

# Lekkasje på kloakkledning utenfor Hamar våren 2009 Effekter på Mjøsas vannkvalitet



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
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

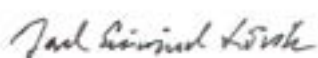
Tittel Lekkasje på kloakkledning utenfor Hamar våren 2009 Effekter på Mjøsas vannkvalitet	Løpenr. (for bestilling) 5862-2009	Dato November 2009
	Prosjektnr. Undernr. O-29055-B	Sider Pris 23
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hedmark	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) HIAS	Oppdragsreferanse Ove Sander
--------------------------	---------------------------------

**Sammendrag**

Rapporten beskriver resultatene av en undersøkelse av hygienisk/bakteriologiske forhold og eutrofi-situasjonen i Mjøsa utenfor Hamar våren og sommeren 2009. Undersøkelsen kom i stand på grunn av et større kloakkutslipp som følge av lekkasje på en hovedavløpsledning i Mjøsa. Lekkasjen, som varte i ca. 2 døgn, førte til sterk hygienisk forurensning av de øvre vannlag i et område nordvestover og minst 2,5 km fra utslippspunktet. Områder i sørvest og sør var lite eller ubetydelig påvirket, og dypvannsområdet ved inntaket for Hamar vannverk ble heller ikke påvirket. Ut fra konsentrasjonen av *E. coli* så det ut til å ta ca. 4 uker før forurensningssituasjonen var tilbake på et "normalnivå". Et nytt, planlagt utslipp for å forsterke den første reparasjonen av ledningen, bidrog til å forsinke tilfriskningen. Utslipet førte til en lokal og relativt kortvarig økning i konsentrasjonen av total-fosfor, men det ble ingen merkbar overgjødningseffekt i form av økte algemengder i det aktuelle området. Årsaken var trolig at utslippet skjedde så tidlig på året, før den egentlige algeveksts sesongen, da det var meget lav vanntemperatur og sirkulerende vannmasser.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kloakkutslipp	1. Sewer spill
2. Mjøsa	2. Lake Mjøsa
3. Fekal forurensning	3. Faecal pollution
4. Vannkvalitet	4. Water quality



Jarl Eivind Løvik  
Prosjektleder



Unn Hilde Refseth  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

# **Lekkasje på kloakkledning utenfor Hamar**

**våren 2009**

Effekter på Mjøsas vannkvalitet

## Forord

Rapporten omhandler utviklingen i vannkvaliteten i Mjøsa utenfor Hamar våren og sommeren 2009 og effekter av et større kloakkutslipp som følge av en lekkasje på hovedavløpsledningen fra Hamar til Sandvika i Stange kommune.

Undersøkelsen er utført på oppdrag fra HIAS etter initiativ fra Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Kontaktpersoner har vært Ove Sander i HIAS og Ola Gillund hos Fylkesmannen. Prosjektleder i NIVA har vært Jarl Eivind Løvik ved NIVA Østlandsavdelingen.

Prøveinnsamlingen de første dagene og ukene ble gjennomført av Jarl Eivind Løvik, Ola Gillund, Steinar Østlie (Fylkesmannen i Hedmark) og Atle Rustadbakken (NIVA Østlandsavdelingen). Videre utover i sesongen deltok også Odd Henning Stuen (Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver), Ragnhild Skogsrud Narum (Fylkesmannen i Hedmark) og Kristin Frodahl Rognerud (sommervikar, NIVA Østlandsavdelingen).

Analyser av fekale indikatorbakterier og total-fosfor er utført av LabNett (Hamar og Skien), mens analyser av klorofyll-*a* er utført av NIVAs kjemilaboratorium i Oslo.

Ingun Tryland (NIVA), Ove Sander og Erik Bøhleng (HIAS) og May Skogh (Meteorologisk institutt, klimadivisjonen) har bidratt med verdifulle opplysninger. Tegning og tilrettelegging av kart er utført av Ragnhild Skogsrud Narum ved Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen og av Mette-Gun Nordheim ved NIVA Østlandsavdelingen.

Data fra mjøsovervåkingen i regi av Vassdragsforbundet er stilt til disposisjon for prosjektet.

Samtlige takkes for godt samarbeid!

Ottestad, 12. november 2009



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Vanntemperatur	9
3.2 Hygienisk/bakteriologiske forhold	9
3.3 Fosfor og algemengder	14
<b>4. Oppsummerende diskusjon</b>	<b>16</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>18</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>19</b>

---

## Sammendrag

Hensikten med denne undersøkelsen har vært å vurdere påvirkningen av den hygieniske vannkvaliteten i Mjøsa i forbindelse med et større utslipp av råkloakk ved Tjuvholmen i Hamar våren 2009. Dernest skulle også overgjødningssituasjonen mht. mengde og konsentrasjoner av næringsstoffet fosfor følges utover i algeveksts sesongen.

Utslipet skjedde på grunn av lekkasje i en hovedavløpsledning i Mjøsa som går fra Tjuvholmen til Sandvika i Stange kommune. Totalt ble det sluppet ut ca. 25.000 m<sup>3</sup> råkloakk, inklusive overløpsdrift da skaden ble reparert. Utslipet pågikk i ca. 2 døgn i tiden 22.-23. april. Videre ble det også sluppet ut ca. 1.500 m<sup>3</sup> råkloakk samme sted i forbindelse med mer permanent reparasjon av skaden 9. mai. Det var lav vanntemperatur (ca. 3-5 °C) og sirkulerende vannmasser i Mjøsa da utslippene skjedde.

Dagen etter at ledningslekkasjen var stanset, ble det påvist sterk fekal forurensning i et område fra omkring lekkasjestedet og nordvestover i Mjøsa. De høyeste konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier (mer enn 2400 *E. coli* pr. 100 ml) ble observert ved inngangen til Hamars havneområde. Høye konsentrasjoner ble også observert utenfor Domkirkeodden ca. 2,5 km fra lekkasjestedet. Mens lekkasjen pågikk og i det første døgnet etterpå var det overveiende svak vind fra sørlig retning. Det var dessuten stor vanntransport ut fra Åkersvika øst for lekkasjestedet som følge av snøsmelting og høy vannføring i tilløpselver som Flagstadelva og Svartelva. Disse forholdene er sannsynligvis forklaringen til at spredningen av forurensningen i hovedsak skjedde i nordvestlig retning, mens områder av Mjøsa i sør og sørvest var lite eller ubetydelig forurenset. Det ble ikke registrert uvanlig høye konsentrasjoner av *E. coli* i dypvannsområdet nær inntaket til Hamar vannverk som følge av utslippet.

Konsentrasjonen av *E. coli* og koliforme bakterier i det mest berørte området avtok markant i løpet av de første to ukene etter utslippet, men viste ingen vesentlig endring i løpet av de neste 4 dagene. Stansen i "tilfriskningen" var trolig forårsaket av ny tilførsel av kloakk i forbindelse med den planlagte reparasjonen av sjøledningen 9. mai. Tilførsel av forurenset vann bl.a. fra Åkersvika-området kan også ha bidratt til at bedringen av vannkvaliteten stanset på dette tidspunktet. Konsentrasjonen av *E. coli* nådde et antatt "normalnivå" for dette området omkring 20. mai, dvs. nær 4 uker etter at det første, store utslippet var stanset. Vannkvaliteten var akseptabel for bading mht. *E. coli* før badesesongen normalt starter (tidligst ca. 1. juni).

