

Gaute Kjærstad

Effekter av slamutslipp på bunndyr i Surna

**NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk notat 2025-7**



NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2025-7

Gaute Kjærstad

Effekter av slamutslipp på bunndyr i Surna

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Botanisk notat og Zoologisk notat. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Notatserien benyttes til rapportering fra mindre prosjekter og utredninger, datadokumentasjon, statusrapporter, samt annet materiale som ikke har en endelig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/web/museum/publikasjoner>

Referanse

Kjærstad, G. 2025. Effekter av slamutslipp på bunndyr i Surna – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2025-7: 1-24.

Trondheim, desember 2025

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Ingrid Ertshus Mathisen (instituttleder)

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Surna ved stasjon 18, 12.08. 2025. Foto: G. Kjærstad.

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-432-0
ISSN 1894-0064

Sammendrag

Kjærstad, G. 2025. Effekter av slamutslipp på bunndyr i Surna – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2025-7: 1-24.

I september 2022 ble det sluppet ut store mengder slam til Surna fra Foldsjømagasinet i forbindelse med rehabilitering av magasinets dam. Det var fryktet at utslippet kunne ha negativ innvirkning på livet i elva. Hensikten med denne undersøkelsen var å avdekke eventuelle effekter av slamutslippet på bunndyr.

Bunndyr ble samlet inn i tre perioder på lav/moderat vannføring; november/desember 2024, mai 2025 og august 2025 ved hjelp av sparkeprøver. Innsamlingen ble gjort på fem stasjoner i det slampåvirkede området og to upåvirkede stasjoner lenger oppstrøms.

For å kontrollere for ulike typer påvirkninger på bunndyr ble det benyttet to forsuringsindekser (Forsuringsindeks 1 og RAMI), en indeks for eutrofiering (ASPT) og en for sedimentering (PSI). Indeksene for forsurening og eutrofiering indikerte liten påvirkning og svært god økologisk tilstand. Resultater fra sedimenteringsindeksen tydet på litt sedimentering i elva. Mengde og forekomst av arter var normal, og det var ingen signifikante forskjeller i bunndyrsammensetning på slampåvirkende og upåvirkede stasjoner og heller ikke ved sammenligning av eldre data fra før slamutslippet. Det ble derfor ikke påvist noen effekter på bunndyrene som kan tilskrives slamutslippet.

Det er likevel sannsynlig at slamutslippet hadde en negativ effekt på bunndyrene den første tiden etter utslippet. Siden utslippet har imidlertid mye av slammet blitt vasket ut eller fjernet maskinelt. Prøvetaking av bunndyr i denne undersøkelsen ble gjennomført 2-3 år etter slamutslippet. Bunndyrene har evne til rask rekolonisering etter midlertidige forstyrrelser og har derfor hatt nok tid til å bygge opp bestandene etter slamutslippet.

Nøkkelord: Surna – bunndyr – slam – sedimentering

Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse.....	7
3 Materiale og metoder.....	9
3.1 Prøvtaking og artsbestemming	9
3.2 Indekser og dataanalyser.....	13
4 Resultater og diskusjon	15
5 Referanser	21
Vedlegg.....	22

Forord

I forbindelse med utslipp av slam til Surna høsten 2022 ble NTNU Vitenskapsmuseet forespurt om å gjennomføre undersøkelser for å evaluere effekten av utslippet på bunndyr. En stor takk rettes til Statkraft v/ Magnus Snøtun for oppdraget og samarbeidet underveis og til Anette G. Davidsen og Marc Daverdin for henholdsvis bistand under bearbeiding av bunndyrmaterialet og utforming av kart over studieområdet.

Trondheim, desember 2025

Gaute Kjærstad

1 Innledning

Foldsjø og Gråsjø i Surnadal er magasin for Trollheim kraftverk som har sitt utløp i Surna, ca. 23 km fra elvas utløp i sjøen. I forbindelse med rehabilitering av Sandedammen i Foldsjø høsten 2022, ble magasinet nedtappet med påfølgende utslipp av store mengder slam til Surna via sideelva Folda, som har samløp med Surna om lag 5 km oppstrøms utløpet fra Trollheim kraftverk.

For å kartlegge omfanget av utslippet ble det gjennomført flere undersøkelser av utbredelsen av tilførte sedimenter og eventuelle påvirkninger på livet i elva. Like etter utslippet ble det påvist slam over hele elvebunnen, som varierte fra et tynt, grått slør til flere titalls cm tykkelse på hele strekningen fra utløpet av Folda og 30 km nedover elva mot utløpet i sjøen (Gabrielsen & Stranzl 2022). Ett år etter slamutslippet fra Foldsjøen lå det fremdeles store mengder slam i elva, spesielt nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk, mens det oppstrøms kraftverksutløpet fremstod som visuelt nesten fritt for slam. I hele elveløpet nedstrøms Folda var det imidlertid finpartikulært materiale lenger ned i bunnssubstratet. Det var reduserte slammengder på de fleste undersøkte områdene i 2023 sammenlignet med 2022 (Bjørklund 2023a) og ytterligere reduksjon i 2024/25 (Bjørklund 2025). Det har også blitt fjernet 2621 m³ slam mekanisk fra fire områder i elva i 2024 og foreslått ytterligere fjerning i 2025 (Bjørklund 2025).

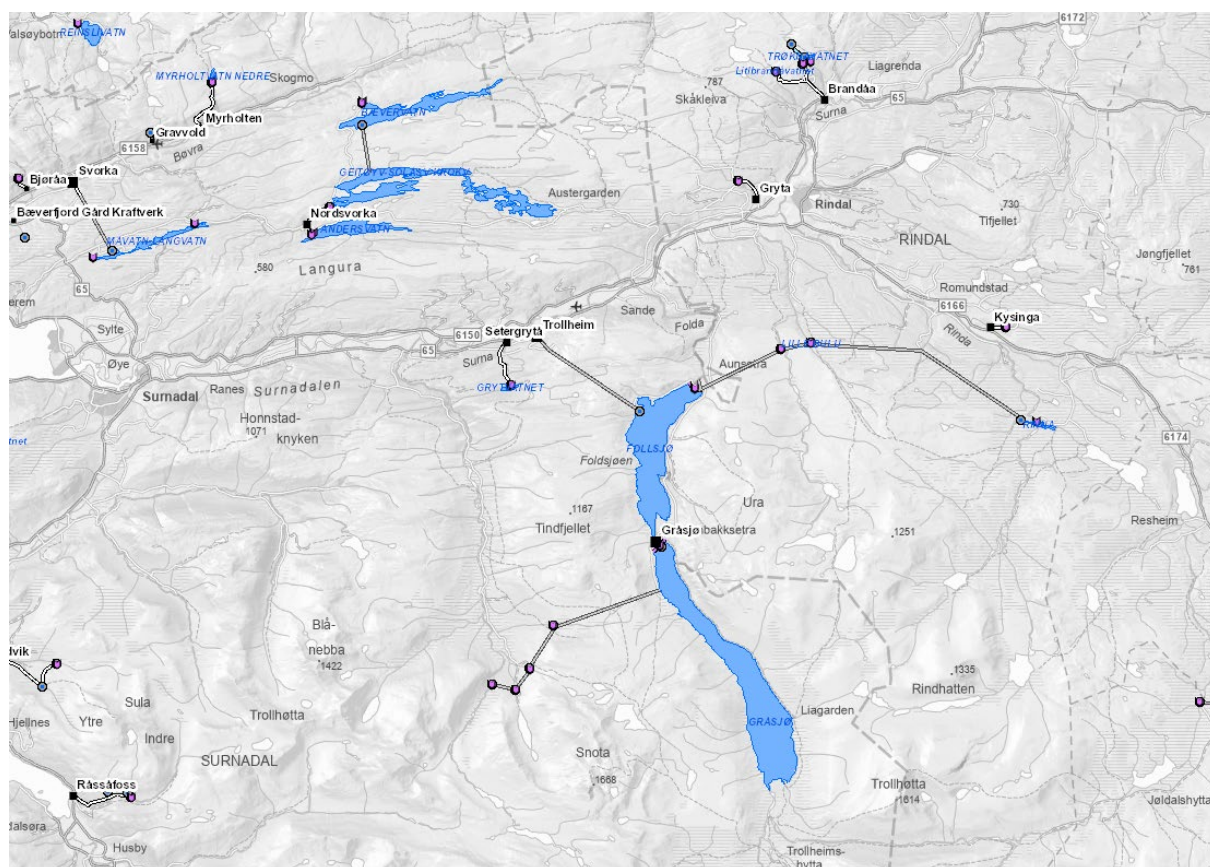
En økning i mengden fine partikler med økt sedimentering kan ha negativ innvirkning på hele næringskjeden fra alger, via bunndyr og til fisk (Wood & Armitage 1997, Kemp et al. 2011, Jones et al. 2014). Hulrom i bunnssubstratet, som er levested for mange bunndyr og fisk, kan bli tettet igjen og gi et mer homogent substrat og dermed dårligere habitatkvalitet (Burdon et al. 2013, Descloux et al. 2013). Både slamutslippet i september 2022 og ekstremværet «Gyda» i januar 2022 har trolig hatt negativ effekt på rekrutteringen av laksefisk i Surna, og forårsaket flere svake årsklasser (Foldvik m.fl. 2024). Også andre elvelevende organismer som elvemusling antas å være negativt påvirket av slamutslippet som trolig har medført en reduksjon på 25% av bestanden i Sandhølen, samt redusert leveområdets areal (Bjørklund 2023b). En undersøkelse utført høsten 2023 indikerer at slamutslippet ikke har hatt noen effekt på bunndyrene (Bodin 2024).

