



NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER

Fellesforetak: NSFI - Norges Skipsforskningsinstitutt  
SINTEF - Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høyskole

rapport

Divisjon:  
VASSDRAGS- OG  
HAVNELABORATORIET

Klæbuveien 153  
Postboks 4118 – Valentinlyst  
7001 Trondheim  
Telefon: (075) 92300  
Telex: 55435 vhl n  
Telegram: VASSLAB

|                                              |                 |
|----------------------------------------------|-----------------|
| TITTEL                                       | RAPPORT NR.     |
| ETTERPRØVING AV BOBLEANLEGGET VED MO I RANA  | NHL 2 82048     |
| OVERSIKT OVER TIDLIGERE UNDERSØKELSER        | STF60 A82048    |
| OPPDRAUGSGIVER                               | PROSJEKTNR.     |
| NVE/S KONSESJONSAVGIFTSFONDET                | 602997          |
| KONTAKTPERSON                                | TILGJENGELIGHET |
|                                              | Åpen            |
| SAKSBEHANDLER                                | DATO            |
|                                              | 1982-05-19      |
| S.A. Gjerp, G. Eidnes, J. Nilsen, P.E. Sørås | ISBN            |
|                                              | 82-595-2881-9   |

SAMMENDRAG

I forbindelse med etableringen og etterprøvingen av bobleanlegget ved Mo i Rana ble det gjort en rekke undersøkelser. Denne rapporten gir en oversikt med et kort sammendrag av innholdet over de rapportene som ble utarbeidet i denne forbindelsen. Andre rapporter som omhandler de fysiske forhold i Ranfjorden, samt andre relevante rapporter utarbeidet ved VHL er også inkludert i oversikten.

STIKKORD

Bobleanlegg

Salt

Temperatur

Strøm

Mo i Rana

Oversiktsrapport

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

A. Thendrup

Arve Thendrup

Gruppeleder

INNHALDSFORTEGNELSE

|                                                                                    | Side |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| INNHALDSFORTEGNELSE.....                                                           | I    |
| FIGURFORTEGNELSE.....                                                              | IV   |
| 1. INNLEDNING .....                                                                | 1    |
| 2. UNDERSØKELSER FØR BOBLEANLEGGET BLE SATT I DRIFT.....                           | 3    |
| 2.1. Kanavin.....(1971).....                                                       | 3    |
| 2.2. NVE/Hydrologisk avdeling..... (1961).....                                     | 3    |
| 2.3. VHL.....(1962).....                                                           | 5    |
| 2.4. NVE/Hydrologisk avdeling.....(1962a).....                                     | 5    |
| 2.5. NVE/Hydrologisk avdeling.....(1962b).....                                     | 6    |
| 2.6. Berge.....(1962).....                                                         | 6    |
| 2.7. Berge, Brandtzæg og Palm.....(1963).....                                      | 7    |
| 2.8. Berge og Trøtteberg.....(1963).....                                           | 8    |
| 2.9. Berge og Carstens.....(1964).....                                             | 9    |
| 2.10. Lundbrekke.....(1969).....                                                   | 10   |
| 3. OVERSIKT OVER UTFØRTE LABORATORIEFORSØK I FORBINDELSE<br>MED BOBLEANLEGGET..... | 11   |
| 3.1. Berge.....(1961).....                                                         | 11   |
| 3.2. Trøtteberg.....(1965a).....                                                   | 11   |
| 3.3. Trøtteberg.....(1965b).....                                                   | 11   |
| 3.4. Trøtteberg.....(1965c).....                                                   | 11   |
| 3.5. Trøtteberg.....(1965d).....                                                   | 12   |
| 3.6. Trøtteberg.....(1966).....                                                    | 12   |
| 3.7. Nustad.....(1966a).....                                                       | 12   |
| 3.8. Nustad.....(1966b).....                                                       | 12   |

INNHALDSFORTEGNELSE forts

|                                                            | Side |
|------------------------------------------------------------|------|
| 4.   UNDERSØKELSER ETTER AT BOBLEANLEGGET KOM I DRIFT..... | 13   |
| 4.1.   Dahl.....(1969a).....                               | 13   |
| 4.2.   Dahl.....(1969b).....                               | 13   |
| 4.3.   Rana-anleggene (P. Simonsen).....(1969).....        | 14   |
| 4.4.   VHL.....(1969).....                                 | 15   |
| 4.5.   Carstens.....(1971).....                            | 16   |
| 4.6.   Moshagen.....(1971).....                            | 16   |
| 4.7.   Häggekvisst.....(1975/76)..<                        | 17   |
| 4.8.   NIVA.....(1977).....                                | 17   |
| 4.9.   Pytte Asvall.....(1978).....                        | 18   |
| 4.10. Vinger.....(1979a).....                              | 18   |
| 4.11. Vinger.....(1979b).....                              | 20   |
| 4.12. NVE/Hydrologisk avdeling .....(1979).....            | 20   |
| 4.13. Nilsen.og Hansen.....(1980).....                     | 21   |
| 5.   METEOROLOGI.....                                      | 22   |
| 6.   TILRENNING.....                                       | 23   |
| 7.   RELEVANTE ARBEIDER HOVEDSAKLIG UTFØRT VED VHL.....    | 24   |
| 7.1.   Berge.....(1964a).....                              | 24   |
| 7.2.   Berge.....(1964b).....                              | 24   |
| 7.3.   Sundh.....(udatert)...                              | 24   |
| 7.4.   Trøtteberg.....(1965).....                          | 24   |
| 7.5.   Lundbrekke.....(1965).....                          | 25   |
| 7.6.   Trøtteberg.....(1967).....                          | 25   |
| 7.7.   Carstens.....(1968).....                            | 25   |
| 7.8.   Tøndevold og Simonsen.....(1969).....               | 25   |
| 7.9.   Kimbell.....(1969).....                             | 26   |
| 7.10. Carstens.....(1970).....                             | 26   |
| 7.11. Gravesen.....(1970).....                             | 26   |
| 7.12. Gravesen og Eggen.....(1971).....                    | 26   |
| 7.13. Solvik.....(1971a).....                              | 27   |
| 7.14. Solvik.....(1971b).....                              | 27   |
| 7.15. Tesaker.....(1971).....                              | 27   |

INNHALDSFORTEGNELSE forts

|                                                | Side |
|------------------------------------------------|------|
| 7.16. Sægrov.....(1978).....                   | 27   |
| 7.17. Vinger.....(1978).....                   | 28   |
| 7.18. Rye.....(1978).....                      | 28   |
| 7.19. Gjerp, Sørås og Thendrup.....(1980a).... | 28   |
| 7.20. Gjerp, Sørås og Thendrup.....(1980b).... | 28   |
| 7.21. Wold.....(1980).....                     | 29   |
| 7.22. Sørås og Thendrup.....(1981).....        | 29   |
| 7.23. Erlandsen et.al.....(1981).....          | 29   |
| 8. REFERANSER.....                             | 30   |



FIGURFORTEGNELSE

|                                                                                                                                          | Side |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figur 2.1. Stasjonskart for målingene 1958-59 (Kanavin (1971))                                                                           | 3    |
| Figur 2.2. Målestasjonene 1959-60 og 1960-61 (NVE/Hydrologisk<br>avdeling (1961)) med detaljkart over Sundfjorden<br>og Skarpsundet..... | 4    |
| Figur 2.3. Målestasjonene vinteren og våren 1962 (VHL (1962)).                                                                           | 5    |
| Figur 2.4. Saltholdighetsmålingene høsten 1962 (Berge (1962),<br>Berge, Brandtzæg og Palm (1963)).....                                   | 6    |
| Figur 2.5. Strømmålinger høsten 1962 (Berge, Brandtzæg og Palm<br>(1963)).....                                                           | 7    |
| Figur 2.6. Målesnittene høsten 1962 (Berge, Brandtzæg og Palm<br>(1963)).....                                                            | 8    |
| Figur 2.7. Strømmålingene høsten 1964 (Berge og Trøtteberg<br>(1963)).....                                                               | 9    |
| Figur 2.8. Strømmålingene mai 1964 (Berge og Carstens (1964)).                                                                           | 10   |
| Figur 2.9. Målestasjonene november-desember 1968 (Lundbrekke<br>(1969)).....                                                             | 10   |
| Figur 4.1. Målestasjonene 6-10 januar 1969 (Dahl (1969a)).....                                                                           | 13   |
| Figur 4.2. Målestasjonene 20-24 januar 1969 (Dahl (1969b)).....                                                                          | 14   |
| Figur 4.3. Målestasjonene mars 1969 (Rana-anleggene<br>(P. Simonsen)(1969)).....                                                         | 14   |