Dagen etter at utslippet var stanset, ble det målt markert forhøyede konsentrasjoner av total-fosfor (tot-P) i det mest berørte området. De høyeste konsentrasjonene ble i hovedsak registrert på de samme prøvestasjonene og på de samme dypene som hadde høye konsentrasjonene av *E. coli* og koliforme bakterier. De relativt høye fosfor-konsentrasjonene var derfor sannsynligvis forårsaket av utslippet. I dette området ble middelkonsentrasjonen av tot-P halvert fra ca. 18 til ca. 9 µg/l i løpet av ca. 2 uker. Ved prøvestasjon M5 utenfor Åkersvika fulgte konsentrasjonen av tot-P i hovedsak samme utviklingsforløp utover våren og sommeren som ved overvåkingsstasjonene Kise, Furnesfjorden og Skreia. Konsentrasjonen økte fra et lavt nivå på ca. 3-6 µg/l til ca. 7-9 µg/l i slutten av juli, og holdt seg relativt høy utover i august. Økningen skyldtes trolig store tilførsler av næringsrikt vann fra nedbørfeltet pga. mye nedbør og stor arealavrenning på sensommeren. Utslipet utenfor Tjuvholmen ser ikke ut til å ha ført til noen økning i mengden av betydning. Mengden (klorofyll-*a*) fulgte samme mønster utover veksts sesongen ved M5 som ved overvåkingsstasjonene. Den var hele tiden lav (<3 µg/l) og på nivå med det som har vært vanlig i Mjøsa i de senere årene. Videre var middelverdiene for klorofyll-*a* ved både M5 og overvåkingsstasjonene nær det vedtatte miljømålet for Mjøsa ("bør ikke overstige 2 µg/l"). Det forhold at utslippet skjedde tidlig på året mens det var kaldt i vannet og sirkulerende vannmasser, er trolig en vesentlig årsak til at det ikke ble noen målbar overgjødningseffekt.

# 1. Innledning

Natt til 22. april 2009 oppstod det en lekkasje på hovedavløpsledningen mellom Hamar og Sandvika i Stange kommune (<http://www.hias.no/> samt pers. oppl. Ove Sander, HIAS). Lekkasjen ble oppdaget ved at det ble registrert påfallende lav tilførsel av avløpsvann til HIAS avløpsrensaneanlegg. Ved nærmere undersøkelse viste det seg at det var en stor lekkasje på pumpeledningen i Mjøsa mellom Tjuvholmen og Sandvika. Stedet for lekkasjen var godt synlig bl.a. ved en markert ansamling med måker, og brudd på ledningen ble bekreftet ved inspeksjon fra båt. Skaden på ledningen ble midlertidig reparert, og lekkasjen var stanset ca. kl. 23 den 23. april. Mens ledningen ble reparert, gikk kloakken i overløp fra pumpestasjonen på Tjuvholmen. Lekkasjen førte til at totalt ca. 25.000 m<sup>3</sup> urensset kloakk ble sluppet ut på grunt vann i Mjøsa (ca. 2-4 m), litt sør for Tjuvholmen. Overløpsutslippet og bruddstedet er like ved prøvestasjon M7 i Figur 1. Ledningen transporterer kloakk fra en befolkning på mer enn 25.0000 pluss avløpsvann fra noe industri.

Det aktuelle røret ble lagt på 1970-tallet og er av såkalt duktilt støpejern. Det har en diameter på 600 mm. Årsakene til at lekkasjen oppstod, er trolig sammensatte. Det kan ha vært svakheter i det aktuelle rørelementet sammen med varierende trykkbelastning og korrosjon og/eller ytre belastninger som har forårsaket lekkasjen.

Siden reparasjonen på ledningene var å anse som foreløpig, fant HIAS det nødvendig å foreta en utbedring og forsterking for en mer permanent reparasjon med bl.a. flere reparasjonsmuffer. Dette tiltaket ble utført 9. mai 2009. Det var da nødvendig å la kloakken gå i overløp i en periode igjen. Hele denne operasjonen tok vel 3 timer, og det gikk da ut ca. 1.500 m<sup>3</sup> urensset kloakk. På forhånd hadde bl.a. NIVA gjennomført en vurdering av konsekvensene ved et slikt planlagt utslipp (Løvik 2009). En del data omkring utslippene er gitt i Tabell 1.

**Tabell 1.** Data over tidspunkter og størrelser på utslippenes, samt noen sammenlignende verdier for rensset utslipp fra HIAS avløpsrensaneanlegg. Kilder: Ove Sander, HIAS og <http://www.hias.no/>.

Utslipp	Tidsrom	Utslipp totalt m <sup>3</sup>	Utslipp pr. time m <sup>3</sup>	Tot-P-konsentrasjon mg P/l	Utslipp totalt kg tot-P
Lekkasjen med første reparasjon	22.4 kl. 00.30 – 23.4 kl. 22.45 = 46,25 timer	ca. 25.000	532	2,5	63,45
Utbedring med forsterkende reparasjon	9.5 kl. 09.05 – 9.5 kl. 12.20 = 3,25 timer	1521	468	4,5	6,84
HIAS RA	Hele 2008	7,7 mill.	879	0,19	1463

24. april ble NIVA Østlandsavdelingen kontaktet av Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvern avdelingen og bedt om å bistå med prøveinnsamling for å få en rask oversikt over forurensningssituasjonen og etter hvert å kunne følge utviklingen over tid i Mjøsa i det berørte området. Hensikten har vært å vurdere påvirkningen på den hygienisk/bakteriologiske vannkvaliteten de nærmeste dagene og ukene etter utslippene samt å følge utviklingen med hensyn til mulige overgjødningseffekter (fosfor og algemengder) i det aktuelle området utover i vekstsesongen for alger. Fra før hadde NIVA avtalt en fortsettelse av det pågående overvåkingsprogrammet for Mjøsa i algevekstsesongen 2009, på oppdrag fra Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver (<http://vassdragsforbundet.no/>). Prøvetakingen innenfor dette programmet omfatter imidlertid ingen faste prøvestasjoner nær det antatt mest berørte området. Data fra andre prøvestasjoner i Mjøsa har likevel kunnet benyttes for å vurdere mulige effekter av kloakkutslippet utenfor Hamar.

## 2. Materiale og metoder

Første prøverunde ble gjennomført om formiddagen 24. april, dvs. ca. 11-12 timer etter at lekkasjen var stanset. Prøvestasjoner ble plukket ut i samråd med en representant fra Fylkesmannen i Hedmark, Ola Gillund. Totalt 9 prøvestasjoner ble fordelt utover i Mjøsa i det antatt mest berørte området for å kunne vurdere spredning av forurensningen. Prøvestasjonenes lokalisering er vist i Fig. 1 (M1-M9). Ledningslekkasjen var lokalisert ca. 200 m sør for Tjuvholmen, overløpsutslippet gikk ut ca. 300 m vest-nordvest for dette. Prøvestasjon M7 er plassert omtrent midt mellom disse to punktene. Prøvestasjon M1 er plassert nær området hvor Hamar vannverk har sitt inntak av råvann på 158 m dyp.

Ved stasjon M1 ble prøver tatt ut fra 1 m, 50 m, 100 m og 150 m dyp, mens ved prøvestasjon M2 (innløpet til Furnesfjorden) ble prøver tatt ut fra 1 m, 20 m og 60 m. På stasjonene M3-M6 ble prøvene innsamlet fra 1 m og 10 m. De øvrige stasjonene lå i relativt grunne områder. Her ble det derfor kun tatt ut prøver fra 1 m. Alle prøvene ble analysert mht. koliforme bakterier, *Escherichia coli* (*E. coli*) og total-fosfor (tot-P). Vanntemperaturen ble målt på alle prøvedyp.

Andre prøverunde ble gjennomført 28. april, dvs. ca. 4 ½ døgn etter at utslippet var stanset. Stasjonsnettets ble da utvidet med en stasjon omtrent midtfjords utenfor Stange brenneri (M10) for å vurdere eventuell spredning sørover i Mjøsa. Videre prøverunder var 7. mai, 11. mai og 19. mai, dvs. henholdsvis 14, 18 og 26 døgn etter at det første utslippet var stanset. En prøvestasjon utenfor Grefsheim (M11) på Nes ble tatt med 7. mai pga. et privat vanninntak i området, og 11. mai og 19. mai ble en stasjon ved utløpet fra Åkersvika (M12) inkludert. Stasjonsnettets var noe redusert på siste prøverunde 19. mai (se vedlegg).