Hensikten med denne undersøkelsen var å avdekke eventuelle effekter av slamutslippet på bunndyrsamfunnet i Surna.

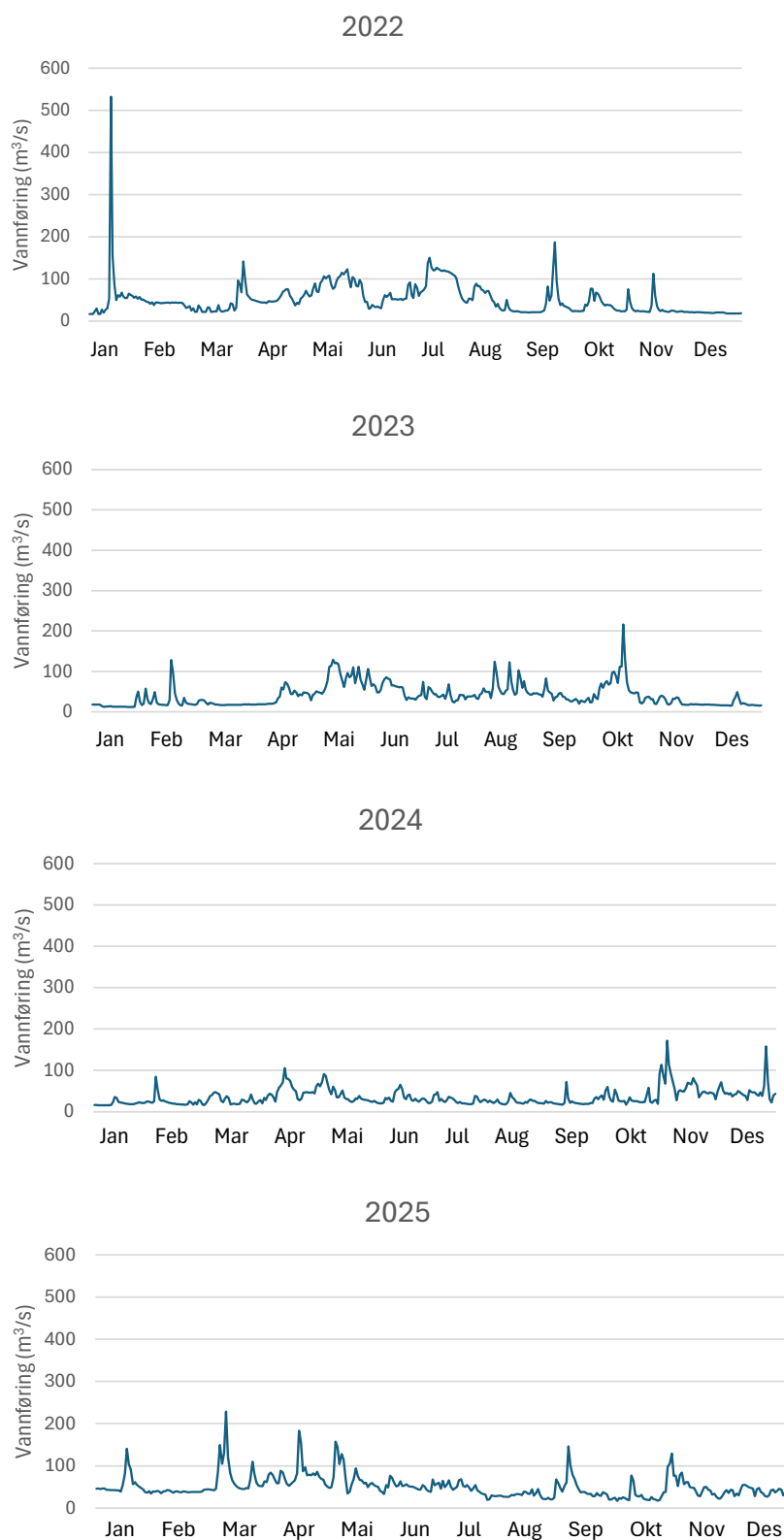
2 Områdebeskrivelse

Surna, som har midlere årlig vannføring på 56 m³/s, renner gjennom Rindal og Surnadal kommuner og nedbørfeltet drenerer 1201 km². Vassdraget er en viktig for laks og sjørret og fikk fra 2003 status som nasjonalt laksevassdrag og fjordområdet utenfor som nasjonal laksefjord. Denne statusen skal gi vassdraget og fjorden ekstra beskyttelse mot tiltak og inngrep som kan skade villaksen.

På 1960-tallet ble det gjennomført kraftutbygging, blant annet med oppdemming av de kunstige magasinene Gråsjøen og Foldsjøen. I tillegg overføres vann fra flere av Surnas sideelver; Rinda og Store Bulu til Foldsjøen og Vinddøla til Gråsjøen. Trollheimen kraftverk utnytter fallet fra Foldsjøen og har utløp i Surna ved Solemsøya. Gråsjø kraftverk utnytter fallet fra Gråsjøen og har avløp til Foldsjøen. I tillegg er det noen få småkraftverk i vassdraget. Figur 1 viser en oversikt over kraftverksreguleringene. Vannføringen i Surna varierer mye gjennom året og med store flomtopper, ofte om våren og høsten. Den største flomtoppen de seneste årene var imidlertid i januar 2022 i forbindelse med ekstremværet «Gyda» (se figur 2). Periodevis varierer vannstanden nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk mye og raskt på grunn av manøvrering fra kraftverket (effektkjøring).



Figur 1. Oversikt over kraftverksreguleringen med magasiner (blått), overføringstunneller, vanninntak (lilla) og kraftverk (svarte firkanter). Kart fra NVE Atlas.

