

RAPPORT LNR 3396-96

Pumping av vann
fra Tyrifjorden inn i
Steinsfjorden som tiltak
for å bedre vannkvaliteten
i Steinsfjorden

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-95297	Undernr.:
Løpenr.: 3396-96	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA AVS Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Pumping av vann fra Tyrifjorden inn i Steinsfjorden som tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden	Dato: 22. januar	Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Dag Berge	Geografisk område: Buskerud	
	Antall sider: 15	Opplag: 45

Oppdragsgiver: Arbeidsgruppe for videreføring av Vannbruksplan for Tyrifjorden og Steinsfjorden v/ Hole kommune	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: Et av forslagene i Vannbruksplanen til tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden er å øke vannutskiftningen ved å pumpe inn vann fra Tyrifjorden. For å få maksimal effekt av tiltaket, samt være sikker på at man ikke pumper det samme vannet fram og tilbake, må vannet hentes utenfor brua over til Storøya og leveres mellom Tvehjulingen og Braksøya. Det må pumpes en vannmengde på mellom 500 og 800 l/s fra Tyrifjorden i perioden 1. mai til 31. oktober. Vannet tas fra ca 4-5 m's dyp og leveres på ca 4-5 m's dyp. Steinsfjorden vil da få en bedret vannkvalitet. Fosforkonsentrasjon vil reduseres fra omlag 12 til 9 ug P/l. Algemengden vil gå ned, blågrønnalgeproblemer vil bli kraftig redusert, mens vasspestsituasjonen vil bli lite eller ikke endret. Vannkvaliteten i de frie vannmasser vil bli i tråd med målsettingen til Vannbruksplanutvalget. Vannkvaliteten i Tyrifjorden vil ikke bli påvirket av tiltaket i målbar grad. Det legges en 3.2 km lang rørledning på bunnen med diameter 1000 mm. Pumpestasjonen legges i brukaret i Kroksundet. Kanal-hjulspumpe ser ut til å falle gunstigst ut, selv om propellpumpe også kan benyttes ved 500 l/s. Energibehovet er ca 25 kW ved 500 l/s og 75 kW ved 800 l/s. De totale investeringskostnadene ved tiltaket blir i underkant av 8 millioner kroner eksklusive merverdiavgift. Driftsutgifter til strøm og vedlikehold er beregnet til kr 75000 pr år for 500 l/s og kr 175000 for 800 l/s.

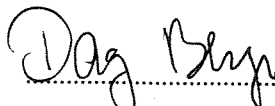
4 emneord, norske

1. Eutrofiering
2. Tiltak
3. Vannfornyelse
4. Steinsfjorden

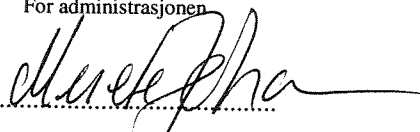
4 emneord, engelske

1. Eutrophication
2. Abatement measures
3. Water renewal
4. Lake Steinsfjorden

Prosjektleder


Dag Berge

For administrasjonen


Merete Johannessen

ISBN 82-577-2927-2

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-95279

**Pumping av Vann fra Tyrifjorden inn i
Steinsfjorden**

som tiltak for å bedre

Vannkvaliteten i Steinsfjorden

Brekke 22/1-96

Saksheandler: Dag Berge

FORORD

Rapporten gir en vurdering av hvilke muligheter man har for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden ved å pumpe inn vann fra Tyriffjorden, hvordan tiltaket rent teknisk bør utføres, samt hva det vil koste i form av investeringer, drift og vedlikehold.

Feltarbeidet i forbindelse med vannprøvetaking er utført av Hole kommune, mens analysene er foretatt ved Buskerud Vann og Avløpssenter A/S (BUVA).

De teoretiske beregninger, vurderinger og rapportsammenstilling er foretatt av Dag Berge, NIVA.

Frode Løset, Hole kommune, har vært oppdragsgivers kontaktperson.

INNHALDSFORTEGNELSE

KONKLUSJONER	4
INNLEDNING	5
MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE DATA	6
KONSENTRASJONSFORSKJELLER MELLOM TYRIFJORDEN OG STEINSFJORDEN	6
Historiske data fra overvåkingen av de 2 innsjøer	6
Gradientundersøkelser gjennom Kroksundet	7
Pumpeledningens inntak og utløp	9
VANNFORNYELSE I STEINSFJORDEN	9
PUMPEBEHOV	11
TEKNISK OG ØKONOMISK BESKRIVELSE AV TILTAKET	12
Rørledning	12
Pumpetype og pumpestasjon	13
Tiltakets samlede kostnad	14
LITTERATUR	15

Konklusjoner

Et av forslagene i Vannbruksplanen til tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden er å øke vannutskiftningen ved å pumpe inn vann fra Tyrifjorden.