Analyseprogrammet for tot-P ble etter hvert redusert noe og konsentrert om stasjon M5 der det til sammen er 8 observasjoner fra sjiktet 0-10 m i perioden 24. april til 25. august (se vedlegg). Det ble samlet inn i alt 6 prøver fra sjiktet 0-10 m (blandprøver) for analyser av klorofyll-*a* (Kl-*a*) som et mål på algemengden, i perioden 11. mai til 25. august. Det vil si at den vesentligste delen av algevekstsesongen er dekket. Prøveinnsamlingen fra M5 i tidsrommet juni-august ble koordinert med prøveinnsamling i forbindelse med det faste overvåkingsprogrammet på Mjøsa. Tot-P- og Kl-*a*-data fra dette programmet er stilt til rådighet for å kunne vurdere effektene av kloakkutslippet.

**Tabell 2.** Oversikt over benyttede analysemetoder ved denne undersøkelsen.

Variabel	Benevning	Laboratorium	Metode
Koliforme bakterier	antall/100 ml	LabNett	Colilert. US Standard methods, metode 9923 B
<i>E. coli</i>	antall/100 ml	LabNett	Colilert. US Standard methods, metode 9923 B
Total-fosfor	µg P/l	LabNett	ISO 6878
Klorofyll- <i>a</i>	µg/l	NIVA	H 1-1. Spektrofotometrisk bestemmelse av kl- <i>a</i> i metanolekstrakt





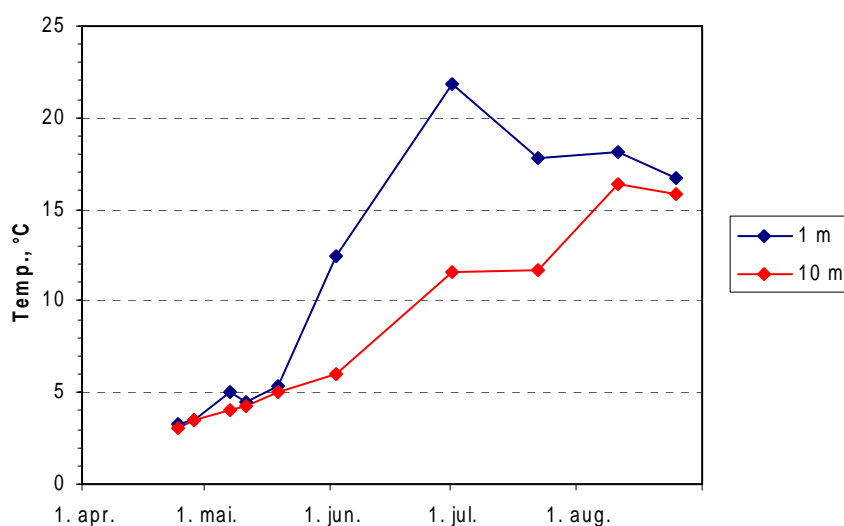
**Figur 1.** Kart over Mjøsa i Hamar-området, med prøvestasjoner. Tilrettelagt av Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvernavdelingen.

### 3. Resultater

Primærdata over vanntemperatur, koliforme bakterier, *E. coli*, tot-P og klorofyll-*a* er gitt i vedlegget.

#### 3.1 Vanntemperatur

Det var sirkulerende vannmasser i Mjøsa da lekkasjen inntraff. Den 24. april ble det i hovedsak målt vanntemperaturer i intervallet 2,9-3,7 °C (Fig. 2 og primærdata i vedlegget). Ved stasjon M2 var det fortsatt en del isflak i vannet, mens det ved stasjon M9 utenfor Koigen ble målt 6,4 °C. På denne tida var det relativt høy vannføring i tilløpselver som Flagstadelva og Svartelva, og dermed stor vanntransport fra Åkersvika og ut i selve Mjøsa. Vanntemperaturen steg sakte utover i april og mai, men omkring 20. mai var det fortsatt ingen vesentlig temperatursjiktning i disse grunne områdene. I juni og første del av juli var det mye fint og varmt vær, noe som førte til en markert oppvarming og temperatursjiktning av Mjøsas vannmasser. Fra ca. 10 juli til ut august var det flere perioder med relativt mye nedbør og noe lavere lufttemperaturer, men vanntemperaturen holdt seg fortsatt relativt høy (ca. 17-18 °C på 1 m dyp).

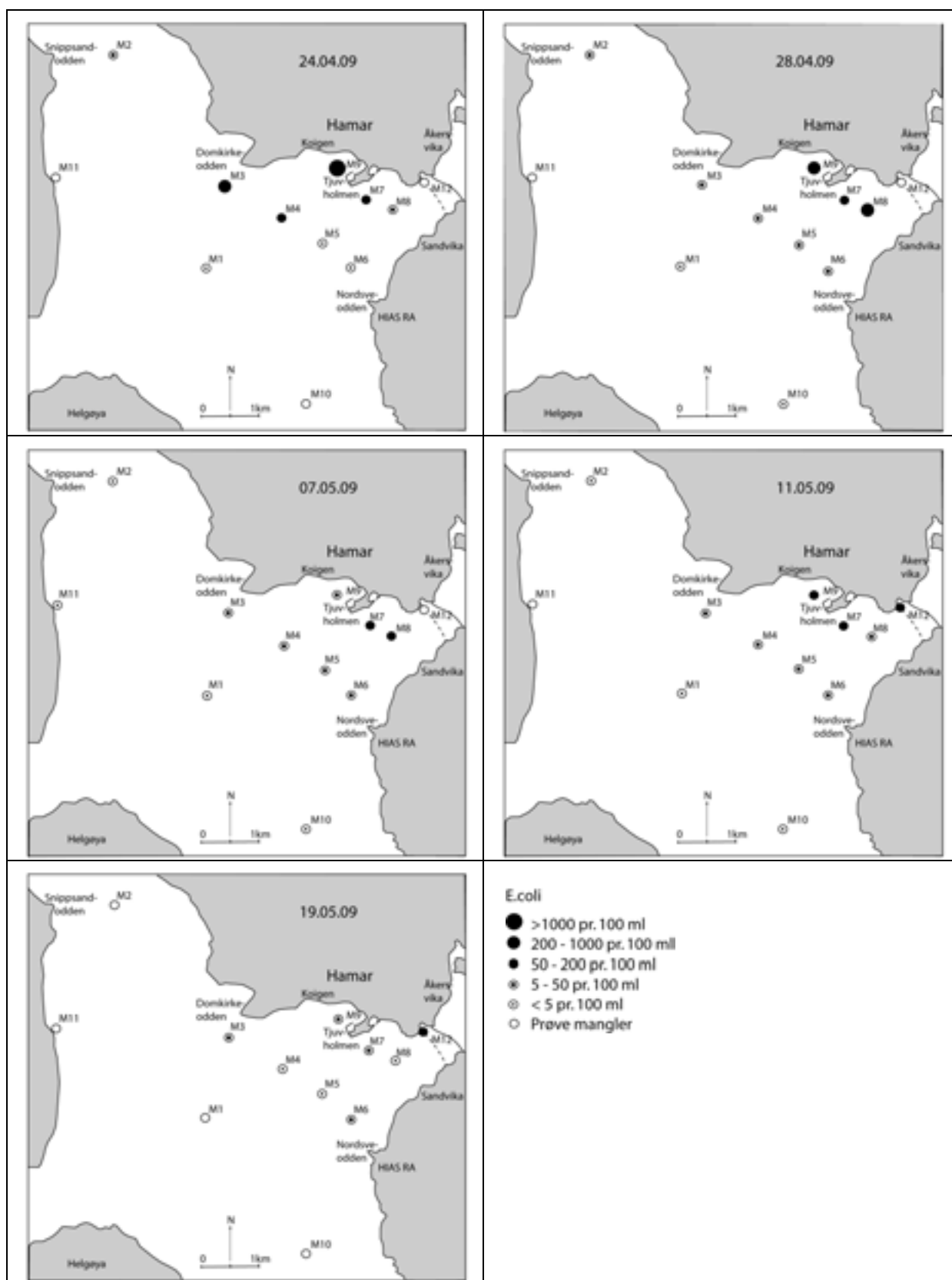


**Figur 2.** Utviklingen i vanntemperaturen på 1 m og 10 m ved stasjon M5 våren og sommeren 2009. Data fra 2. juni er fra overvåkingsstasjonen i Furnesfjorden.