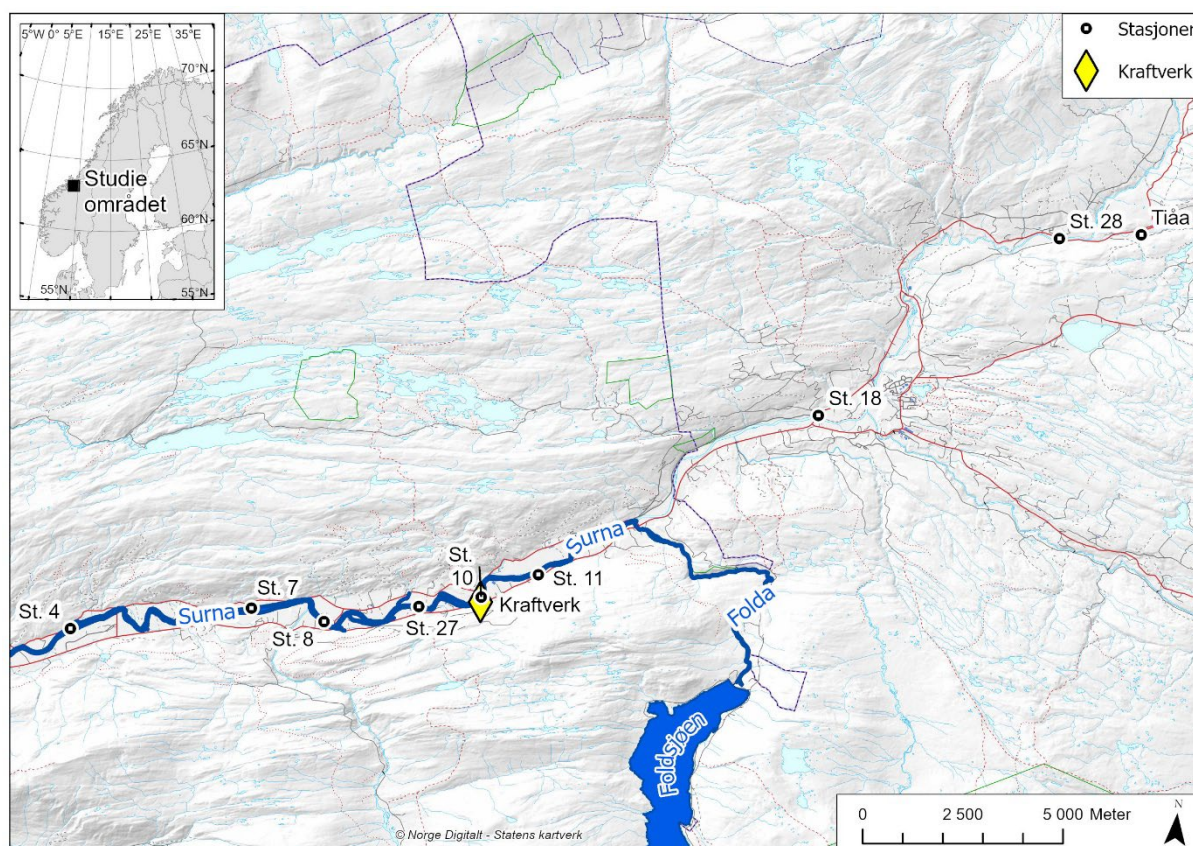


Figur 2. Vannføring (døgnverdier) i Surna ved Skjermo i perioden 2022-2025. Målestasjonen ligger ca. 1,3 km nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk. Data fra sildre.nve.no.

3 Materiale og metoder

3.1 Prøvtaking og artsbestemming

Innsamling av bunndyr ble gjennomført i tre perioder; høst (20.11. og 02.12. 2024), vår (23.05. 2025) og sommer (12.08. 2025) under gode feltforhold med relativt lav vannføring (20-27 m³/s ved Skjermo målestasjon). Under feltarbeidet den 20.11. 2024 var områdene oppstrøms utløpet av Trollheim kraftverk islagt, og prøvetaking i dette området ble derfor utsatt til den 02.12. da det var isfritt etter en mildværsperiode. Det ble tatt bunndyrprøver på 7 stasjoner (figur 3), hvorav 5 lå nedstrøms utløpet av Folda (stasjon 4, 7, 8, 10 og 11) og dermed påvirket av slamutslippet i 2022 og 2 elvstasjoner oppstrøms utløpet (stasjon 18 og Tiåa). De tre stasjonene lengst nedstrøms (stasjon 4, 7 og 8) var i tillegg påvirket av vannføringsvariasjoner som følge av manøvreringen av Trolleheim kraftverk. Bilde 1-8 viser oversikts- og substratbilder av stasjonene. Bilde 2 viser nedslamming av substratet på stasjon 4 etter at elva fikk tilført slam fra en sidebekk i nedre del i mai 2025. Det ble også benyttet data fra stasjon 27 (slampåvirket) og st. 28 (upåvirket av slamutslippet), men disse to stasjonene ble kun prøvetatt i september 2024. Figur 3 viser en oversikt over stasjonenes beliggenhet. Stasjonenes koordinater er angitt i vedlegg 2. Bunndyrene ble samlet inn til samme tid på året og på noen av de samme stasjonene som i en tidligere undersøkelse (Ugedal m.fl. 2014). Nummereringen av stasjonene er også den samme i begge undersøkelsene. Hensikten med å bruke data fra den tidligere undersøkelsen, som ble gjennomført før slamutslippet, var å evaluere om det hadde skjedd endringer i bunndyrsamfunnet over tid som eventuelt kunne tilskrives slamutslippet.



Figur 3. Oversikt over studieområdet med prøvetakingsstasjoner og beliggenheten av utløpet av Trollheim kraftverk. Elvestrekningen som ble påvirket av slamutslippet fra Foldsjøen i 2022 er uthevet.

Under prøvetaking av bunndyr ble det benyttet en langskaffet håv med åpning på 25x25 cm og en maskevidde på 0,5 mm, tilsvarende det som ble brukt av Ugedal m.fl. (2014). På hver stasjon og for hver prøvetakingsrunde ble det tatt sparkeprøver (Frost et al. 1971, Direktoratgruppen

Vanndirektivet 2018) med 3 x ett-minutts sparking. Sparkeprøver ble også benyttet av Ugedal m.fl. (2014) men metoden var noe avvikende. Det antas likevel at dersom det er vesentlige endringer i bunndyrsamfunnet mellom de to undersøkelsene vil dette bli fanget opp. I hvilken grad eventuelle endringer skyldes slamutslippet eller andre hendelser, vil blant annet avhenge av om endringene i bunndyrsamfunnet i det slampåvirkede området er forskjellig fra det upåvirkede området/referanseområdet over tid. Hver ett-minutts sparkeprøve ble silt gjentatte ganger gjennom en håvduk med 0,5 mm maskevidde, slik at kun bunndyr og organisk materiale ble tilbake og dette ble overført på glass og konservert på 96% etanol. På lab ble hver prøve subsamplet 1/10 og alle individer av bunndyr i delprøven ble telt opp, mens døgnfluer, steinfluer, vårfluer, snegler, biller og mudderfluer ble bestemt til art så langt det lot seg gjøre og øvrige grupper til høyere taksonomisk nivå. Deretter ble restprøven gjennomgått og alle arter og grupper som ikke var registrert i delprøven ble bestemt og telt opp. Artsbestemming av bunndyr ble gjort ved hjelp av bestemmelsesnøkler for steinfluer (Lillehammer 1988), døgnfluer, vårfluer, biller og mudderfluer (Nilsson 1996) og snegler (Gløer 2019). En oversikt over identifiserte bunndyr er gitt i vedlegg 1.



Bilde 1. Stasjon 4 nedstrøms Mogstadhølen (slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 2. Slam på stasjon 4 den 23.05. 2025.



Bilde 3. Stasjon 7 nedstrøms Sveahølen (slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 4. Stasjon 8 ved Fergemannshølen (slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 5. Stasjon 10 ved Solemsøya, like oppstrøms utløpet av Trollheim kraftverk (slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 6. Stasjon 11 ved Kuøra (slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 7. Stasjon 18. like oppstrøms Bolmbrua (ikke slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.



Bilde 8. Stasjon Tiåa ved Øvre Rindal kapell (ikke slampåvirket), oversiktsbilde t.v. og substratbilde t.h.

Både forsuringsindeks 1 og RAMI er basert på indikatortaksa med ulik forsuretoleranse. I forsuringsindeks 1 bestemmes indeksverdien av forekomst/fravær av ulike taksa som er rangert i fire ulike forsureklasser. RAMI bestemmes ut fra den relative mengden av ulike indikatortaksa, samt en vektet indikatorverdi der taksa som har en smal pH-toleranse er tillagt større vekt enn taksa med vid pH-toleranse.

