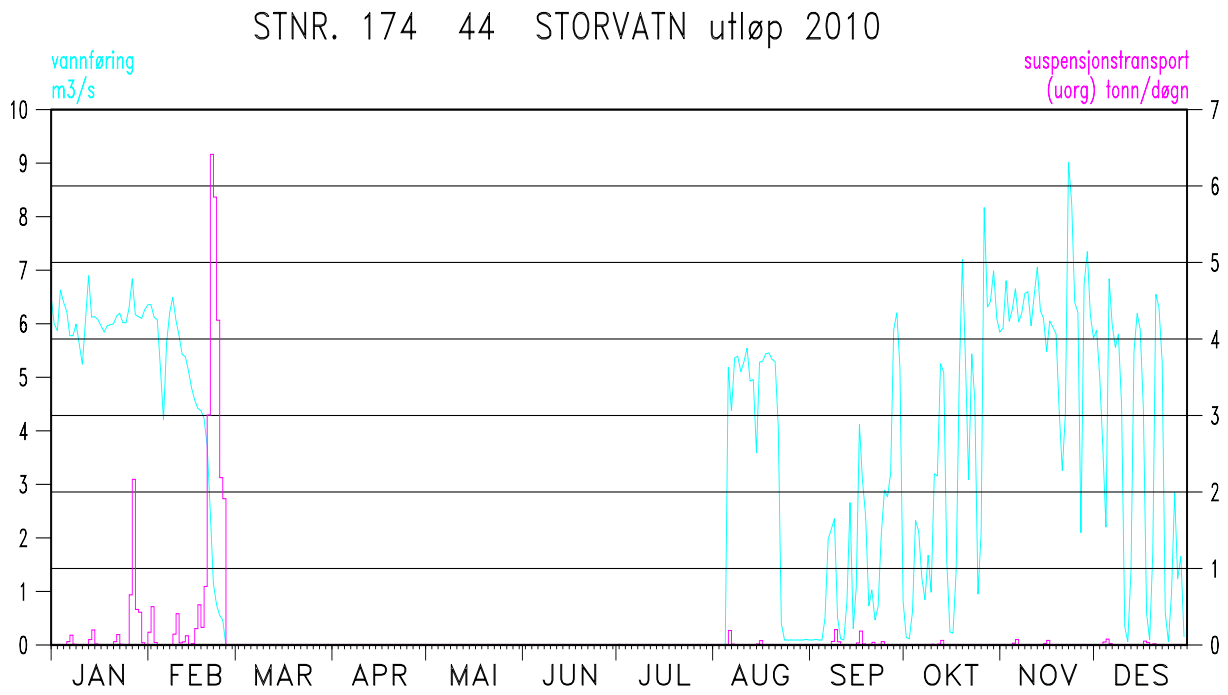


Fig. 2.5. **Minerogen og organisk suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet i 2010 (svarte symboler er interpolerte verdier). Store grønne symboler er tidspunkt for kornfordelingsprøver.**



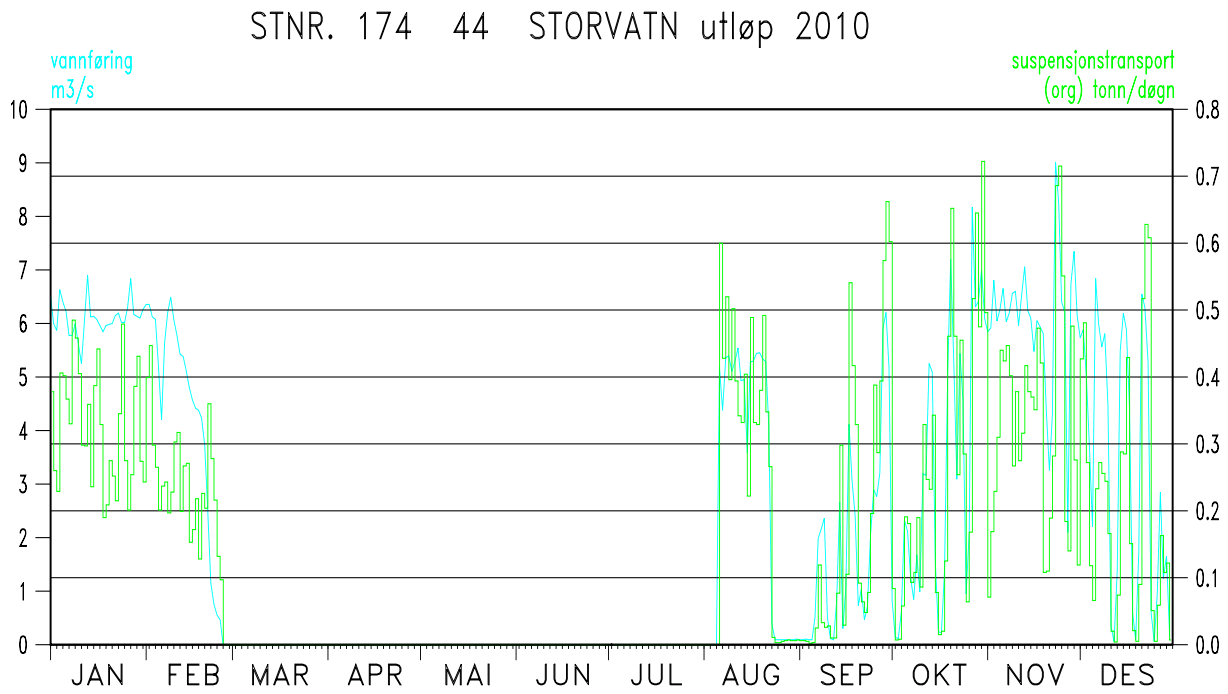
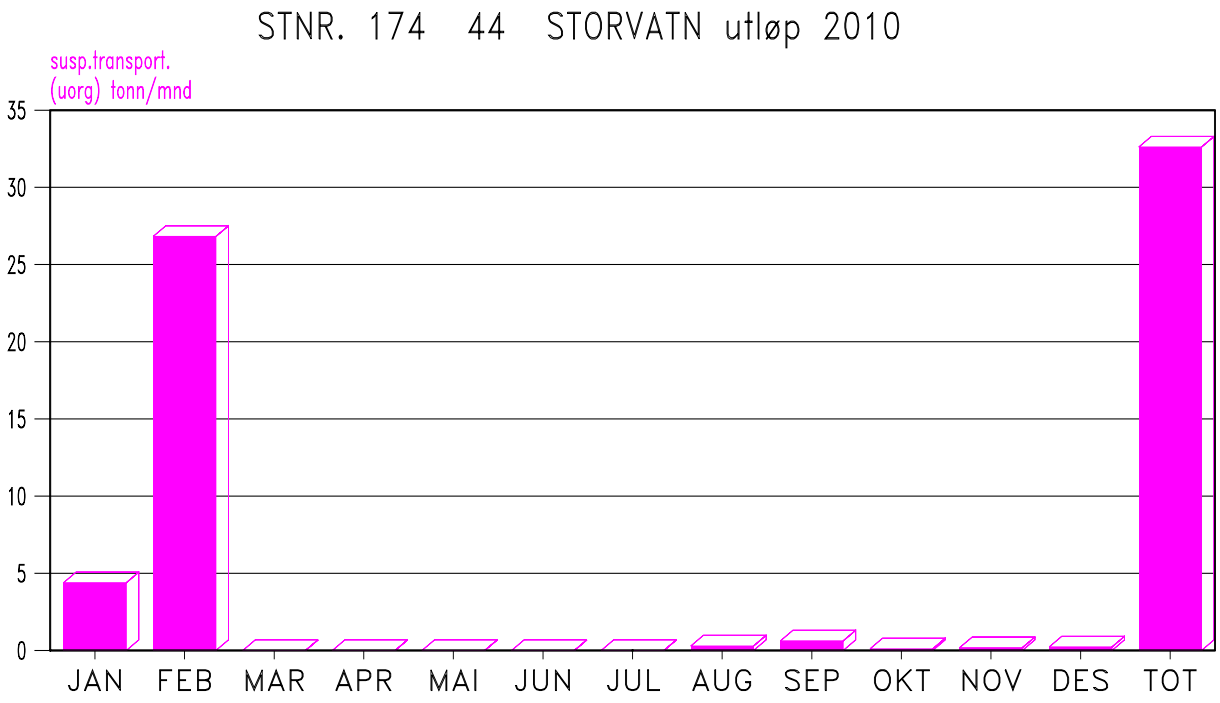


Fig. 2.6. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2010. Vannføringen er vektet døgnmiddel og avviker noe fra presentasjoner med høyt oppløste data.**



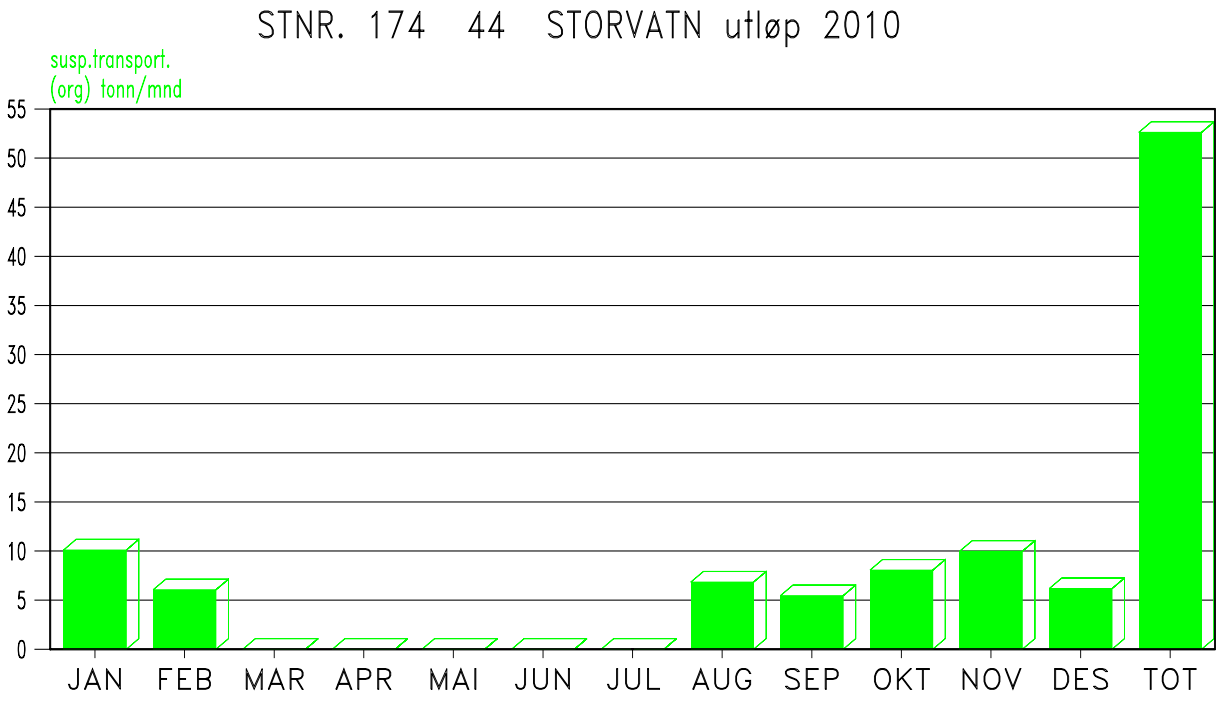


Fig. 2.7. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden januar til desember 2010. Tunnelen stengt fra 1/3 til 5/8 2010.**