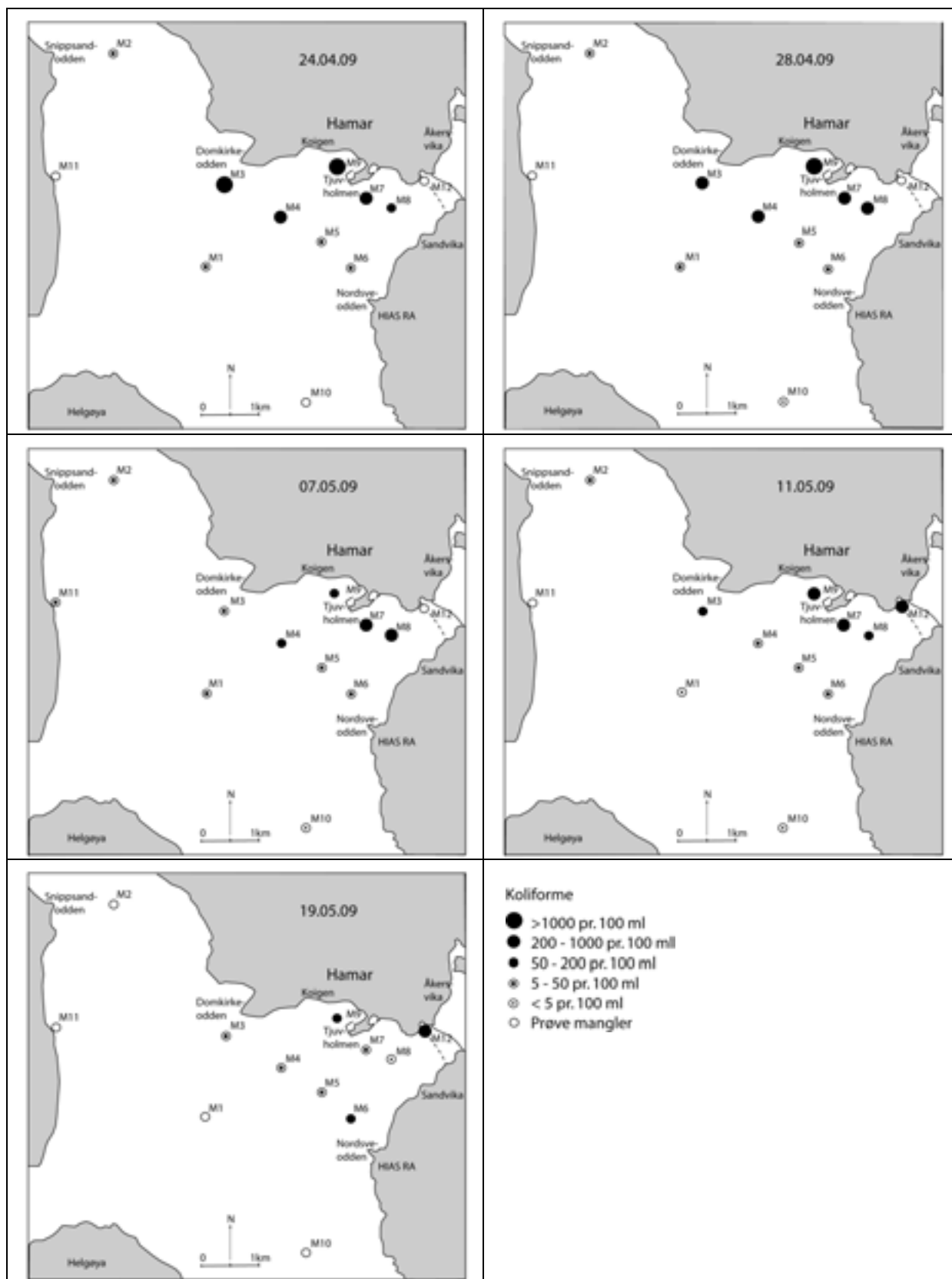
#### 3.2 Hygienisk/bakteriologiske forhold

Fig. 3 og 4 viser nivåene av henholdsvis *E. coli* og koliforme bakterier på de ulike prøvestasjonene i Mjøsa ved de 5 prøverundene i perioden 24. april til 19. mai. Ved figurframstillingen har vi benyttet høyeste verdi ved de ulike prøvestasjonene, uansett dyp.

24. april, dvs. ca. et halvt døgn etter at utslippet var stanset, ble det påvist markert til meget sterk bakterieforurensning i Mjøsa fra omkring lekkasjepunktet og i et område vest og nordvest for dette. Her ble det målt konsentrasjoner av *E. coli* og koliforme bakterier i området ca. 100 bakt./100 ml til mer enn 2400 bakt./100 ml. De høyeste konsentrasjonene ble observert på stasjon M9 ved innløpet til Hamars havneområde (utenfor Koigen) og på M3 utenfor Domkirkeodden.



**Figur 3.** E.coli (maksverdier) på ulike prøvestasjoner i Mjøsa 5 datoer i perioden 24.4-19.5. 2009.



Figur 4. Koliforme bakterier (maksverdier) på de ulike prøvestasjonene i Mjøsa 5 datoer våren 2009.

Disse hadde høyere konsentrasjoner enn stasjon M7 like ved utslippsstedet ved lekkasjen og overløpet fra Tjuvholmen pumpestasjon. Stasjon M3 ligger ca. 2,5 km fra dette området. På de prøvestasjonene der prøver ble samlet inn fra flere dyp, viste bakterie-konsentrasjonen generelt en økning med dypet (se Vedlegg). Lengre nord, vest og sørvest for det nevnte området var bakterienivået lavere, og forurensningsgraden kan betegnes som liten til moderat, tilsvarende tilstandsklasse I-II (jf. SFT 1997). Ved stasjon M1, som ligger like ved inntaket for Hamar vannbehandlingsanlegg, var bakterie-konsentrasjonen meget lav (0-3 *E. coli*/100 ml og 0-17 koliforme/100 ml). I prøven nærmest inntaksdypet (150 m) ble det ikke påvist *E. coli* eller koliforme bakterier.

Ved neste prøverunde 28. april (ca. 4 ½ døgn etter at utslippet var stanset) var fordelingen av bakterier regionalt i Mjøsa og med dypet i hovedtrekkene den samme som 4 døgn tidligere. I "nærområdet" til utslippet (M3-M9) var konsentrasjonen av *E. coli* nå redusert noe ved de fleste prøvestasjonene og varierte stort sett i intervallet ca. 20-300 bakt./100 ml (tilstandsklasse II-IV). Nedgangen i konsentrasjonen av *E. coli* var spesielt stor ved stasjonene M3 og M9. Ved M8 sørøst for M7 hadde konsentrasjonen av *E. coli* derimot økt betraktelig.

Konsentrasjonen av koliforme bakterier hadde også gått noe ned ved flere av stasjonene 28. april, men holdt seg meget høy (>2400 bakt./100 ml) utenfor Hamars havneområde (M9). I likhet med for *E. coli* var det en økning ved M8. Det ble også observert en moderat økning ved M2 som muligens kunne tyde på en viss spredning av forurensningen videre nordover og inn i Furnesfjorden. Konsentrasjonen var likevel ikke høy i dette området. En ny prøvestasjon lengre sør i Mjøsa (M10) hadde 28. april lave konsentrasjoner av *E. coli* og koliforme bakterier (<5 bakterier/100 ml).

