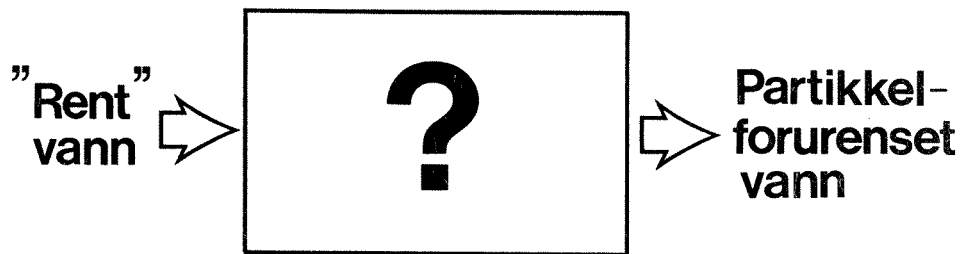


1706

O-84109

Undersøkelse av partikkelforurensning i Heimsjøen, Nord-Trøndelag



O-84109

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer: 0-84109
Undernummer:
Løpenummer: 1706
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Undersøkelse av partikkelforurensning i Heimsjøen, Nord-Trøndelag	Dato: Mars 1985
	Prosjektnummer: 0-84109
Forfatter (e): Hans Olav Ibrekk	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Nord-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 29

Oppdragsgiver: Vegkontoret i Nord-Trøndelag Veglaboratoriet, Vegdirektoratet	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Heimsjøen i Snåsa kommune, Nord-Trøndelag er sterkt påvirket av partikler. Undersøkelsen viste at partiklene i vannet for en stor del er mindre enn 1 μm (ca. 90 %). Partiklene består av leire og forvitningsprodukter fra bergarten fyllitt. Undersøkelsen indikerer at det er kontinuerlig tilførsel av partikler ved at berggrunnen forvittrer og ved oppvirvling av bunnsedimenter. Det er ikke anbefalt noen tiltak, men noen er antydnet.


4 emneord, norske:
1. Partikkelforurensning
2. Heimsjøen
3. Årsaker
4. Tiltak

4 emneord, engelske:
1. Particles
2. Pollution
3. Lake Heimsjøen
4. Efforts

Prosjektleder:

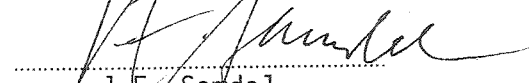

Hans Olav Ibrekk

Divisjonssjef:

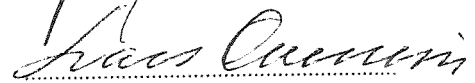


Oddvar Lindholm

For administrasjonen:


J.E. Sandal

ISBN 82-577-0890-9



Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-84109

Undersøkelse av partikkelforurensning i
Heimsjøen, Nord-Trøndelag

Oslo, mars 1985

Hans Olav Ibrenk

F O R O R D

På oppdrag fra Vegkontoret i Nord-Trøndelag og Veglaboratoriet har NIVA gjennomført en undersøkelse av Heimsjøen i Snåsa kommune, Nord-Trøndelag. Hensikten var å belyse årsakene til partikkelforurensningen i vannet.

Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag samt Vegkontoret har gitt verdifull bistand i forbindelse med undersøkelser og innhenting av data. Analysearbeidet er utført ved NIVAs laboratorium og ved Senter for industriforskning (SI).

Følgende personer har deltatt i arbeidet:

Avd.ing. Bjørn Korssjøen, Miljøvernavd. i Nord-Trøndelag

Avd.ing. Bjørn E. Tessem, Vegkontoret i Nord-Trøndelag

Forsker Øivind Tryland, NIVA

Forsker Eigil R. Iversen, NIVA.

Som vedlegg til rapporten er det tatt med noen generelle opplysninger om partikler i vassdrag. Dette er gjort for å gi leseren et innblikk i hvilke konsekvenser partikler i vann har for vannforekomsten.

Oslo, 7. mars 1985

Hans Olav Ibrekk

Hans Olav Ibrekk

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
1. SAMMENDRAG	4
2. DATA OM NEDBØRFELTET/HYDROLOGI	5
2.1 Nedbørfeltet	5
2.2 Hydrologi og innsjødata	7
3. RESULTATER FRA UNDERSØKELSEN	9
3.1 Undersøkellesopplegg	9
3.2 Generell vannkvalitet	9
3.3 Turbiditet	10
3.4 Mengden av partikkelforurensning	11
3.5 Bestemmelse av partiklene	12
3.6 Årsaker til partikkelforurensningen	16
3.7 Tiltak	18

V E D L E G G

I. Analyseresultater	20
II. Kornfordelingskurve, sedimentprøve	21
III. Noen generelle opplysninger om partikler i vassdrag	22
Hva er partikler	22
Partikkelinnhold og vannkvalitet	22
Noen praktiske forhold	24
Partikkelinnhold og egenskaper til vann	24

Tabelloversikt

Tabell 1. Data om Heimsjøen	7
" 2. Totalt tørrstoff (TTS) i prøver	11
" 3. Størrelsesforhold til sedimentmateriale i vann ...	23
" 4. Sammenligning mellom ulike typer av løsninger	25

Figuroversikt

Figur 1. Heimsjøens beliggenhet	6
" 2. Nedbørfeltet	6
" 3. Dybdekart over Heimsjøen	8
" 4. Observerte turbiditetsverdier	10
" 5. Reduksjon av turbiditeten av vann fra 29 m dyp etter filtrering gjennom ulike porestørrelser	12
" 6. Fotografier fra elektronmikroskopieringen som viser partiklene	13
" 7. Røntgen-analyse av partikler	14
" 8. Skjematisk fremstilling av kolloidale partiklers ionebytteegenskaper	27

1. SAMMENDRAG

Heimsjøen er et lite sidevassdrag til Snåsavatnet. Nedbørfeltet er på ca. 2,5 km². Det er ikke jordbruk eller fast bosetting i nedbørfeltet. Berggrunnen består for en stor del av fyllitt. For ca. 10 år siden ble E6 langs vannet betydelig utbedret. Etter denne utbedringen synes det som om partikkelinnholdet i vannet har økt.

Vannkvaliteten i Heimsjøen er preget av det store partikkelinnholdet. Partiklene i vannet er undersøkt ved hjelp av filtrering, scanning elektronmikroskopi, X-ray analyse og sedimentprøver. Alle disse undersøkelsene gav som resultat at partiklene i Heimsjøen består av leire og fyllitt. Partiklene var stort sett mindre enn 1 µm. Dette innebærer at partiklene har lav synkehastighet.

Undersøkelsesopplegget ga ikke noe spesifikt svar på spørsmålet om årsakene til partikkelforurensningen. Kilden er mest sannsynlig en samlevirkning mellom oppvirvling av bunnsedimenter og forvitring av fyllitt, med størst bidrag fra berggrunnen i området.

Ut fra at det sannsynligvis er kontinuerlig tilførsel av partikler til vannet, og kilder til partikkeltilførselen ikke er avklart, har vi ikke anbefalt noen tiltak.

2. DATA OM NEDBØRFELTET/HYDROLOGI

2.1 Nedbørfeltet

Beliggenhet

Heimsjøen ligger i Snåsa kommune i Nord-Trøndelag, ca. 45 km fra Steinkjer. Heimsjøen er et lite sidevassdrag til Snåsavatnet (se figur 1).

Arealbruk

Nedbørfeltet er ca. 2,5 km², derav 0,52 km² innsjøareal. Arealbruken i området er stort sett utmark og skogsmark. Det er ikke jordbruk eller fast bosetting i nedbørfeltet (se figur 2).

Topografi

Størsteparten av nedbørfeltet består av bratte skogbevokste skrenter. Høyeste og laveste punkt i nedbørfeltet er henholdsvis ca. 310 m.o.h. og 131,5 m.o.h. (Heimsjøen). Vannet ligger muligens i en forkastningszone.