FIGURFORTEGNELSE forts

|                                                                                                     | Side |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figur 4.4. Målestasjonene nær bobleanlegget april 1969<br>(VHL (1969)).....                         | 15   |
| Figur 4.5. Målestasjonene i Ranafjorden april 1969 (VHL (1969))                                     | 16   |
| Figur 4.6. Stasjonspunktene til Häggkvist (1975/76).....                                            | 17   |
| Figur 4.7. Målestasjonene 1975-76 (NIVA (1977)).....                                                | 18   |
| Figur 4.8. Målestasjonene nær bobleanlegget november 1978<br>februar 1979 (Vinger (1979a)).....     | 19   |
| Figur 4.9. Målestasjonene utover i Ranafjorden november 1978-<br>februar 1979 (Vinger (1979a))..... | 19   |
| Figur 4.10. De to målestasjonene januar-februar 1979<br>(Vinger (1979b)).....                       | 20   |
| Figur 4.11. Målestasjonene november 1978-april 1979<br>(NVE/Hydrologisk avdeling (1979)).....       | 21   |
| Figur 4.12. Målestasjonene vinteren 1978/79 (Nilsen og<br>Hansen (1980)).....                       | 21   |

## 1. INNLEDNING

Bobleanlegget ved Mo i Rana ble satt i drift vinteren 1968. I forbindelse med planleggingen, byggingen og etterprøvingen av bobleanlegget ble det innhentet store datamengder og utarbeidet en lang rekke rapporter og notater. Det er imidlertid ikke blitt foretatt en helhetlig vurdering av anlegget hvor en prøver å dra nytte av hele det innsamlede datamaterialet.

NVE/Statskraftverkene ga derfor i brev av 1981-06-25 NHL i oppdrag å foreta en etterprøving av dette bobleanlegget og dets innvirkning på de fysiske forhold i fjordsystemet. Dette er bl.a. av interesse med hensyn til en mest mulig optimal dimensjonering av eventuelle fremtidige anlegg andre steder. Prosjektet er delvis finansiert gjennom Konsesjonsavgiftsfondet.

NHL har vært engasjert i en lang rekke prosjekter både i forbindelse med prosjekteringen og etterprøvingen av anlegget, og denne rapporten inneholder en oversikt over de rapporter og notater som er utarbeidet ved NHL i forbindelse med bobleanlegget. I oversikten har vi dessuten inkludert en del rapporter fra NIVA og NVE som er av spesiell interesse for dette prosjektet. Vi har også gitt en kort omtale av relevante NHL-rapporter som er utarbeidet i andre forbindelser, men hvor effekter av bobleanlegg blir behandlet.

I henhold til planleggingen og etableringen av bobleanlegget ved Mo i Rana, syntes det naturlig å dele denne oversikten inn i tre faser; nemlig feltundersøkelser før bobleanlegget ble satt i drift (1960-1968), laboratorieforsøk i forbindelse med anlegget (1964-1967) og feltundersøkelser etter at anlegget kom i drift (1969-1980). Det er dessuten gitt en grov oversikt over tilgjengelige meteorologi og vannføringsdata.

En del av det datamaterialet som er innsamlet, er enten ikke tidligere publisert eller vanskelig tilgjengelig. Vi har derfor utarbeidet en

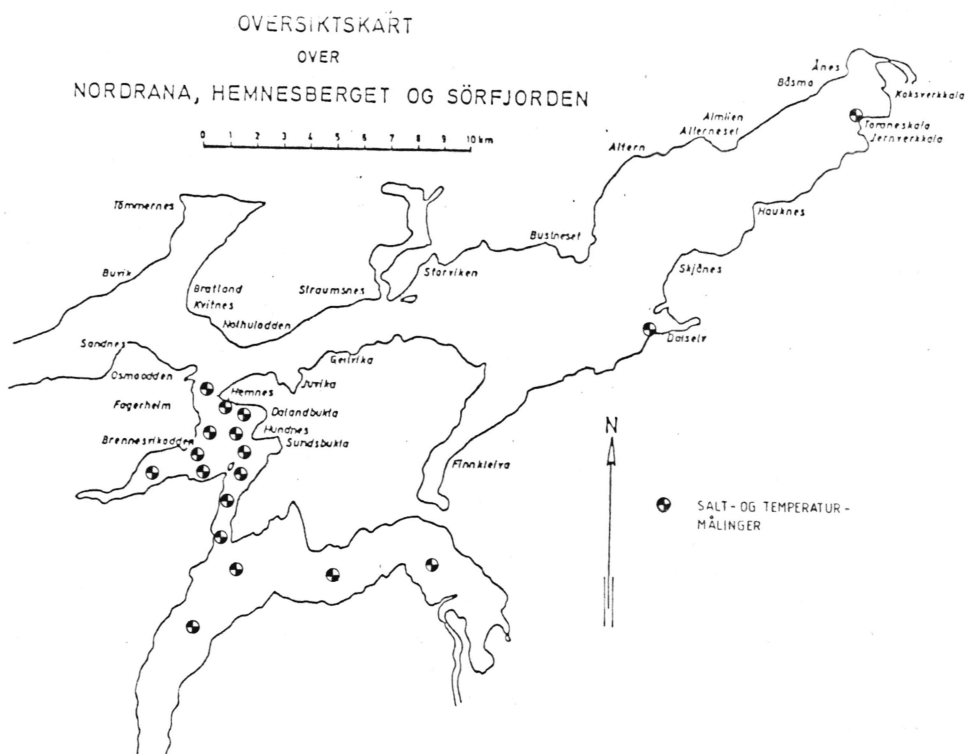
datarapport (Gjerp et al. (1982)) hvor dette materialet er samlet og presentert.

Prosjektet vil bli avsluttet med en hovedrapport som vil inneholde en beskrivelse av de fysiske forholdene i Ranfjorden etter reguleringen, men før bobleanlegget ble satt i drift og bobleanleggets virkning på henholdsvis nær- og fjernsonen.

## 2. UNDERSØKELSER FØR BOBLEANLEGGET BLE SATT I DRIFT (1957-1968)

### 2.1. Kanavin (1971)

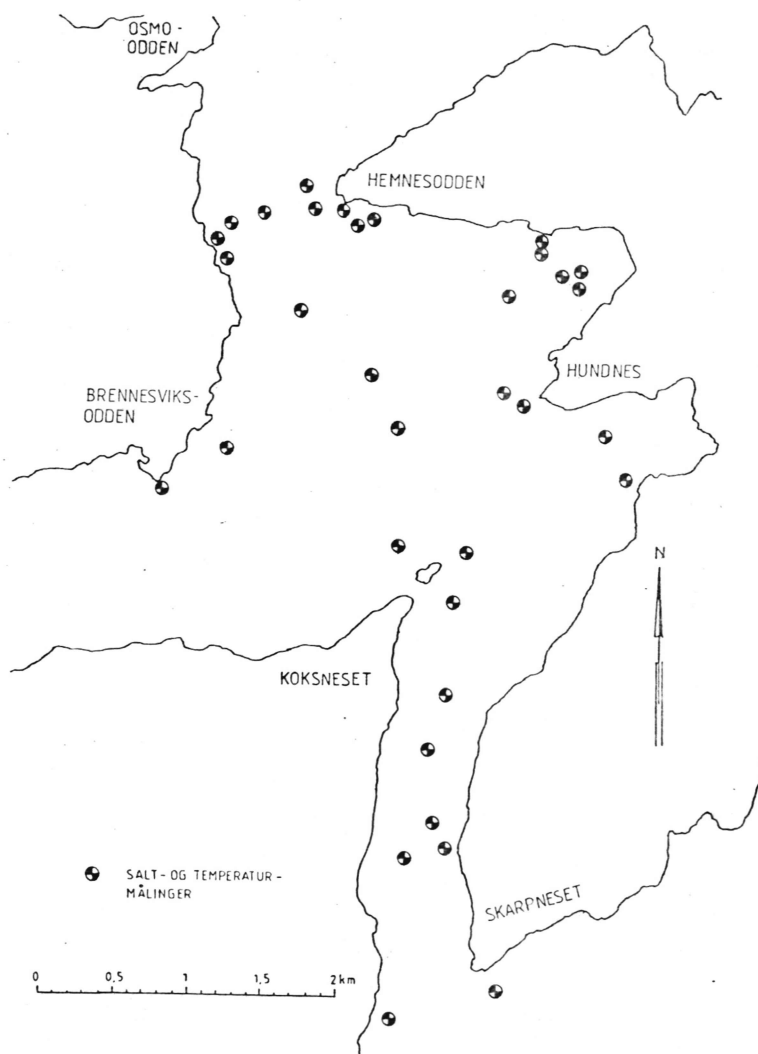
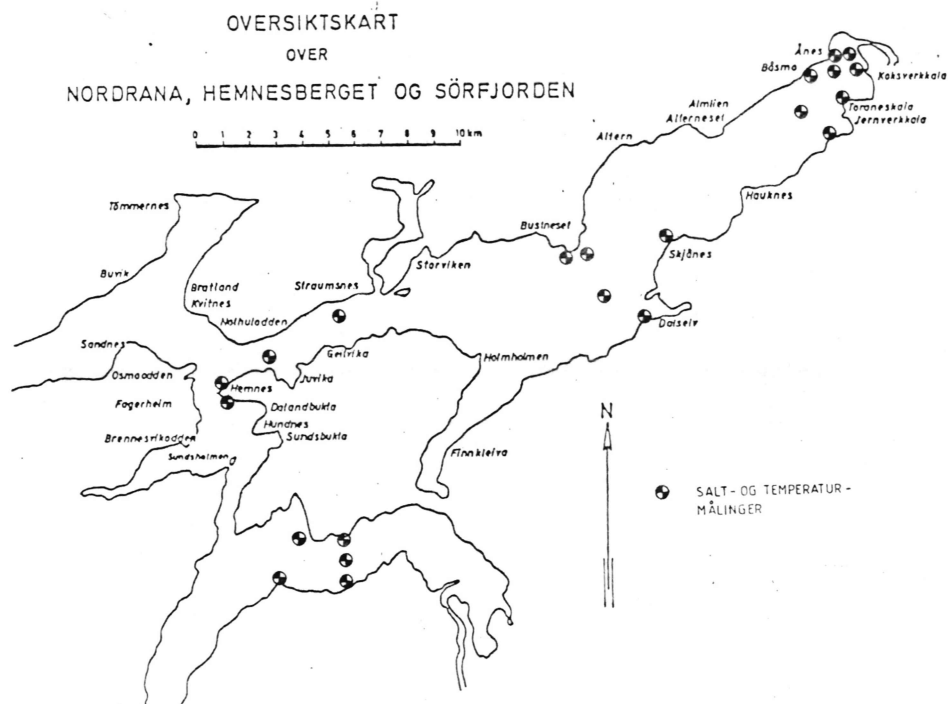
På "First International Conference on Portland Ocean Engineering under Arctic Conditions, 1971", presenterte Kanavin blant annet resultater fra målinger utført vinteren 1958-59 i Sørfjorden, som er en sidefjord til Ranafjord. Målingene omfatter: meteorologi, iskartering, salt og temperaturmålinger. Salt og temperaturmålingene ble foretatt ved Hemnes. Figur 2.1 viser stasjonene hvor målingene ble utført.