For å få maksimal effekt av tiltaket, samt være sikker på at man ikke pumper det samme vannet fram og tilbake, må vannet hentes utenfor brua over til Storøya og leveres mellom Tvehjulingen og Braksøya. Det må pumpes en vannmengde på mellom 500 og 800 l/s fra Tyrifjorden i perioden 1. mai til 31. oktober. Vannet tas fra ca 4-5 m's dyp og leveres på ca 4-5 m's dyp. Steinsfjorden vil da få en bedret vannkvalitet. Fosforkonsentrasjon vil reduseres fra omlag 12 til 9 ug P/l. Algemengden vil gå ned, blågrønnalgeproblemer vil bli kraftig redusert, mens vasspestsituasjonen vil bli lite eller ikke endret. Vannkvaliteten i de frie vannmasser vil bli i tråd med målsettingen til Vannbruksplanutvalget.

Vannkvaliteten i Tyrifjorden vil ikke bli påvirket av tiltaket i målbar grad.

Det legges en 3.2 km lang rørledning på bunnen med diameter 1000 mm. Pumpestasjonen legges i brukaret i Kroksundet. Kanalhjuls Pumpe ser ut til å falle gunstigst ut, selv om propellpumpe også kan benyttes ved 500 l/s. Energibehovet er ca 25 kW ved 500 l/s og 75 kW ved 800 l/s.

De totale investeringskostnadene ved tiltaket blir i underkant av 8 millioner kroner eksklusive merverdiavgift. Driftsutgifter til strøm og vedlikehold er beregnet til kr 75000 pr år for 500 l/s og kr 175000 for 800 l/s.

Innledning

Det henvises til bestillingsbrev av 1. september 1995 om en utredning omkring pumping av vann fra Tyrifjorden til Steinsfjorden som tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden.

Utredningen skulle inneholde følgende punkter:

1. Plassering av pumpeledningens inntak i Tyrifjorden.
2. Plassering av pumpeledningens utløp i Steinsfjorden.
3. Effekt av tiltaket - beregning av nødvendig vanntilførsel fra Tyrifjorden for å oppnå den ønskede vannkvalitet.
4. Rørdimensjon, rørlengde, pumpekapasitet, strømforbruk.
5. Kostnadsoverslag for tiltaket.

Vannmassene innenfor Storøya og inn mot Kroksundet er påvirket fra Steinsfjorden, fra bebyggelsen i området, samt fra vindgenerert resuspensjon av bunnslam. Jo lenger ut i Tyrifjorden man går med inntaket, jo bedre vannkvalitet vil man få, men jo dyrere vil det bli. For å kunne ta stilling til plassering av inntaket har det vært nødvendig å ta prøver av vannkvaliteten langs en gradient fra Kroksundet og utover i sundene på begge sider av Storøya.

Prøvene er tatt av Hole kommune, og analysene er foretatt av Buskerud Vann- og Avløpssenter AS (BUVA).

Det knytter seg en del usikkerhet til denne beregningen. Det er for det første avhengig av hvilken vannkvalitet man "har råd" til å få tak i fra Tyrifjorden. For det andre vil det være ønskelig å pumpe bare i den isfrie periode. Dette kompliserer beregningene da de modeller som er aktuelle å anvende er laget på helårsbasis. Likeledes knytter det seg usikkerhet til dagens vannutskifting i Steinsfjorden i og med den ujevne vannutskiftingen over Kroksundet.

Utfra lengde på rørledningen og behov for vannmengde, er det i samarbeid med rørleverandør og pumpeleverandør bestemt rørdiameter, rørtype og pumpespesifikasjoner, strømforbruk etc.

Morfometriske og hydrologiske data

I Tabell 1 er det listet opp en del morfometriske og hydrologiske data for Steinsfjorden og Tyrifjorden.

Tabell 1 Morfometriske og hydrologiske data fra Tyrifjorden og Steinsfjorden.

Parameter		Tyrifjorden	Steinsfjorden
Høyde over havet	m	63	63
Areal nedbørfelt	km ²	9808	63.7
Areal innsjøoverflate (eks. øyer)	km ²	121.3	13.9
Areal øyer	km ²	2.74	0.52
Største lengde	km	30	7.9
Største bredde	km	11	2.6
Største dyp	m	295	24
Midlere dyp	m	114	10.2
Vannstandsvariasjoner	m	1-2	1-2
Volum	x10 ⁶ m ³	13830	142
Midlere avløp	m ³ /s	170	
Årlig avløp	x10 ⁶ m ³	5000	24-62
Teoretisk oppholdstid	år	2.7	2.3 - 5.9*

*Avhengig av hvordan man beregner inn- og utstrømning gjennom Kroksundet.