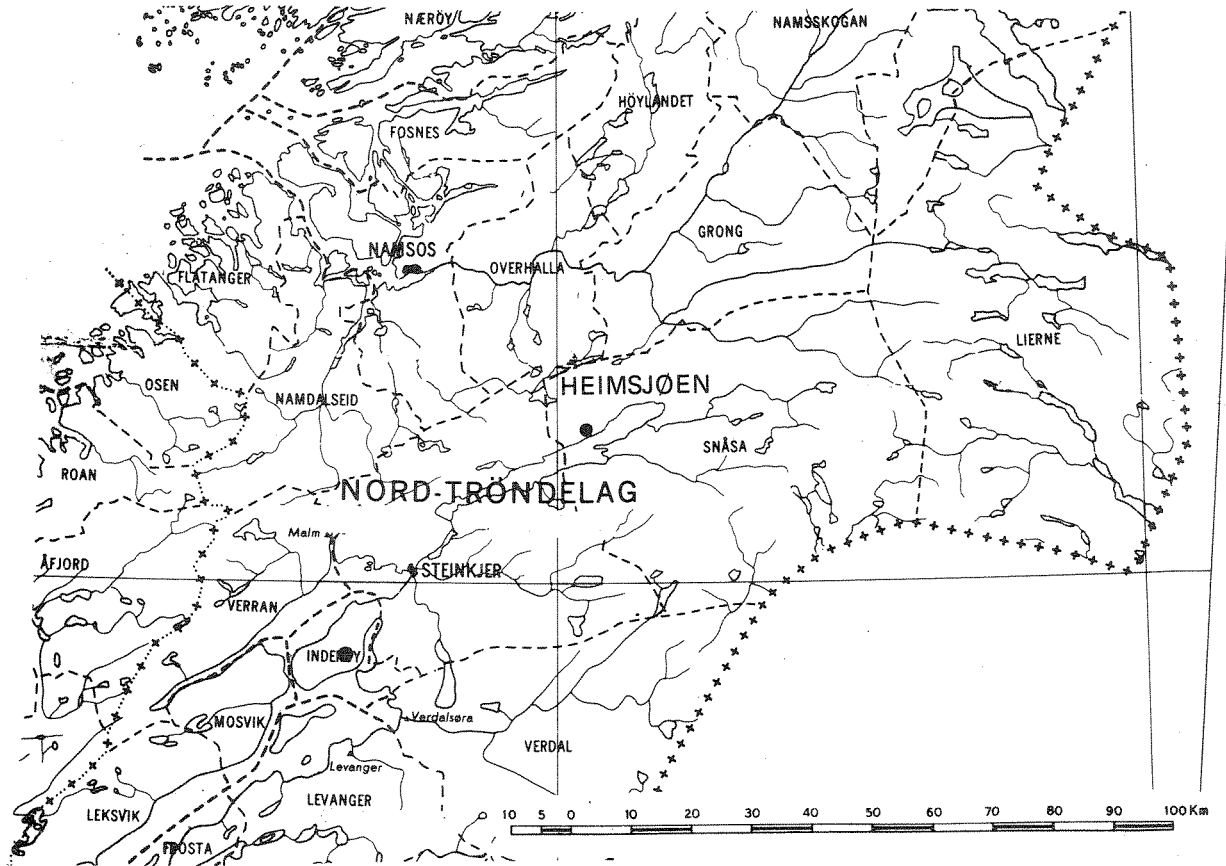
Geologi

Berggrunnen i området består av kambro-siluriske sedimentbergarter. Området ligger i Snåsa-synklinalen og er dannet ved en forskyvning fra vest.

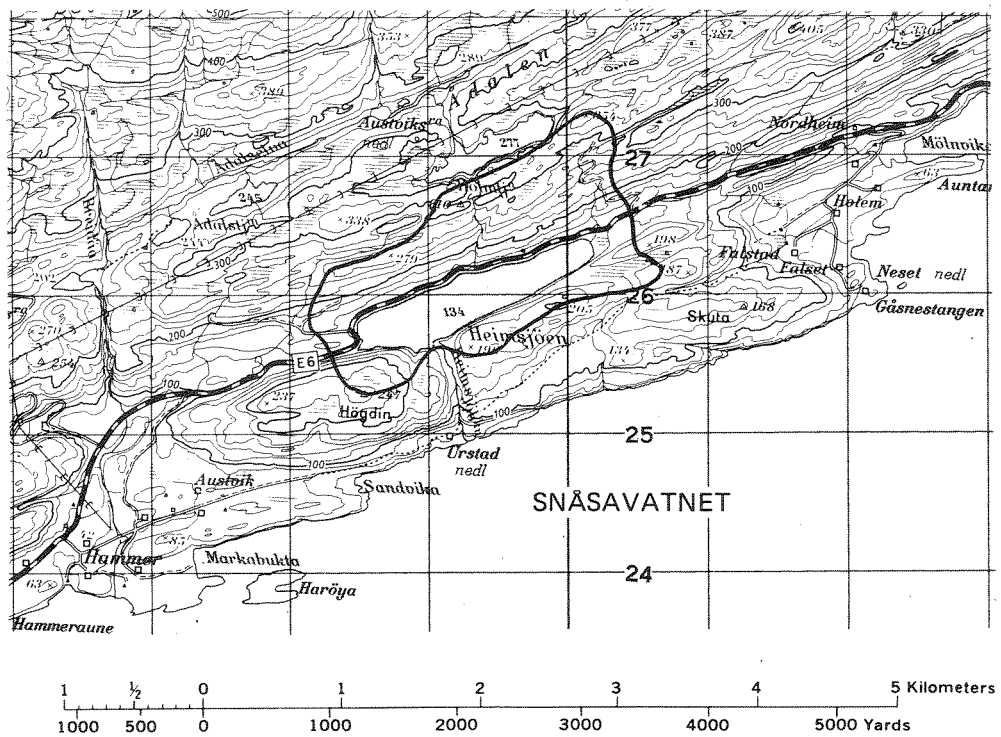
Dominerende bergart i området er fyllitt. Fyllitt er en forholdsvis lite omdannet leirskifer. Bergarten er utpreget skifrig, svak og bløt, dvs. lite forvittringsbestandig.

Marin grense i området er ca. 175 m.o.h., dvs. at en stor del av nedbørfeltet ligger under marin grense.

Strøkretningen i området følger stort sett vannets retning. I fjellskjæringene er det markerte oppsprekninger på tvers av strøkretningen. I disse sprekksone er det mye nedknust leiraktig materiale.



Figur 1. Heimsjøens beliggenhet.



Figur 2. Nedbørfeltet.

Tekniske inngrep

På nordsiden av vannet går E6 (HP 20, Rygg - Vegset). På midten av 70-årene ble veggen utbedret, med tildels omfattende inngrep. Store fyllinger ble lagt ut i vannet. Under arbeidet hadde vegvesenet store problemer med grunnforholdene. Mellom annet raste flere av fyllingene ut i vannet. Hovedårsaken til disse rasene var dårlig berggrunn samt Heimsjøens form (vanskelig å få stabile fyllinger på grunn av at det blir fort dypt). Fyllingene består for en stor del av lokalt utsprengt masse, dvs. hovedsakelig fyllitt. Under vegarbeidene ble også utgravde leirmasser dumpet i vannet. Hvor store mengder har det ikke vært mulig å få opplysninger om.

Ved fyllingsarbeidene er større mengder fyllitt blitt tilgjengelig for forvittringsprosesser.