Figur 2.1. Stasjonskart for målingene 1958-59 (Kanavin (1971)).

### 2.2. NVE/Hydrologisk avdeling (1961)

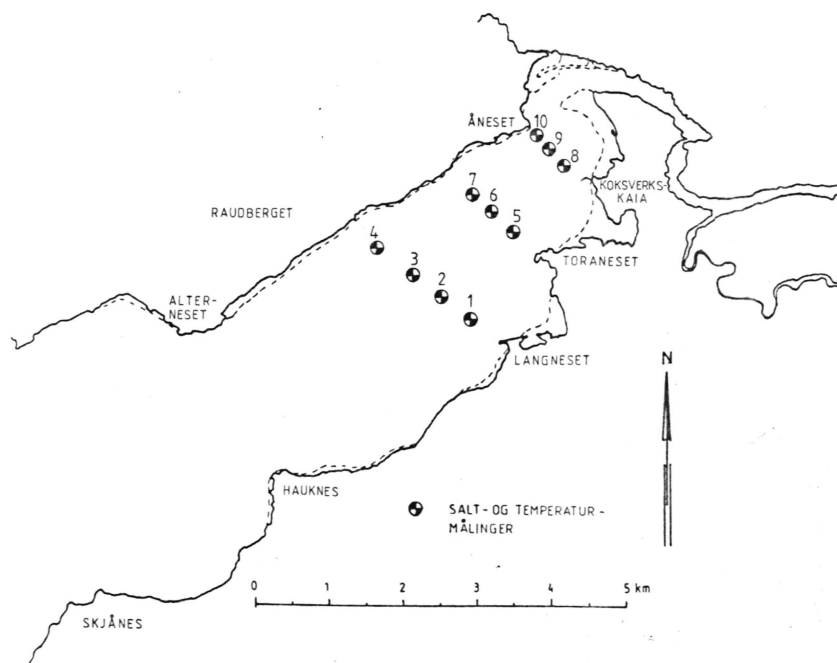
I en rapport datert Oslo, juni 1961 presenterer Iskontolet resultater fra målinger vintrene 1959-60 og 1960-61. Målingene omfatter: Meteorologi, isobservasjoner, salt og temperaturmålinger i Sørfjorden og Ranafjorden. Figur 2.2 viser hvor målingene ble foretatt.



Figur 2.2. Målestasjonene 1959-60 og 1960-61 (NVE/Hydrologisk avdeling (1961)) med detaljkart over Sundfjorden og Skarpsundet.

### 2.3. VHL (1962)

Vinteren og våren 1962 ble det gjort innledende forsøk ved utløpet av Ranaelva for å finne ut hvordan et bobleanlegg kunne blande ferskvann med sjøvann for å hindre isproblemer. Forsøkene må kunne karakteriseres som mislykkede, men en del hydrografiske-, meteorologiske- og vannføringsdata ble samlet inn. Disse har ikke vært presentert tidligere. Noen av dataene er presentert i datarapporten, Gjerp et.al. (1982). Observasjonsstasjonene er vist i figur 2.3.



Figur 2.3. Målestasjonene vinteren og våren 1962 (VHL (1962)).

### 2.4. NVE/Hydrologisk avdeling (1962a)

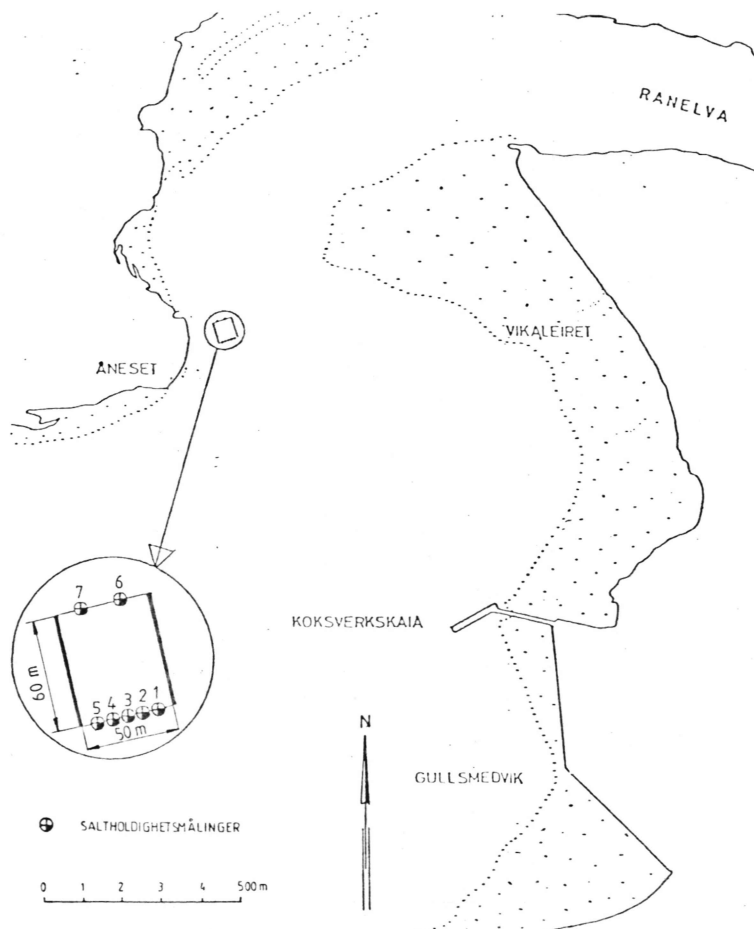
Rapport fra befaring av og undersøkelser i forbindelse med blandaanlegget for salt- og ferskvann i Ranafjord, 20-29 september 1962. Rapporten inneholder en del målinger av salt og temperatur i Ranafjorden utenfor utløpet av Ranaelva. Målingene er utført i nærheten av stasjonene 5, 6, 7 og 8, 9, 10 på figur 2.3.

## 2.5. NVE/Hydrologisk avdeling (1962b)

En foreløpig uttalelse om blandingsforsøket i Nord-Ranafjord datert Oslo 20 oktober 1962 til Vassdragsdirektoratet. Det er to vedlegg: Et referat fra et møte hvor man diskuterte forsøkene med bobleanlegg, og en uttalelse om isforholdene i Ranafjord av E. Kanavin.