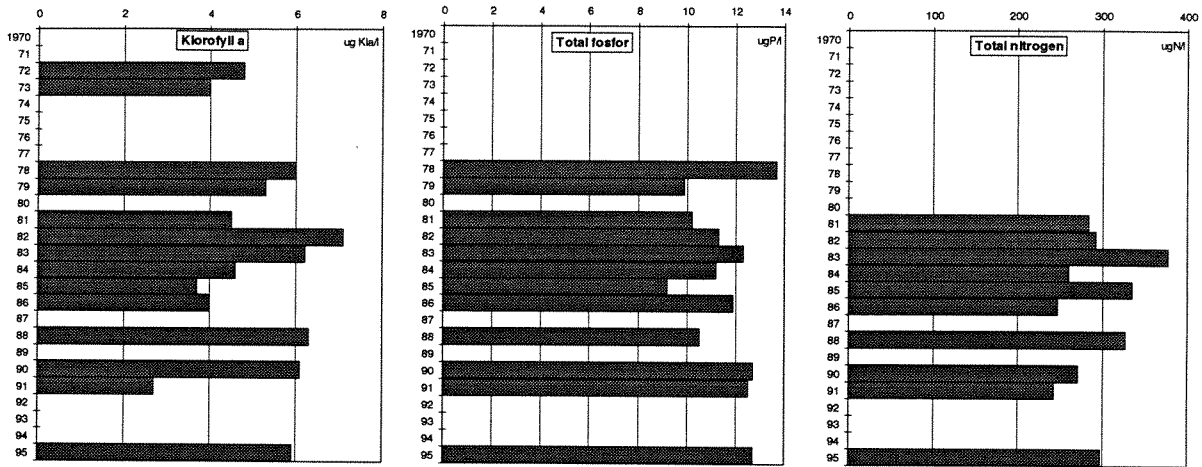
Konsentrasjonsforskjeller mellom Tyrifjorden og Steinsfjorden

Historiske data fra overvåkingen av de 2 innsjøer

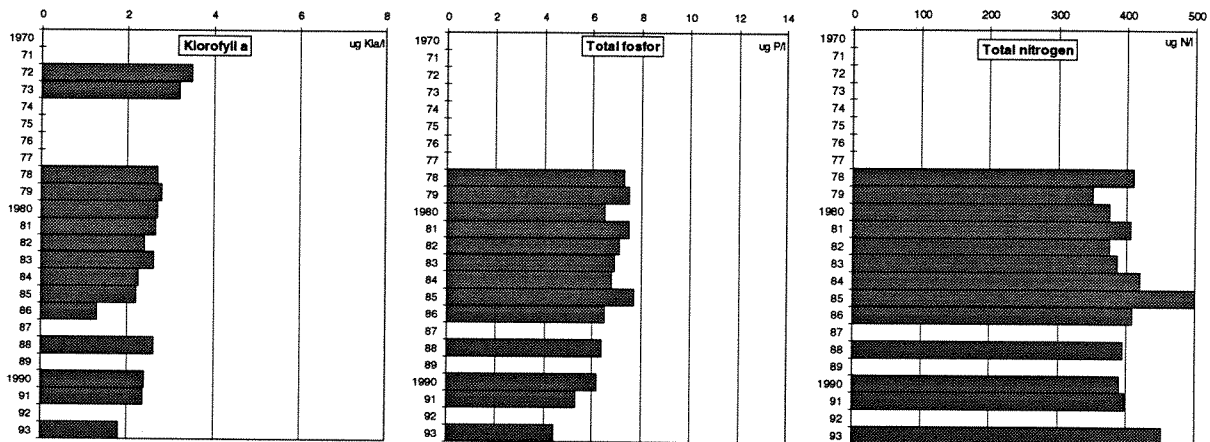
I fig.1 har vi fremstilt midlere konsentrasjoner av de viktigste eutrofirelaterte parametrene, total fosfor og total nitrogen, samt utviklet algemengde uttrykt som klorofyll a. Disse prøvene er hentet fra de sentrale deler i hver innsjø. Det er klart mindre alger og fosfor i Tyrifjordens vannmasser sammenliknet med Steinsfjorden. Med hensyn til nitrogen er det ikke stor forskjell. Med et N:P forhold varierende fra 25-50 er det imidlertid klart at det er konsentrasjonen av fosfor som styrer algemengden i begge sjøene. Det er derfor forskjeller i konsentrasjonen av Tot-P som må legges til grunn for effektberegningene.

I Tyrifjorden har det skjedd en forbedring i vannkvaliteten fra målingene startet tidlig i 1970-åra og fram til i dag. Dette gjør seg gjeldende både mht konsentrasjon av Tot-P og utviklet algemengde. Tot-P konsentrasjonen har gått ned fra ca 7.5 til ca 5 ug P/l. Middelerdi for de 3 siste årene er 5.5 ug P/l.