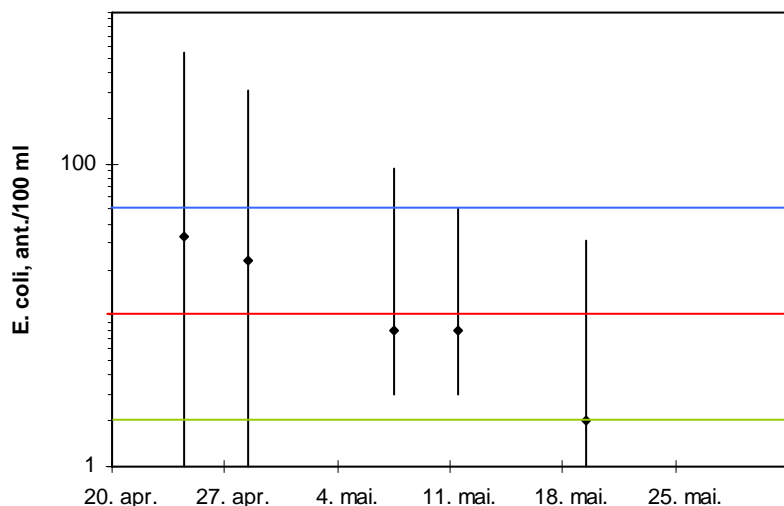
Prøvene og analysene 14 døgn etter utslippet (7. mai) viste klare reduksjoner i konsentrasjonene av *E. coli* og koliforme bakterier sammenlignet med 28. april ved de fleste stasjonene i det antatt mest berørte området (M3-M9), mens det var liten endring fra 7. mai til 11. mai. Her varierte konsentrasjonen av *E. coli* og koliforme bakterier nå stort sett i intervallene ca. 3-100 og ca. 10-500 bakterier/100 ml henholdsvis (se Fig. 3-6). Mellom disse to prøvedatoene (9. mai) var det planlagte utslippet for forsterkende reparasjon av ledningen blitt gjennomført. Utenfor det nevnte området var bakterie-konsentrasjonene fortsatt stort sett lave (<50 bakterier/100 ml). En ny prøvestasjon (M12) ved utløpet fra Åkersvika (like ved Jernbanebrua) hadde 11. mai relativt høye konsentrasjoner av *E. coli* og koliforme bakterier (henholdsvis 104 og 548 bakterier/100 ml). Prøven fra 7 m dyp ved det private vanninntaket ved Grefsheim (M7) 7. mai viste lave konsentrasjoner av *E. coli* og koliforme bakterier, henholdsvis 2 og 9 bakterier/100 ml.

Siste prøverunde med mikrobiologiske analyser ble gjennomført 19. mai, 26 døgn etter at det første, store utslippet var stanset. Prøver ble da innsamlet kun fra området M3-M9 samt stasjon M12. Det var da en generell reduksjon i konsentrasjonen av både *E. coli* og koliforme bakterier ved de fleste stasjoner sammenlignet med 11. mai, men stasjon M6 hadde økning for begge variabler. Stasjon M12 hadde reduksjon mht. koliforme, men ingen endring av betydning mht. *E. coli*.

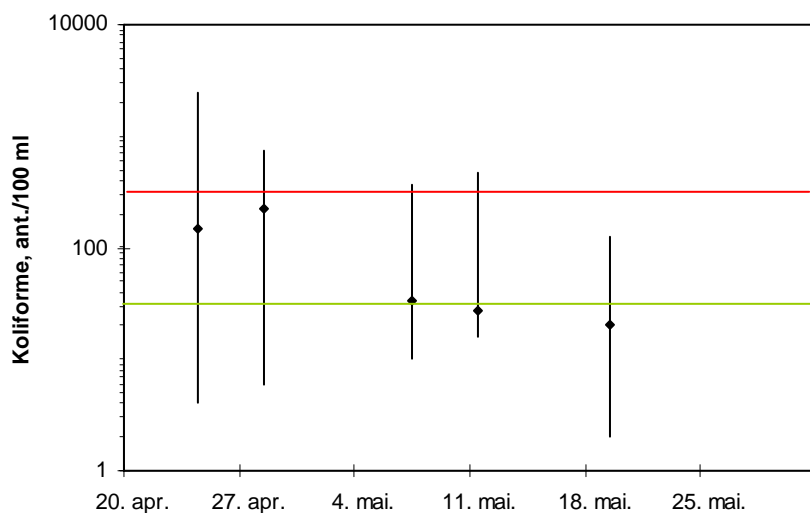
På prøvestasjonen som ligger nær Hamar vannbehandlingsanleggs inntak, M1, ble det funnet lave konsentrasjoner av *E. coli* (<5 bakterier/100 ml) og koliforme bakterier (<20 bakterier/100 ml) ved enkelte av prøverundene, også på store dyp (100-150 m).

For å kunne vurdere den hygienisk/bakteriologiske vannkvaliteten i forhold til en antatt "normaltilstand" i Mjøsa, har vi benyttet data fra mjøsovervåkingen i regi av Vassdragsforbundet. Data fra øvre vannlag ved to prøvestasjoner (st. 20 og 22) i området utenfor Hamar i årene 1999-2008 er benyttet (N=45, se årsrapporter fra mjøsovervåkingen). I Fig. 5 og 6 er medianverdier, 10-persentiler og 90-persentiler fra dette datasettet vist ved horisontale linjer sammen med data fra denne undersøkelsen (prøvestasjonene M3-M9). Målsettingen mht. *E. coli* ved badestrender i Mjøsa er satt til 50 bakterier/100 ml og er også markert i Fig. 5.

Av Fig. 5 framgår det at "normaltilstanden" vurdert ut fra median *E. coli* (2 bakterier/100 ml) var nådd 19. mai, 26 døgn etter det første utslippet og 10 døgn etter det andre, planlagte utslippet. 90-persentilen var imidlertid fortsatt litt høyere enn 90-persentilen for perioden 1999-2008 (10 bakterier/100 ml). "Normaltilstanden" vurdert ut fra median-konsentrasjonen av koliforme bakterier (31 bakterier/100 ml) ble nådd 11. mai, 18. døgn etter det første utslippet.



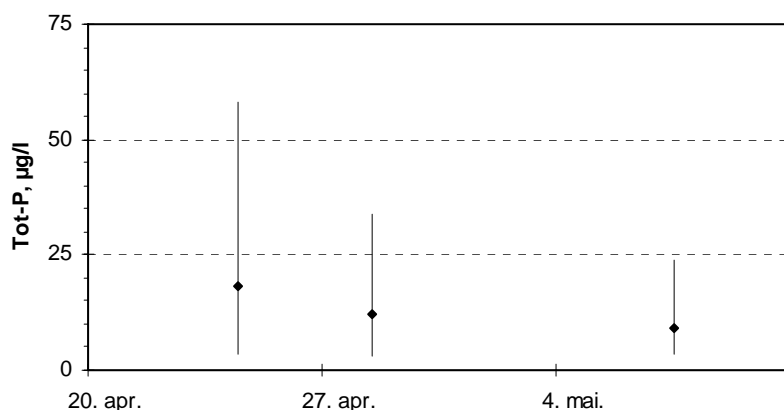
**Figur 5.** Tidsutviklingen i konsentrasjon av *E. coli* ved prøvestasjonene M3-M9 våren 2009. Figuren viser medianverdier, 10-persentiler og 90-persentiler. Horisontale linjer: blå = vedtatt målsetting for badevann på Mjøsas badestrender, rød = 90-persentil for prøvestasjoner i området i perioden 1999-2008 og grønn = median for samme (N=45). Merk logaritmisk skala.



**Figur 6.** Tidsutvikling i konsentrasjon av koliforme bakterier ved prøvestasjonene M3-M9 våren 2009. Figuren viser medianverdier, 10-persentiler og 90-persentiler. Horisontale linjer: rød = 90-persentil for prøvestasjoner i området i perioden 1999-2008 og grønn = median for samme (N=45). Merk logaritmisk skala.