## 2.6. Berge (1962)

Forsøk med bobleanlegg i utløpet av Ranaelva for å se på blanding av ferskvann og saltvann. Rapporten datert 1962-10-23 presenterer målinger utført i tidsrommet september - oktober 1962. Foruten salt- holdighetsdata, er det gjort observasjoner av meteorologi, vannføring og strømhastigheter. Målestasjonene for salt er vist i figur 2.4.

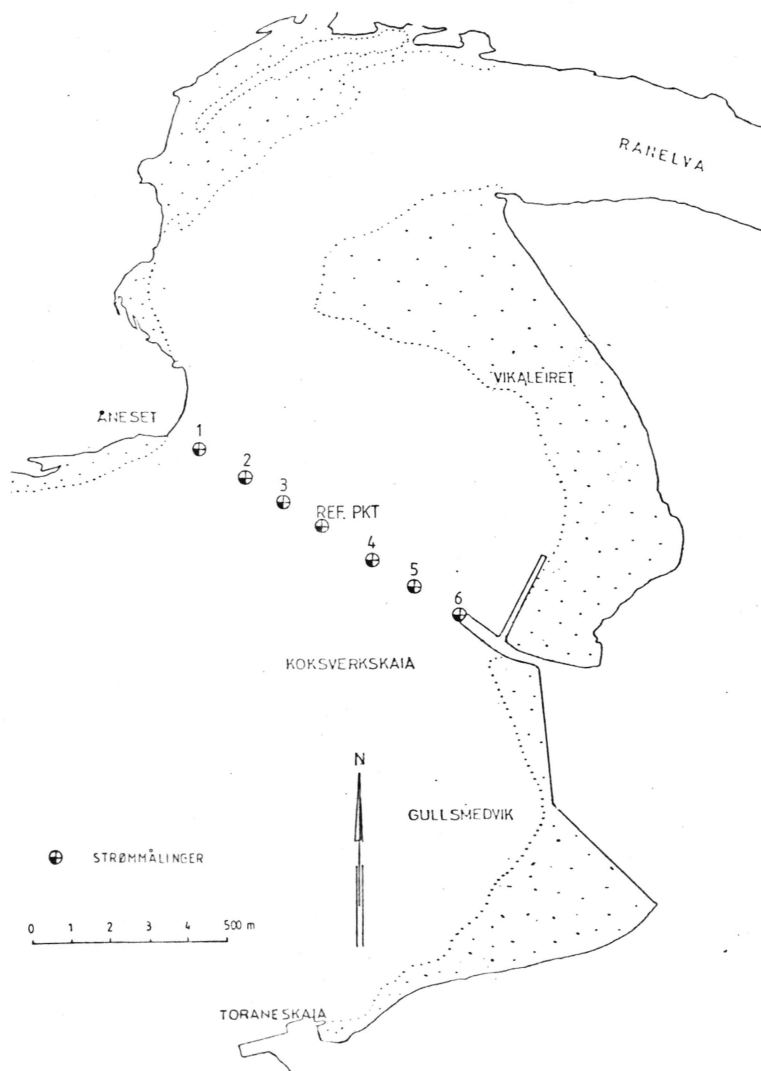


Figur 2.4. Saltholdighetsmålingene høsten 1962 (Berge (1962), Berge, Brandtzæg og Palm (1963)).

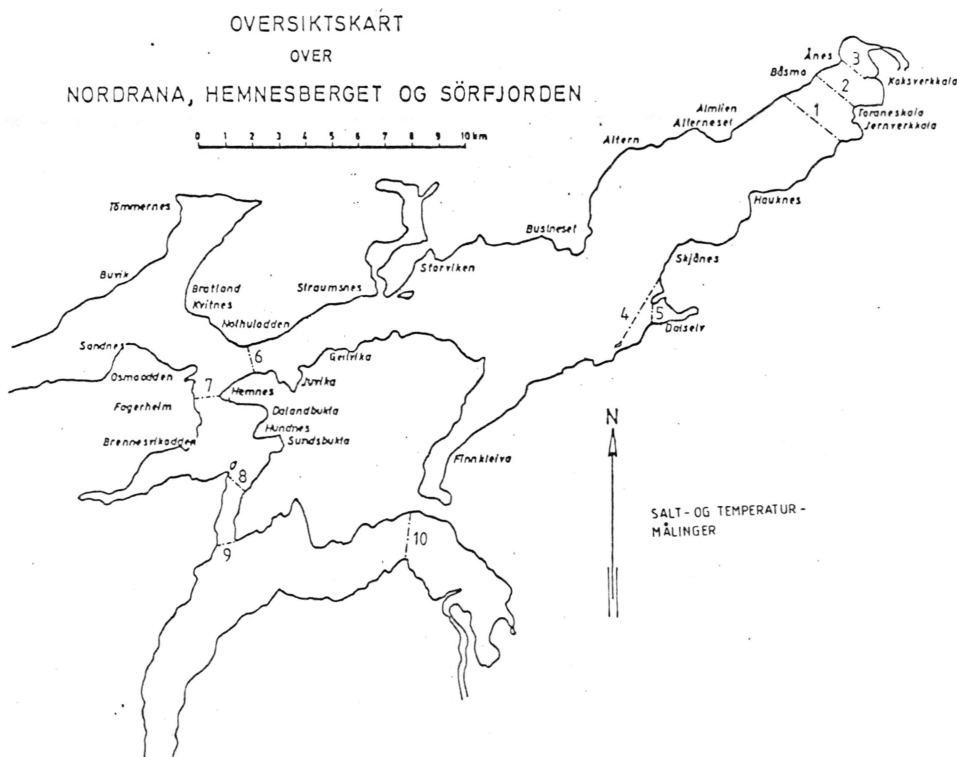


## 2.7. Berge, Brandtzæg og Palm (1963)

Rapport datert 10 september 1963 som omhandler forsøk med bobleanlegg ved Ranaelvas utløp utført i perioden august-desember 1962. I denne rapporten blir forsøkene behandlet grundigere enn hva de ble i rapporten fra Berge (1962) (se kap 2.6). Rapporten presenterer salt og temperaturmålinger fra fjorden i tillegg til de som er gjort i nærheten av forsøksanlegget. Det er gjort målinger av salt, temperatur, strømhastigheter og observasjoner av meteorologi og vannføring. Rapporten inneholder også et teoretisk bidrag fra Enok Palm vedrørende bobleanlegg. Figurene 2.4, 2.5 og 2.6 viser hvor målingene ble utført.



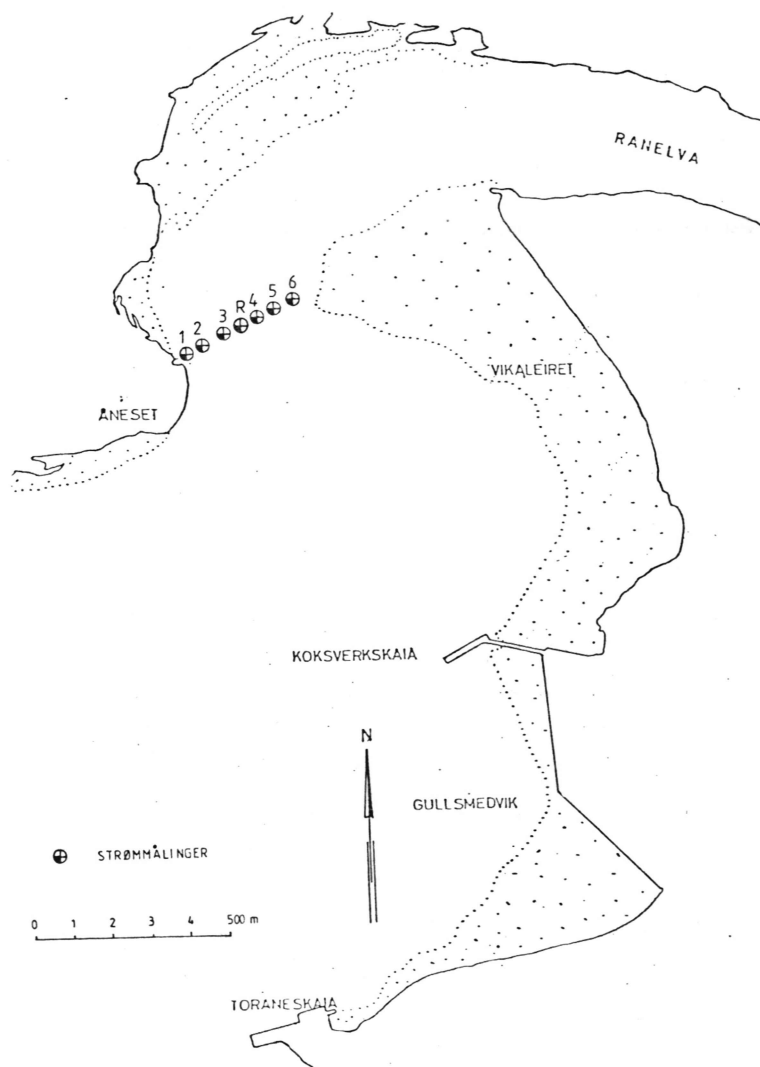
Figur 2.5. Strømmålinger høsten 1962 (Berge, Brandtzæg og Palm (1963)).