3.2 Indekser og dataanalyser

For å vurdere om det var forskjeller i bunndyrsamfunnet på stasjoner med og uten påvirkning fra sedimentutslippet ble det benyttet ulike indekser som kan indikere forskjellige påvirkningsfaktorer: forsuringsindeks 1, River Acidification Macroinvertebrate Index (RAMI), Average Score per Taxon (ASPT), Proportion of Sediment-sensitive Invertebrates (PSI) og Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT-indeksen). Tabell 1. viser grenseverdier for forsuringsindeks 1, RAMI og ASPT i forhold til vanndirektivets fem nivåer for økologisk tilstand.

For å vurdere graden av organisk belastning ble ASPT-indeksen (Average Score Per Taxon) benyttet (Armitage m.fl. 1983). ASPT-verdien vurderes, i likhet med RAMI-verdien også opp mot den generelle referanseverdien for vanntypen, og forholdet mellom målt verdi og referanseverdi kalles «Ecological Quality Ratio» (EQR). ASPT-indeksen er relativt grov fordi den angir samme toleranseverdi for en hel familie. I realiteten vil det imidlertid være toleranseforskjeller mellom arter innen mange av familiene som er relatert til indeksen. I en lokalitet med liten eller ingen forurensing vil det normalt være mange arter til stede uten stor dominans av enkeltarter. I slike lokaliteter vil følsomme arter opptre i større antall enn enkeltindivider, og det er liten forskyvning i dominansforhold mot tolerante arter/grupper. Døgn-, stein- og vårfluer har mange rentvannsarter og artsantallet vil gi en indikasjon på vannkvalitet. Derfor ble EPT-indeksen, som angir antall arter inne Ephemeroptera- døgnfluer, Plecoptera- steinfluer og Trichoptera- vårfluer) benyttet.

Tabell 1. Grenseverdier for forsuringsindeks 1, RAMI og ASPT relatert til økologisk tilstand og elvetype (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018).

Tilstandsklasse	Forsuringsindeks-1	RAMI Kalkfattige, klare	RAMI (EQR) Kalkfattige, klare	ASPT Alle	ASPT (EQR) Alle
Referanseverdi	Ikke definert	4,5	1	6,9	1
Svært god	1	>3,87	>0,86	>6,8	>0,99
God	>0,77 – 1	>3,69 - 3,87	>0,82 - 0,86	6 - 6,8	>0,89 - 0,99
Moderat	>0,5 – 0,77	>3,48 - 3,69	>0,77 – 0,82	5,2-6	>0,75 – 0,87
Dårlig	>0,25 – 0,5	>3,28 - 3,48	>0,73 – 0,77	4,4-5,2	>0,64– 0,75
Svært dårlig	≤0,25	≤3,29	≤0,73	<5,2	<0,64

PSI-indeksen (Proportion of Sediment-sensitive Invertebrates) indikerer graden av sedimentering (Extence et al. 2013). Her er ulike arter og grupper gitt en vektet verdi ut fra mengde og toleranse overfor sedimentering. Indeksverdien gir et mål på andelen av de mest sedimenteringssensitive bunndyrene i forhold til alle registrerte bunndyr. Indeksverdien blir relatert til fem grader av sedimentering med økt sedimenteringsgrad med avtakende verdi (tabell 2).

Tabell 2. Grenseverdier for sedimenteringsindeks PSI (Pressure specific invertebrate index)

	PSI-verdi
Liten eller ingen sedimentering	81-100
Litt sedimentert	61-80
Moderat sedimentert	41-60
Sedimentert	21-40
Mye sedimentert	0-20

Alle dataanalysene ble utført i R, versjon 4.4.3 (R Core Team, 2025). For å teste om det var signifikante forskjeller i bunndyrsammensetning (uttrykt som Bray-Curtis ulikhet) mellom stasjoner som hadde vært utsatt for sedimentutslippet i 2022 og stasjoner som var upåvirket av utslippet ble det benyttet PERMANOVA. Metoden ble også benytte for å avdekke om bunndyrsammensetningen hadde endret seg over tid fra 2012/2013 (Ugedal et al. 2014) til 2024/2025 innen de samme stasjonene. PERMANOVA er en ikke-parametrisk metode og tester om dataene har ulike sentroider (gjennomsnittlig posisjon) i multivariat rom. I PERMANOVA trenger ikke et signifikant resultat nødvendigvis bety at sentroidene/bunndyrsammensetningen er

forskjellige, men kan også skyldes at en gruppe har mye større intern spredning/variens enn en annen gruppe. For å teste dette ble det benyttet PERMDISP. For begge metodene ble det gjort 999 permutasjoner. Både PERMANOVA og PERMDISP finnes i R-pakken Vegan (Oksanen et al. 2025).

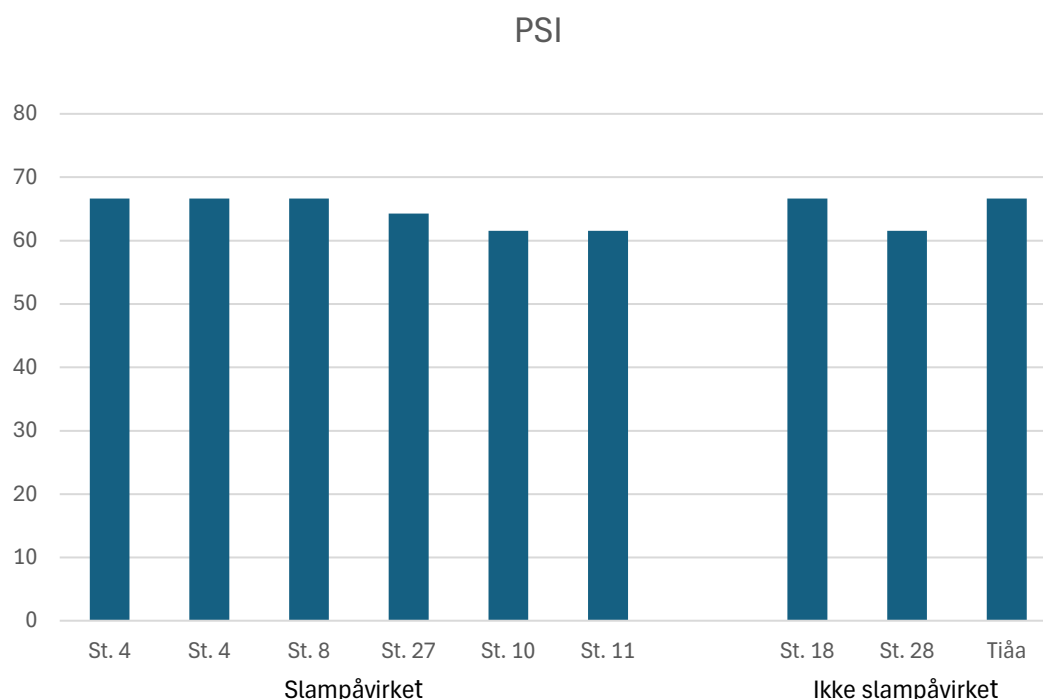
4 Resultater og diskusjon

Verdiene fra ASPT-indeksen, RAMI og forsuringsindeks 1 tydet på liten påvirkning fra eutrofiering og forsuring på samtlige stasjoner, og indikerer svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften (tabell 3). Selv om Surna er noe påvirket fra jordbruksaktivitet og bebyggelse er ikke effektene store nok til å gi utslag på bunndyrsamfunnet, i alle fall ikke i tiden i forkant av prøvetakingen. En bunndyrundersøkelse gjort ett år etter sedimentutslippet der de samme indeksene ble benyttet, viste også god eller svært god økologisk tilstand på stasjoner både oppstrøms og nedstrøms slamutslippet (Bodin 2024).