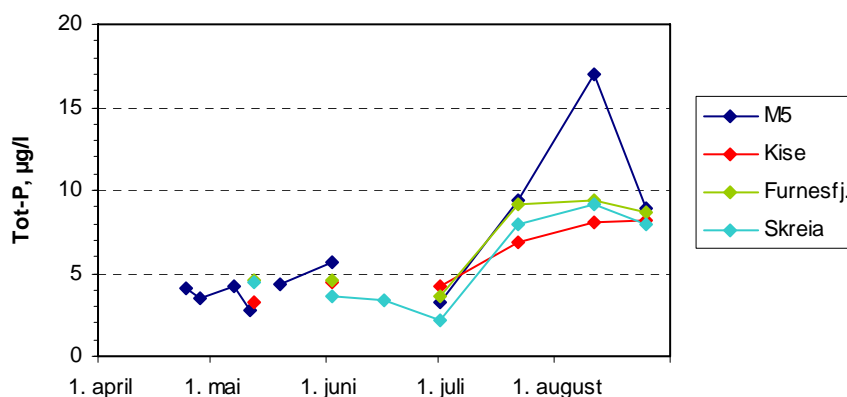
### 3.3 Fosfor og algemengder

24. april ble det målt konsentrasjoner av tot-P i intervallet ca. 25-60  $\mu\text{g/l}$  ved flere prøvestasjoner i det antatt mest berørte området (prøvestasjonene M3-M9). Dette er betydelig høyere konsentrasjoner enn det som har vært vanlig å observere ved de faste prøvestasjonene i Mjøsa i de senere årene (ca. 3-9  $\mu\text{g/l}$ , jf. Løvik mfl. 2009). Middelerdien på 18  $\mu\text{g P/l}$  for område M3-M9 tilsvarer mindre god vannkvalitet (tilstandsklasse III) i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). De høyeste konsentrasjonene ble målt ved M9, M4, M7 og M8. Dette er i hovedsak de samme stasjonene som hadde høye konsentrasjoner av *E. coli* og koliforme bakterier. Ved M2, M3 og M4 ble det registrert en økning i konsentrasjonen av tot-P med dypet på tilsvarende måte som for bakterier (se Vedlegg).



**Figur 7.** Konsentrasjoner av total-fosfor i det antatt mest berørte området (stasjonene M3-M9) 24. april, 28. april og 7. mai 2009. Figuren viser middelerdier (N=11) og variasjonsbredder.

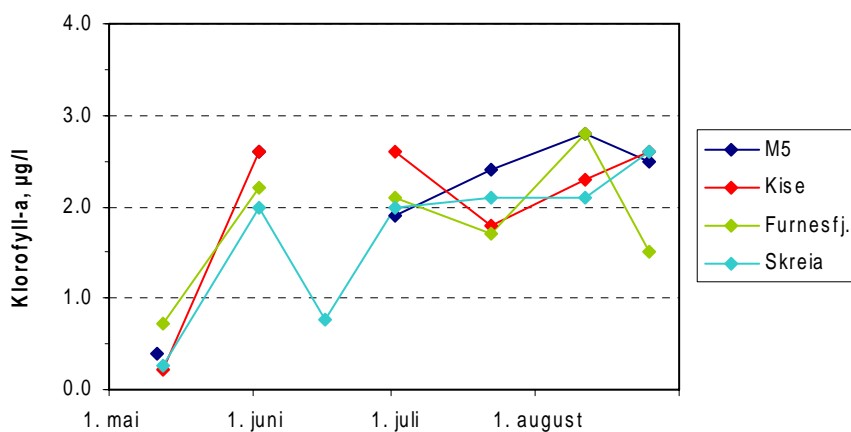
Middel- og maksverdiene av tot-P i område M3-M9 ble redusert fra henholdsvis 18,4  $\mu\text{g/l}$  til 8,9  $\mu\text{g/l}$  og fra 58  $\mu\text{g/l}$  til 24  $\mu\text{g/l}$  i perioden 24.4-7.5.2009 (Fig. 7). Stasjon M5 ble fulgt videre utover sesongen til slutten av august. Konsentrasjonene av tot-P ved denne stasjonen er i Fig. 8 framstilt sammen med resultatene fra 3 faste prøvestasjoner innenfor mjøsovervåkingen i regi av Vassdragsforbundet.



**Figur 8.** Konsentrasjoner av total-fosfor i sjiktet 0-10 m ved stasjon M5 og 3 andre prøvestasjoner i Mjøsa.

Konsentrasjonen av tot-P var lav, varierende i intervallet 3-6  $\mu\text{g/l}$ , fra slutten av april til begynnelsen av juli ved så vel M5 som ved de 3 faste overvåkingsstasjonene Kise, Furnesfjorden og Skreia. Dette tilsvarer tilstandsklasse I (Meget god vannkvalitet). Fra slutten av juli ble det observert en økning til et nivå omkring 7-9  $\mu\text{g/l}$  (tilstandsklasse II = God vannkvalitet) hvor konsentrasjonen holdt seg til i slutten av august. Unntaket var stasjon M5 som hadde en ytterligere økning i begynnelsen av august og deretter nedgang til samme nivå som de andre stasjonene.

Algemengden målt som klorofyll-*a* i sjiktet 0-10 m var svært lav i begynnelsen av mai (<1,0  $\mu\text{g/l}$ ), økte til 2,0-2,6  $\mu\text{g/l}$  i begynnelsen av juni, men viste ingen vesentlig økning videre utover i vekstsesongen for alger, verken ved M5 eller de øvrige stasjonene (Fig. 9). Algevekstsesongen i Mjøsa regnes vanligvis som perioden juni-oktober. For perioden juni-august 2009 var middelverdiene ved de 4 prøvestasjonene 1,9  $\mu\text{g/l}$  ved Skreia, 2,1  $\mu\text{g/l}$  i Furnesfjorden og 2,4  $\mu\text{g/l}$  ved Kise og M5. Dette tilsvarer tilstandsklasse I (Meget god vannkvalitet) ved Skreia og tilstandsklasse II (God vannkvalitet) ved de øvrige prøvestasjonene.



**Figur 9.** Utviklingen i algemengder målt som klorofyll-*a* våren og sommeren 2009 ved stasjon M5 og 3 faste prøvestasjoner fra mjøsovervåkingen i regi av Vassdragsforbundet.



## 4. Oppsummerende diskusjon

Ledningslekkasjen 22.-23. april førte til et betydelig utslipp av råkloakk i et grunt område av Mjøsa like sør for Tjuvholmen i Hamar. Den 24. april, ca. 11-12 timer etter at utslippet var stanset, ble det påvist at Mjøsas øvre vannlag var markert til meget sterkt forurensset av fekale indikatorbakterier i et område fra omkring utslippsstedet til minst ca. 2,5 km nordvest for dette. De høyeste konsentrasjonene (>2400 *E. coli* pr. 100 ml) ble påvist ved innløpet til Hamars havneområde. Konsentrasjonen av koliforme bakterier og *E. coli* i ubehandlet avløpsvann kan antas å ligge i intervallet  $10^5$ - $10^7$  pr. 100 ml (Schönning 2003), og et utslipp på ca. 25.000 m<sup>3</sup> må karakteriseres som et stort utslipp. Det kan være flere kilder til fekal forurensning i dette området, men i følge Hamar kommune var det ingen andre kloakkoverløp i den aktuelle perioden (pers. oppl. Egil Johansen). Det er derfor rimelig å anta at utslippet som følge av ledningslekkasjen (og overløpsdrift under det påfølgende reparasjonsarbeidet) var den helt dominerende kilden til forurensningen.