I Steinsfjorden har det ikke vært noen signifikant endring i vannkvaliteten. Både fosforkonsentrasjon og algemengde varierer kraftig fra år til år. Jamt over ligger konsentrasjonene en god del høyere enn ønsket. Midlere fosforkonsentrasjon over hele perioden er 11.5 ug P/l. De 3 siste årene man har målinger fra, har imidlertid konsentrasjonen ligget rundt 12.5 ug P/l.



Figur 1. Middelerdier for endel sentrale miljøparametre i Steinsfjorden ved ulike år.



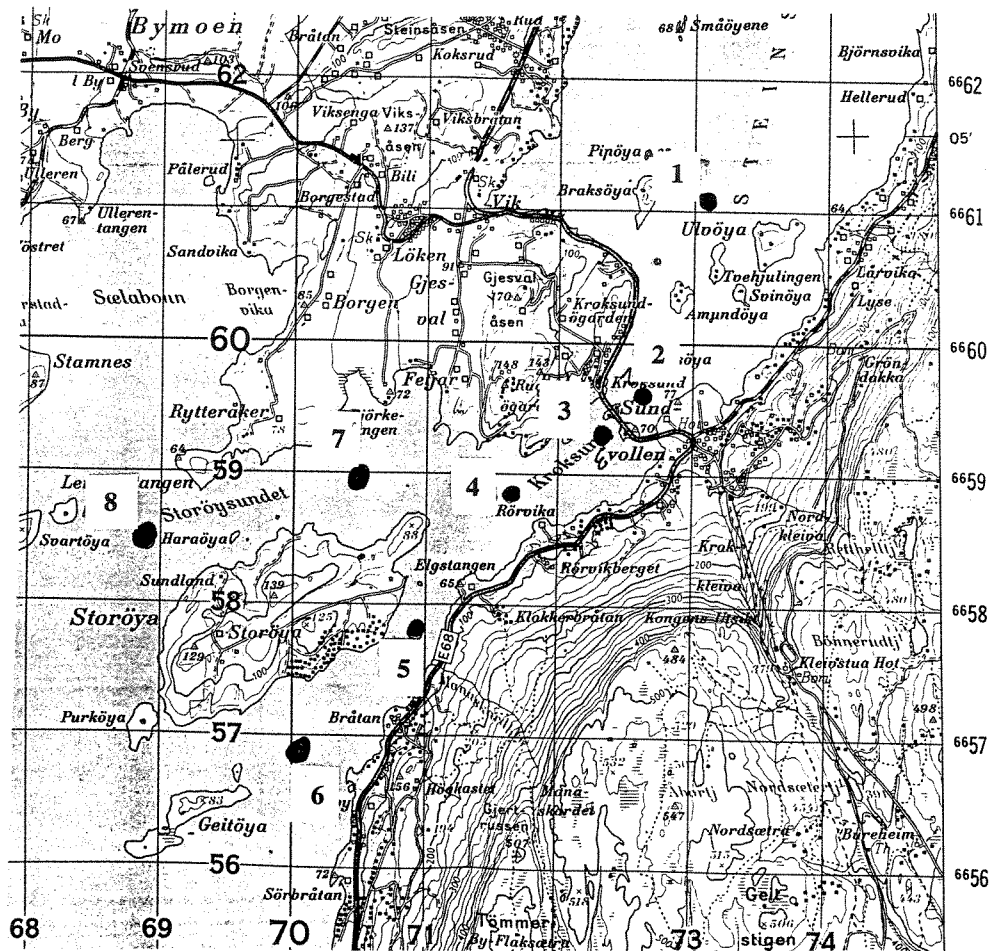
Figur 1. Middelerdier for endel sentrale miljøparametre i Tyrifjorden ved ulike år.

I de sentrale vannmasser er Tot-P konsentrasjonen i Steinsfjorden ca 12 ug P/l, mens den i Tyrifjorden er ca 5 ug P/l. Det skulle således være et betydelig fortynningspotensiale.