2.2 Hydrologi og innsjødata

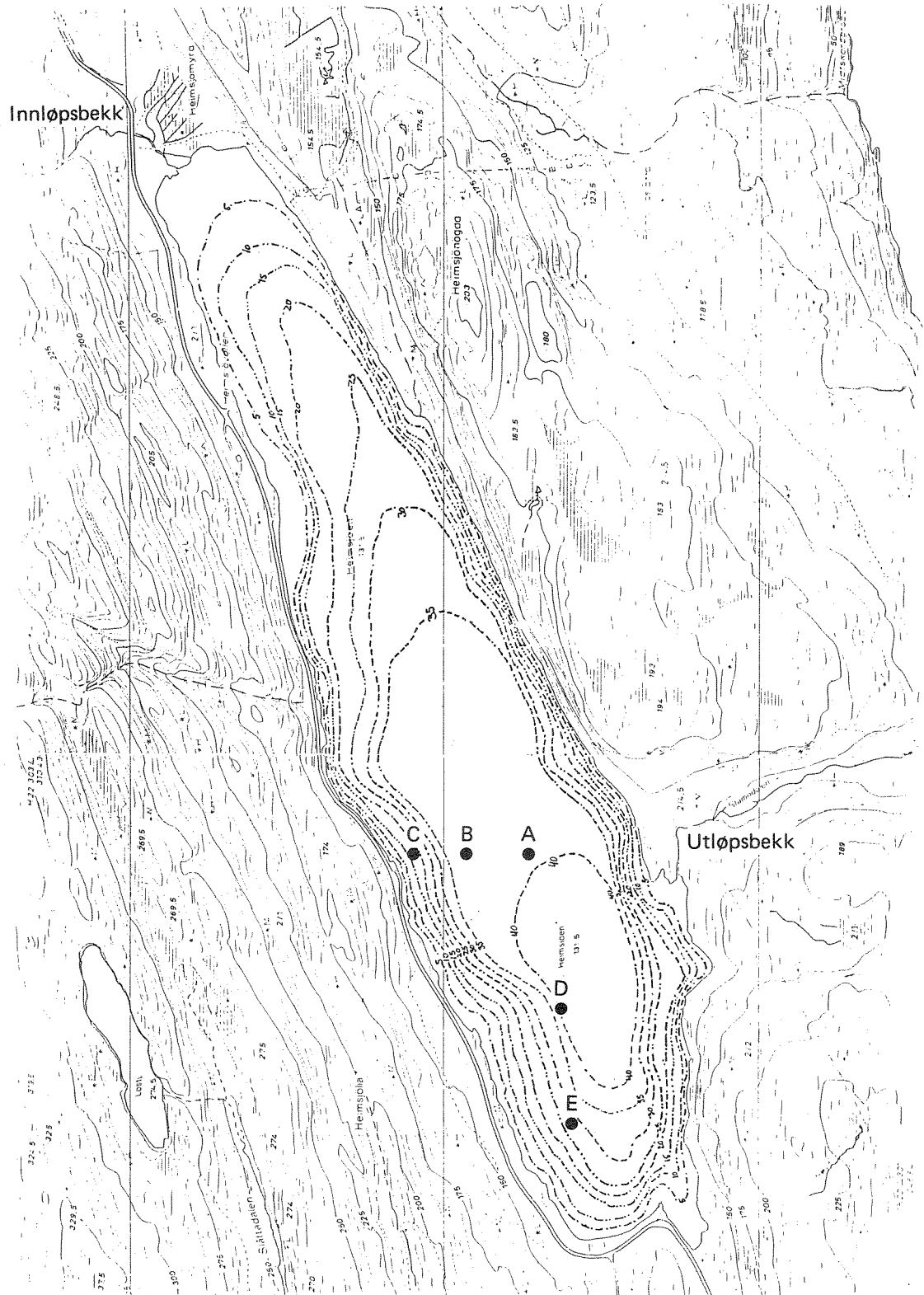
I følge "Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958", er arealavrenningen i Heimsjøområdet oppgitt til 40 l/sek. pr. km². Dette tilsvarer en midlere avrenning fra Heimsjøens nedbørfelt på 100 l/sek.

Heimsjøen er loddet opp av Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag som også har tegnet dybdekart. På bakgrunn av dette kartet er innsjøens volum beregnet. Kartet viser at innsjøen har bratte sider, med en tilnærmet flat bunn.

Tabell 1 angir de viktigste data angående innsjøen og de hydrologiske forhold:

Tabell 1. Data om Heimsjøen.

Overflateareal	:	0,52 km ²
Innsjøvolum	:	12 mill. m ³
Største dyp	:	ca. 40 m
Middeldyp	:	23 m
Nedbørfelt	:	2,5 km ²
Tilrenning	:	100 l/sek.
Teoretisk oppholdstid	:	3,8 år.



Figur 3. Dybdekart over Heimsjøen.
Kilde: Miljøvern avdelingen i Nord-Trøndelag.
● Prøvetakingspunkter

3. RESULTATER FRA UNDERSØKELSEN

3.1 Undersøkelsesopplegg

Vannprøver ble innhentet 8. oktober 1984 i forbindelse med en befaring til vannet. Under befaringen deltok representanter fra Vegkontoret i Nord-Trøndelag og Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag.

Elektromikroskopiering og røntgenundersøkelse (X-ray) ble utført ved Senter for industriforskning (SI). Øvrige analyser er foretatt ved NIVAs analyselaboratorium.

Prøvetakingspunkter

Prøvetakingspunktene er avmerket på kartet (figur 3). Undersøkelsespunktene ble valgt slik for eventuelt å kunne påvise noen gradienter i partikkelinnholdet mot de største fyllingene, og mot dypet.

3.2 Generell vannkvalitet

Heimsjøen har godt buffret nøytralt til svakt basisk vann. (pH = 7,0 - 7,3). Konduktiviteten, dvs. vannets evne til å lede elektrisk strøm som avhenger av oppløste stoffer i ioneform, konsentrasjon, ionenes mobilitet, valens og relative konsentrasjon, er litt høyere enn normalt. Sammenlignet med Snåsavatnet ligger konduktivitets-verdien i Heimsjøen høyere (4 - 5 mS/m i Snåsavatnet mot 5,5 - 6 mS/m i Heimsjøen).

Siktedypet i innsjøen var ca. 1,6 m.

Næringsstoff

Det ble bare analysert på TOT-P og PO_4 -P i en prøve fra bunnsjiktet og i utløpsbekken. Verdiene var forholdsvis høye, og resultatene viser at mye P er adsorbent til partiklene.

Analyseresultater er vist i vedlegg I.

Spesielt er stagnasjonsperiodene av interesse på grunn av at vannmassene deles i to hovedsjikt, et øvre (epilimnion) hvor temperaturforholdene på det nærmeste er ensartet, og totalsirkulasjon lett oppstår under påvirkning, og et nedre sjikt (hypolimnion) hvor temperaturforholdene er relativt ensartet (ca. 4 °C). Dette sjiktet ligger derfor mer eller mindre "låst" under det øvre sjiktet og vil bare kunne påvirkes ved ekstra sterk vindpåvirkning. Normalt er det ikke noe større sirkulasjon og omblending av vannet i dette sjiktet.

Heimsjøens beliggenhet gjør at vannet er svært vindpåvirket. Dette medfører stor blanding av vannmassene, spesielt i det øvre sjiktet (epilimnion).

3.4 Mengden av partikkelforurensning

Tabell 2 viser innholdet av totalt tørrstoff (TTS).

Tabell 2. Totalt tørrstoff (TTS) i prøver.

Prøve	TTS mg/l
Overflatevann	86,0
A 15	89,0
A 33	192,0
Utløpsbekk	88,0

Innholdet av TTS er meget høyt i prøvene og omfatter både organisk og uorganisk materiale. For hele Heimsjøen utgjorde innholdet av materiale ca. 1 100 tonn. Størsteparten av dette er uorganiske forbindelser.

Om den observerte verdien TTS i utløpsbekken antas å være gjennomsnittskonsentrasjonen i et år, blir uttransportert materiale ca. 280 tonn materiale pr. år.