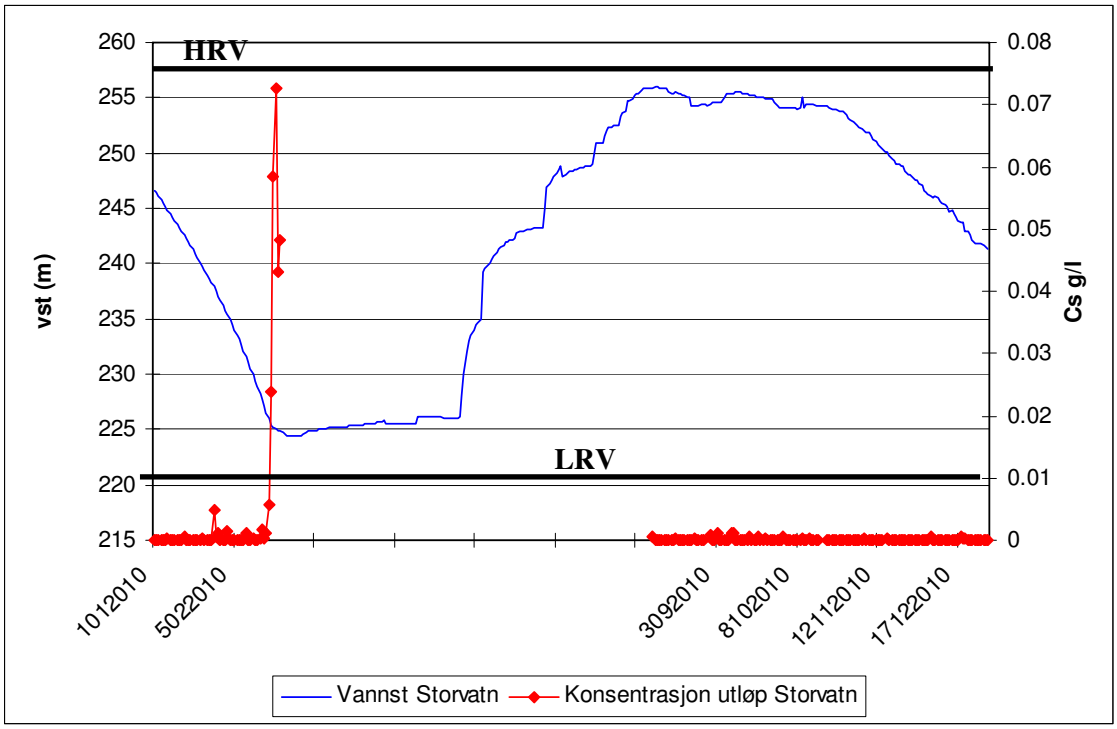


Fig. 2.8. **Minerogen suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet og vannstand i Storvatnet i 2010.**

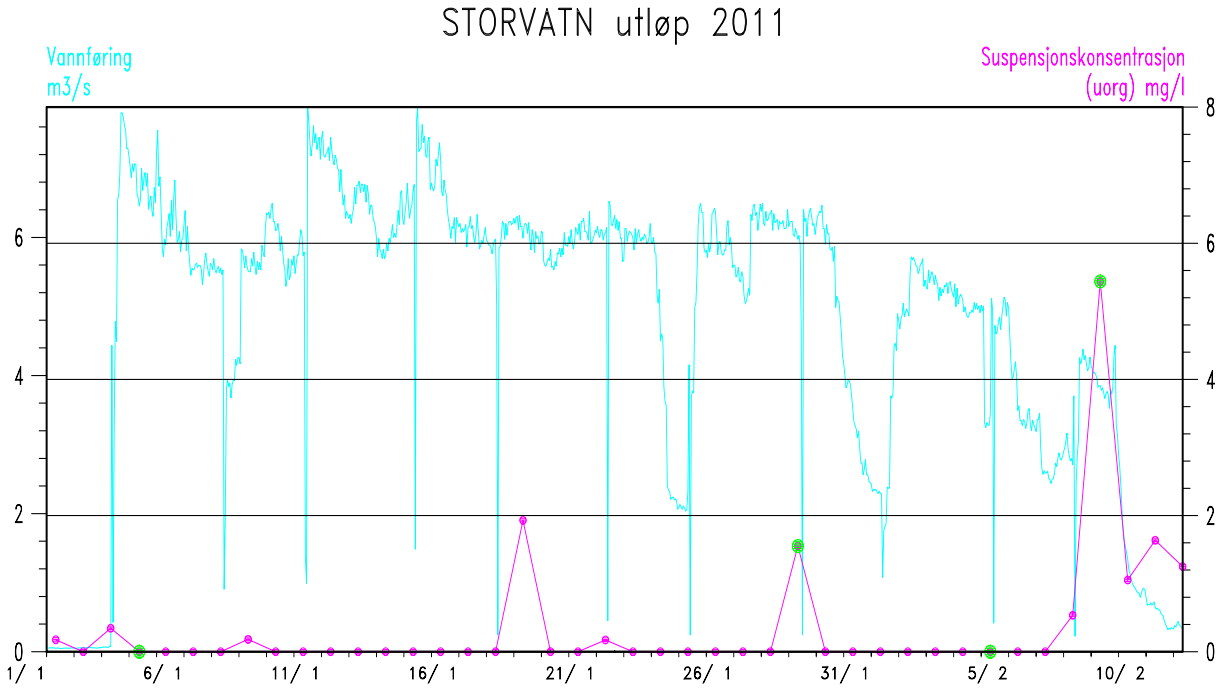
2.3 Suspensjonskonsentrasjon og transport i 2011

Suspensjonskonsentrasjonen vedvarer på et lavt nivå fra årsskiftet 2010-2011 og fram til første halvdel av februar. Tidvis med små utslag på opp mot 2 mg/l. Fra 7. februar stiger konsentrasjonen til et maksimum på 5.4 mg/l i løpet av to dager, som er betydelig lavere enn i 2009 og 2010. Dette skjer samtidig med at vannstanden synker til nivåer omkring 227-226 moh (gammelt høydegrunnlag), se fig. 2.9 og 2.13. Utløpstunnelen ble stengt 11. februar.

Konsentrasjoner på 5-6 mg/l er svært lave nivåer. Vannføringsforholdene i tappetunnelen i perioden før og under nedtappingsfasen følger det samme mønsteret som i 2009 og 2010. Det er grunn til å tro at den sterkt reduserte konsentrasjonen i 2011 skyldes oppgraderingene av inntakskonstruksjonen som ble utført sommeren 2010, se fig. 3.8.

Tabell 2.3 Avløp, minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden januar til februar 2011.

Mnd	Ant døgn	Avløp		Uorganisk Suspensjonstransport				Organisk Suspensjonstransport			
		Total Mill m^3	Pr. døgn mill m^3	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons mg/l
JAN	31	13.85	0.45	2.02	0.065	0.15	1.9	8.62	0.278	0.62	1.4
FEB	11	2.84	0.26	1.95	0.178	0.69	5.4	2.63	0.239	0.93	1.2
2011	42	16.69	0.4	3.97	0.094	0.24	5.4	11.26	0.268	0.67	1.4



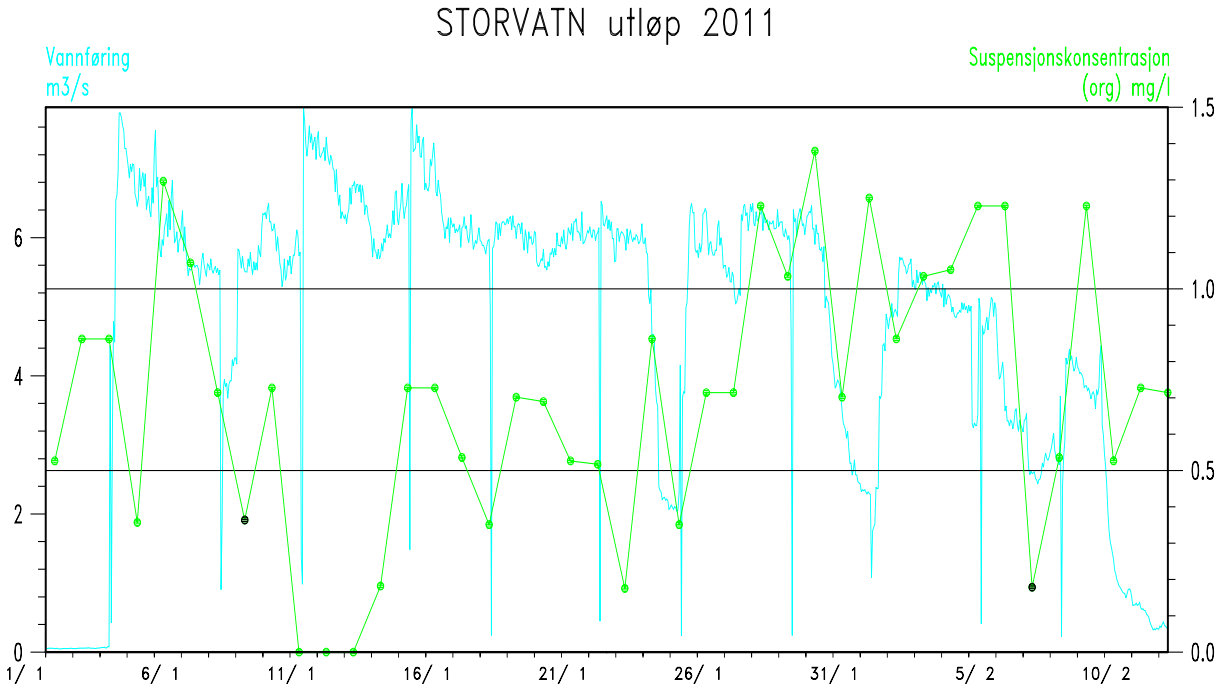
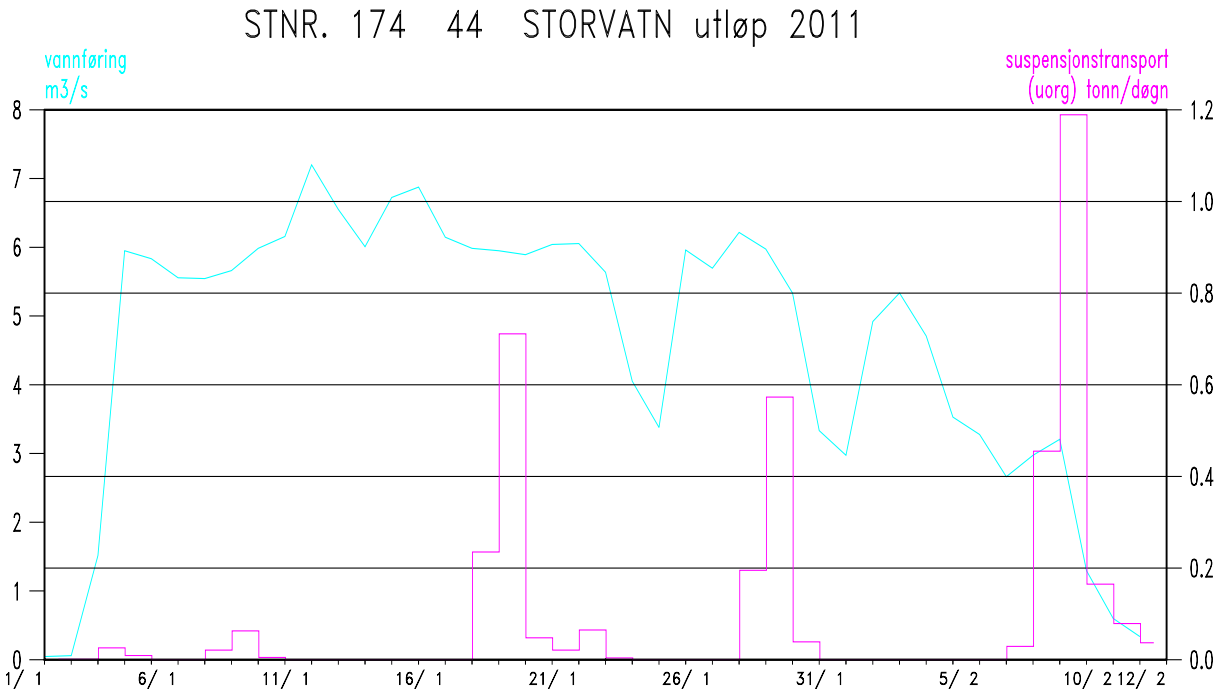


Fig. 2.9. **Minerogen og organisk suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet i 2011 (svarte symboler er interpolerte verdier). Store grønne symboler er tidspunkt for kornfordelingsprøver.**