Det var sirkulerende vannmasser (ca. 3-4 °C) i Mjøsa og derfor gode muligheter for spredning og fortykning av forurensningen på den tiden da utslippet skjedde. Videre var det stor avsmelting og høy vannføring i tilløpselver som Flagstadelva og Svartelva og dermed stor vanntransport ut fra Åkersvika øst for utslippsstedet. Den regionale fordelingen av tarmbakterier indikerer at forurensningen hadde fulgt en vannstrøm nordvestover rundt spissen av Tjuvholmen, langs Koigen og i retning Domkirkeodden og Furnesfjorden. Prøvestasjoner i sørvestlig og sørlig retning fra utslippsstedet hadde betydelig lavere konsentrasjoner av fekale indikatorbakterier enn det nevnte området. Det så derfor ikke ut til å ha skjedd noen spredning av forurensset vann av betydning i disse retningene, eller så var fortykningen (og utdøingen) på vegen så stor at effekten ble svært liten. Det var overveiende lite vind (svak vind til lett bris) fra sørlig retning i dette området i perioden 22.-24. april (pers. oppl. May Skogh og <http://eklima.met.no>). Dette sammen med utstrømmende vann fra Åkersvika forklarer utbredelsen av forurensningen (jf. Tjomsland mfl. 2007, Tjomsland og Tryland 2008).

I "nærområdet" til utslippet (jf. prøvestasjonene M3-M9) sank konsentrasjonen av *E. coli* og koliforme bakterier markant i løpet av de neste to ukene. Konsentrasjonen av koliforme bakterier var da (7. mai) kommet ned på nivå med antatt "normaltilstand", mens konsentrasjonen av *E. coli* fortsatt var noe høyere enn dette. I løpet av de neste 4 dagene fram til 11. mai skjedde det ingen forbedring (men heller ingen vesentlig forverring) i den hygieniske vannkvaliteten. En mulig årsak til dette kan være at det i løpet av denne perioden (9. mai) ble foretatt en ny reparasjon av ledningen for å forsterke den første reparasjonen. Dette arbeidet innebar et nytt utslipp av urensset avløpsvann, men denne gangen over en betydelig kortere periode på ca. 3 timer, tilsvarende ca. 1.500 m<sup>3</sup>.

Tilfriskningen av den hygieniske vannkvaliteten fortsatte utover i mai slik at konsentrasjonen av *E. coli* var nær en "normaltilstand" den 19. mai, dvs. ca. 26 døgn etter at det første store utslippet var stanset. Konsentrasjonen i det påvirkede området var nå kommet ned i ca. 1-30 *E. coli*/100 ml, mens det i de senere årene har vært vanlig med konsentrasjoner på ca. 0-10 *E. coli*/100 ml i området utenfor Hamar (jf. årsrapporter fra mjøsovervåkingen). Det ble påvist relativt høye konsentrasjoner av koliforme bakterier og/eller *E. coli* i vann fra utløpet av Åkersvika ved flere tidspunkter i mai. Tilførsel av vann med mindre god hygienisk vannkvalitet f.eks. fra dette området kan derfor sammen med det planlagte utslippet 9. mai ha bidratt til å forlenge tilfriskningsperioden noe. Andre undersøkelser har også vist at flere av Mjøsas tilløpselver til tider kan ha meget høye konsentrasjoner av *E. coli* (godt over 1000 bakterier/100 ml, jf. Løvik og Romstad 2007a og b, Løvik mfl. 2009).

Inntaksområdet for Hamar vannbehandlingsanlegg så ut til ikke å bli berørt av forurensning fra de to utslippene. Vanninntaket ligger på 158 m dyp, og på 150 m dyp ble det registrert meget lave konsentrasjoner av koliforme bakterier (1-5 bakterier/100 ml) ved 2 av 4 prøvetidspunkter og meget

lav konsentrasjon av *E. coli* (3 bakterier/100 ml) ved 1 av 4 prøvetidspunkter. Det er ikke uvanlig at det påvises lave konsentrasjoner av koliforme bakterier og *E. coli* i råvannet til Hamar vannbehandlingsanlegg særlig i tilknytning til sirkulasjonsperiodene høst, vinter og vår (se f.eks. Løvik 2008). Den moderate påvirkningen som ble registrert denne våren, kan derfor ikke tilskrives disse utslippene spesielt.

Denne undersøkelsen har ikke omfattet den hygieniske situasjonen på badestrender i nærområdet, men hvis en antar at badesesongen tidligst starter ca. 1. juni, så ser det ut til at det aktuelle området hadde akseptabel badevannskvalitet mht. *E. coli* før dette tidspunktet. Andre potensielle smittestoffer i vann slik som patogene bakterier, parasitter (f.eks. *Giardia* og *Cryptosporidium*) og virus kan imidlertid ha betydelig lengre overlevelse enn *E. coli* (Ingun Tryland, NIVA, pers. oppl.). Videre tydet erfaringene etter storflommen i Mjøsa i juni 1995 på at fekale bakterier kunne overleve i slammet som lå langs strender og igjen kunne gi opphav til økt fekal forurensning da strendene ble utsatt for vindpåvirkning og oppvirvling av slammet (Stårvik mfl. 1996).

På enkelte prøvedyp ble det dagen etter utslippet målt ca. 4-8 ganger høyere konsentrasjoner av tot-P enn det som er vanlig ved de faste overvåkingsstasjonene i Mjøsa (jf. Løvik mfl. 2009). Vi har lite erfaringstall for tot-P fra mer strandnære områder i Mjøsa, og en kan i slike områder forvente større variasjoner og til tider høyere konsentrasjoner enn på overvåkingsstasjonene, som ligger midtjords. Likevel er det rimelig å anta at utslippet 22.-23. april var hovedårsaken til de forhøyde konsentrasjonen av tot-P som ble målt i det mest berørte området (jf. M3-M9). Dette fordi tot-P i hovedsak var høyest på de samme stasjonene og dypene som også hadde høye konsentrasjoner av fekale indikatorbakterier. I dette området ble middelkonsentrasjonen av tot-P halvert fram til 7. mai.

Ved prøvestasjon M5 utenfor Åkersvika fulgte konsentrasjonen av tot-P stort sett samme utviklingsforløp som ved overvåkingsstasjonene Kise, Furnesfjorden og Skreia fra midten av mai til slutten av august. Økningen fra ca. 3-6 µg/l til ca. 7-9 µg/l i slutten av juli og utover i august hadde sannsynligvis sammenheng med at det i denne perioden var mye nedbør, stor arealavrenning og store tilførsler av humusfarget og næringsrikt vann fra nedbørfeltet. Det kan nevnes at i denne perioden ble det målt konsentrasjoner av tot-P i Flagstadelva og Svartelva henholdsvis i områdene 16-41 µg/l og 26-34 µg/l. Påvirkning fra disse elvene kan derfor ha vært et viktig bidrag til høyere konsentrasjon av tot-P ved M5 enn ved overvåkingsstasjonene i begynnelsen av august.

Utviklingen i algemengden målt som klorofyll-*a* ved stasjon M5 fulgte i hovedsak samme mønster utover i vekstsesongen som ved overvåkingsstasjonene Kise, Furnesfjorden og Skreia, og algemengden var relativt lav (<3 µg/l) i den vesentligste delen av vekstsesongen (målinger til ut august). Gjennomsnitt algemengde for perioden juni-august (1,9-2,4 µg kl-*a*/l) var på samme nivå som middelverdiene fra overvåkingsstasjonene i de senere årene (Løvik mfl. 2009) og tilsvarer god vannkvalitet (jf. SFT 1997). Algemengden var også nær akseptabel i forhold til vedtatt miljømål for Mjøsa. I følge dette bør middelverdien av klorofyll-*a* i vekstsesongen ikke være høyere enn 2 µg/l (<http://vassdragsforbundet.no/>). En oppblomstring av blågrønnalgen *Anabaena* ble observert i Furnesfjorden i slutten av august, men det er lite sannsynlig at den var forårsaket av dette utslippet ca. fire måneder i forvegen. Konklusjonen blir derfor at utslippene utenfor Tjuvholmen i april og mai ikke ser til å ha ført til noen økning i algemengden av betydning.

Hvorfor ble det ingen vesentlig overgjødningseffekt mht. algevekst? En viktig årsak er trolig at særlig det største utslippet (22.-23.4) skjedde i en periode med meget kaldt vann og sirkulerende vannmasser, det vil si før algevekstsesongen vanligvis starter i Mjøsa. Når det er sirkulasjonsforhold, vil forurensningen kunne fortynnes i et meget stort vannvolum, med fra før lave konsentrasjoner av næringsstoffer (fosfor spesielt). I tillegg sedimenterte sannsynligvis en del av fosforet ut av den dypsonen der planktonalgene kunne ha fått tilstrekkelig lys til å vokse og formere seg, før det ble noe særlig økning i vanntemperaturen og dermed bedre vekstbetingelser.