Figur 2.6. Målesnittene høsten 1962 (Berge, Brandtzæg og Palm (1963)).

## 2.8. Berge og Trøtteberg (1963)

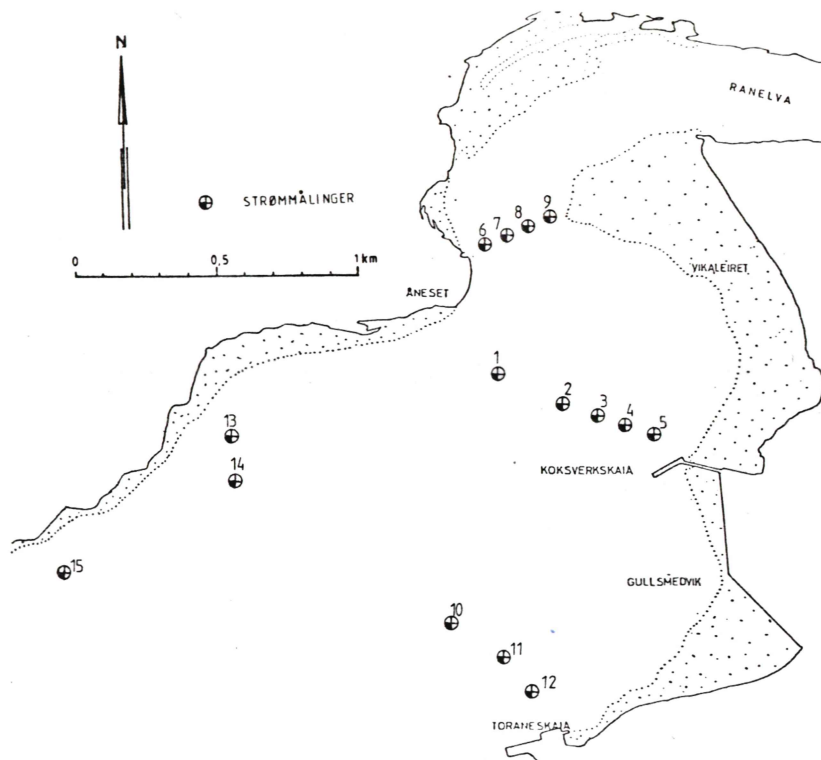
Delrapport nr 1 om modellforsøk ved utløpet av Ranaelva, datert 5 desember 1963. Rapporten tar for seg forberedende målinger for modellforsøkene, det vil si strømmålinger ved utløpet av Ranaelva. I perioden 30 september - 8 oktober ble strømhastigheter ved forskjellige vassføringer målt. Stasjonspunktene er vist i figur 2.7.



Figur 2.7. Strømmålingene høsten 1964 (Berge og Trøtteberg (1963)).

## 2.9. Berge og Carstens (1964)

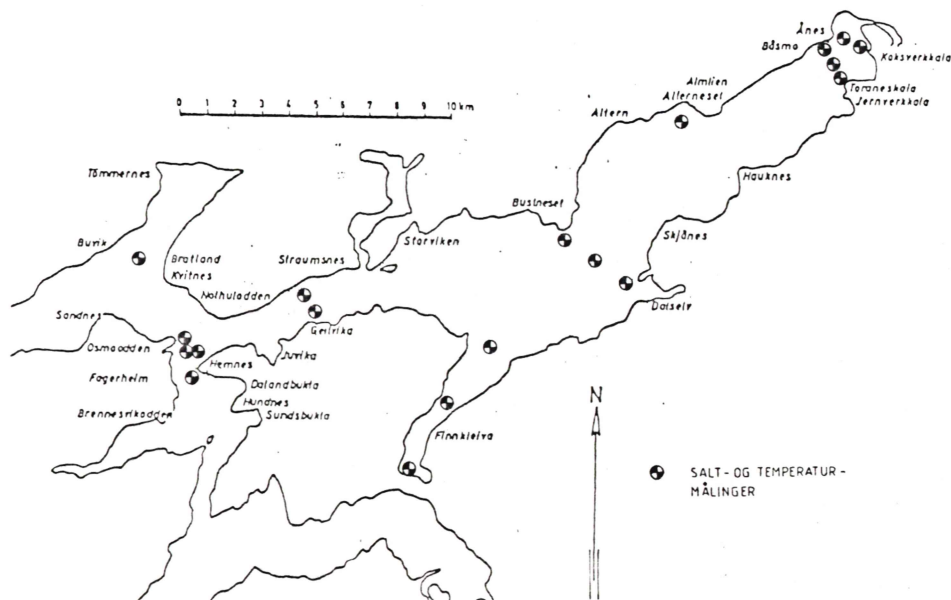
I et notat datert 9 juli 1964 er det gjort kommentarer til strømmålinger i Ranafjorden i tidsrommet 7-12 mai 1964. Notatet kommenterer strømmålinger og resultater fra flyfotografering av sporstoff. Måleresultatene er presentert hos Trøtteberg (1966) (se kap 3.6). Figur 2.8 viser hvor strømmålingene ble utført.



Figur 2.8. Strømmålingene mai 1964 (Berge og Carstens (1964)).

## 2.10. Lundbrekke (1969)

Datarapport datert 13 mai 1969 hvor resultater fra salt og temperaturmålinger i Rana fjorden i perioden november - desember 1968 er presentert. Isobservasjoner, meteorologi og vannføringsregistreringer er også presentert. Stasjonspunktene er vist i figur 2.9.



Figur 2.9. Målestasjonene november-desember 1968 (Lundbrekke (1969)).

### 3.      OVERSIKT OVER UTFØRTE LABORATORIEFORSØK I FORBINDELSE MED BOBLEANLEGGET (PERIODE 1961-1966)

#### 3.1.   Berge (1961)

I en rapport datert 10 oktober 1961 blir laboratorieforsøk med dykket ferskvannsutslipp for å blande ferskvann med saltvann presentert. I tillegg er det også lagt fram resultater fra noen innledende forsøk med blanding ved hjelp av trykkluft.

#### 3.2.   Trøtteberg (1965a)

Delrapport nr 2 om modellforsøk ved utløpet av Ranaelva, datert 1965-01-27. Rapporten omhandler innledende forsøk med laboratoriemodell for å finne fram til en mest mulig hensiktsmessig plassering av jeteer.

#### 3.3.   Trøtteberg (1965b)

Delrapport nr 3 om modellforsøk ved utløpet av Ranaelva, datert 1965-06-05. Rapporten tar for seg plassering, dimensjonering og masseberegning for ulike jeteer ved utløpet av Ranaelva.

#### 3.4.   Trøtteberg (1965c)

Delrapport nr 4 om modellforsøk ved utløpet av Ranaelva, datert 1965-09-23. Rapporten tar for seg spørsmål omkring tømmerfløtning i nedre del av elveløpet.

### 3.5. Trøtteberg (1965d)

Delrapport nr 5 om modellforsøk ved utløpet av Ranaelva, datert 1965-10-07. Rapporten omhandler modellforsøk vedrørende hastigheter i elvestrømmen ved utløpet av Ranaelva. Videre tar rapporten for seg dimensjonering av lufttilførsel og forsøk med blanding av ellevann.

### 3.6. Trøtteberg (1966)

Utløpet av Ranaelva, rapport fra undersøkelser foretatt i tidsrommet september 1963 - desember 1965, datert 1966-03-09. Rapporten beskriver modellforsøk med ulike utforminger av utløpet til Ranaelva i forbindelse med det planlagte bobleanlegget. Rapporten gir et sammendrag av delrapportene 1-5 og i tillegg blir resultater fra strømmålinger i mai 1964 presentert (se kap 2.9).

### 3.7. Nustad (1966a)

Luftbobleanlegg i Ranafjorden, dyseforsøk, rapport datert 1966-11-11. Rapporten tar for seg laboratorieforsøk med å lede luft ut i vann. Hensikten var å undersøke forskjellige fysikalske forhold ved bobling. Det ble forsøkt med forskjellige luftmengder og dysearrangementer. Det ble beregnet trykktap, lufthastighet og luftforbruk.