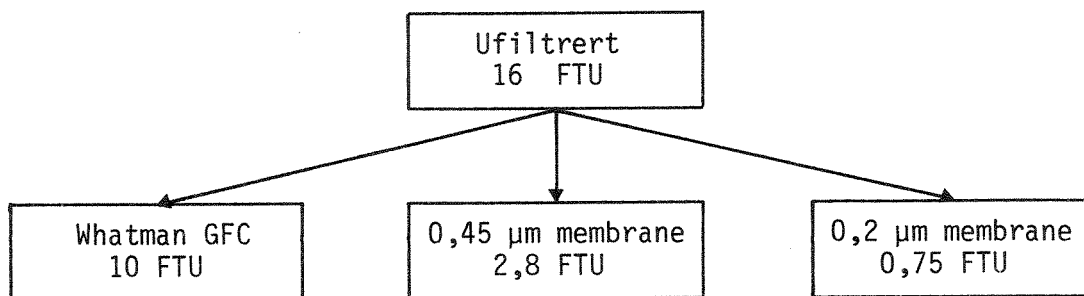
Dette antyder størrelsesorden av partikkelforurensningen i Heimsjøen og viser at det er betydelig partikkelmengder i vannet.

3.5 Bestemmelse av partiklene

For å finne partiklenes størrelse og sammensetning ble det utført ulike prøver som filtrering, scanning elektronmikroskopi (SEM), røntgenundersøkelse og sedimentanalyser.

Filtrering

En vannprøve ble filtrert gjennom filter av ulik porestørrelse og turbiditeten ble målt. Resultatene er vist på figur 5.

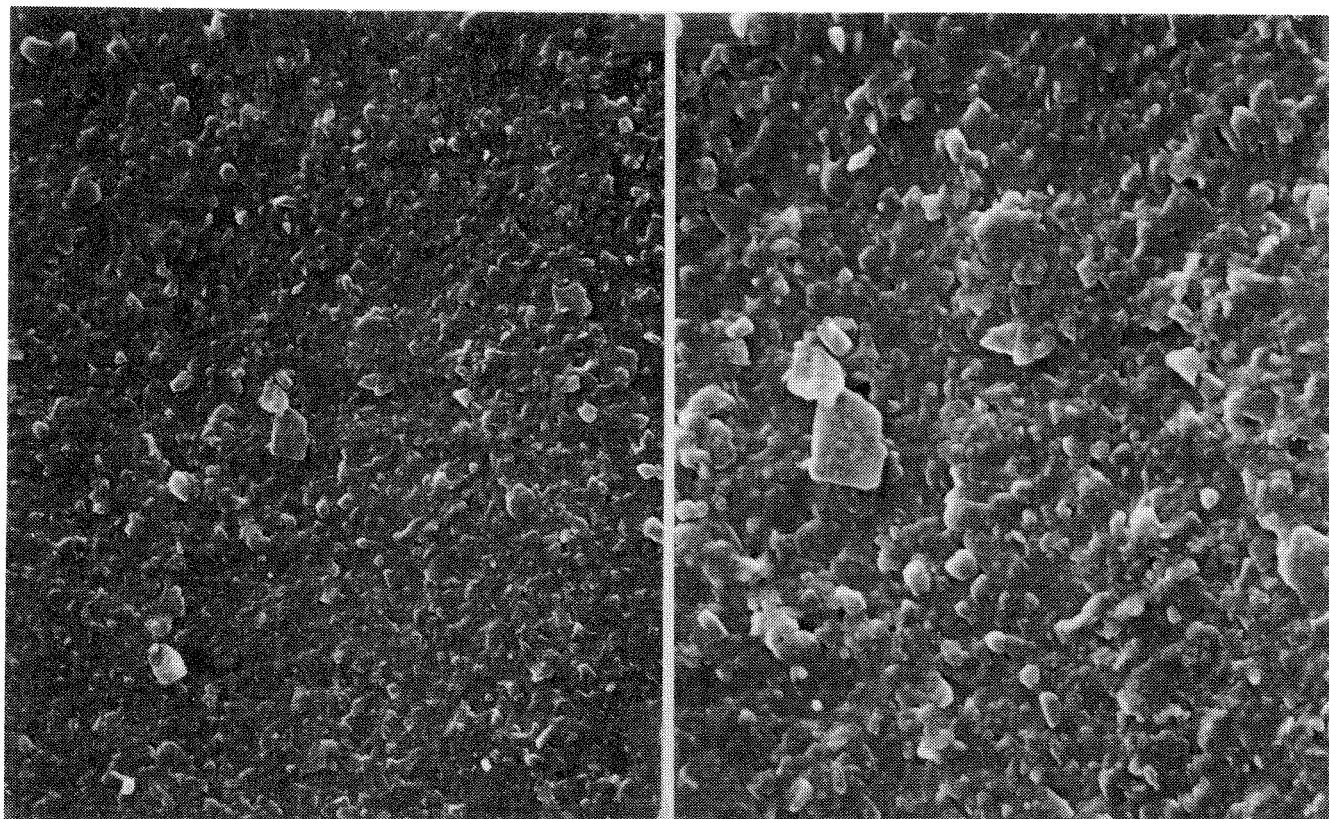


Figur 5. Reduksjon av turbiditeten av vann fra 29 m dyp etter filtrering gjennom ulike porestørrelser.

Figur 5 viser at mindre enn halvparten av turbiditeten fjernes ved bruk av glassfiber filter (Whatman GFC, middel porestørrelse 1,2 µm), mens nesten all turbiditeten fjernes ved filtrering gjennom Sartorius membranfilter med porestørrelse 0,2 µm. Dette indikerer at dominerende partikkelstørrelse er i leirfraksjonen. Den forholdsvis lille reduksjonen i turbiditeten etter GFC-filtrering indikerer at det er få partikler i siltfraksjon.

Scanning elektronmikroskopi

Vannprøver ble filtrert gjennom Nucleopore filter med porestørrelse 0,2 µm og undersøkt ved hjelp av elektronmikroskop. Elektronmikroskopieringen viste at nesten samtlige partikler var mindre enn 1 µm, dvs. i leirfraksjonen. En del av partiklene var svært ujevne og kantete, noe som tyder på at det er forvittringsprodukter fra bergarter.



5 000 X

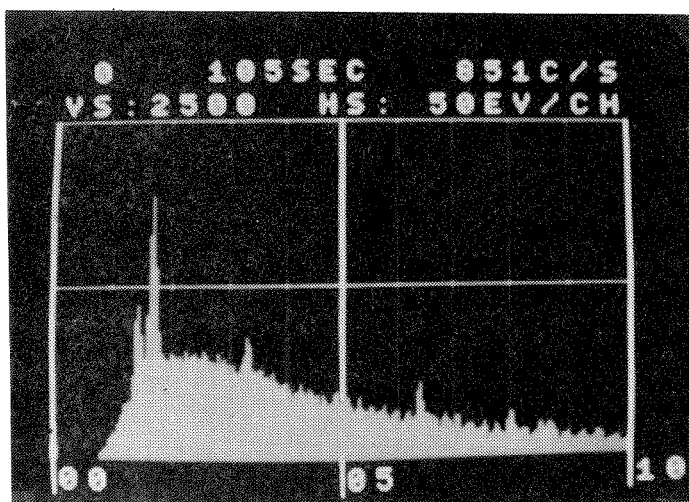
10 000 X

Figur 6. Fotografier fra elektronmikroskopieringen som viser partiklene.

Bildene viser at en stor del av partiklene er svært små, ca. 90 % < 1 μm . En stor del av partiklene var ikke mulig å se.

Røntgen-analyse

Røntgen-analyser ble foretatt både på enkeltpartikler og på større områder av filtret. Resultatet fra den analysen indikerer at partiklene består av leir-suspensjon; små mineraler med et høyt innhold av aluminium og silisium.