## 5. Litteratur

Løvik, J.E. 2008. Nytt vannverk for Hamar. Undersøkelser og vurderinger av inntakssted for råvann i Mjøsa i 2007. NIVA-rapport 5510-2007. 22 s.

Løvik, J.E. 2009. Vurdering av konsekvenser ved overløpsdrift ved Tjuvholmen pumpestasjon i forbindelse med reparasjon av pumpeledning 9. mai 2009. NIVA-brev til HIAS, datert 6.5.2009. 6 s.

Løvik, J.E. og Romstad, R. 2007 a. Overvåking av vassdrag i Løten kommune i 2006. NIVA-rapport 5435-2007. 25 s.

Løvik, J.E. og Romstad, R. 2007 b. Overvåking av vassdrag i Hamar kommune i 2006. Finsalbekken. NIVA-rapport 5438-2007. 17 s.

Løvik, J.E., Bækken, T. og Romstad, R. 2009. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2008. NIVA-rapport 5758-2009. 80 s.

Schönning, C. 2003. Risk för smittspridning via avloppsslam. Redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter. Naturvårdsverket, rapport 5215. 65 s.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. 31 s.

Stårvik, B., Nordhagen, T.A., Vatlø, A.-B. og Kjellberg, G. 1996. Hygienisk overvåking av Mjøsa i forbindelse med storflommen 1995. Sluttrapport. Fylkeslegen i Hedmark, Fylkesmannen i Hedmark, Næringsmiddeltilsynet Hedmarken og NIVA. 63 s. + vedlegg.

Tjomsland, T. og Tryland, I. 2008. Sårbarhetsanalyse av vanninntakene til de kommunale vannverkene i Mjøsa: Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten. Simulering av bakteriologiske forhold ved bruk av strøm- og spredningsmodeller. NIVA-rapport 5610-2008. 58 s.

Tjomsland, T., Tryland, I., Brænden, R. og Løvik, J.E. 2007. Valg av trasé for avløpsledning over Furnesfjorden i Mjøsa. Sårbarhetsanalyse ved bruk av strøm- og spredningsmodeller. NIVA-rapport 5466-2007. 67 s.

## **6. Vedlegg**

**Tabell I.** Vanntemperatur i Mjøsa våren og sommeren 2009, °C.

	Dyp, m	24.04.09	28.04.09	07.05.09	11.05.09	19.05.09	01.07.09	22.07.09	11.08.09	25.08.09
M1	1	3.2	3.3	3.6	4.1					
	50	3.0	3.2	3.6						
	100	3.1	3.5	3.6	3.8					
	150	3.7	3.8	3.5	3.7					
M2	1	2.3	3.1	3.5	3.9					
	20	2.6	3.0	3.5	3.8					
	60	2.9	3.1	3.5	3.8					
M3	1	3.3	3.7	4.1	5.3	6.5				
	10	3.4	3.9	4.1	5.1	5.4				
M4	1	3.2	4.2	5.1	4.3	5.4				
	10	3.5	4.2	4.8	4.1	5.0				
M5	1	3.3	3.5	5.0	4.5	5.3	21.8	17.8	18.1	16.7
	10	3.1	3.5	4.0	4.3	5.0	11.6	11.7	16.4	15.8
M6	1	3.1	3.5	5.4	4.5	5.4				
	10	3.1	3.3	4.6	4.5	4.8				
M7	1	2.9	4.1	7.8	5.8	7.1				
M8	1	2.9	4.3	8.7	6.9	5.8				
M9	1	6.4	7.6	6.0	5.6	7.1				
M 10	1		3.4	3.7	4.1					
	20		3.2	3.7	4.0					
M11	7			3.6						
M12	1				8.9	11.5				

**Tabell II.** Konsentrasjoner av *E. coli* i Mjøsa våren 2009, antall/100 ml.

	Dyp, m	24.04.09	28.04.09	07.05.09	11.05.09	19.05.09
M1	1	3	0	0	0	
	50	3	0	0	0	
	100	2	0	1	0	
	150	0	0	3	0	
M2	1	1	6	4	1	
	20	2	5	1	3	
	60	15	16	3	2	
M3	1	33	6	8	3	6
	10	548	36	5	15	2
M4	1	8	23	11	5	1
	10	154	31	6	11	2
M5	1	0	5	8	6	2
	10	3	13	4	7	3
M6	1	4	1	8	8	2
	10	2	7	3	8	35
M7	1	122	84	93	50	15
M8	1	46	308	152	26	2
M9	1	>2400	308	31	121	31
M 10	1		0	0	0	
	20		1	1	0	
M11	7			2		
M12	1				104	93

**Tabell III.** Konsentrasjoner av koliforme bakterier i Mjøsa våren 2009, antall/100 ml

	Dyp, m	24.04.09	28.04.09	07.05.09	11.05.09	19.05.09
M1	1	17	0	1	0	
	50	8	5	0	3	
	100	6	0	2	0	
	150	0	1	5	0	
M2	1	8	19	9	9	
	20	9	30	17	10	
	60	24	44	11	8	
M3	1	201	96	16	137	22
	10	2420	250	20	144	3
M4	1	16	225	62	27	5
	10	687	488	65	22	6
M5	1	4	16	34	21	20
	10	13	34	10	20	24
M6	1	9	6	32	23	11
	10	7	21	14	16	126
M7	1	436	488	548	461	38
M8	1	148	727	365	172	2
M9	1	>2400	>2400	186	613	130
M 10	1		1	0	0	
	20		3	1	0	
M11	7			9		
M12	1				548	272

**Tabell IV.** Total-fosfor i Mjøsa våren og sommeren 2009, µg P/l.

	Dyp, m	24.04.09	28.04.09	07.05.09	11.05.09	19.05.09	02.06.09	01.07.09	22.07.09	11.08.09	25.08.09
M1	1	6.6	3.1	2.6							
	50	4.8									
	100	3.8									
	150	3.9									
M2	1	4.9	5.0	6.3							
	20	5.6									
	60	9.0									
M3	1	7.2	5.3	4.0							
	10	10.0	5.8	3.5							
M4	1	5.3	6.4	4.5							
	10	27.0	7.4	4.3							
M5	1	4.1	3.5	4.7	2.6	5.5					
	10	4.1	3.5	3.7	3.0	3.1					
	0-10	4.1	3.5	4.2	2.8	4.3	5.7	3.2	9.4	17.0	8.9
M6	1	3.5	3.1	6.0							
	10	5.0	3.3	6.6							
M7	1	27.0	26.0	18.0							
M8	1	26.0	34.0	24.0							
M9	1	58.0	25.0	9.2							
M 10	1		2.9	2.7							
	20										
M11	7			4.7							
M12	1										

0-10 m ved M5 24.4-19.5 er middelværdier av konsentrasjonene på 1 m og 10 m.

**Tabell V.** Klorofyll-*a* i Mjøsa våren og sommeren 2009, µg/l. Dataene fra prøvestasjonene Kise, Furnesfjorden og Skreia er stilt til rådighet av prosjektet Overvåking av Mjøsa med tilløpselver i regi av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

	Dyp, m	11.05.09	12.05.09	02.06.09	16.06.09	01.07.09	22.07.09	11.08.09	25.08.09	Middel jun-aug
M5	0-10	0.39		2.6		1.9	2.4	2.8	2.5	2.4
Kise	0-10		0.21	2.6		2.6	1.8	2.3	2.6	2.4
Furnesfj.	0-10		0.73	2.2		2.1	1.7	2.8	1.5	2.1
Skreia	0-10		0.26	2.0	0.8	2.0	2.1	2.1	2.6	1.9



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 samfunnsniv.



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)