### 3.8. Nustad (1966b)

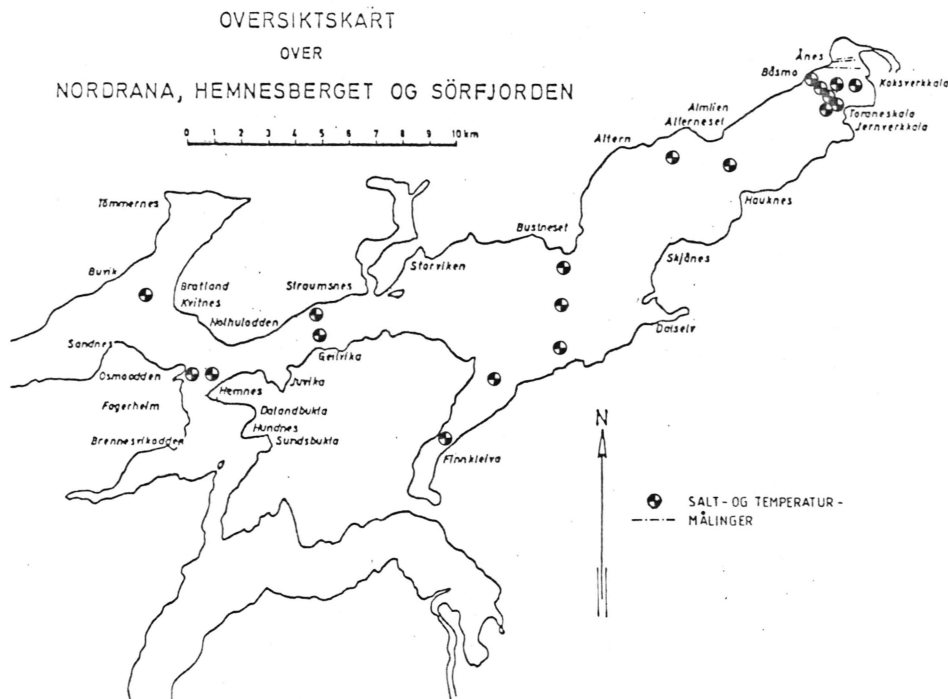
Luftbobleanlegg i Ranafjorden, dyseplassering og temperaturforhold, rapport datert 1966-12-22. Rapporten inneholder beregninger av kompressorkapasitet, dyseplassering, mv for et bobleanlegg ved Mo i Rana.

#### 4.     UNDERSØKELSER ETTER AT BOBLEANLEGGET KOM I DRIFT        (PERIODE 1969-1980)

---

##### 4.1.   Dahl (1969a)

Etterkontroll av bobleanlegget i Mo i Rana, delrapport nr 2, datert 1969-01-16. Rapporten omhandler målinger i Ranafjorden 6-10 januar 1969. Rapporten presenterer målinger av saltholdighet, temperatur, strøm, vannføring, vind, lufttemperatur og lufttilførsel. Målinger er foretatt ved bobleanlegget og utover i Ranafjorden (se figur 4.1).

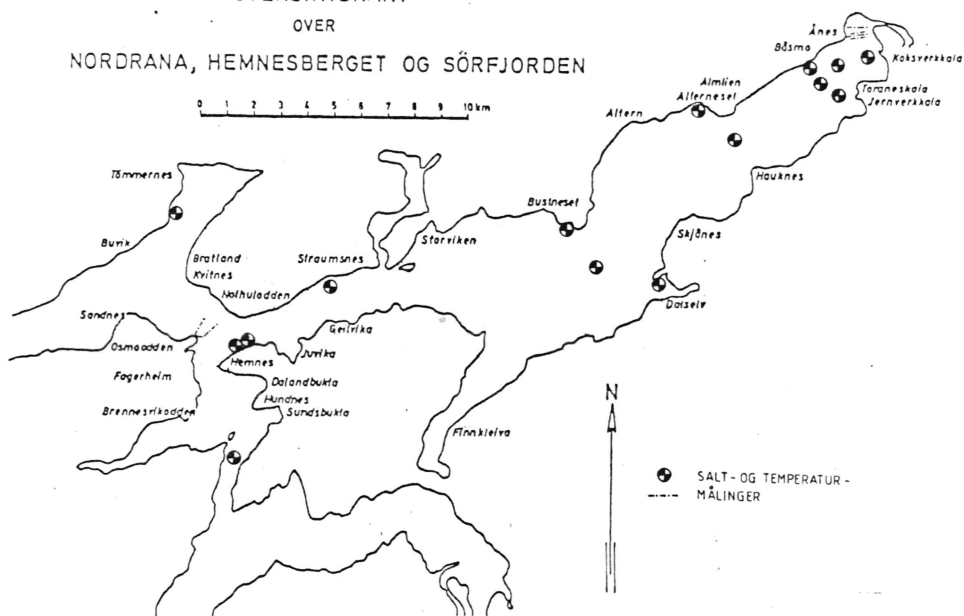


Figur 4.1. Målestasjonene 6-10 januar 1969 (Dahl (1969a)).

##### 4.2.   Dahl (1969b)

Etterkontroll av bobleanlegget i Mo i Rana, delrapport nr 3, datert 1969-02-07. Rapporten omhandler målinger i Ranafjorden 20-24 januar 1969. Rapporten presenterer målinger av saltholdighet, vanntemperatur, vannføring, vind, lufttemperatur og lufttilførsel. Målinger er gjort ved bobleanlegget og utover i Ranafjorden (se figur 4.2).

OVERSIKTSKART  
OVER  
NORDRANA, HEMNESBERGET OG SÖRFJORDEN

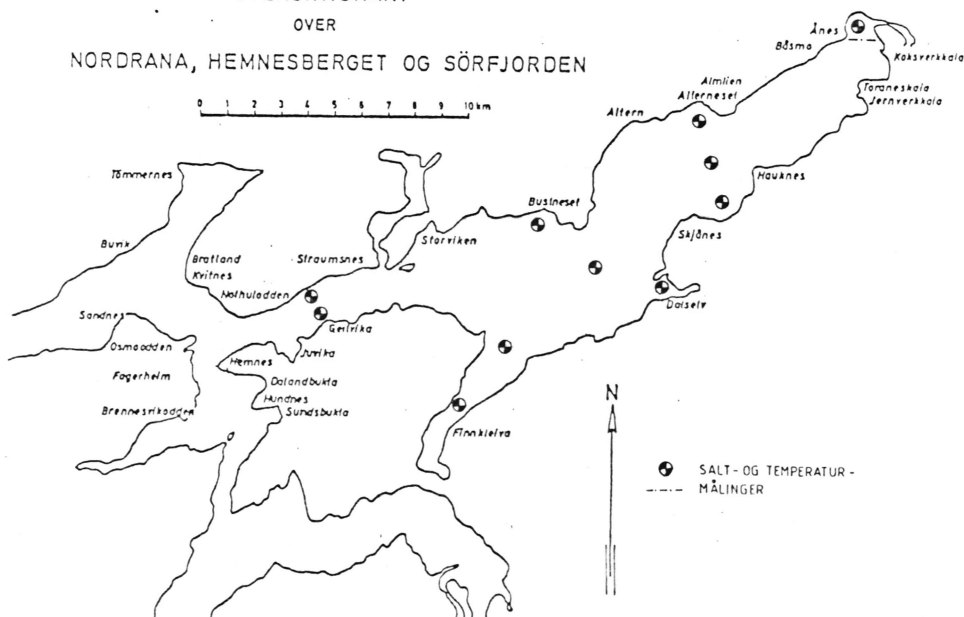


Figur 4.2. Målestasjonene 20-24 januar 1969 (Dahl (1969b)).

4.3. Rana-anleggene (P. Simonsen)(1969)

I mars 1969 ble det utført noen saltholdighets- og temperaturmålinger i Ranafjorden av Per Simonsen fra Rana-anleggene. Disse målingene har tidligere ikke vært presentert men de er nå presentert i datarapporten Gjerp et.al. (1982). Det dreier seg om målinger i Ranafjorden 1969-03-03 og målinger ved bobleanlegget 1969-03-13 (se figur 4.3).