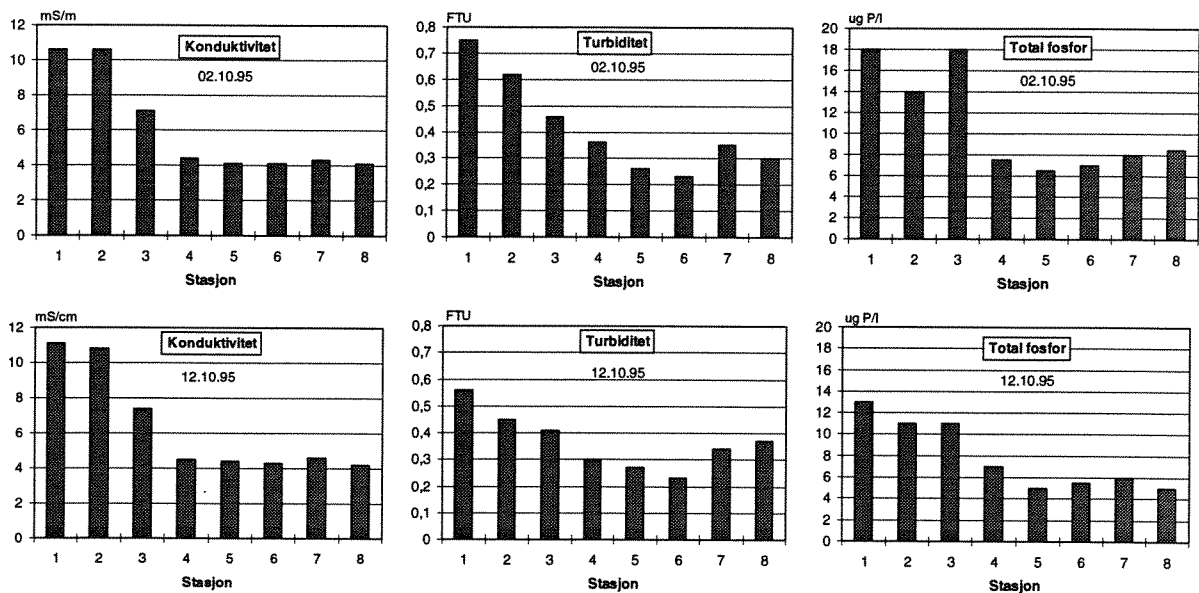
Gradientundersøkelser gjennom Kroksundet

I forrige avsnitt fremgikk det at det var betydelige konsentrasjonsforskjeller fra midtfjords i Tyrifjorden til midtfjords i Steinsfjorden. Det er imidlertid uaktuelt å pumpe vann over så store distanser. For å belyse hvor langt ut i hver innsjø man må med pumpeledningen, er det høsten 1995 foretatt 2 prøvetakingstokt langs en gradient fra godt inne i Steinsfjorden - gjennom Kroksundet - og ut i Tyrifjorden på begge sider av Storøya, se kartskisse fig.2.

Det ene toktet, 2/10-95 ble foretatt under sterk sønnavind, mens det andre 12/10 ble tatt under stille vær. Resultatene er gitt i fig.3.



Figur 2. Kart som viser gradientundersøkelsene fra Steinsfjorden - gjennom Kroksundet - og ut i Tyrifjorden.



Figur 3. Resultater fra gradientundersøkelsene fra Steinsfjorden - gjennom Kroksundet - og ut i Tyrifjorden. 2/10-95 var det sterk sønnavind, 12/10 var det stille vær.

Av fig.3 ses at det var noe høyere turbiditetsverdier og fosforkonsentrasjoner under toktet med sterk vind. Forskjellene var imidlertid små.

Variasjonsmønsteret fra Steinsfjorden - gjennom Kroksundet - og utover i Tyrifjorden var svært likt ved begge observasjonsdager. Man skulle ikke så langt ut i Tyrifjorden før konsentrasjonsnivået liknet på det man finner ute i Tyrifjordens sentrale vannmasser. Så snart man var utenom brua til Storøya faller ikke konsentrasjonsnivået ytterligere om man drar ennå lenger ut i fjorden. I sundet vest for Storøya var konsentrasjonsnivået litt høyere, men ikke mye.

Omvendt var det "Steinsfjordverdier" på vannet med en gang man kom innenfor Kroksundet.

Pumpeledningens inntak og utløp

Pumpeledningen legges ut til 50 m utenfor brua over til Storøya. Her får man tak i klart rent vann som preger Holsfjordens vannmasser. Ledningen legges på bunnen. Mest effekt oppnås ved å ta vann fra epilimnion, dvs. ikke dypere enn 5 m. Dette fordi algene i Tyrifjorden da allerede har berøvet vannet for biotilgjengelige næringssalter før det pumpes inn til Steinsfjorden. Overflatevannet vil dessuten være såpass varmt at man ikke risikerer at det synker ned i dypet i Steinsfjorden, uten noen fortynnende effekt i produksjonssjiktet. Kaldt vann er tyngre enn varmt vann, som kjent.

Pumpeledningen bør munne ut i Steinsfjordens overflatelag, på ca 4-5 meters dyp. Den bør føres ut til sundet mellom Tvehjulingen og Braksøya. Dette for at de vinddrevne strømmer skal få tak og fordele vannet innover i Steinsfjorden.

Totalt blir dette en pumpeledning på 3.2 km.