Tabell 3. Verdier og EQR-verdier for ASPT og RAMI, samt verdier for forsuringsindeks 1.

Stasjon	ASPT		RAMI		Forsurings- indeks 1	Økologisk tilstand
	Verdi	EQR	Verdi	EQR		
St. 4	7,0	1	4,9	1,1	1	Svært god
St. 7	7,0	1	5,0	1,1	1	Svært god
St. 8	7,2	1	5,0	1,1	1	Svært god
St. 27	7,0	1	4,8	1,1	1	Svært god
St. 10	7,2	1	4,7	1,0	1	Svært god
St. 11	7,1	1	4,7	1,0	1	Svært god
St. 18	7,2	1	4,7	1,1	1	Svært god
St. 28	7,0	1	5,1	1,1	1	Svært god
Tiåa	7,1	1	4,5	1,0	1	Svært god

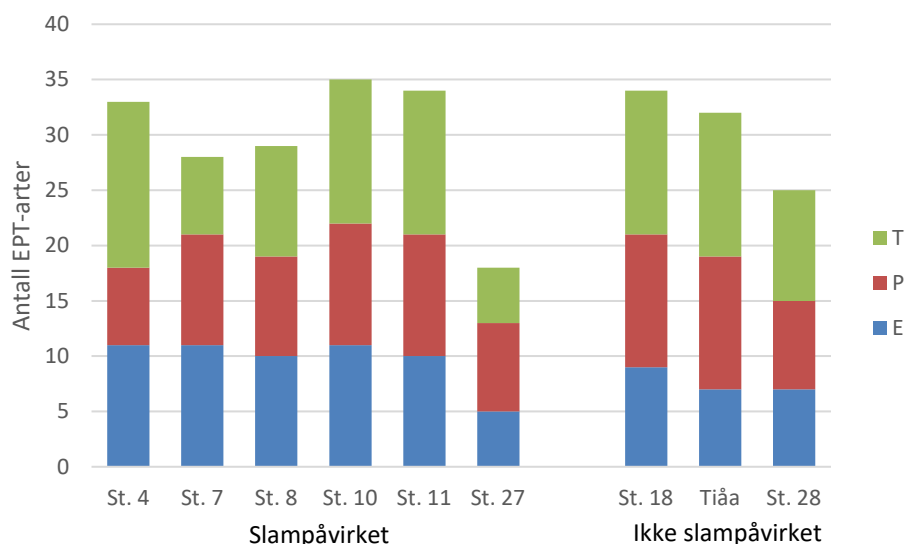
PSI-indeksen hadde verdier på mellom 60 og 70 på alle stasjonene, noe som indikerer at substratet var «litt sedimentert». Det var imidlertid små forskjeller mellom stasjonene i slampåvirket område og stasjoner som var upåvirket. Effektene av slamutslippet i 2022 er derfor trolig små/fraværende i dag, i alle fall på den habitattypen der prøvene ble tatt (strykstrekninger). I bunndyrundersøkelsen fra 2023 var PSI-verdiene gjennomgående høyere enn våre og flere av stasjonene hadde PSI-verdier over 80, noen som indikerer liten eller ingen sedimentering (Bodin 2024). Forskjellene kan skyldes at det ble funnet større andel av sedimenteringstolerante bunndyr som f.eks. fåbørstemark i vår undersøkelse.



Figur 4. PSI-verdier pr. stasjon og R3-prøve.

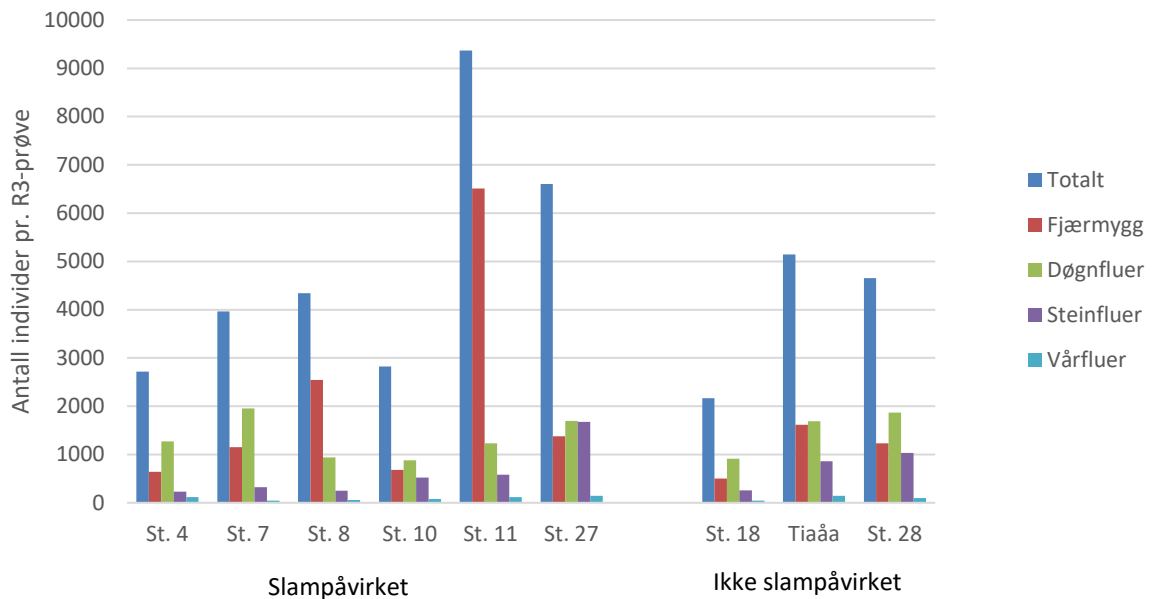
Antall døgn-, stein- og vårfluer varierte fra 18 arter på stasjon 27 til 35 arter på stasjon 10. (figur 5) Dette er relativt høye tall og tyder på liten negativ påvirkning. Det var ingen tydelige forskjeller mellom stasjonene på det slampåvirkede området sammenlignet med området uten slampåvirkning. Det slampåvirkede området hadde stasjonene med både høyest og lavest artsantall. Stasjon 27 og 28 hadde færrest arter, men dette skyldes at disse stasjonene kun ble prøvetatt på høsten, mens de øvrige stasjonene ble prøvetatt både vår, sommer og høst. Stasjonene med tre prøverunder vil derfor i tillegg fange opp arter som kun er til stede eller er mulig å artsbestemme på vår/sommer.

Det var ingen signifikante forskjeller i bunndyrs sammensetning ved sammenligning av stasjonene med og uten slampåvirkning, uttrykt som Bray-Curtis ulikhet (PERMANOVA, $R^2 = 0.029$, $F = 0.65$, $p = 0.776$). Det var heller ingen signifikant forskjell i spredning i dataene (varians) mellom de to områdene (PERMADISP, $F = 2.21$, $p = 0.151$).