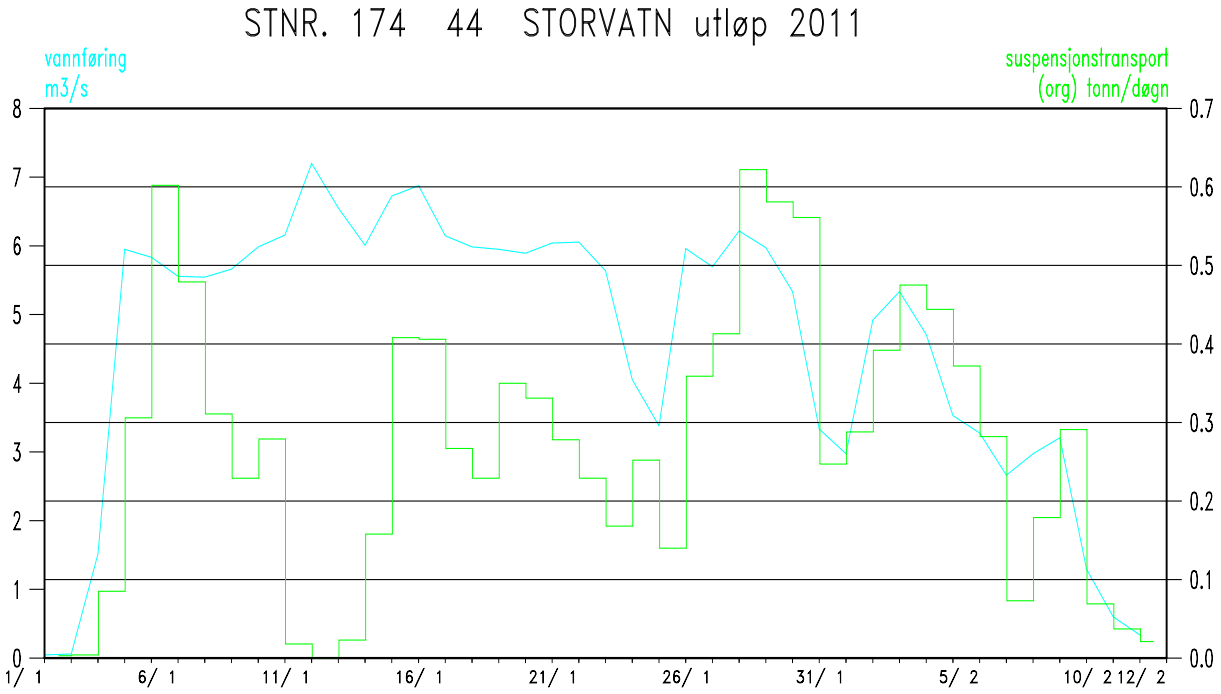
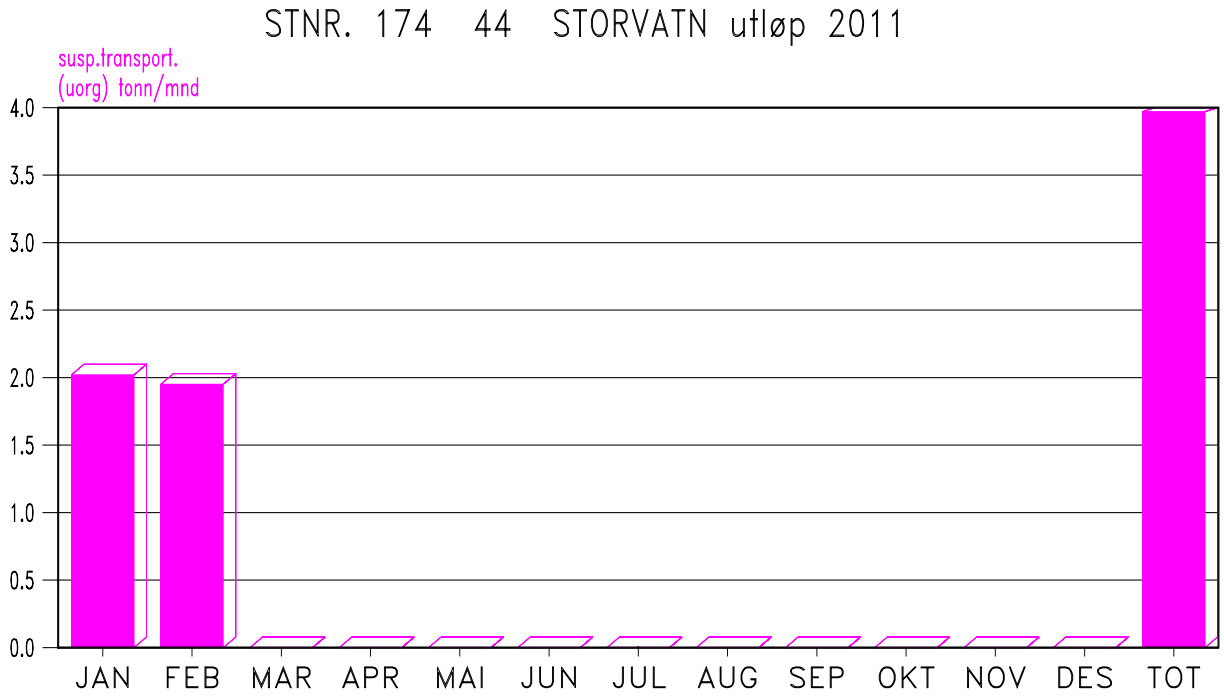


Fig. 2.10. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2011. Vannføringen er vektet døgnmiddel og avviker noe fra presentasjoner med høyt oppløste data.**



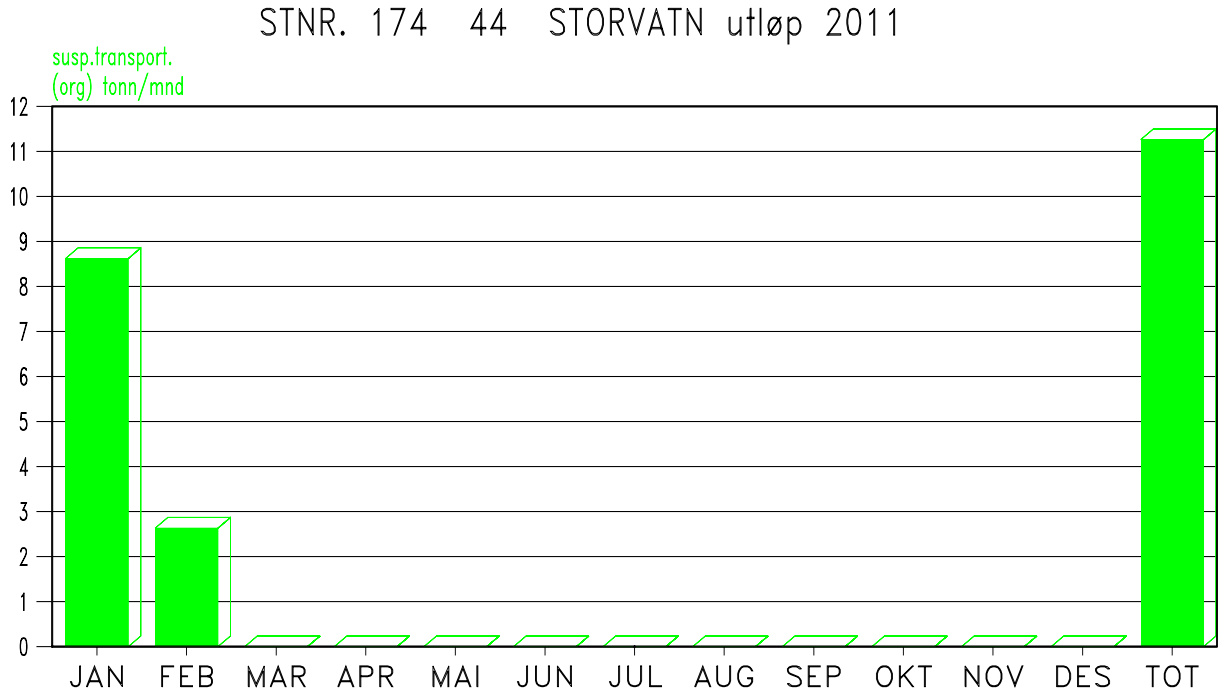


Fig. 2.11. **Minerogen og organisk suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i perioden 1. januar til 11. februar 2011.**

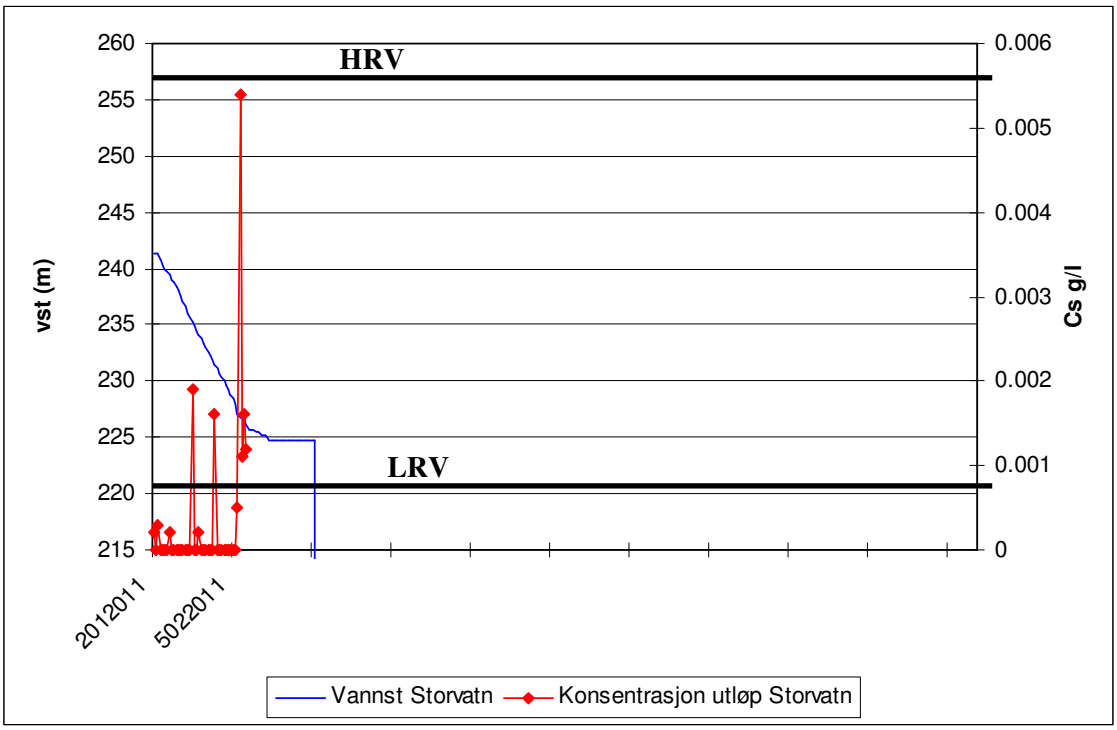


Fig. 2.12. **Minerogen suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet og vannstand i Storvatnet i 2011.**

2.4 Økt konsentrasjon ved lav vannstand

Felles for alle årene med målinger er at konsentrasjonen stiger når vannstanden synker til nivåer omkring 227-226 moh (gammelt høydegrunnlag), se fig. 2.13ab. Økning i konsentrasjon er størst i 2009, da den øker fra et minimum og til ca 500 mg/l i løpet av noen få dager. Det samme skjer i 2010 med en økning fra et minimum og til ca 70 mg/l. I 2011 var det også en økning i konsentrasjonen da vannstanden var kommet ned til ca 227 m, men til en vesentlig lavere konsentrasjon enn i de to foregående årene (mellom 5 og 6 mg/l).

Vannføringsforholdene i tappetunnelen i perioden før og under nedtappingsfasen følger det samme mønsteret i alle tre årene. Konsentrasjonsforskjellene mellom de tre nedtappingene er allikevel relativt store. Isforholdene under nedtappingen kan hatt en viss innvirkning. I 2009 var ikke vannstanden nede på et minimum før i slutten av mars, mens i 2010 og 2011 skjedde dette tidligere, henholdsvis i første og siste halvdel av februar. Endringer i tappevolum ut av tunnelen ser ikke ut til å gi variasjoner i sedimentkonsentrasjon under forhold med høy vannstand.

Hovedårsaken til konsentrasjonsøkningen skyldes trolig utvasking av bunnsedimenter i områdene nærmest tunnelinnslaget (se fig. 3.8), men det er uvisst hvor mye materiale som bringes inn fra tørrlagte områder noe lenger unna.