Vannfornyelse i Steinsfjorden

I de fleste innsjøer skjer vannfornyelsen ved at vann renner inn i innløpsenden og ut via utløpselva. Steinsfjorden er noe spesiell i så henseende, da vann observeres å renne begge veger i utløpssundet mot Tyrifjorden. Vannfornyelsen i Steinsfjorden skjer ved 3 prosesser, tilrenning fra nedbørfeltet, oppfylling som følge av fjellflommen i Tyrifjorden, samt vinddrevne strømmer over Kroksundet.

NIVA gjorde en undersøkelse for Vannbruksplanutvalget i 1992 (Berge og Tjomsland 1992) der vanntilførselen til Steinsfjorden ved de tre prosesser ble beregnet (tabell 2).

Tabell 2. Vannfornyelse i Steinsfjorden. Bidrag fra ulike prosesser. Etter Berge og Tjomsland 1992.

1)	Tilrenning fra nedbørfeltet	24x106m ³ /år	39%
2)	Fjellflommen i Tyrifjorden	28x106m ³ /år	45%
3)	Vinddrevne strømmer gjennom Kroksund	10x106m ³ /år	16%
Tilsammen		62x106m ³ /år	100%

Det man bør ha klart for seg er at det ved denne utskiftningen over Kroksundet ganske sikkert er en del av det samme vannet som går frem og tilbake. Ved kjemiske gradientmålinger (f.eks. konduktivitet) fra brua og utover i de to innsjøer får man inntrykk av at innstrømming av vann fra Tyrifjorden gjør seg lite gjeldende i Steinsfjorden. Man skal ikke langt fra brua før man har den karakteristiske vannkvaliteten for de respektive innsjøer, se fig.3. Hvor stor andel av utskiftningen som er fram og tilbakebevegelse er svært vanskelig å beregne. En måte å få et begrep om dette er å se på hvordan Steinsfjorden oppfører seg i forhold til fosforbelastningsmodeller.

Fosforbelastning og vannfornyelse er de to hovedparameterne som styrer fosforkonsentrasjon og algeutvikling i en innsjø. Det er laget flere modeller som beregner fosforkonsentrasjonen og algeutviklingen i innsjøen som funksjon disse to parametre.

Fosforbelastningen fra nedbørfeltet til Steinsfjorden ble beregnet til 1.2 tonn P/år under Tyrifjordundersøkelsene (Abrahamsen 1981). Vannbruksplanutvalget har helt nylig beregnet fosfortilførslen til 1.7 tonn P/år. Hvilke av disse som er mest riktig, er vanskelig å ha noen formening om da det alltid knytter seg en del usikkerhet til teoretiske beregninger av fosfortilførsler. Fosforkonsentrasjonen i sjøen ligger på ca 12 ug P/l.

Til beregningene benyttes FOSRES modellen (Berge 1987) som er kalibrert med resultater fra norske innsjøer.

$$L_p = 2.293 \cdot [P]_\lambda \cdot \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.16} \cdot Q$$

Der L_p er totalbelastningen av fosfor, $[P]_\lambda$ er konsentrasjonen av total fosfor i innsjøen, V er innsjøens volum, og Q er årlig vanntilførsel. Q er uavhengig av hvorvidt vannet kommer fra nedbørfeltet eller Tyrifjorden.

Når den ovenstående likning løses med hensyn på Q får man at årlig vanntilførsel til Steinsfjorden er $35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ når man anvender 1.2 tonn P/år som totalbelastning, og $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ når man nytter 1.7 tonn P/år som P-belastning. Begge disse ligger mellom ytterpunktene i tabell 2 som var $24 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ og $62 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$, noe som indikerer at en del av den beregnede vannutskiftningen over Kroksundet er fram og tilbakebevegelser av det samme vannet.

Pumpebehov

I beregning av pumpebehovet tar vi utgangspunkt i begge de beregnede vanntilførsler $35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ og $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$. Vi betrakter dette som øvre og nedre grense for reell verdi. Vi gjør beregningen først for $35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$.

Til beregningene nyttes FOSRES modellen.

$$Lp = 2.293 \cdot [P]_{\lambda} \cdot T_w^{0.16} \cdot Q$$

Der $T_w = V/Q$, og notasjoner ellers om gitt over.

Setter videre

Midlere fosforkonsentrasjon i Tyrifjorden = 6 ug P/l.

Midlere fosforkonsetrasjon i Steinsfjorden er 12 ug P/l.

Målsetting er å få Steinsfjorden ned i 9 ug P/l. Dette er identisk med Tyrifjordutvalgets og Vannbruksplanutvalgets målsetting. FOSRES modellen antyder at Steinsfjorden kan tåle å ha ca 10 ug P/l som midlere P-konsentrasjon uten at økologiske problemer oppstår.