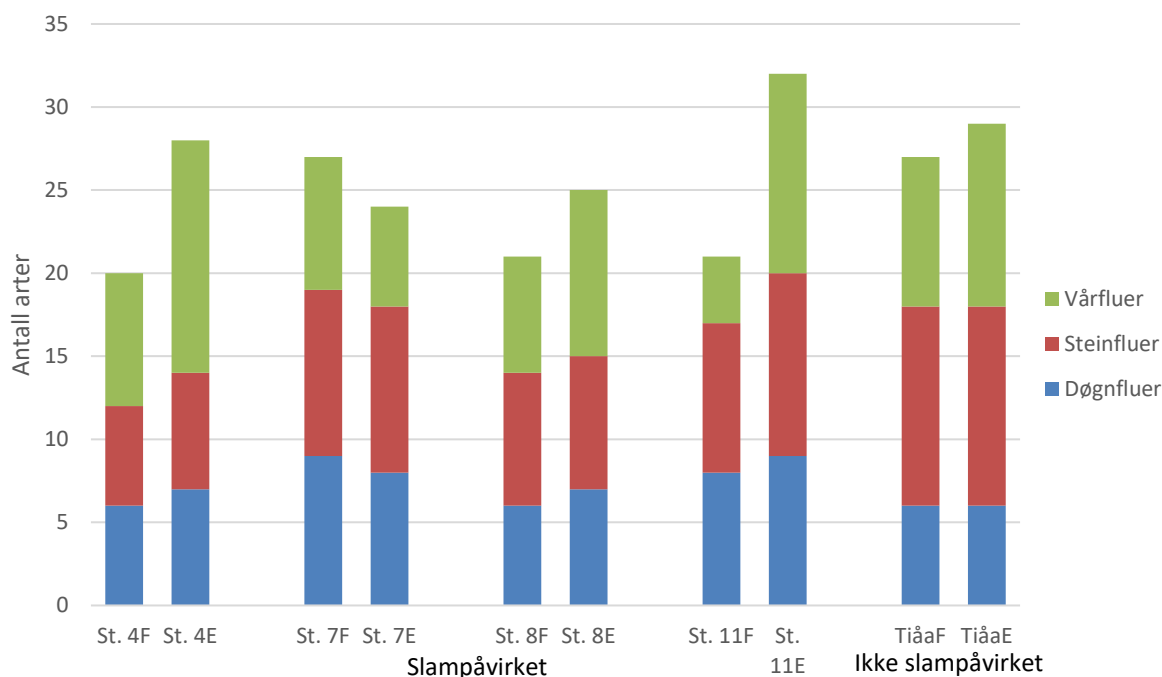
Figur 5. Antall EPT-arter; **E** = Ephemeroptera (døgnfluer), **P** = Plecoptera (steinfluer), **T** = Trichoptera (vårfluer). På stasjon 27 og 28 er det kun tatt prøver i september 2024, mens de øvrige stasjoner er prøvetatt tre ganger (høst 2024, samt vår og sommer 2025).

Høyest antall individer ble påvist på stasjon 11 og 27 i det slampåvirkede området og lavest på stasjon 18 i det upåvirkede området (figur 6). På de øvrige stasjonene var det kun mindre forskjeller. Fjærmygg var den dominerende bunndyrgruppen på to stasjoner i det slampåvirkede området, mens på de øvrige stasjonene var det enten døgnfluer eller steinfluer som dominerte. Unntaket var stasjon 27 der vårfluer, sammen med døgnfluer hadde høyest individantall. Høy forekomst av fjærmygg på to stasjoner kan indikere at det er noe mer finsedimenter der, men fjærmygg er en divers gruppe der ulike arter har preferanse for svært ulike miljøer. Det er derfor usikkert om abundansen av fjærmygg kan kobles mot grad av sedimentering.



Figur 6. Totalt antall individer, samt antall individer av fjærmygg, døgn-, stein- og vårfluer pr. R3-prøve.

For å sammenligne bunndyrsamfunnene før og etter sedimentutslippet ble det benyttet førdata fra Ugedal et al. (2014) og sammenlignet med våre data. Dette ble gjort for de stasjonene som var felles for de to undersøkelsene og der rådata fra den eldre undersøkelsen var tilgjengelig. Datasettene er basert på sparkeprøver som er tatt vår og høst i 2012/2013 og 2024/2025. Figur 7 viser forekomsten av døgn-, stein- og vårfluearter (EPT-arter) på fire stasjoner i slampåvirket område og en referansestasjon (Tiaåa). På referansestasjonen var det en liten økning i antall arter over tid, noe som også var tilfelle for tre av stasjonene i slampåvirket område. På en av stasjonene (st. 7) i slampåvirket område var det imidlertid en nedgang i antall arter. Siden de fleste stasjonene, inkludert referansestasjonen, har økt artsantallet over tid tyder resultatene på at slamutslippet ikke har hatt noen negativ effekt på antall EPT-arter.



Figur 7. Antall EPT-arter; **E** = Ephemeroptera (døgnfluer), **P** = Plecoptera (steinfluer), **T** = Trichoptera (vårfluer) pr. stasjon. F= sparkeprøver tatt vår og høst 2012-2013 (Ugedal et al. 2014), E= sparkeprøver tatt vår og høst 2024-2025.

Når det gjelder hvilke arter som var til stede i 2012/2013 men ikke påvist av oss og arter funnet av oss, men ikke påvist i 2012/2013 er det gitt en oversikt i tabell 4. På det slampåvirkede området var det ni arter som ble påvist i 2012/2013 men ikke i 2024/2025. Det var også åtte arter som ble påvist av oss, men ikke i 2012/2013. Også på referanseområdet var det arter som manglet i 2024/2025 sammenlignet med tidligere (seks arter) og åtte arter som vi fant, men som ikke ble påvist på referanseområdet i 2012/2013. De fleste av artene var påvist i lave antall (< 10 individer) og forekomst/fravær skyldes nok mest tilfeldigheter.

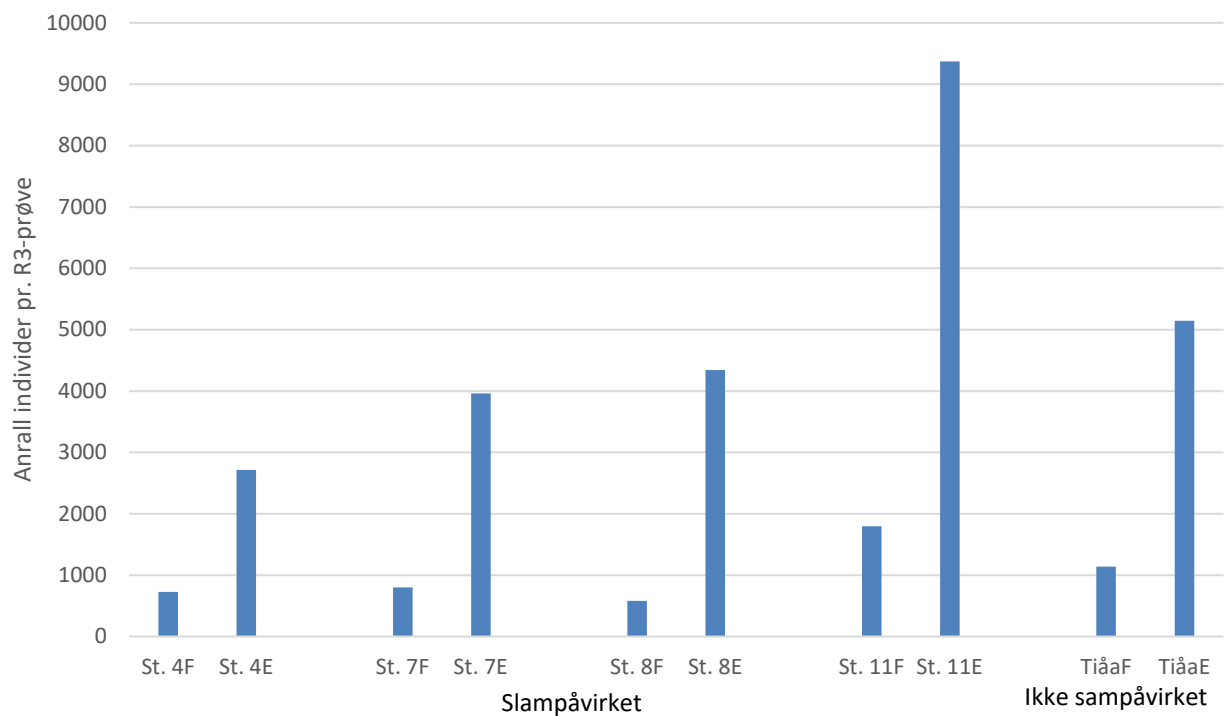
Resultater fra PERMANOVA indikerer også at det ikke har skjedd noen signifikante endringer i bunndyrs sammensetningen på de ulike stasjonene i 2024/2025 sammenlignet med 2012/2013 ($p > 0.05$). Test for homogenitet i multivariat spredning (PERMDISP) viste imidlertid signifikant forskjell i spredning mellom tidspunktene innen stasjon 7 på slampåvirket område, men også på referansestasjonen ($p < 0.05$). Resultatene fra testene er vist i vedlegg 3 og 4. Dette indikerer at variasjonen i artssammensetning mellom tidspunktene ikke er homogen på de to stasjonene. Årsaken til dette kan være at antall individer pr. R3-prøve var betraktelig høyere i vår undersøkelse, inkludert på referansestasjonen (Tiåa), sammenlignet med 2012/2013. Dette har nok sammenheng med ulike metoder, der vår undersøkelse inkluderte alt innsamlet materiale, mens den eldre undersøkelsen var basert på manuell utplukking av bunndyr fra prøvene. Forskjellene i abundans mellom de to periodene gjenspeiler derfor ikke de reelle forskjellene.