I løpet av sommeren i 2010 ble det utført en oppgradering av inntakskonstruksjonen, se fig. 3.8. Dette er sannsynligvis hovedårsaken til den reduserte utspylingen på lav vannstand i februar 2011. Det er svært lite tilsig til Storvatn i de aktuelle periodene, mars 2009 og februar 2010 og 2011.

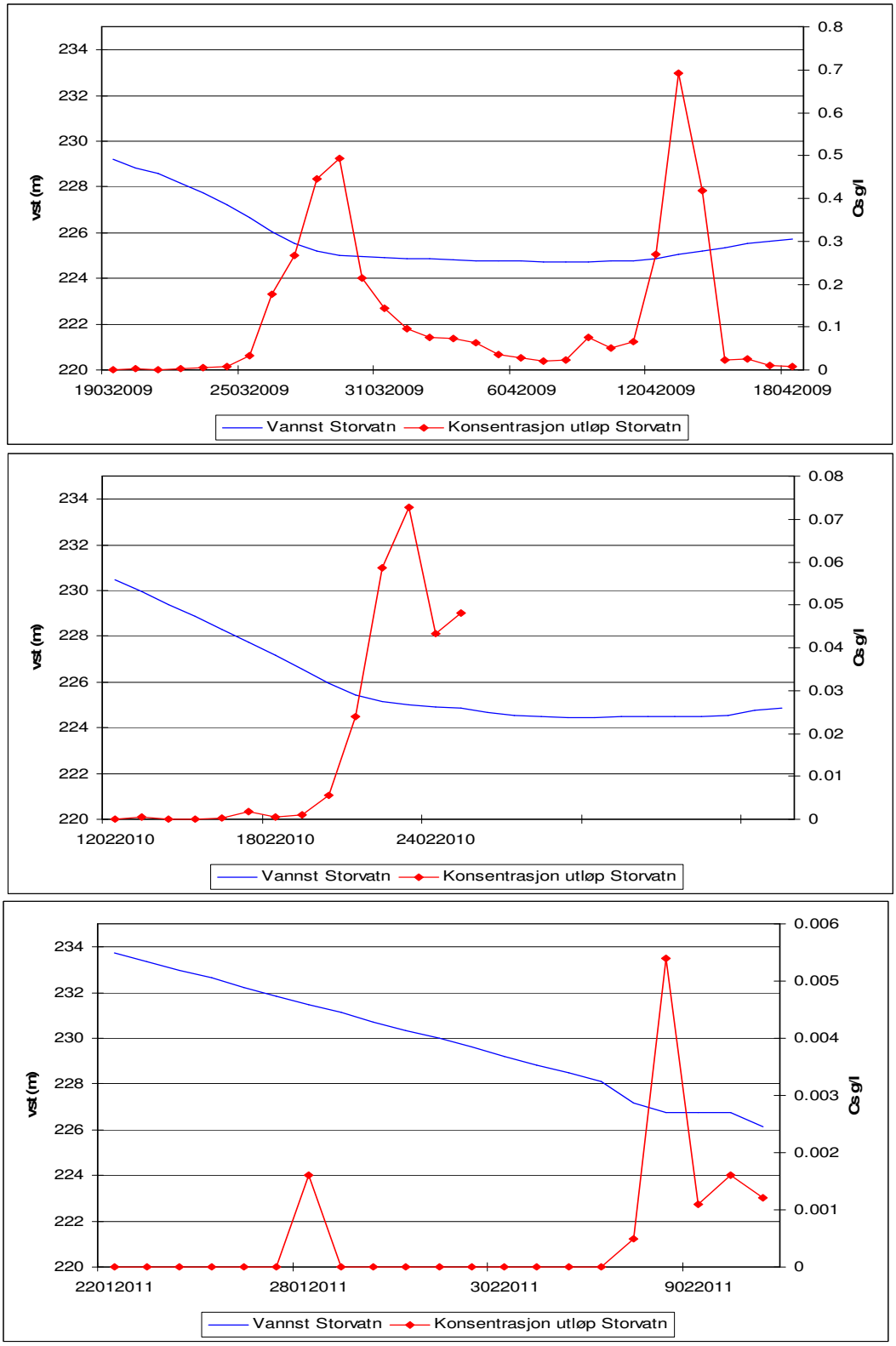
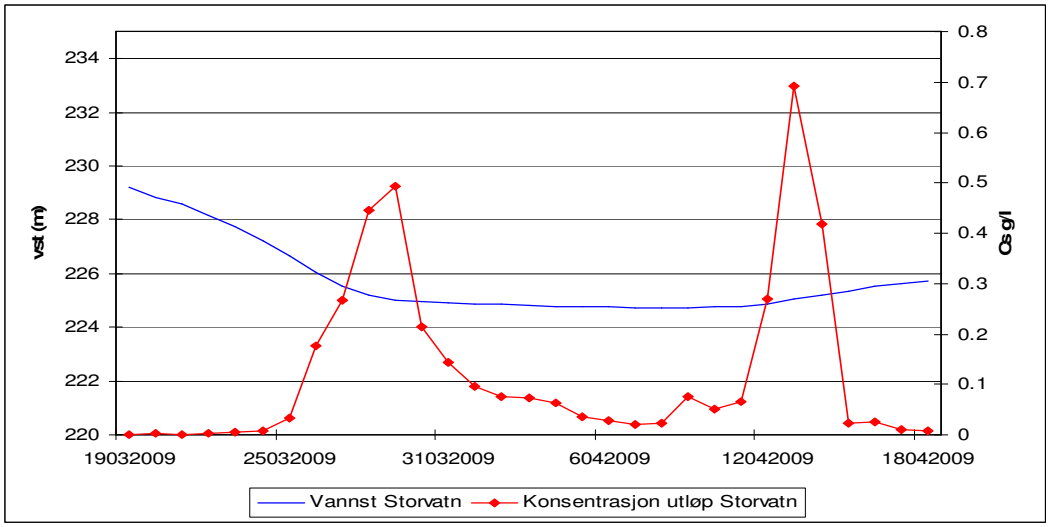
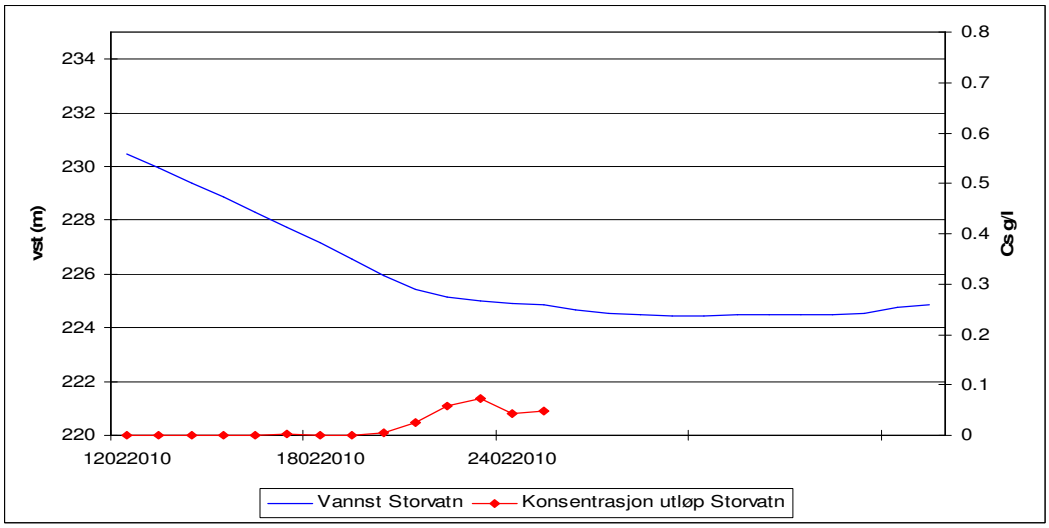


Fig. 2.13a. **Minerogen suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet i perioder med lav vannstand i Storvatnet i 2009, 2010 og 2011**





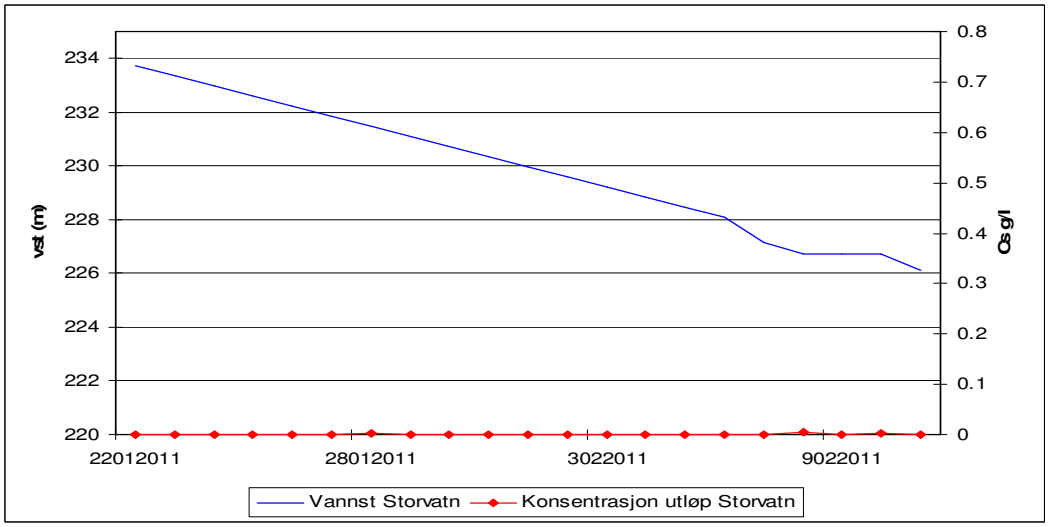


Fig. 2.13b. **Minerogen suspensjonskonsentrasjon ved utløp Storvatnet i perioder med lav vannstand i Storvatnet i 2009, 2010 og 2011. (samme skala).**

3. Kornfordeling av suspensjons materialet i utløpet av Storvatn

3.1 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2009

Analyse av kornfordelingen av minerogent materiale er utført på i alt 17 prøver i tidsrommet 2/2– 14/12 2009. Prøvematerialet er dekantert fra vannprøver på 45 l. Disse er pumpet opp med separat pumpe. Resultatene fra kornfordelingsanalysene er vist i tabell 3.1, fig. 3.1 og fig. 3.2.

I gjennomsnitt inneholdt materialet 12.7 % leire, 79.1 % silt og 8.2 % sand. Leirinnholdet varierer fra 6.1 til 29.6 %, mens silt og sand varierer med innhold fra henholdsvis 63.0 til 90.5 % og 1.9 til 17.1 %. I perioden 20. mars til 15. april ble det målt to markerte pulser i suspensjonskonsentrasjon med konsentrasjon opp mot henholdsvis 500 mg/l og 700 mg/l. Dette er en periode med lav vannstand i Storvatnet. Kornfordelingsanalyser i denne perioden viser en markert økning av sandinnholdet i suspensjonsmaterialet. Dette skyldes sannsynligvis utvasking av bunnsedimenter i Storvatnet nær tunnel innslaget, se fig. 3.8. I forbindelse med den andre pulsen er det en liten økning i tilsiget til Storvatn, som fører til at vannstanden stiger noe. I løpet av denne episoden er det liten økning i leirandelen i suspensjonsmaterialet, se tabell 3.1 og fig. 3.2. Dette kan indikere at sedimentkildene ikke nødvendigvis kun stammer fra sandskråningene ved inntakskonstruksjonen, men også fra andre kilder i magasinet eller fra elveløpene omkring. I perioden april til juni er det også målt en viss økning i andelen partikler i leirfraksjonen, samtidig som sandinnholdet avtar til et minimum. Dette kan skyldes utvasking av finmateriale som sannsynligvis tiltar når is og snø i reguleringssonen gradvis smelter og bølgeerosjon og utvasking i forbindelse med at vannstanden gradvis stiger i samme periode. Det kan også være en viss tilførsel av partikler fra elvene og breene omkring i denne perioden. Andelen finfordelte partikler avtar igjen i løpet av juli. Dette sammenfaller med at vannstanden har steget så mye at det meste av reguleringssonen er satt under vann. Vannføring i 2009 og flerårsmiddel (1982-2007) av vannføringen i Storelva (st.nr 174.3 Øvstevatn) og vannstandsutviklingen i Storvatn er vist i fig. 3.3a og fig. 3.3b. Flerårsmiddel av vannføringen i Storelva gir et bilde av tilsigsforholdene/ vannføringsregimet i området sammenlignet med manøvreringen av Storvatn magasinet.