Anslagsvis vil pumpebehovet ligge et sted mellom 0.5 og 1 m^3/s .

Prøver først med 0.5 m^3/s . Årlig gir dette $17.25 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ny årlig vanntilførsel blir $Q = 52.5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ny oppholdstid på vannet $T_w = 2,7 \text{ år}$.

Årlig fosforbelastning øker med 103.5 kg P, dvs. ny P-belastning blir $1202 + 103.5 = 1306 \text{ kg P/år}$.

Ny innløpskonsentrasjon 24.8 ug P/l.

Ny innsjøkonsentrasjon blir etter dette 9.2 ug P/l, dvs. omtrent som målsettingen på 9 ug P/l.

Tar man utgangspunkt i en fosforbelastning på 1.7 tonn P/år og vanntilførsel på $52 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$, vil man få at pumping av 500 l/s vil redusere fosforkonsentrasjonen til 10 ug P/l. Under disse forutsetninger må man pumpe 800 l/s for å få fosforkonsentrasjonen ned i 9 ug P/l.

Utgangspunktet for denne beregningen var at man pumper hele året. Pumping utenfor algenes vekstsesong har trolig liten effekt. Dessuten vil pumping i den islagte periode medføre usikker is i området der vannet kommer ut av pumpeledningen mellom Braksøya og Ulvøya, noe som er uforenlig med den store isfiske- og skøytegjengingsaktiviteten som foregår på Steinsfjorden.

Pumping bør derfor bare foregå i perioden mai - oktober, dvs. i 6 mnd.

At pumping bare i sommerhalvåret vil gi noe redusert effekt i forhold til å pumpe hele året, er det tatt rom for i beregningen ved at:

1. Vannet fra Tyrifjorden vil trolig ligge nærmere 5 enn 6 ugP/l (6 brukt i beregningen).
2. Vannet i Steinsfjorden har midlere fosforkonsetrasjon nærmere 11 enn 12 ug P/l (12 brukt i beregningen).

Konklusjonen på pumpebehovet blir:

Det er tilstrekkelig med kontinuerlig pumping av 0.5 -0.8 m³/s i perioden 1.mai - 31. oktober.

Det har også vært diskutert muligheten for å pumpe vann andre vegen, dvs. pumpe vann ut av Steinsfjorden, og la erstatningsvannet renne passivt inn gjennom Kroksundet fra Tyrifjorden. Det innstrømmende vannet ville da kunne ta med seg forurensninger fra bebyggelse og turistaktivitet i Nes-Kroksundområdet inn i Steinsfjorden, slik at effekten vil kunne bli mindre. Dette alternativet er derfor forlatt.

For å ytterligere effektivisere pumpeprosjektet, kan man pumpe det næringsrike dypvannet fra Steinsfjorden ut i Tyrifjordens dypvann på ettervinteren. Steinsfjordens dypvann ville da bli erstattet av innstrømmede vann over Kroksundet. Under vårsirkulasjonen ville det da ikke komme opp noe næringsrikt dypvann som ofte gir algeveksten en "flying start" i Steinsfjorden. Denne tilleggsopsjonen vil fordyre prosjektet betydelig da det vil trenge lengre rørledning, samt et "rørkryss" i hver ende for skifting mellom sommerpumping og vinterpumping. Tiltaket vil også kunne tenkes å få en negativ effekt på Tyrifjorden, om enn svært liten. Denne muligheten er derfor forlatt.

Teknisk og økonomisk beskrivelse av tiltaket

Prosjektet er diskutert med 2 forskjellige leverandører av pumper og rør med angivelse av omtrentlige priser.

Rørledning

Det må legges en 3.2 km lang rør med diameter 1000 mm. Denne rørdimensjonen vil ha kapasitet for godt over 1 m³/s. Rørledningen kan være både av stål, polyetylen, og glassfiberarmert polyester. Stål er dyrest (uaktuelt), og polyester billigst.

Regner videre med polyester-rør fra Owens-Corning A/S i Sandefjord. Dette røret har egenvekt på 1.8 og trenger minimalt med søkker. Leverandør mener at, med det lille trykket det her er snakk om (3.7 -7 m motstand), kan rørledningen legges i 12-15 m lengder med skjøter bestående av 30 cm flenser med dobbel pakning, dvs. ingen form for sveising av skjøtene.

Prisen på rørledningen vil være kr 1320 pr m, + 267 skjøter a kr 1430. For hele ledningen blir dette 4.6 mill kroner.