Resultatene fra denne undersøkelsen tyder på at slamutslippet i 2022 har liten eller ingen effekt på bunndyrsamfunnet i dag. Dette er i samsvar med en annen bunndyrundersøkelse gjort ett år etter slamutslippet (Bodin 2024). Det er sannsynlig at de ville blitt avdekket negativ påvirkning på bunndyrene dersom undersøkelser hadde blitt utført umiddelbart etter utslippet. Denne undersøkelsen ble gjort 2-3 år etter slamutslippet og bunndyrene hadde hatt relativt god tid til reetablering. Dessuten viser kartlegging av omfanget av slamutslippet at mye av slammet var spylt ut etter 1-2 år etter utslippet og at mange av områdene fremstod som slamfrie (Björklund 2023a, Björklund 2025). Bunndyrsamfunnet vil også reetablere seg raskt etter midlertidige forstyrrelser. Undersøkelser etter rotenonbehandlinger viser at bunndyrsamfunnet kan reetablere seg allerede etter ett år etter behandling, selv om de negative effektene like etter behandlingen er store (Kjærstad & Arnekleiv 2004, Pham et al. 2018). Denne undersøkelsen dekker kun strykstrekninger

og det kan tenkes at mer sakteflytende/stillestående områder i elva kan har rester av slam og at bunndyrsamfunnet i slike områder fremdeles kan være påvirket.

Tabell 4. EPT- arter som ble registrert i 2012/2013 (før slamutslippet) men ikke i 2024/25 innenfor slampåvirket område og referanseområde er markert med rødt, mens EPT- arter som kun ble påvist i 2024/2025 (etter slamutslippet) på de to områdene er markert med gult.

	Slam før	Slam etter	Ref. før	Ref. etter
Agapetus ochripes		x		x
Apatania stigmatella	x	x		x
Apatania zonella	x			
Arctopsyche ladogensis		x		
Athripsodes cinereus	x			
Baetis fuscatus/scambus		x		
Capnia atra	x		x	
Capnopsis schilleri		x		x
Centroptilum luteolum		x		
Crunoecia irrorata		x		
Dinocras cephalotes	x		x	
Glossosoma intermedium	x	x		x
Halesus radiatus	x		x	
Heptagenia dalecarlica	x	x		x
Hydropsyche pellucidula	x	x		x
Ithytrichia lamellaris		x		
Lepidostoma hirtum	x			
Leptophlebia marginata		x		
Leuctra hippopus	x		x	
Micrasema setiferum	x			
Nemoura cinerea	x		x	
Oxyethira sp.	x	x		x
Philopotamus montanus			x	
Taeniopteryx nebulosa	x	x		x



Figur 8. Totalt antall individer pr. tre-minutters sparkeprøve (R3). F= sparkeprøver tatt vår og høst 2012-2013 (Ugedal et al. 2014), E= sparkeprøver tatt vår og høst 2024-2025.

5 Referanser

- Björklund, J. 2023a. Kartlegging av slam i Surna – 1 år etter utslippet fra Foldsjø. Rapport, COWI AS. 107 s.
- Björklund, J. 2023b. Kartlegging av elvemusling i Surna ved Sandhølen og Olavshølen. Rapport, COWI AS. 30 s.
- Björklund, J. 2025. Kartlegging av slam i Surna - 2024. LFI Rapport nr. 574. 60s.
- Bodin, C.L. 2024. Undersøkelser av bunndyrsamfunnet i Surna etter slamutslippet i 2023. NORCE LFI Rapport. Nr. 520. 20 s.
- Burdon, F.J., McIntosh, A.R., Harding, J.S., 2013. Habitat loss drives threshold response of benthic invertebrate communities to deposited sediment in agricultural streams. *Ecol. Appl.* 23, 1036–1047.
- Descoux, S., Datry, T., Marmonier, P., 2013. Benthic and hyporheic invertebrate assemblages along a gradient of increasing streambed colmation by fine sediment. *Aquat. Sci.* 75, 493–507.
- Extence, C. A., Chadd, R. P., England, J., Dunbar, M. J., Wood, P. J. & Taylor, E. D. 2013. The assessment of fine sediment accumulation in rivers using macro-invertebrate community response. *River Res. Applic.*, 29: 17-55.
- Foldvik, A., Ulvan, E.M., Jensås, J.G., Berg, M., Bremset, G. & Ugedal, O. 2024. Fiskebiologiske undersøkelser i Surna i perioden 2022-2024. Effekter av ekstremværet Gyda og slamutslipp. NINA Rapport 2489. 59 s.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. – *Canadian Journal of Zoology* 49:167-173.
- Gabrielsen, S.-E. & Stranzl, S. 2022. Kartlegging av slamutslipp i Surna grunnet nedtapping av Foldsjøen. NORCE LFI rapport 460. 30 s.
- Glöer, P. 2019. The Freshwater gastropods of the West-Palaearctis. Volume I. Fresh- and brackish waters except spring and subterranean snails. Svenja Muchow, Neustadt/Holstein, Tyskland.
- Jones, J.I., Duerdoth, C.P., Collins, A.L., Naden, P.S., Sear, D.A., 2014. Interactions between diatoms and fine sediment. *Hydrol. Process.* 28, 1226–1237.
- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J. V. 2004. Rotenonbehandling av elver i Rana-regionen i 2003 og 2004: effekter på bunndyr. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie, 4, 1-23; Trondheim: NTNU Vitenskapsmuseet.
- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P., Jones, I., 2011. The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrol. Process.* 25, 1800–1821.
- Lillehammer, A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. E. J. Brill/Scandinavian Science Press Ltd. Leiden, Nederland. Vol 21.
- Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books. Stenstrup, Danmark.
- Oksanen J., Simpson G., Blanchet F., Kindt R., Legendre P., Minchin P., O'Hara R., Solymos P. & Borman T. 2025. `_vegan: Community Ecology Package_`. R package version 2.6-10, <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.
- Pham L., Jarvis M.G., West D. & Closs G.P. 2018. Rotenone treatment has a short-term effect on New Zealand stream macroinvertebrate communities. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 52: 42–54. <https://doi.org/10.1080/00288330.2017.1330273>
- R Core Team 2025. R: A language and environment for statistical computing. Version 4.4.3 (2025-02-28 ucrt). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ugedal, O., Berg, M., Bongard, T., Bremset, G., Kvingedal, E., Diserud, O., Jensås, J.G., Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A. & Østborg, G. 2014. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Surna. Sluttrapport for perioden 2009-2013. NINA Rapport 1051. 129 s. + vedlegg.
- Ugedal, O., Kvingedal, E., Hagen, I. J., Bremset, G., Jensås, J. G., Karlsson, S., & Østborg, G. 2021. Fiskebiologiske undersøkelser i Surna. Sluttrapport for perioden 2016-2020. NINA Rapport 1997.
- Wood, P.J., Armitage, P.D., 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environ. Manag.* 21, 203–217.