Figur 7. Røntgen-analyse av partikler. De to toppene til venstre representerer aluminium og silisium.

Analyser av enkeltpartikler viste klare indikasjoner på fyllitt-partikler.

Sedimentprøve

Det ble tatt ut sedimentprøve ved stasjon A ved hjelp av sedimentprøvetaker. Vegkontoret i Nord-Trøndelag foretok kornfordelingsanalyse av denne (Vedlegg II). Kornfordelingsanalysen viste at ca. 50 vekt % av sedimentene var i leirfraksjonen, dvs. matr. < 2 μm .

Sand/grusfraksjonen bestod av fragmenter fra sprengt fjell, dvs. at dette materialet med stor grad av sannsynlighet er tilført vannet i forbindelse med vegarbeidene.

Det var ikke mulig å påvise noen markert lagdeling i sedimentprøvene.

Metaller

Det ble analysert på innhold av Al og Fe (vedlegg I). Prøvene av vannet i Heimsjøen viste høyt innhold av Al og Fe. Ved filtrering av prøvene (filter 0,45 μm) ble ca. halvparten av Al- og Fe-innholdet fjernet. Dette bekrefter at vannet inneholder store mengder kolloidale Al- og Fe-forbindelser.

Prøvene fra innløpsbekken viste normale Al- og Fe-verdier for humuspåvirket vann.

Konklusjon

Alle undersøkelsesresultatene viser at partiklene i Heimsjøen stort sett er mindre enn 1 μm og at partiklene består av leir- og fyllitt-mineraler.

Partikler av en slik størrelsesorden ($< 1 \mu\text{m}$) har svært liten synkehastighet. Partiklers synkehastighet kan beregnes ved hjelp av Stokes ligning under gitte betingelser.

Stokes ligning:

$$V_s = 0,0556 \cdot D^2 \cdot \frac{\rho_p - \rho}{\mu} \cdot g$$

forutsatt

$$0,00001 < Re_D < 2$$

der

V_s = partikkelens synkehastighet

D = partikkelens diameter

ρ_p = partikkelens tetthet ($\cong 2\,750 \text{ kg/m}^3$)

ρ = vannets tetthet ($\cong 1\,000 \text{ kg/m}^3$)

μ = suspensjonens viskositet

Re_D = Reynolds tall.

Leirmineraler har ikke kuleform (er flate), så Stokes ligning gjelder ikke, men den kan brukes til å antyde størrelsesorden av synkehastigheten. Våre beregninger ut fra Stokes ligning antyder en synkehastighet på ca. 19 m/pr. år for en partikkel på 1 μm . Ettersom størsteparten av partiklene i Heimsjøen er vesentlig mindre, vil synkehastigheten sannsynligvis være mye mindre. Partikler av denne størrelsesorden vil påvirkes av brownske bevegelser, dvs. uregelmessige og ustanselige bevegelser av svært små, faste partikler som skyldes stadige støt mot

partiklene fra molekylene i væsken, noe som vil redusere synkehastigheten ytterligere. Et annet moment som vil redusere synkehastigheten er leirkolloidenes ladninger.

Hva vil så dette innebære?

Den lave synkehastigheten vil føre til at tilførte partikler i Heimsjøen nesten ikke vil synke. Ved vindpåvirkning og termiske strømmer i innsjøen er det stor sannsynlighet for at partiklene løftes opp og vil holde seg i vannmassene.

3.6 Arsaker til partikkelforurensningen

På grunnlag av undersøkelsen har det ikke vært mulig å anslå kilden til partikkelforurensningen. I det følgende er det foretatt en diskusjon av de mest aktuelle kildene.

1. Dumping av leirmasser

Under anleggsperioden ble betydelige leirmasser tippet ut i vannet. Dumping av leirmasser i innsjøen kan ikke være hovedkilden, men de tidligere dumpede leirmassene kan være særlig løse (aktivert), slik at disse avgis til vannet før stabile sedimentforhold oppstår. Likevel vil vi anta at hovedårsaken til partikkelforurensningene er kontinuerlige tilførsler.

2. Forvitring av fyllitt-fyllingene

Fyllitt er en bergart som forvitrer lett. Fyllittmineraler er påvist i vannmassene og i sedimentene. Etter anleggsarbeidene ble store arealer av fyllitt lettere tilgjengelig for forvitring.

Heimsjøen var sannsynligvis partikkelpåvirket før vegbyggingen, men i betydelig mindre grad. I allefall mener enkelte det. Så vidt vi vet er det ikke utført undersøkelser tidligere som kan bekrefte dette.

I sedimentprøvene er det påvist større partikler av sprengt materiale som sannsynligvis skyldes tilførsler ved vegbygging.

3. Oppvirvling av bunnsedimenter

Sannsynligvis er det betydelig grunnvannsinnstrømning til vannet. Denne antakelsen er også sannsynligvis bekreftet ved at det på bestemte steder dannes råker i isen. Dette tyder på tilførsel av temperert vann. Grunnvannsinnstrømning og vindpåvirkning setter vannmassene i bevegelse slik at bunnsedimenter kan virvles opp. Det er vanskelig å lokalisere grunnvannsinnstrømning.

Grunnvannsinnstrømningen til vannet skjer sannsynligvis i knusingssoner i bergarten. Disse sonene er lett synlige i vegskjæringene. I disse sonene er det store mengder leiraktig materiale. En del av dette vil sannsynligvis bli vasket ut med grunnvannstrømmen/markvannsstrømmen.

Diskusjon

Lokalkjente opplyser at Heimsjøen har vært partikkelforurenset til tider lenge, men at forholdene har forverret seg etter omleggingen av E6 forbi vannet. Ut fra grunnforholdene i området, bergarten fyllitt, vil vi anta at Heimsjøen har vært påvirket av partikler i lengre tid, spesielt i forbindelse med store nedbørmengder, men vi har ikke undersøkelser som bekrefter dette.

Under omleggingen/utbedringen av E6 ble vannet tilført større mengder leire samtidig som store arealer av fyllitt ble lettere tilgjengelig for forvitring. Vi antar at årsaken til partikkelforurenningen av Heimsjøen er en samvirkning mellom oppvirvling av bunnsedimenter og forvitring av fyllitt. Vegarbeidene i området har sannsynligvis fremskyndet og tildels forverret den naturlige tilstanden i området. Imidlertid kan vi ikke ut fra foreliggende datamateriale si noe sikkert om årsaksforholdet, det vil bare bli antagelser.

Med grunnlag i de undersøkelser vi har foretatt, kan vi bare komme med antagelser om årsaksforholdet til partikkelforurenningen. Imidlertid er det stor sannsynlighet for at Heimsjøen har vært partikkelforurenset i lengre tid.

3.7 Tiltak

Aktuelle tiltak for å bedre forholdene i Heimsjøen kan være kildeorienterte eller direkte tiltak i vannmassene. I og med at kildene er usikre vil vi bare antyde noen muligheter.

Kildeorienterte tiltak

Utlegging av fiberduk og grus

De største fyllittfyllingene overdekkes ved hjelp av utlegging av fiberduk og grus. Fiberduken legges ut slik at den vil virke som et filter og holde forvittringsproduktene på plass.

I og med at fyllittfyllingene utgjør store arealer og mye masser er rast ut, antas utlegging av fiberduk og overdekning med grus å være et vanskelig, kostbart og lite hensiktsmessig tiltak.

Med det nåværende grunnlag synes det ikke å være andre kildeorienterte tiltak som kan være aktuelle.

Tiltak i vannmassene

Tiltak direkte i vannmassene omfatter tilsetning av stoffer som endrer laddningsforholdene mellom partiklene, slik at aggregater (dvs. partiklene slår seg sammen) dannes. Aktuelle tilsetningsstoffer kan være følgende:

- CaCl₂
Vegsalt. Tilsetning av CaCl₂ har større effekt enn tilsetning av NaCl (kokesalt), da Ca har større ionebyttekapasitet enn Na.