OVERSIKTSKART  
OVER  
NORDRANA, HEMNESBERGET OG SÖRFJORDEN

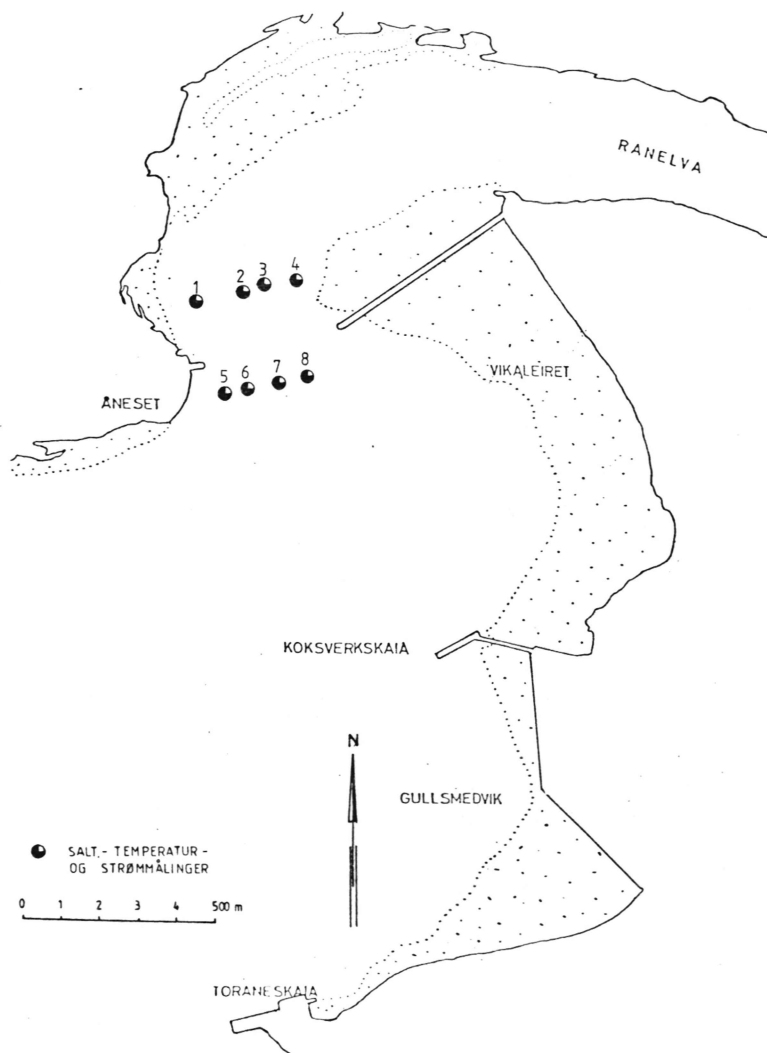


Figur 4.3. Målestasjonene mars 1969 (Rana-anleggene (P. Simonsen)(1969)).

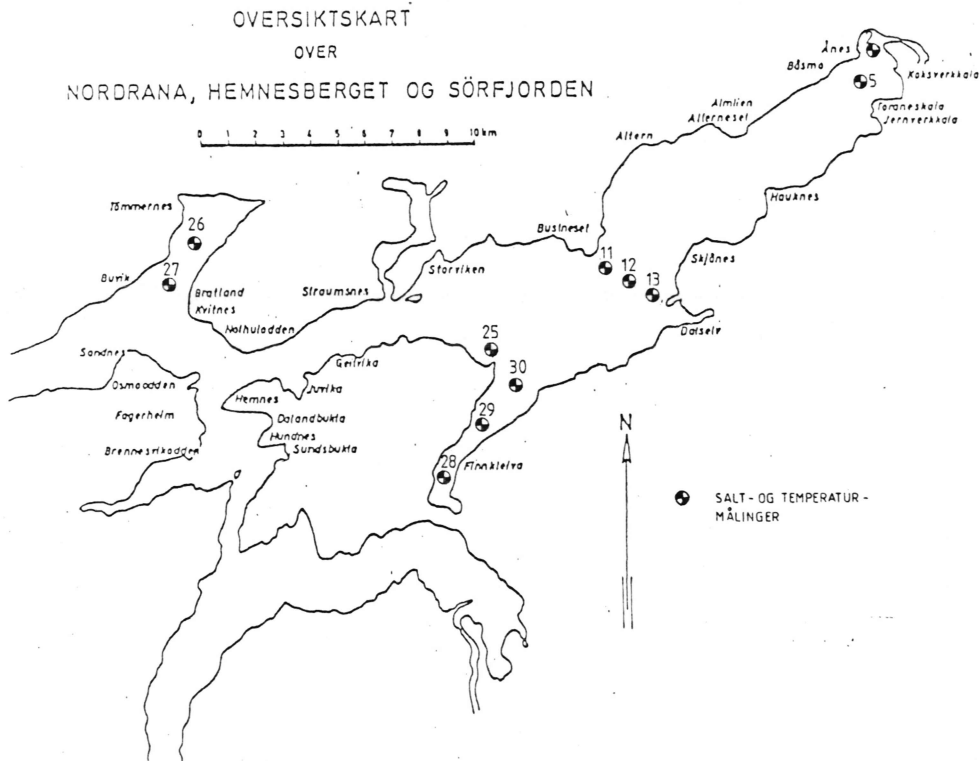


#### 4.4. VHL (1969)

I tidsrommet 18-25 april 1969 ble det gjennomført et omfattende måleprogram, Ranafjorden. Det ble utført en rekke målinger av saltholdighet, temperatur og hastighet i nærheten av bobleanlegget. I tillegg ble det gjort noen målinger ute i Ranafjorden. Det ble dessuten gjort observasjoner av meteorologi, vannføring og lufttilførsel. En del av resultatene fra målingene ble bearbeidet av Carstens (1971) uten at dataene ble presentert. De er derfor presentert i datarapporten Gjerp et.al. (1982). Figur 4.4 viser målestasjonene nær bobleanlegget og figur 4.5 stasjonene ellers i Ranafjorden.



Figur 4.4. Målestasjonene nær bobleanlegget april 1969 (VHL (1969)).



Figur 4.5. Målestasjonene i Ranafjorden april 1969 (VHL (1969)).

#### 4.5. Carstens (1971)

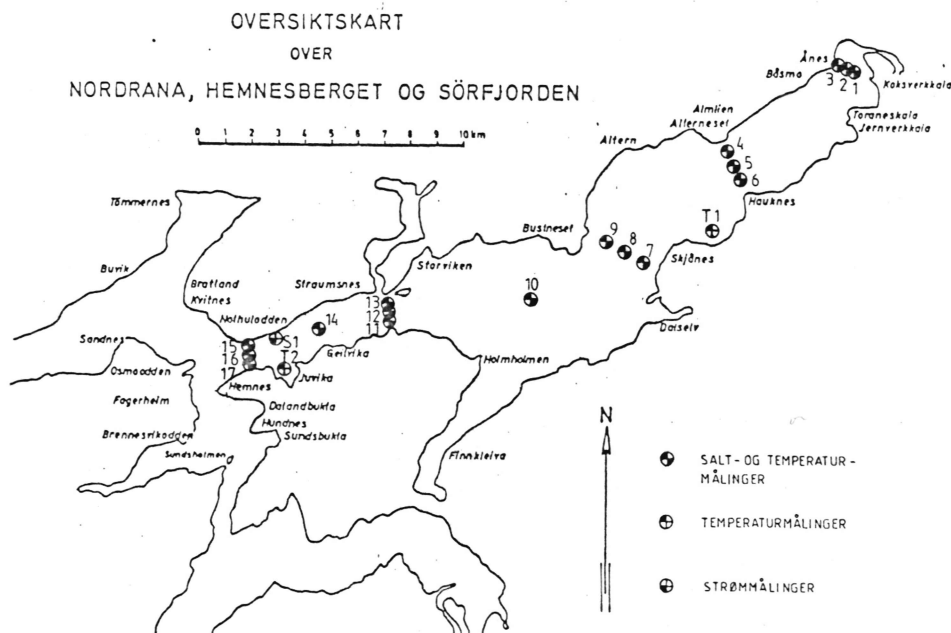
Prevention of ice formation by forced mixing. Foredrag presentert på: "First International Conference on Port and Ocean Engineering under Artic Conditions, 1971". Her blir resultatene fra målinger utført ved bobleanlegget i Ranafjorden i april 1969 presentert.

#### 4.6. Moshagen (1971)

Etterkontroll av bobleanlegg ved Mo i Rana, en statistisk bearbeiding av temperaturmålinger, datert 1971-09-13. Rapporten tar for seg temperaturobservasjoner ved Toraneskaia i Mo i Rana, og angir en del statistiske endringer som følge av at bobleanlegget er kommet i drift. Den presenterer en måleserie fra april 1969 som viser temperaturstigning i Ranafjorden som følge av bobleanlegget.