Vedlegg

Vedlegg 1. Antall bunndyr pr. R3-prøve fordelt på stasjoner, basert på prøver tatt i november/desember 2024, mai 2025 og august 2025. Stasjon 27 og 28 er kun prøvetatt i september 2024

		Stasjoner								Tiåa
		4	7	8	27	10	11	18	28	
Halipidae	Bille						1			
Hydraena gracilis	Bille	7	1	1	11	1	1	4	10	37
Elodes sp.	Bille					1				
Elmis aenea	Bille	9	11	5	20	14	119	11	17	19
Limnius volckmari	Bille	67	42	15	140	83	155	5	22	62
Oulimnius tuberculatus	Bille	1	1			1	5	1	1	
Sialis sp.	Mudderflue						1			
Sialis fuliginosa	Mudderflue						1	1		
Rhyacophila nubila	Vårflue	50	28	43	120	21	36	15	11	59
Glossosoma intermedium	Vårflue	2	2	7		4	4			1
Agapetus ochripes	Vårflue	17	4	4	10		11		20	1
Hydroptila sp.	Vårflue	1	4	1	10	14	7	1	50	10
Ithytrichia lamellaris	Vårflue						1			
Oxyethira sp.	Vårflue	1				11	11			7
Philopotamus montanus	Vårflue							1		
Psychomyia pusilla	Vårflue					1	1			
Plectrocnemia conspersa	Vårflue									
Polycentropus flavomaculatus	Vårflue	4	3			14	18	12	4	20
Hydropsyche nevae	Vårflue	19	2	4	5	2	1	4	1	
Hydropsyche silfvenii	Vårflue								1	
Hydropsyche pellucidula	Vårflue	1		1		1	1	1		1
Hydropsyche siltalai	Vårflue					1				1
Arctopsyche ladogensis	Vårflue	1								
Crunoecia irrorata	Vårflue	1								
Lepidostoma hirtum	Vårflue					1				
Limnephilidae	Vårflue	4	1	1		4	7	3		7
Apatania sp.	Vårflue	8	1		1			1	1	7
Apatania stigmatella	Vårflue	1								1
Ecclisopteryx dalecarlica	Vårflue			1		1		1	5	15
Potamophylax cingulatus	Vårflue	1		1				1		
Potamophylax latipennis	Vårflue	5		1		1	4	4		1
Silo pallipes	Vårflue							1		4
Sericostoma personatum	Vårflue	3		1			2	4	2	7
Athripsodes sp.	Vårflue	1				5	15	1	3	
Tipulidae	Stankelbein	1		1		1	5	2	3	
Eloeophila sp.	Småstankelbein	1				1	1			
Antocha sp.	Småstankelbein						1		1	
Dicranota sp.	Småstankelbein	45	15	48	50	9	21	20	25	35
Chironomidae	Fjærmygg	643	1150	2543	1380	683	6510	503	1230	1613
Simuliidae	Knott	124	114	235	40	53	50	137		287
Psychodidae	Sommerfuglmygg	10	3	1	10	10	24	7	1	11
Ceratopogonidae	Svinkott	8	9	5	13	1	12	9	11	5
Dixa sp.	U-mygg								1	
Empididae	Dansemytt	5	1	5	1	3	14	1	20	14
Sphaeriidae	Erte-/kulemusling	1	1							

Vedlegg 1. (forts.).

		Stasjoner								
		4	7	8	27	10	11	18	28	Tiåa
Nematoda	Rundorm	13	28	7	290	4	8		35	33
Lymnaeidae	Snegl	6				22	42	2		7
Radix balthica	Snegl						1		1	
Oligochaeta	Fåbørstemark	35	63	96	680	111	75	15	230	56
Hydrachnidia	Vannmidd	53	127	103	320	226	293	184	17	213
Ostracoda	Muslingkreps		37	3	80	93	103	20	33	43
Ameletus inopinatus	Døgnflue	6	7	1		30	17	8	42	4
Centroptilum luteolum	Døgnflue						4	3		
Baetis fuscatus/scambus	Døgnflue	13	11	19		2	1	4		
Baetis muticus	Døgnflue	5	53	34	170	241	367	85	280	374
Baetis niger	Døgnflue		1			8	24		3	10
Baetis rhodani	Døgnflue	1097	1757	813	1390	577	777	794	1490	1263
Baetis subalpinus	Døgnflue	1								
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	10	20	4	42	11	4	7	20	1
Heptagenia joernensis	Døgnflue	17	23	24		1				
Heptagenia sulphurea	Døgnflue	1	5	2				1	30	3
Ephemerella aurivilli	Døgnflue	102	48	31	34	10	23	9	1	33
Ephemerella mucronata	Døgnflue	17	25	15	60	1	9			
Serratella ignita	Døgnflue	2	4	1						
Leptophlebiidae	Døgnflue						4			
Leptophlebia marginata	Døgnflue					1	1	1		
Leptophlebia vespertina	Døgnflue					1				
Diura nanseni	Steinflue	74	40	19	50	24	6	34	4	19
Isoperla sp.	Steinflue				20		1	1	21	3
Isoperla grammatica	Steinflue	1	1	1		3	21	1		5
Siphonoperla burmeisteri	Steinflue	1	14	11	23	21	10	29	7	41
Taeniopteryx nebulosa	Steinflue	7	4	1	2	1	1	1		2
Brachyptera risi	Steinflue	24	12	7	11	3	1	1		5
Amphinemura borealis	Steinflue	163	233	183	1470	401	481	192	790	720
Amphinemura sulcicollis	Steinflue					3	3	3		1
Nemoura sp	Steinflue		3				1	1	1	1
Nemoura avicularis	Steinflue							1		
Protonemura meyeri	Steinflue		1	1		3	20	1		12
Capnia sp.	Steinflue		23	12	30	40		11	170	3
Capnopsis schilleri	Steinflue						1			4
Leuctra sp.	Steinflue	28	27	28	120	38	44	8	40	62
Leuctra fusca	Steinflue	7	7	9		10	1	8		2
Leuctra hippopus	Steinflue					1				
Leuctra nigra	Steinflue							1	1	

Vedlegg 2. Bunndyrstasjoner med tilhørende koordinater

Slampåvirket		
St. 4	N62.98741 E8.81486	Ja
St. 7	N62.99584 E8.90259	Ja
St. 8	N62.99440 E8.93874	Ja
St. 27	N62.99976 E8.98448	Ja
St. 10	N63.00314 E9.01467	Ja
St. 11	N63.00932 E9.04161	Ja
St. 18	N63.05046 E9.17191	Nei
St. 28	N63.09468 E9.28257	Nei
Tiåa	N63.09716 E9.32261	Nei

Vedlegg 3. Resultat fra PERMANOVA-test av endringer i bunndyrsammensetning (Bray-Curtis ulikhet) i Surna mellom ulike tidsperioder (2012/2013 og 2024/2025). DF= frihetsgrader, F= teststatistikk, R²=variansandel, Pr(>F) = signifikansverdi

PERMANOVA				
	DF	F	R ²	Pr(>F)
Tiåa (ref)	1,28	1.31	0.045	0.177
St. 4 (slam)	1,35	1.23	0.034	0.228
St. 7 (slam)	1,35	1.61	0.032	0.254
St. 8 (slam)	1,48	1.18	0.024	0.236
St.11 (slam)	1,28	1.23	0.042	0.194

Vedlegg 4. Resultat fra PERMDISP-test av endringer i bunndyrsammensetning (Bray-Curtis ulikhet) i Surna mellom ulike tidsperioder (2012/2013 og 2024/2025). DF= frihetsgrader, Sum Sq = kvadratsum, Mean Sq = gjennomsnittlig kvadratsum, F= teststatistikk, Pr(>F) = signifikansverdi

PERMDISP					
	DF	Sum sq	Mean Sq	F	Pr(>F)
Tiåa (ref)	1,28	0.0007537	0.00075369	5.7679	0.029
St. 4 (slam)	1,35	0.0025846	0.00258458	3.644	0.066
St. 7 (slam)	1,35	0.0027065	0.00270652	4.75	0.028
St. 8 (slam)	1,48	0.00622	0.00062185	0.8986	0.334
St.11 (slam)	1,28	0.0002576	0.00025761	0.7359	0.395

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-432-0

ISSN 1894-0064

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/museum