Tabell 3.1. Vannføring og andel leir, silt og sand i suspensjonsprøver, utløp Storvatnet i 2009. Tre av prøvene er tatt under forhold med stengt tappeluke. Det er imidlertid en viss lekkasje (13-25 l/s, merket rødt) som allikevel kan gi et representativt bilde av magasinvannet. Resultater fra Håkvik kraftstasjon (blå) og samtidig prøve fra utløp Storvatn (lys blå).

ID	Dato kl	vannf. utløp (m^3/s)	vst Storv (m)	%leir	%silt	%sand
HAK001	2/2 0900	5.16	244.7	7.7	90.5	1.9
HAK002	25/2 1200	Ca 6.0	238.7	6.1	86.1	7.9
HAK003	23/3 0915	4.35	227.7	15.0	82.7	2.3
HAK004	30/3 0830	0.58	225	4.3	78.6	17.2
HKR005 KRV	**2/4 1150**	**2.1**		**22.7**	**66.3**	**11.1**
HAK006	**2/4 1230**	**0.29**	**224.8**	**4.5**	**84.2**	**11.4**
HAK007	16/4 0850	0.013	225.5	19.9	63.0	17.1
HAK008	8/5 0850	0.025	232.9	29.6	69.7	0.7
HAK009	2/6 0910	0.019	243.2	28.0	72.0	0.0
HAK010	26/6 0920	4.28	245.2	22.9	74.9	2.2
HAK011	20/7 0850	4.5	247.1	8.4	81.8	9.8
HAK012	17/8 0840	2.15	248.5	7.9	79.2	12.9
HAK051	9/9 1010	0.145	248.2	7.3	79.5	13.2
HAK052	2/10 0855	0.047	250.3	18.9	74.7	6.5
HAK053	27/10 1330	0.025	252.1	8.7	82.4	8.8
HAK054	20/11 1210	0.052	252.8	7.0	80.2	12.8
HAK055	14/12 0810	8.043	251.18	7.5	85.5	7.0
Middel (utløp)				**12.7**	**79.1**	**8.2**

3.2 Sedimenttransport og kornfordeling i Håkvik kraftstasjon i 2009.

For å få kjennskap til sedimentmengden som passerer Nervatnet og ned til Håkvik kraftstasjon ble det også tatt en stikkprøve av suspensjonskonsentrasjon og kornfordeling på driftsvannet. Den aktuelle prøven ble tatt 2. april 2009 som er i en periode med svært lavt lokaltilsig til Nervatnet. Det er ikke direkte målinger av lokaltilsiget, men lav vannføring i Storelva oppstrøms Storvatnet (st.nr 174.3 Øvstevatn) indikerer lavt tilsig i denne perioden, se fig. 3.3b. Det meste av tilsiget og partikkeltilførsel kan derfor forventes å komme fra Storvatnet i denne perioden.

Vannføringen i overføringstunnelen fra Storvatn var på 0.29 m^3/s 2/4 kl 1200, men var på ca 4 m^3/s noen dager tidligere. Samtidig var det en driftsvannføring på 2.1, m^3/s 2. april. Suspensjonskonsentrasjonen ved utløp Storvatn ble målt til 75.6 mg/l som gir en transport på ca 1.9 tonn/ døgn. Konsentrasjonen i kraftstasjonen var på 1.8 mg/l som gir en transport på ca 0.33 tonn/døgn. Dette utgjør ca 17 % av transporten ut av Storvatnet samme døgn. Transporten fra Storvatnet var på over 80 tonn/døgn noen få dager tidligere (27/3), se fig. 3.2. Avstanden mellom innløp og utløp i Nervatnet er på ca 1.5 km, så det kan forventes en viss sedimentasjon og transporttid på strekningen. Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet var mer finfordelt i driftsvannet i kraftstasjonen enn det som ble målt i utløpet av Storvatnet, med et leirinnhold på henholdsvis 22.7 % og 5.5 %, se tabell 3.1 og fig. 3.1c.

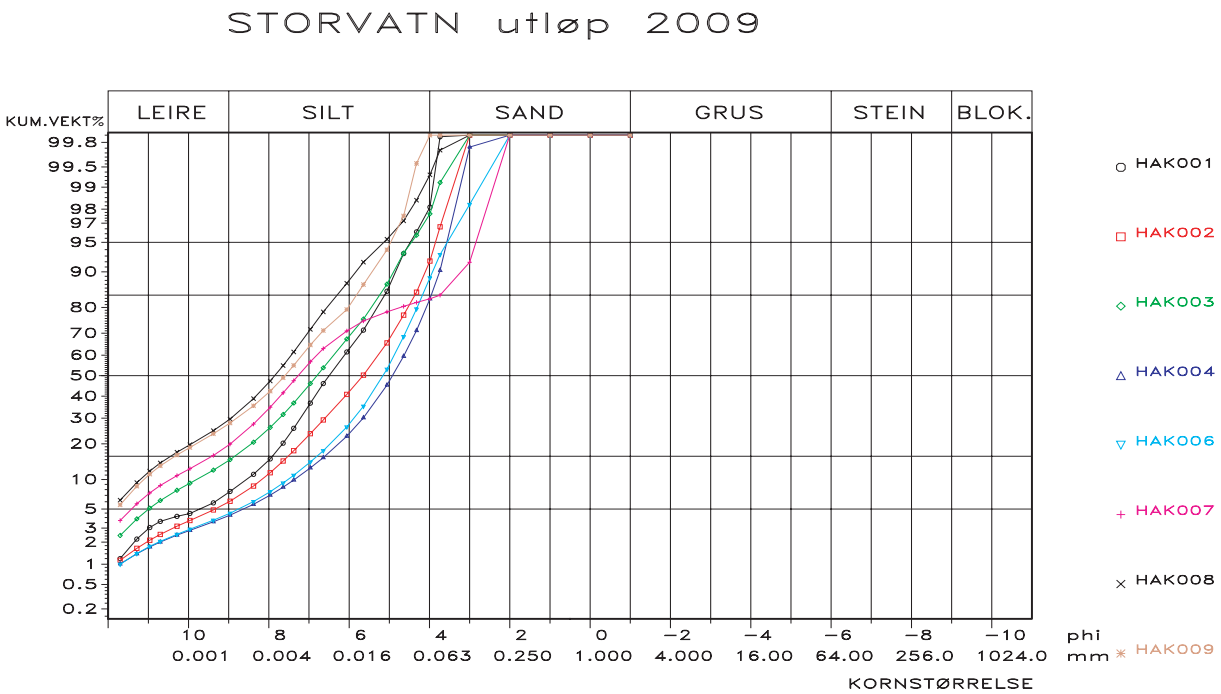


Fig. 3.1a. **Kornfordeling av suspensjonsmaterialet ved utløp Storvatnet i 2009 i perioden 2. februar til 16. april**

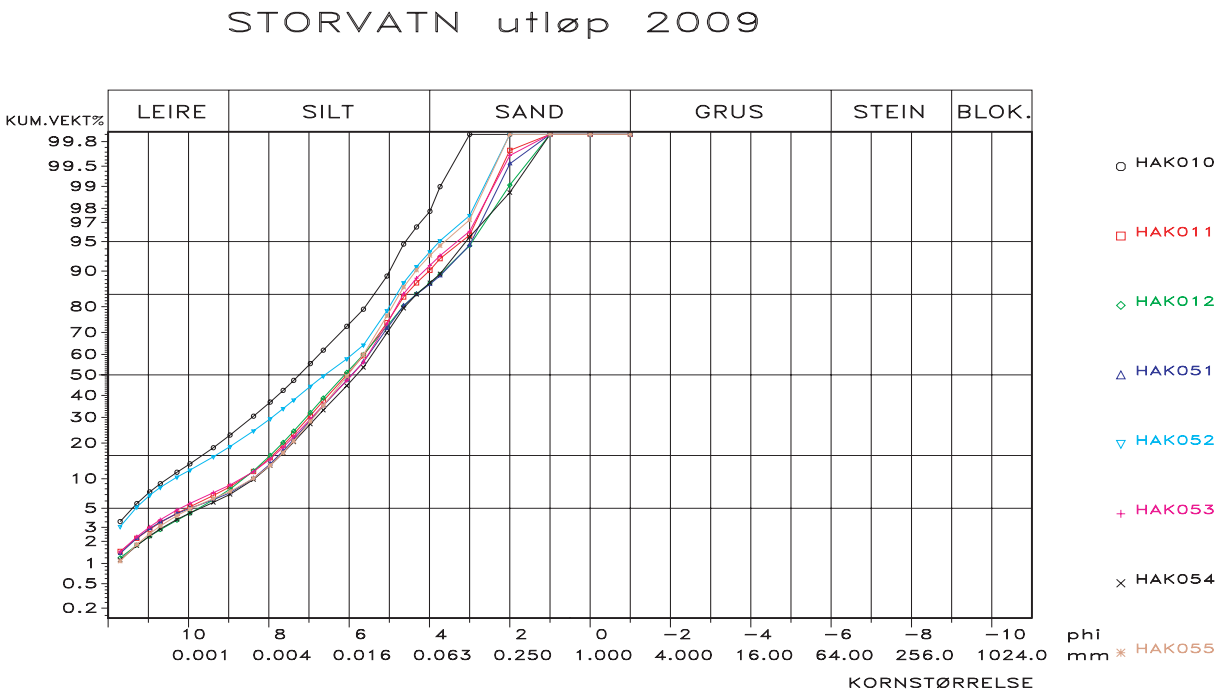


Fig. 3.1b. **Kornfordeling av suspensjonsmaterialet ved utløp Storvatnet i 2009 i perioden 8. mai til 17. august.**

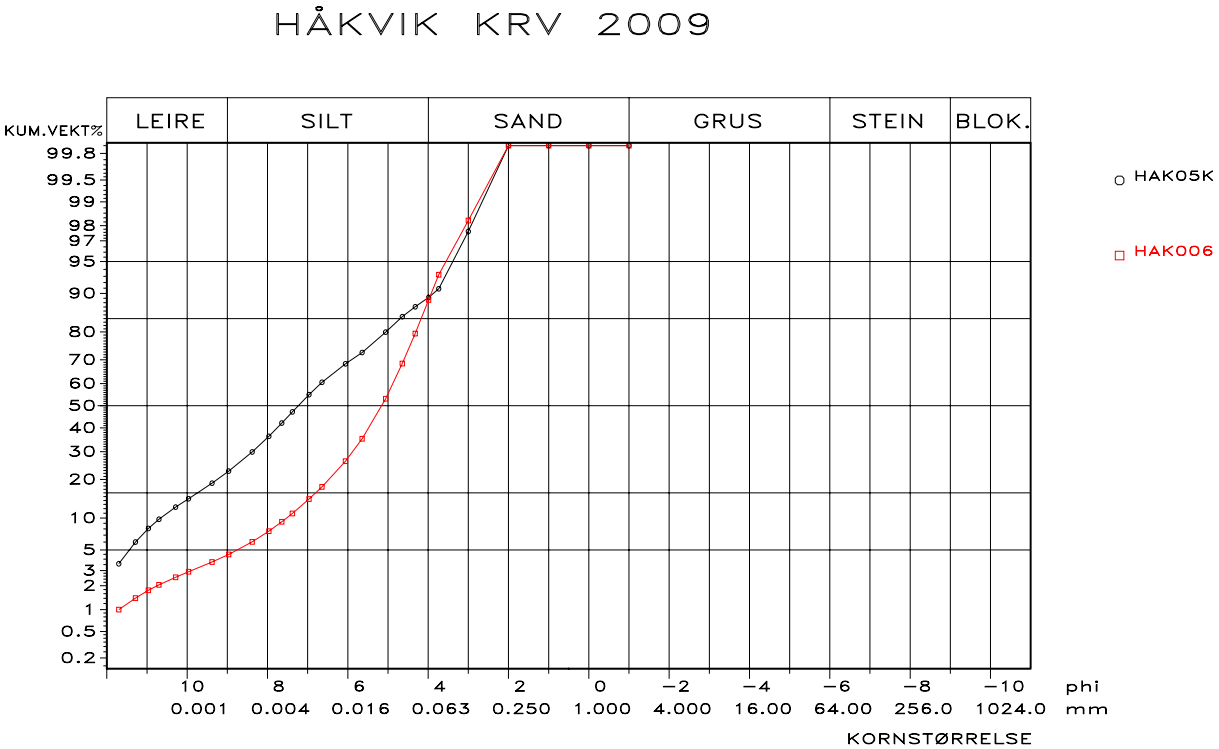


Fig. 3.1c **Kornfordeling av suspensjonsmaterialet ved Håkvik kraftverk (HAK05K) og utløp Storvatnet (HAK006) 2. april 2009.**