Ulempen med tilsetning av salt er bl.a. at saltinnholdet i vannet vil øke.

- Al- og Fe-forbindelser

Brukes mye ved felling i renseanlegg. Forsøk vi har gjort viser

at Al- og Fe-forbindelser er effektive fellingskjemikalier i Heimsjøen, men på grunn av de store vannmassene i Heimsjøen er det lite aktuelt å bruke fellingskjemikalier.

- Kalkforbindelser

Tilsetting av kalk er et effektivt fellingskjemikalium. pH i vannet vil heves.

Alle disse tilsetningsstoffene er forholdsvis enkle å spre ut, spesielt på is. Hvor store mengder som må tilsettes har vi ikke regnet ut, men det er snakk om betydelige mengder. Sannsynligvis vil tilsetting av 5 - 10 g $\text{Ca(OH)}_2/\text{m}^3$ være et brukbart anslag, men dette avhenger av vannets alkalitet.

Tilsetting av stoffer for å øke sedimentasjonshastigheten vil imidlertid bare ha kortvarig virkning. Ettersom det er overveiende sannsynlig at partiklene tilføres kontinuerlig, vil utfelling av partiklene i vannmassene bare få kortvarig virkning. Kontinuerlig tilførsel av fellingskjemikalier vil bli en omfattende og kostbar prosess.

Konklusjon

Ut fra de undersøkelsene vi har utført vil vi ikke anbefale å gjennomføre noen tiltak for å redusere partikkelinnholdet i Heimsjøen. Det knytter seg få brukerinteresser til vannet, slik at det er tvilsomt at tiltak kan forsvares ut fra samfunnsøkonomiske betraktninger.

IBR/GUM

14.02.85

V E D L E G G

I. Kjemiske analysedata

II. Kornfordelingskurve, sedimentprøve

III. Noen generelle opplysninger om partikler i vassdrag

REKVISISJONSKODE: EHG
 SAKSBEHANDLER: IBR
 PROSJEKT: 84109

K J E M I S K E A N A L Y S E D A T A

NIVA/LABEDB
 20 NOV 84

1
 SIDE

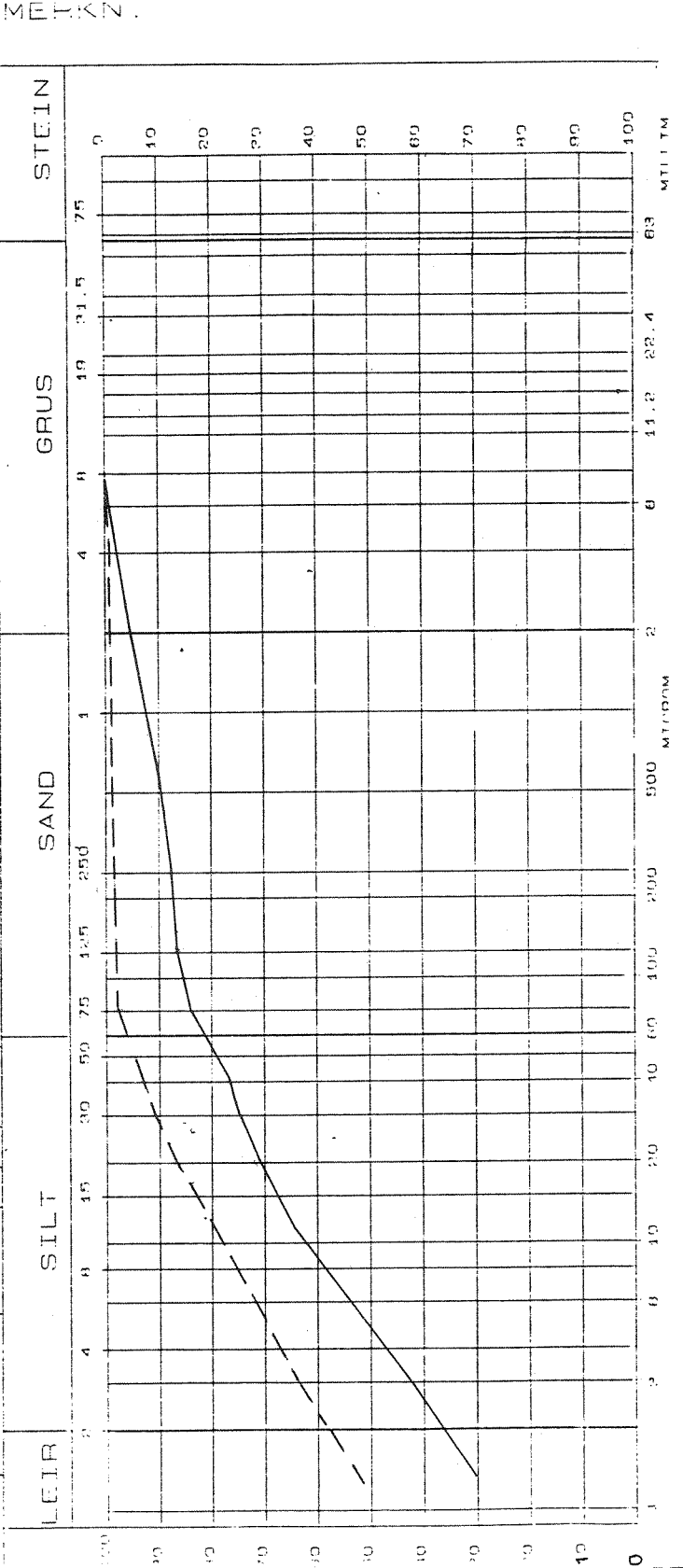
MERKET	DYP	DATO	PH	KOND MS/m	TURB FTU	TOT-P MIKROGR./L.	AL MIKROGR./L. P04-P, MIKROGR./L.	AL,M MIKROGR./L. FE/A, MIKROGR./L.	TURB,M FTU	TURB,F FTU
A	1M	841008	7.19	5.57	10.20					
EHG1	5		7.26	5.67	9.80					
EHG2	10		7.29	5.49	9.60					
EHG3	15		7.18	5.50	10.00					
EHG4	20		7.13	5.69	13.00					
EHG5	25		7.10	5.83	15.00					
EHG6	30		7.04	6.08	16.00					
EHG7	1				9.40					
EHG8	5				9.40					
EHG9	10				9.30					
EHG10	15				11.00					
EHG11	20				13.00					
EHG12	25				14.00					
EHG13	1				9.30					
EHG14	5				9.70					
EHG15	10				9.70					
EHG16	15				12.00					
EHG17	18.5				17.00					
EHG18	1				9.90					
EHG19	5				9.70					
EHG20	10				9.80					
EHG21	15				10.00					
EHG22	20				13.00					
EHG23	25				14.00					
EHG24	30				16.00					
EHG25	34				18.00					
EHG26	1				9.60					
EHG27	5				9.60					
EHG28	10				9.60					
EHG29	15				11.00					
EHG30	19				15.00					
EHG31	D				9.60					
EHG32	OVERFL.				62.00					
EHG33	C-21,SLAM		6.98	6.80	18.00	26.	9.0	813.	1400.	410.
EHG34	A33		7.33	5.48	9.40	14.	4.5	104.	240.	105.
EHG35	UTLØPSBEKK		7.01	4.21	0.65					
EHG36	I NNLØPSBEKK				16.00					
EHG37	B29									

848/625 10.
 045/0.2

Kornfordelingskurve, sedimentprøve

STATENS VEGVESEN, NORD TRONDELAG DISTRIKTSLAB., KORNFORDELINGSKURVE.