På det meste av strekningen vil det være 5-6 m dypt og greie bunnforhold, dvs. flat mørebunn. Enkelte skjær finnes imidlertid, slik at traseen bør sjekkes og merkes før rørledningen legges. På de grunneste trekningene nærmest Kroksundet vil det være ønskelig å få røret litt ned i sedimentet, og noe graving kan være aktuelt. Dette gjelder i allefall gjennom bruporten. Ellers ser det ut til at ledningen bare kan legges direkte på sedimentet. I hver ende blir det dypere. For å unngå for store dyp kan man gå litt inn mot Storøya på Tyrifjordsiden, og inn mot veggen mot Vik på Steinsfjordsiden. Uansett må man legge opp et 45 ° bend opp til 4-5 m dyp i både inntak og utløp. Disse bendene må støttes opp ved stag av rustfritt stål.

Det er tatt kontakt med 2 enterpenørfirmaer med erfaring fra legging av sjøledning, nemlig Veidekke og Selmer. Det er veldig vanskelig å si noe sikkert om pris før traseen er inspisert. Leggingen vil koste anslagsvis 1 mill kroner, hvis bunnforholdene er helt greie. Dette er de trolig ikke, slik at man må regne med 1.5 mill.

Pumpetype og pumpestasjon

Det er innhentet opplysninger om aktuell pumpetype og om anordning av pumpestasjon fra 2 firmaer, ITT-Flygt og Intec International.

For å pumpe 500 l/s (3.5-4 m motstand) kan det brukes både kanalhjulspumpe og propellpumpe. Hvis det viser seg at det senere vil bli aktuelt med 800 l/s blir motstanden i røret for stor til at propellpumpe kan benyttes.

For begge pumpene vil det lønne seg å ha pumpestasjonen i bruporten mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden.

Propellpumpe med kapasitet 500 l/s koster ca 160 000, mens en kanalhjulspumpe koster ca 280 000. For kanalhjulspumper finnes det prefabrikerte opplegg for nedsenkbar undervannsmontering (klokopling), mens det ved bruk av propellpumpe vil være nødvendig å ha et evakuerbart pumpekammer. Strømforbruket for de to pumpene ved 500 l/s er oppgitt til 25 kW for kanalhjulspumpe og 37 kW for propellpumpe.

Flygt anslår ca kr 850 000 for ferdig montert pumpestasjon i bruporten mellom Tyrifjorden og Steinsfjorden. Pumpen kan da løftes og senkes langs vertikale skinner i tilfelle det er nødvendig med vedlikehold. Prinsippet er det samme som brukes ved avløpspumper, og er velprøvet. Intec anslår at ferdig pumpestasjon for propellpumpe vil koste kr 5-600000. I forhold til den totale kostnad ved tiltaket vil valg av pumpetype bety lite. Dessuten kan en kanalhjulspumpe turtallsreguleres til kunne dekke hele spekteret fra 500 l/s til 800 l/s som usikkerheten i beregningene av vannmengdebehovene spenner over. Vi regner derfor videre med alternativet med kanalhjulspumpe, dvs. det dyreste, men med lavest strømforbruk.

Antar man en strømpris på 45 øre per kilowatt-time får man ca kr 50 000 i strømutgifter for kontinuerlig pumping av 500 l/s i sommerhalvåret. For pumping av 800 l/s vil strømutgiftene bli tredoblet, altså kr 150000,- pr år.

Tiltakets samlede kostnad

I de nedenstående tabeller er det laget en veiledende oppstilling av kostnadene ved tiltaket.

Investeringskostnader

Aktivitet	Kroner
Rørledning	4600000
Legging av rørledning	1500000
Pumpestasjon komplett ferdig montert	850000
Uforutsette kostnader (empirisk anslag)	1050000
Total investeringskostnader	8000000

Årlige driftskostnader

Strømutgifter årlig (500 l/s)	50000
Vedlikehold årlig	25000
Sum årlige driftskostnader (500 l/s)	75000

Ved 800 l/s vil strømutgiftene bli tredoblet, dvs. kr 150000 pr år. Årlige driftsutgifter blir da kr 175000.

Alle priser er uten merverdiavgift.

Litteratur

- Abrahamsen, H. 1981. Stofftransport til Steinsfjorden 1978-79. Hovedoppgave i Limnologi ved Univ i Oslo.
- Berge, D. og T. Tjomsland 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden. Delutredning om: Muligheter for vannkvalitetsforbedring i Steinsfjorden gjennom økning av vannutskiftningen. NIVA-rapport O-92001. 38 sider.
- Berge, D. 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden. Delutredning om forurensningssituasjonen i Tyrifjorden og Steinsfjorden samt de viktigste tilløpselvene. NIVA-rapport O-90096, Lnr.2731., 72 sider.
- Berge, D. 1994. Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden. NIVA-rapport O-93024, Lnr.3051.,45 sider.
- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport O-85110, Lnr.2001., 45 sider.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3396-96.

ISBN 82-577-2927-2