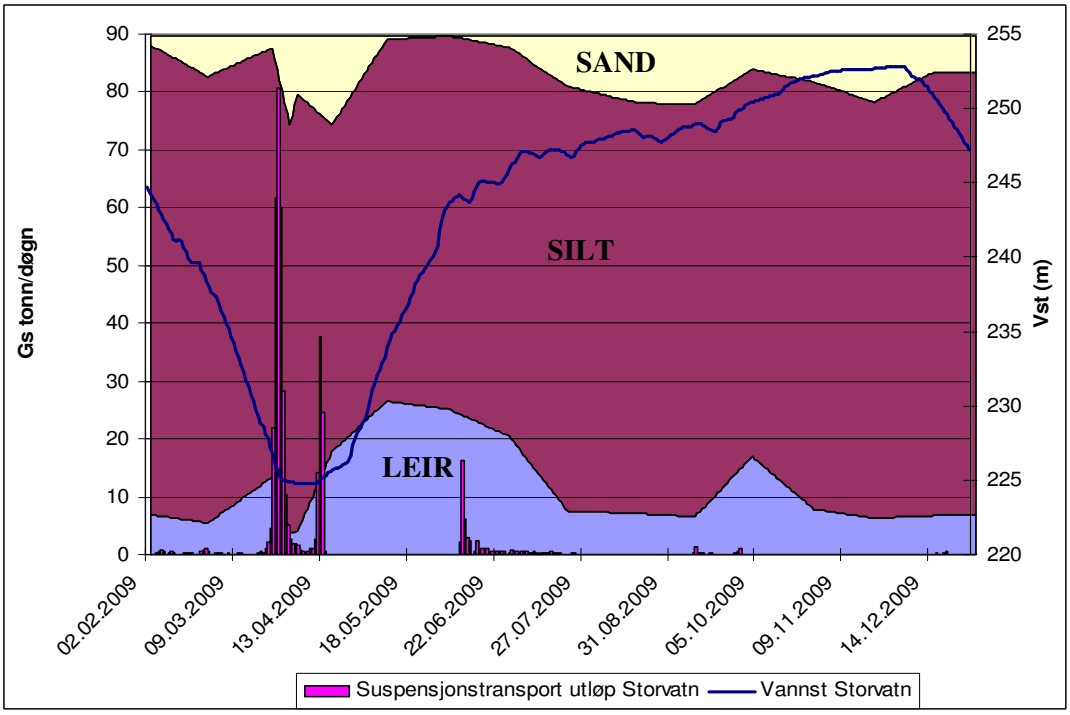


Fig. 3.2 **Minerogen suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2009 plottet sammen med vannstand i Storvatnet. Bakgrunnsfargene indikerer materialsammensetningen gjennom sesongen.**

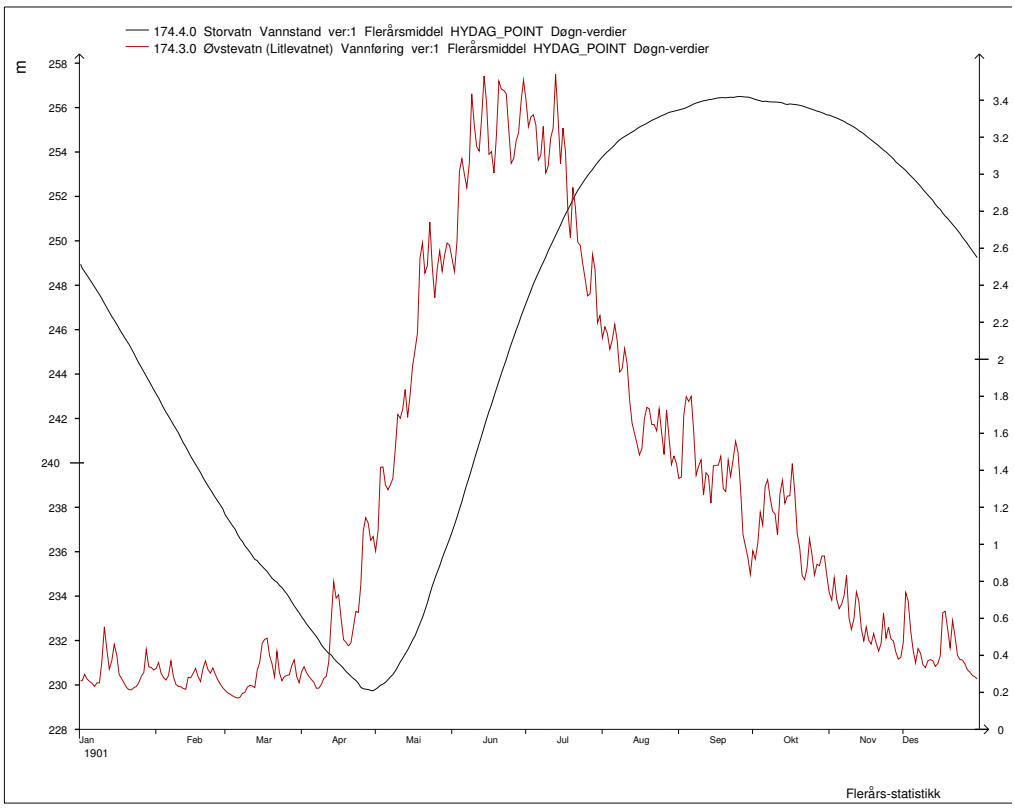


Fig. 3.3a Flerårsmiddel (1982-2007) av vannføringen i Storelva (st.nr 174.3 Øvstevatn) og vannstandsutviklingen i Storvatn.

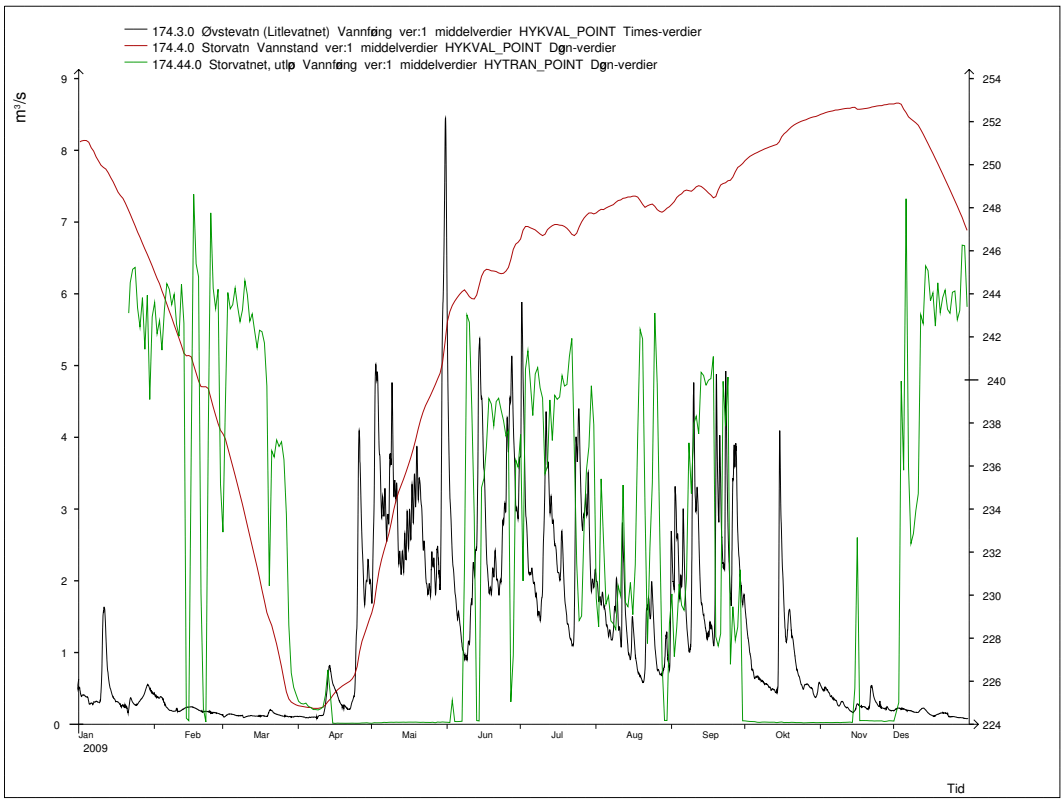


Fig. 3.3b Vannføring i Storelva, vannstand i Storvatn og vannføring utløp Storvatn i 2009 (st.nr 174.3 Øvstevatn, st.nr 174.4 Storvatn og st.nr 174.44 utløp Storvatn).

3.3 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2010

Analyse av kornfordelingen av minerogent materiale er utført på i alt 7 prøver i tidsrommet 7/1– 10/12 2010. Tunnelen er stengt i perioden fra 1/3 til 5/8 2010. Prøvematerialet er dekantert fra vannprøver på 45 l. Disse er pumpet opp med separat pumpe. Resultatene fra kornfordelingsanalysene er vist i tabell 3.2, fig. 3.4.

I gjennomsnitt inneholdt materialet 8.2 % leir, 75.7 % silt og 16.1 % sand. Leirinnholdet varierer fra 6.3 til 13.7 %, mens silt og sand varierer med innhold fra henholdsvis 66.7 til 82.9 % og 6.4 til 26.0 %. Leirinnholdet øker noe samtidig som vannstanden synker i løpet av januar og februar. Fra 19. februar stiger konsentrasjonen gradvis til et maksimum på ca 70 mg/l i løpet av noen få dager, fig. 2.5. Dette skjer samtidig med at vannstanden synker til nivåer omkring 227-226 moh (gammelt høydegrunnlag), se fig. 2.8 og fig. 2.13. Det ble ikke tatt prøver av kornfordelingen i denne perioden slik som i 2009.

Tunnelen var stengt fram til 5. august, så det ble ikke tatt kornfordelingsprøver på de laveste vannstandene og heller ikke i oppfyllingsfasen. I løpet av denne perioden har vannstanden steget fra ca 224 m opp til ca 257 m. I perioden fra august og fram til årsskiftet er det en viss variasjon i sand og silt innholdet, mens leirinnholdet varierer lite.

Tabell 3.2. Vannføring og andel leir, silt og sand i suspensjonsprøver, utløp Storvatnet i 2010.