HP. NR.	M. TAK/PRODSTAD:	NAMN	PROVE UTIATT VED:	UTM-REF	PROVE TEIKNING	SAKSARBEIDAR
			PARSELL/MTAK/PRODSTAD/LAGER	DATA:	DATA:	
				SIGN:	SIGN:	
POSIS: JON	DJUPNE	LAG	JORDARTSNAMN	CU	KORR %	HUMUS
KM/PRNR/HOL	CM: M	BL FL			<20MYM	NAOHD
					W %	GLD
						KLASSE
132/84	/P084109/	0-25CM	LEIRE		70.73	101
134/84	/P084109/	25-50CM	LEIRE		88.6	88.4



NOEN GENERELLE OPPLYSNINGER OM PARTIKLER I VASSDRAG

Hva er partikler?

Partikler i vann vil som regel bestå av tre hovedbestanddeler (kilde: NIVA, 0-82070; "Undersøkelse av partikkelforurensning i Suldalslågen 1981 - 1983". Oslo, 1984):

- Partikler som kommer til vassdraget fra omgivelsene (f.eks. erosjonsmateriale), eller ved nedfall fra atmosfæren.
- Partikler og organismer som løsrives fra bunn og begroinger.
- Plankton som kan leve sitt liv i vannmassene og opprettholde en bestand gjennom vekst der.

Elver, innsjøer og fjorder har sitt naturlige innhold av partikler. Gjennom utslipp av forurensninger og ved virksomhet i nedbørfeltene kan sammensetting og mengde av partikler bli forandret.

Partikkelinnhold og vannkvalitet

Alle vannforekomster har et innhold av partikler. Mengdene variere mye i ulike vannforekomster. Vannmassene er en suspensjon - i stadig forandring av innhold og egenskaper. Alle vassdrag er ulike med hensyn til dette. Forholdene er bestemt av bl.a. geologi, klima og biologi i nedbørfeltet. Menneskelig virksomhet har ofte en betydelig innflytelse på vannets partikkelinnhold. Vanligvis er ikke partikkelinnholdet noe problem.

Det er ikke mulig å gjøre en klar avgrensning mellom suspenderte og løste stoffer i vann. En stadig vekselvirkning mellom løst og uløst stoff finner sted. Stoffene i vannmassene kan delvis være i en likevekt mellom suspendert og løst fase. I vannmassene finner det sted både dannelse og oppløsning av partikler. Biologiske prosesser tar del i omformingene. Det er nødvendig å betrakte partikkelinnholdet som en del av et dynamisk system av tilstander (løst, kolloidalt og suspendert stoff). Dette har konsekvenser for forståelsen av hvordan partikkelinnholdet påvirker vannkvaliteten kjemisk og biologisk.

De suspenderte partiklene innvirker på vannmassenes egenskaper direkte og indirekte. Partiklene kan f.eks. endre vannets vekt (forutsatt høye konsentrasjoner), og dermed influere på vannets bevegelse og lagdelingsforhold. Partiklene kan ha forskjellig natur med hensyn til absorptive og adsorptive egenskaper. Dette har konsekvenser for kjemiske og biologiske stoffomsetninger.

Det er en nær sammenheng mellom partikler og sedimenter. Noen av de suspenderte partikler vil bunnfelles når vannbevegelsen er liten. Blir det sterkere strøm, kan partiklene igjen hvirvles opp. Dette har konsekvenser for stofftransport. Organismelivet på bunnen av elver og innsjøer har en nær avhengighet til disse miljøforhold. Det er derfor nødvendig å ikke gjøre en for skarp avgrensning mellom partikkelinnholdet i de frie vannmasser og sedimentene i vassdraget.

Vassdragene er karakterisert gjennom prosessene erosjon, transport og sedimentasjon (fluvial erosjon). Avhengig av transportforhold og sorteringsprosesser i ulike deler av vassdraget, vil sediment-materialet få sine særtrekk bestemt (f.eks. størrelsesforhold, struktur og kjemiske egenskaper). Geologisk har sedimenttilgangen opprinnelse i mekanisk og kjemisk forvitring av bergarter i nedbørfeltet. Bestanddelene varierer fra stein, grus, sand, silt og leirkolloider til kjemisk oppløste ioner (tabell 1).

Tabell 3. Størrelsesforhold til sedimentmateriale i vann.

Betegnelser	Partikkeldiameter (mm)
Steiner	> 60
Grus	
grov	60 - 20
middels	20 - 6
fin	6 - 2
Sand	
grov	2 - 0,6
middels	0,6 - 0,2
fin	0,2 - 0,06
Silt	
grov	0,06 - 0,02
middels	0,02 - 0,006
fin	0,006 - 0,002
Leire	< 0,002

Noen praktiske forhold

Både direkte og indirekte har innholdet av partikler stor betydning for vannets brukbarhet til ulike formål. Høyt partikkelinnhold reduserer vannets egnethet til f.eks. drikkevannsforsyning. Innholdet av partikler i vannmassene varierer meget med tiden. Det er en sammenheng mellom partikkelinnhold og vannføring, men det er ikke noe enkelt avhengighetsforhold. Gjennom observasjoner av partikler avklares betydningen av nærtransport og langtransport av partikler samt betydningen av plankton og dødt materiale.

Erfaringene fra norske vassdrag viser at transport av erosjonsmateriale bør følges med stor oppmerksomhet. Lyset er en viktig økologisk faktor. Tiltakende innhold av partikulær substans innvirker bl.a. på lysklimaet, og selv små reduksjoner kan ha vidtrekkende konsekvenser for selvrensingsprosesser og fiskeribiologiske forhold. Foruten alle virkninger på organismelivet i vassdraget, kommer andre praktiske ulemper som er forbundet med partikkelinnhold i vannet. Et vann med stort partikkelinnhold er vanskelig å bruke til vannforsyning. Det dannes avsetninger og begroinger i ledningssystemene, filtrene tilstoppes og arbeid med vedlikehold er betydelig. Vannets kvalitet er på mange måter influert av partikkelinnholdet. Lukt og smak er f.eks. ofte påvirket av forekomst av alger i vannet.

Partikkelinnhold og egenskaper til vann

På en mangesidig og sammensatt måte påvirker partikkelinnholdet vannets egenskaper. Tre hovedtyper av virkninger - optiske, kjemiske og biologiske - skal kort omtales idet følgende.

Optiske forhold. Partikkelinnholdet i vannet gjør det grumset (turbid). Suspenderte uorganiske partikler av forskjellig kjemisk sammensetning, størrelse og form, eller organiske partikler (organismer eller organisme-fragmenter) av forskjellig natur kan gjøre vannet nesten ugjennomsiktig. Turbiditet er et uttrykk for dette partikulære materiale i vann. Turbiditeten kan måles ved hjelp av partiklenes evne til å spre innfallende lys.

Vannets farge er også nær knyttet til innholdet av partikler i vannmassene. F.eks. er Heimsjøen grå.

Hvordan sollyset når fram til plantene i vannmassene, er avgjørende for hele det akvatiske økosystem. Praktisk talt all energitilførsel som de biokjemiske prosessene i organismelivet er avhengige av, kommer fra sollyset. Før sollyset blir tilgjengelig for organismene som har klorofyll (primærprodusentene), blir det påvirket og modifisert gjennom refleksjon, brytning, absorpsjon og spredning. Intensiteten og bølgelengden av lyset som trenger ned i vannet er helt avgjørende for bl.a. fotosynteseaktiviteten. Turbiditetens store betydning for lysklimaet i vannmassene følger av dette, og har dermed en virkning på de biologiske prosesser i vannforekomsten.

Kjemiske forhold. Vannmassene består av et dispergeringsmiddel (vann) og dispergert stoff (partikler). Etter hvor finfordelt partiklene er oppstår forskjellige systemer (faser) av tilstandsformer (tabell 2).