ID	Dato kl	vannf. utløp (m^3/s)	vst Storv (m)	%leir	%silt	%sand
HAK001	7/1 0950	5.73	244.8	7.0	77.6	15.3
HAK002	1/2 0900	5.90	235.8	13.7	79.8	6.4
HAK003	31/8 1010	0.11	254.5	7.3	78.2	14.6
HAK004	23/9 0840	0.40	255.1	7.3	66.7	26.0
HAK005	21/10 0950	5.75	254.3	6.3	82.9	10.8
HAK006	16/11 0900	5.19	250.0	8.8	73.0	18.2
HAK007	10/12 0820	5.4	245.5	7.0	77.6	15.3
Middel (utløp)				**8.2**	**75.7**	**16.1**

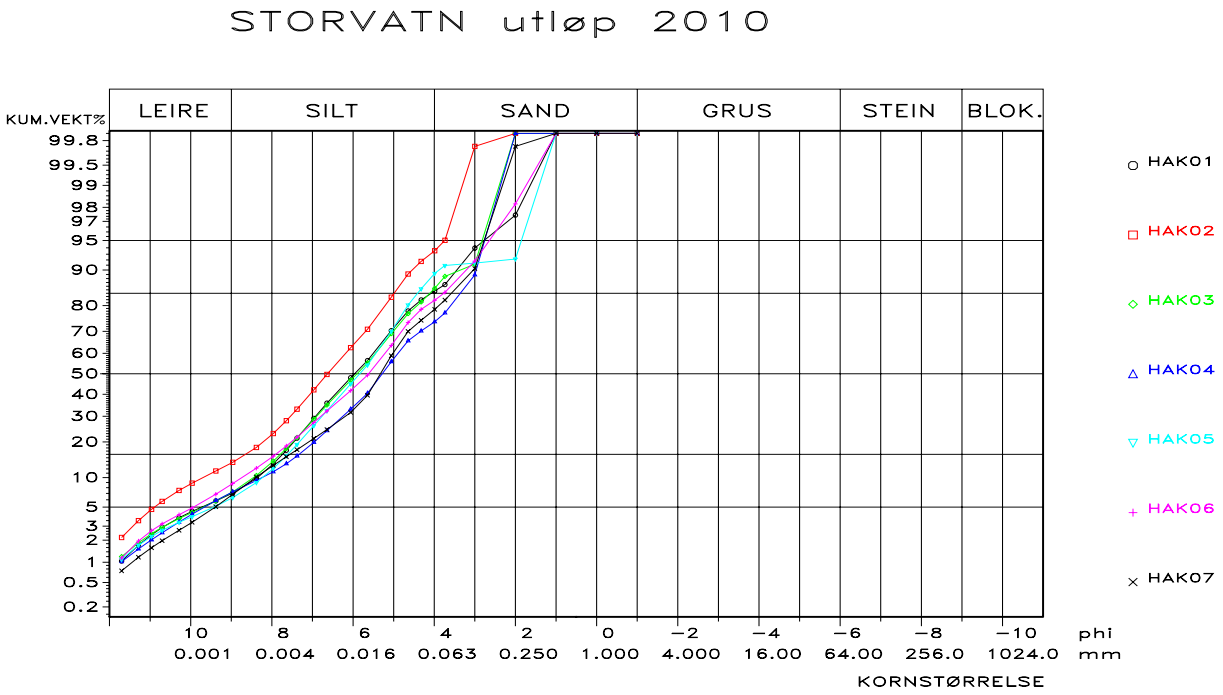


Fig. 3.4. **Kornfordeling av suspensjonsmaterialet ved utløp Storvatnet i 2010 i perioden 7. januar til 10. desember.**

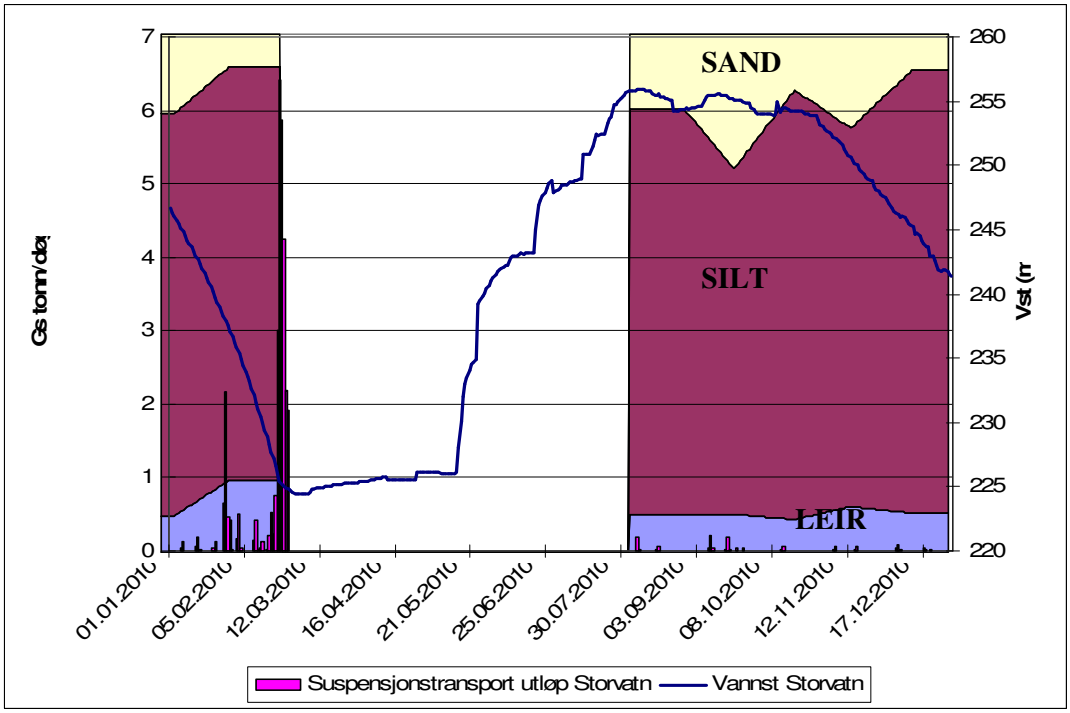


Fig. 3.5 **Minerogen suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2010 plottet sammen med vannstand i Storvatnet. Bakgrunnsfargene indikerer materialsammensetningen gjennom sesongen.**

3.4 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet i 2011

Det ble tatt fire prøver av kornfordelingen i perioden fra januar til februar 2011. Utløpstunnelen ble stengt 11. februar. Resultatene fra kornfordelingsanalysene er vist i tabell 3.3, fig. 3.6.

I gjennomsnitt inneholdt materialet 14.2 % leir, 79.3 % silt og 6.5 % sand. Leirinnholdet varierer fra 10.3 til 17.9 %, mens silt og sand varierer med innhold fra henholdsvis 68.7 til 87 % og 1.0 til 14.3 %. Leirinnholdet øker noe samtidig som vannstanden synker i løpet av januar og februar. Konsentrasjonen stiger til et lite maksimum 8. februar (5-6 mg/l), se fig 2.9. Det er noe mer sand i suspensjonsmaterialet ved lav vannstand (226.7 m) rett før tunnelen ble stengt enn tidligere på vinteren, se tabell 3.3, fig 3.6 og fig 3.7.

Tabell 3.3. Vannføring og andel leir, silt og sand i suspensjonsprøver, utløp Storvatnet i 2011

ID	Dato kl	vannf. utløp (m^3/s)	vst Storv (m)	%leir	%silt	%sand
HAK001	4/1 0900	6.45	240.7	10.3	87.0	2.7
HAK002	28/1 0850	6.03	231.5	11.4	80.5	8.1
HAK003	4/2 0930	5.05	228.8	17.9	81.1	1.0
HAK004	8/2 0900	3.79	226.7	17.1	68.7	14.3
Middel (utløp)				**14.2**	**79.3**	**6.5**

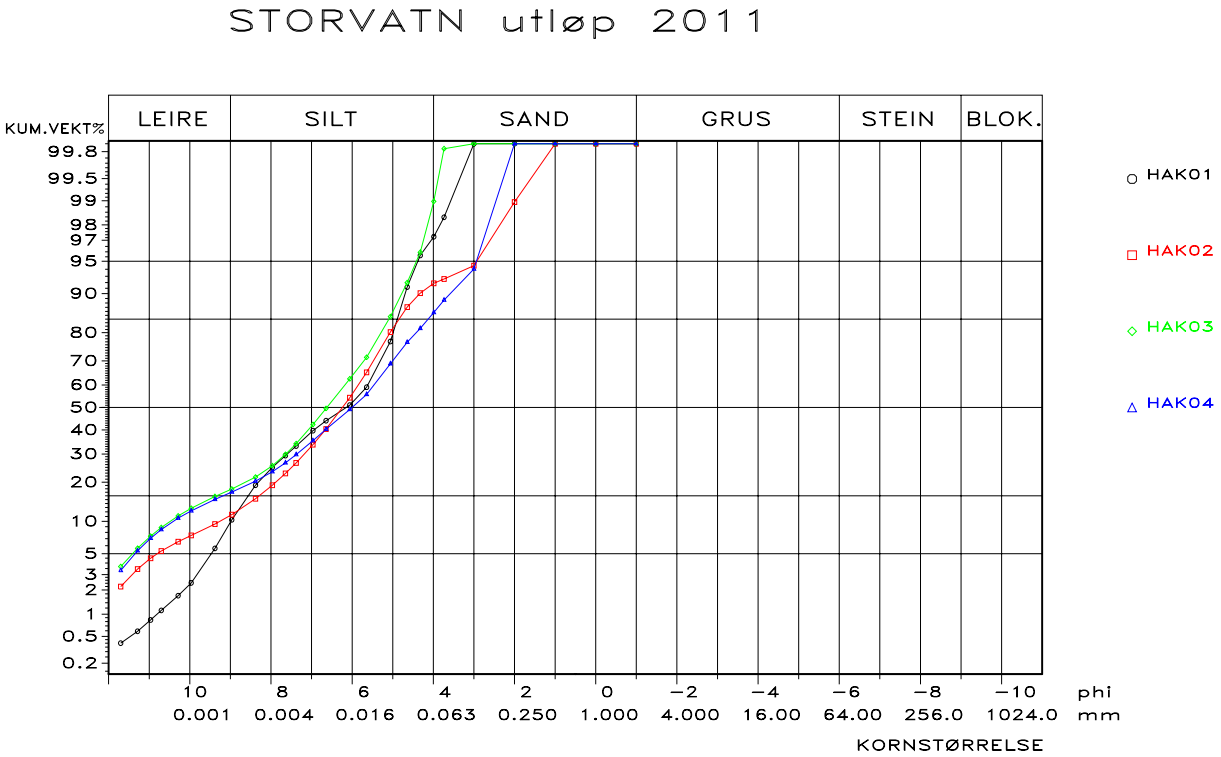


Fig. 3.6. Kornfordeling av suspensjonsmaterialet ved utløp Storvatnet i 2010 i perioden 4. januar til 8. februar.

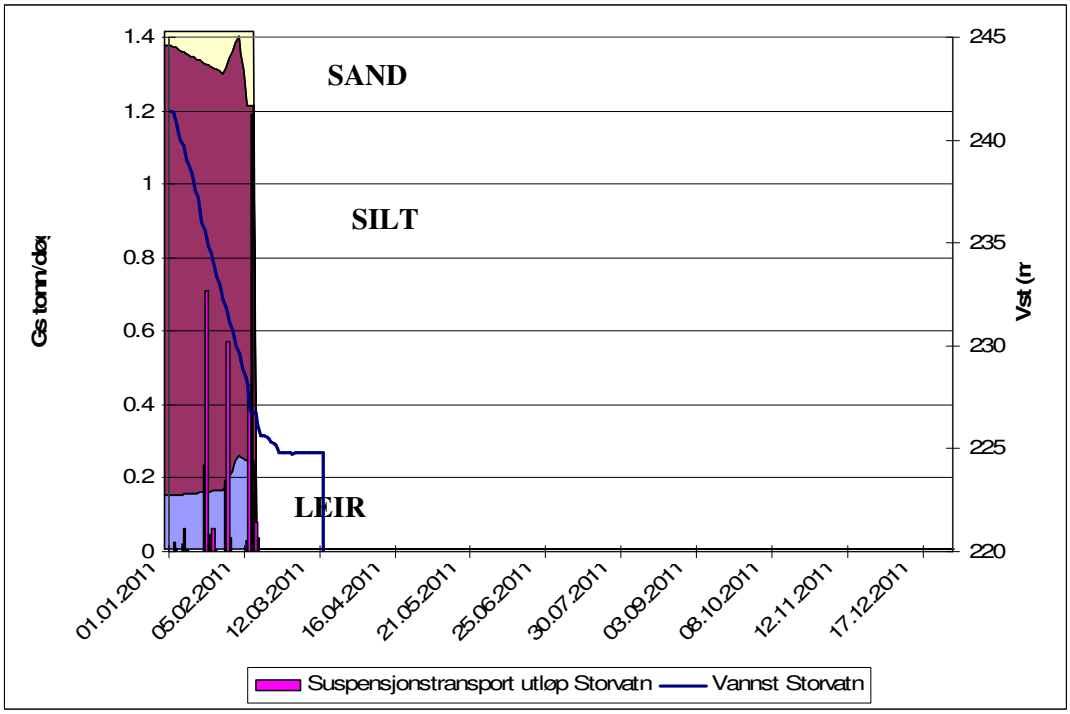


Fig. 3.7 **Minerogen suspensjonstransport ved utløp Storvatnet i 2009 plottet sammen med vannstand i Storvatnet. Bakgrunnsfargene indikerer materialsammensetningen gjennom sesongen.**

Fig. 3.8 **Tunnelinnslaget i bunnen av Storvatnet før og etter utbedring (gammelt høydegrunnlag, ny høyde er -2 m.)**

3.5 Vannføringsepisode 16/8 -2010

Flybildedokumentasjon fra 18/8 2010 (fig. 3.9 og fig. 3.10) viser at sjøene oppstrøms Storvatn, dvs Sjursheimvatn og Litlevatnet har vesentlige mengder med suspenderte partikler i vannmassene. Dette er trolig tilført i forbindelse med en mindre flom to til tre dager før bildet ble tatt. Flybildene viser også at bresjøene i Middagsskaret framstår med høyt innhold av suspenderte partikler, se fig. 3.9. Det er kjent at dette området har store forekomster av finfordelte sedimenter langs elveløpet, se fig. 3.11. Breene i området bidrar sannsynligvis også med ny tilførsel. Bildet viser Storvatnet som framstår som klart med svært lite suspenderte partikler i vannmassene. En sky av suspenderte partikler kan imidlertid sees ved innløpet der Storelva fra Sjursheimvatnet kommer inn og blander seg med det langt klarere vannet i Storvatn. Ved utløpet av Storvatnet er det motsatte forhold der det klare vannet fra Storvatn drenerer inn og blandes med vannmassene i Nervatnet som framstår med betydelige mengder suspensjonsmateriale på dette tidspunktet. (målinger fra utløpet i Storvatn viser svært lave konsentrasjoner i denne perioden).

Flybildedokumentasjon fra 18/8 2010 (fig. 3.10) viser at Nervatnet nedstrøms Storvatn har vesentlige mengder med suspenderte partikler i vannmassene. Samtidig tappes det vann fra Storvatnet (ca 5.3 m^3/s). Konsentrasjonsmålinger av tappevannet fra Storvatn viser et svært lavt uorganisk partikkelinnhold, dvs 0.0 mg/l (ikke målbare konsentrasjoner) det ble målt et organisk innhold på ca 1.0 mg/ i perioden 16.-20. august som er svært lavt. Det rene vannet sees tydelig i fra tunnelåpningen og i kanalen før det blandes inn i de mer sedimentrike vannmassene i Nervatnet. Det kan tyde på at de høye sedimentkonsentrasjonene som observeres i Nervatnet skyldes tilførsel fra breene ved Skjomstindane.

Bresjøer i dette området framstår med høyt innhold av suspenderte partikler på flybildene fra 18. august 2010, se fig. 3.10. Det meste av lokaltilsiget til Nervatnet fra syd har tilsig fra området omkring Skjomstindane, se fig. 3.12. Tilsiget herfra kan tidvis innholde visse mengder materiale fra breene i området.

Ved høy vannstand er det også stort vannvolum i Storvatn magasinet, der innsig av sedimentrikt vann ikke øker konsentrasjonen i vesentlig grad. Vannstanden omkring naturlig vannstand gir ingen eller svært lite utvasking av sedimenter fra reguleringssonen i motsetning til ved lavere vannstand der det er store mengder med finfordelte partikler. Resultater fra 2009 og 2010 viser svært lave konsentrasjoner ved utløpstunnelen i Storvatn i perioder med høye vannstander, dvs fra 240-245 m og høyere. Selv i perioder med stort tilsig til Storvatn er det lite endringer i konsentrasjon ved utløpet under slike forhold. Mindre sjøer i området med mindre vannvolum får raskere en økt suspensjonskonsentrasjon under episoder med tilførsel av sedimenter fra feltet omkring.

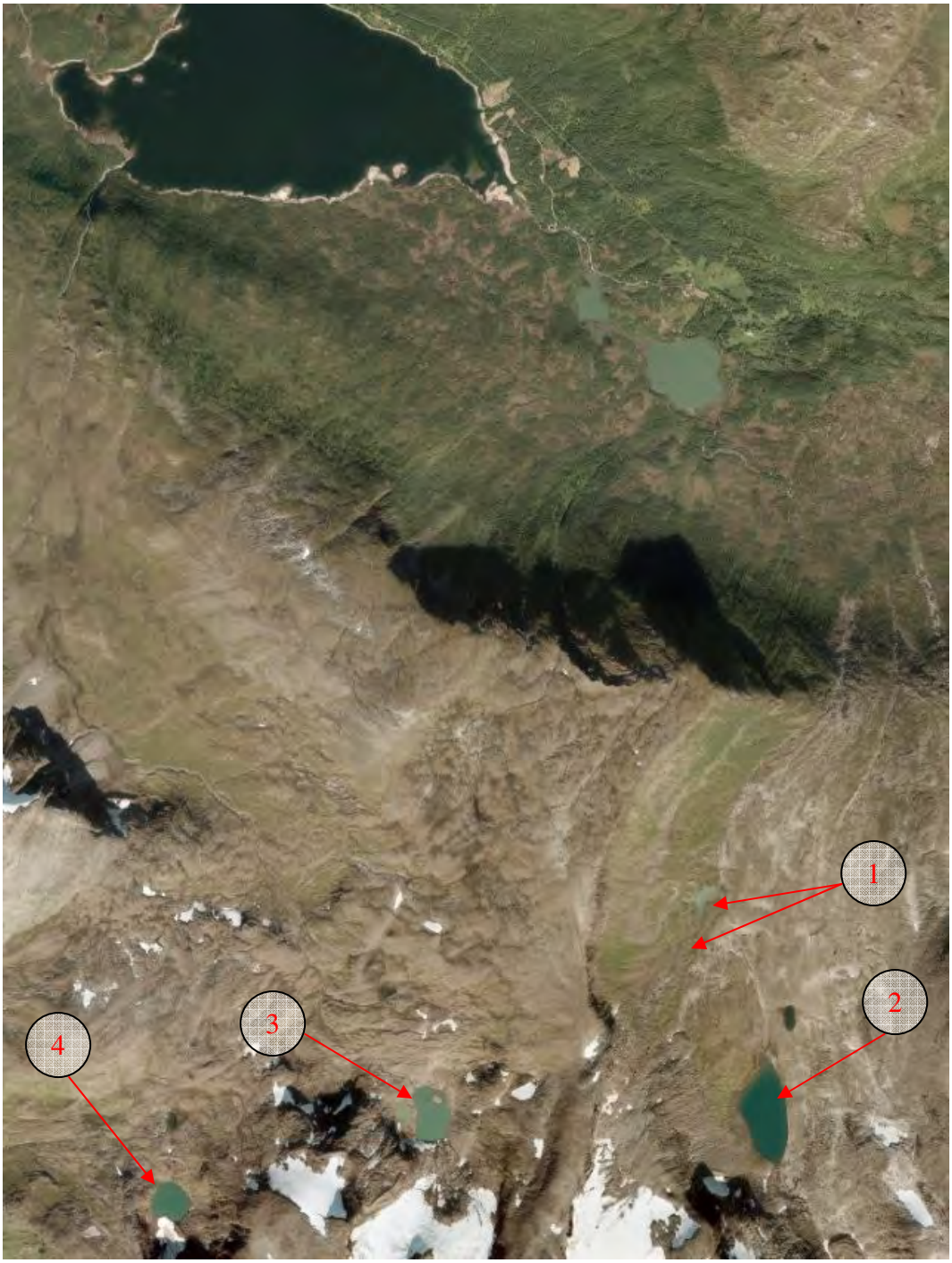


Fig. 3.9 **Flybilde som viser situasjonen 18. august 2010. Vatn i Middagsskaret (1 og 2) er tydelig påvirket av sedimenter. Vatn (1) har tilsig fra to grener av feltet oppstrøms, vatn (2) og delfelt uten tilsig fra andre vatn oppstrøms. Vatn (3) har tilsig til Kvitforselva og Storvatn, mens vatn (4) drenerer til Skjomen. Se kart med delfeltinndeling i fig. 3.12. (Fra Norgeibilder.no)**

Fig. 3.10 **Flybilde som viser situasjonen 18. august 2010. Bresjø ved Skjomstindane (3) er tydelig påvirket av sedimenter. Dette området drenerer direkte via elveløpet (3) til Nedrevatnet, slik at dette påvirkes av bresedimenter. Tilsig av klart vann fra Storvatnet via overføringstunnel er synlig ved innløpet (1). Se kart med delfeltinndeling i fig. 3.12. (Fra Norgeibilder.no)**

Fig. 3.11 **Finfordelte sedimenter i elveløpet ved Middagsskaret**

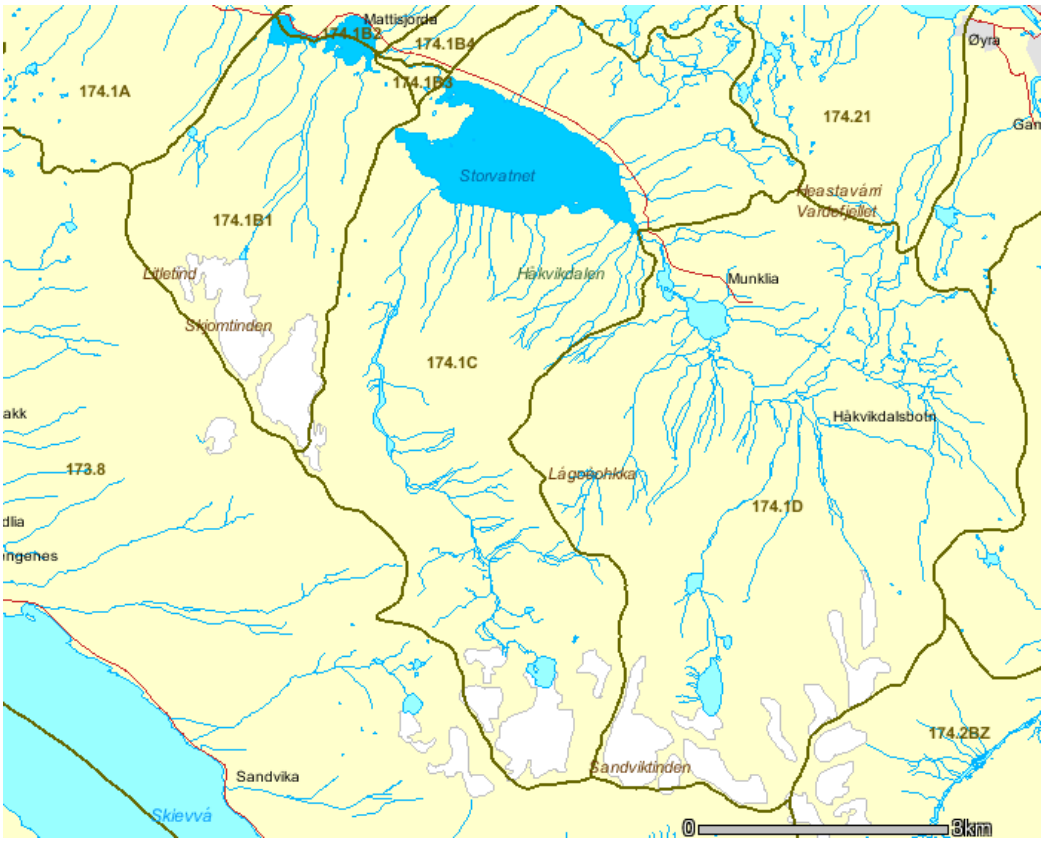


Fig. 3.12 **Delfeltinndeling Håkvikvassdraget sydøst.**

4. Referanser

Bogen, J., 1988. A monitoring programme of sediment transport in Norwegian rivers. IAHS publ. no. 174, 1988.

NVE, 1988. Analysemetodikk i sedimentlaboratoriet. VHB-notat 16/88. 26s.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsapportserie A i 2011

Nr. 1 Dam Break Analysis for Aparan Reservoir, Armenia. Per Ludvig Bjerke (23 s.)

Nr. 2 Fornybarandel i avfall til norske forbrenningsanlegg. Jarle Marthinsen, Mepex Consult AS (39 s.)

Nr. 3 Erosjonsforhold i forbindelse med tilleggsutbygging i Håkvikdalen og Skamdalen
Truls Erik Bønsnes, Halfdan Benjaminsen, Jim Bogen, Margrethe Elster (78 s.)

Nr. 4 Sedimenttransport ved utløp Storvatnet i Håkvikdalen 2009 - 2011
Truls Erik Bønsnes (41 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no