En ekte løsning - med molekyler, atomer eller ioner - er homogen og monodispers. Også når partiklene forekommer som større enheter - aggregater av molekyler, atomer eller ioner - kan løsningen være homogen selv om den er polydispers. Kolloidale løsninger skiller seg tydelig i sine egenskaper fra de ekte løsninger. Det er derfor naturlig å betrakte dem som en egen tilstandsform.

Tabell 4. Sammenligning mellom ulike typer av løsninger.

Egenskap	Ekte løsning ←-----→ Kolloidal løsning		
Partiklens art	Enkelte molekyler, atomer eller ioner	Makromolekyler	Aggregater av molekyler, atomer eller ioner
Partiklens størrelse	Inntil 10^{-9} m	10^{-9} - 10^{-7} m	10^{-9} - 10^{-7} m
Filtrerings-evne	Passerer ultrafiltrene	Blir holdt tilbake i ultrafiltrene	Blir holdt tilbake i ultrafiltrene
Diffusjons-hastighet	Relativt høy	Svært lav	Svært lav
Lysspredning	Ingen spredning	Spredning	Spredning
Dispersjons-grad	Monodispers	Monodispers	Polydispers

De kolloiddisperse løsninger har fysiske og kjemiske egenskaper som spesielt er knyttet til partiklens overflateforhold. Kolloidale partikler har bl.a. meget store overflatearealer. Den spesifikke overflate til forskjellige leirmineraler kan f.eks. være 50 - 800 m² pr. gram. Dette er en følge av partiklens lagdelte oppbygning.

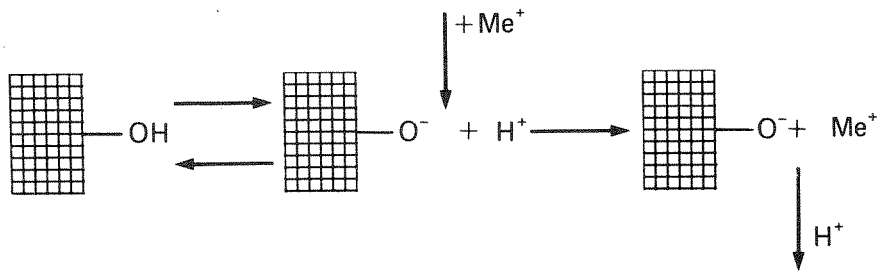
Spesielt for leirkolloider er deres store adsorpsjonskapasitet. Dette henger sammen med at partiklene vanligvis er negativt ladet. Negative ladninger danner et lag på kolloidens ytre og indre overflater. Et slik negativt overflatepotensial kompenseres ved en ekvivalent mengde positive ioner. Disse positive ioner har størst konsentrasjon nær partikkeloverflaten. Utenfor dette lag - hvor konsentrasjoner av positive ioner avtar - finnes diffuse varierende lag hvor konsentrasjon av negative ioner henholdsvis positive ioner veksler med avstanden fra partikkeloverflaten.

De polare vannmolekylene inngår i disse lag rundt kolloid-partiklene. Vannmolekylene blir bundet til de ladede kolloid-overflater, og til ioner som finnes i lagene rundt partiklene. De vannmolekylene som inngår blir mer eller mindre fast bundet. Sterkest bundet er vannmolekylene som sitter nærmest partikkeloverflatene.

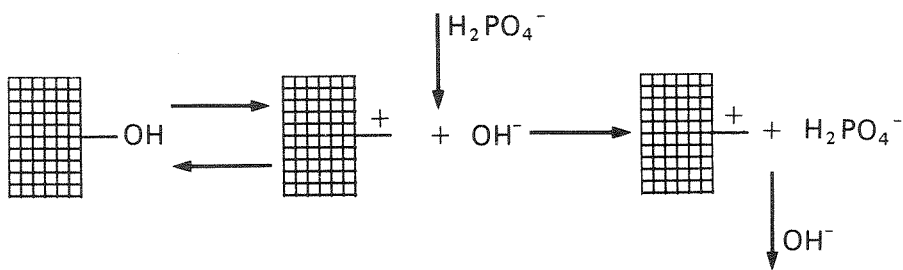
Kolloidens adsorpsjonsegenskaper medfører at ioner av løste stoffer konsentreres på grenseflater mellom partiklene og vannfasen. Dette gjelder til dels også mikroorganismer (f.eks. bakterier, alger, sopp, osv.). Mikroorganismenes celler har normalt negativt overflatepotensial. De vil derfor bli frastøtt av vanlig negativt ladede partikler. Men frastøtningsenergien blir opphevet mot de kolloidale partikler ved at de negative potensialer er kompensert av adsorberte positive ioner. Elektrostatiske tiltrekningskrefter får dermed overtak. Kolloidale partikler og mikroorganismer klumper seg sammen (flokkulering).

De absorberte ioner som befinner seg i det diffuse lag på overflaten av de kolloidale partikler kan byttes ut mot andre ioner. En skjematisk fremstilling av eksempler med henholdsvis kationutbytte og anionutbytte er vist i figur 1. Hvor lett disse prosesser finner sted, avhenger av flere forhold. I aktuelle tilfeller vil også ionekonsentrasjon og ioneaktivitet spille avgjørende rolle for resultatet.

Biologiske forhold. Det har allerede vært omtalt sammenhenger mellom partikkelinnhold og organismeliv i vannet (f.eks. lysklima, adsorpsjonsegenskaper, osv.). Dette gjelder sider ved økosystemet som bl.a. har betydning for produksjonsforhold og energiomsetting i organismesamfunnet. På fundamental måte griper dette direkte inn i vannforekomstenes stoffskifte. Men det er også enkelte andre virkninger som fortjener omtale i en generell fremstilling av problemene.



- a. Eksempel på kationutbytte. Det kolloidale leirmineral kan avgi H⁺ ioner som erstattes av andre kationer (f.eks. metall - eller ammoniumioner) fra løsningen, her betegnet Me⁺. Det er OH - grupper som er utbytteaktive; de er knyttet til silisium - eller aluminium - atomer i krystallstrukturen.



- b. Eksempel på anionutbytte. Det kolloidale leirmineral knytter til seg dihydrogenfosfationer som adsorberte anioner.

Figur 8. Skjematisk fremstilling av kolloidale partikler ionebytteegenskaper (NIVA, 0-82070).

Mange typer av partikler bunnfeller imidlertid praktisk talt ikke under vanlig forhold i innsjøer. Det gjelder i stor grad den kolloidale fraksjon, men også findisperse partikler som har spesifikk vekt nær til vannets. Videre gjelder dette plante- og dyre-organismer med egen bevegelse eller som kan modifisere sin spesifikke vekt gjennom spesielt utviklede flyteinnretninger. Det er flere faktorer som motvirker sedimenteringstendenser. Vannets turbulente bevegelser, og de kolloidale partiklens gjensidige frastøtning ved de elektriske ladningsforhold, er viktige eksempler. Når vannet kommer i strømmende bevegelser i et elvesystem, vil utfellingsmuligheter til dels bli forandret. Det er både kjemiske og fysiske årsaker til dette.

Tilslamming av bunn og strender har mange konsekvenser for dyre- og planteliv. Organismer som er avhengig av synet for å finne mat vil ikke trives under forhold med høy turbiditet. Dette gjelder både vertebrater og invertebrater. Mange dyr lever ved å filtrere organiske partikler fra vannet gjennom spesielt utviklede innretninger. Høyt partikkelinnhold i vannmassene kan tilstoppe filtreringsutstyr, og dermed ødelegge livsmuligheter.

Reproduksjonsforhold til bunndyr vil bli influert. Kolonisering og oppvekst av mikroorganismer på overflater er forskjellig under situasjoner med ulik turbiditet i vannet. Direkte og indirekte vil tilslamming på denne måten endre konkurranseforhold og suksesjon i et vassdrags organismsamfunn.