#### 4.7. Hæggkvist (1975/76)

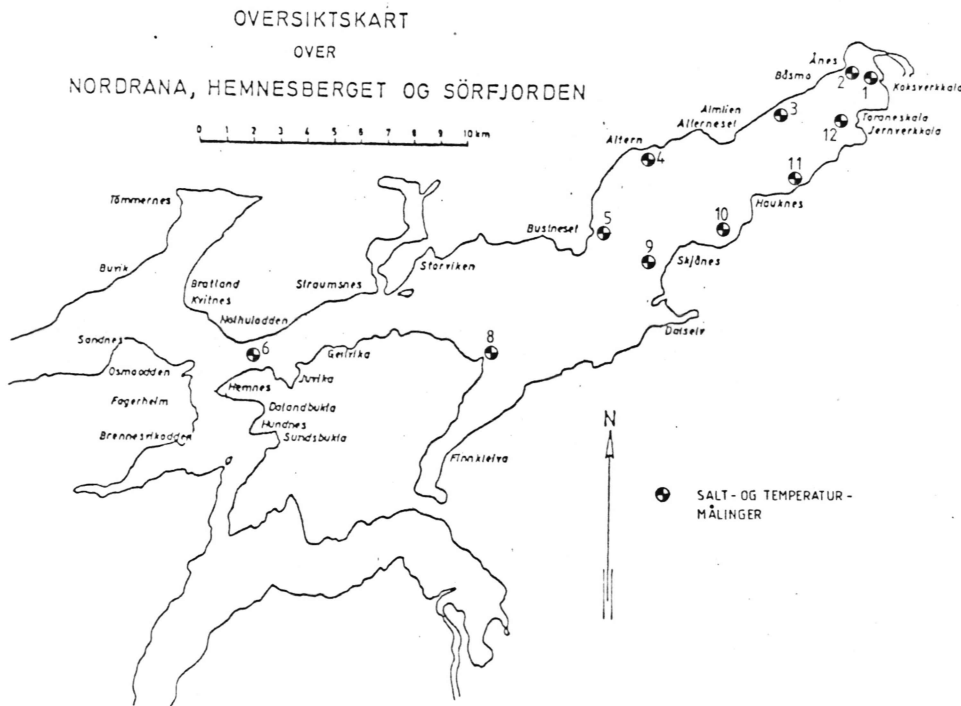
Upubliserte data fra vinteren 1975/76. Det ble utført målinger av hydrografi og strøm. Det ble utplassert tre termistorstrenger i perioden 1975-12-16--1976-01-17. Strømmålinger ble utført i 1, 6 og 12 m dyp på en stasjon i fjorden. Målerne registrerte støm i perioden 1975-12-18--12-28. Det foreligger også vind- og lufttemperatur-målinger fra perioden 1975-12-14--1976-01-21. Formålet med målingene Hæggkvist gjorde, var "å registrere temperaturendringer i spesielt fjordens øvre lag ved oppstartning av bobleanlegget i Ranafjordens indre del (dvs effekter av tvungen innblanding av vann fra fjordens undre lag)". Driftsdata for bobleanlegget er med i materialet. Figur 4.6 viser hvor de forskjellige målingene ble foretatt.



Figur 4.6. Stasjonspunktene til Hæggkvist (1975/76).

#### 4.8. NIVA (1977)

Resipientundersøkelse i Ranafjorden, rapport nr 2, datert mars 1977  
I tillegg til resultater fra sediment- og biologiske undersøkelser inneholder rapporten resultater fra målinger av salt og temperatur i Ranafjorden for perioden september 1975 - august 1976. Målepunktene er gjengitt i figur 4.7.



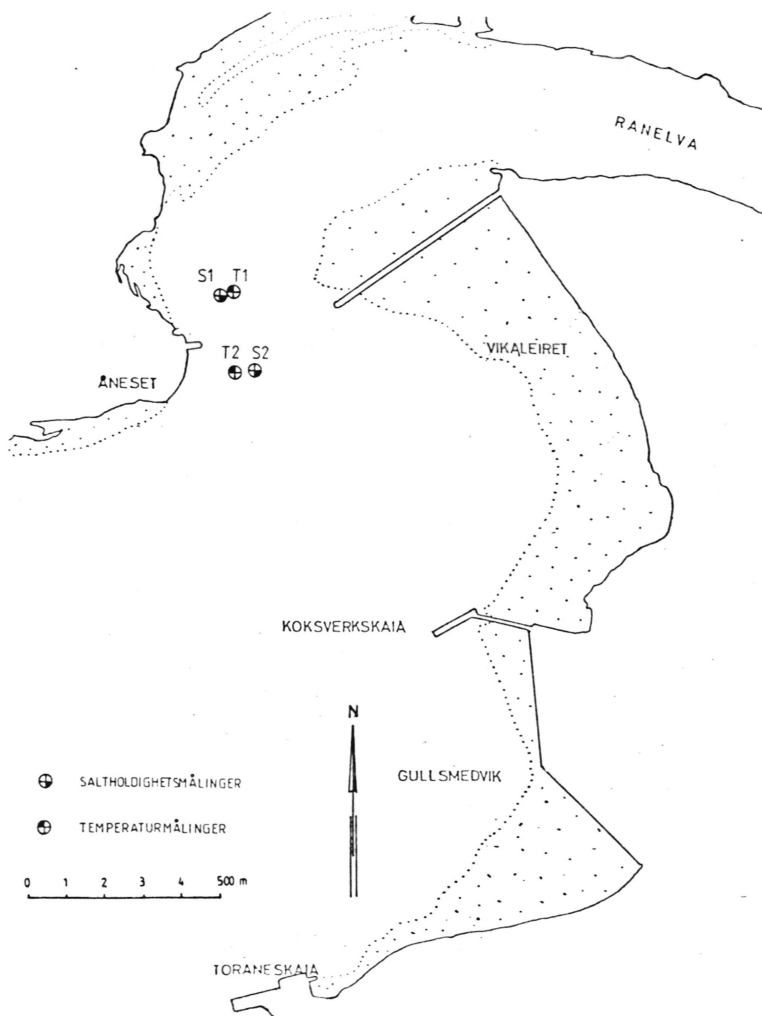
Figur 4.7. Målestasjonene 1975-76 (NIVA (1977)).

#### 4.9. Pytte Asvall (1978)

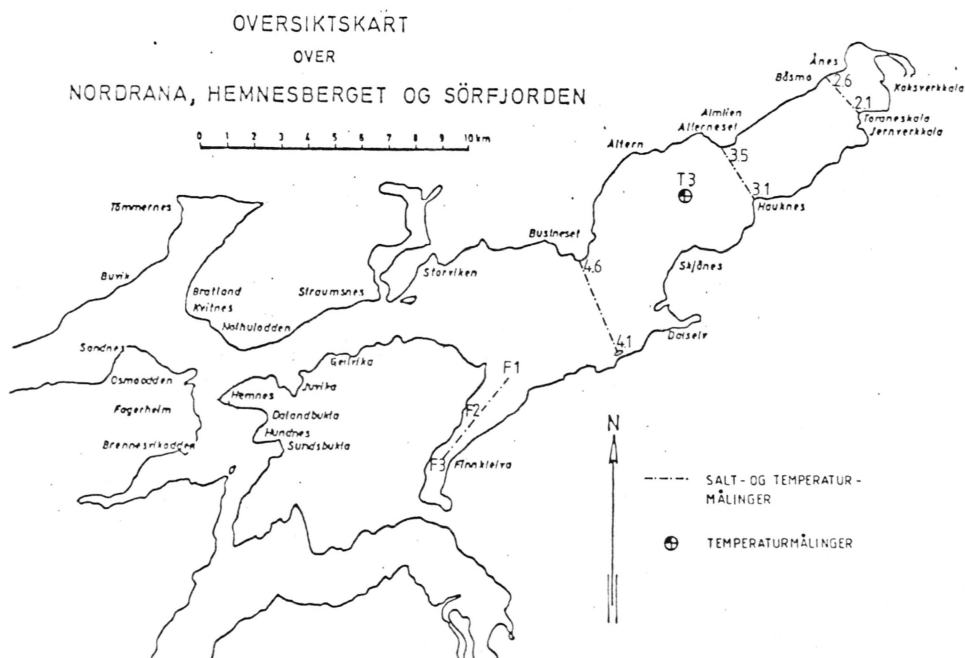
Iskontorets undersøkelser i Ranafjorden er presentert i et notat datert 1978-10-27 skrevet av R.P.Asvall. Det har vært gjort temperatur- og saltmålinger fra kai en del steder i fjorden, nemlig Mo i Rana, Hemnesberget, Sundsbukta og Dalselv, Nord-Rana. De første målingene startet i 1958 og noen har pågått frem til 1978.

#### 4.10. Vinger (1979a)

Etterkontroll ved bobleanlegget Mo i Rana, november 1978 - februar 1979, datarapport, datert 1979-03-28. Rapporten presenterer målinger utført i perioden november 1978 - februar 1979. Det er utført målinger av saltholdighet, temperatur, strømhastighet (både med selvregistrerende målere og drivmarkører), meteorologi og lufttilførsel. Figur 4.8 viser målestasjonene nær bobleanlegget og figur 4.9 stasjonene utover i fjorden.



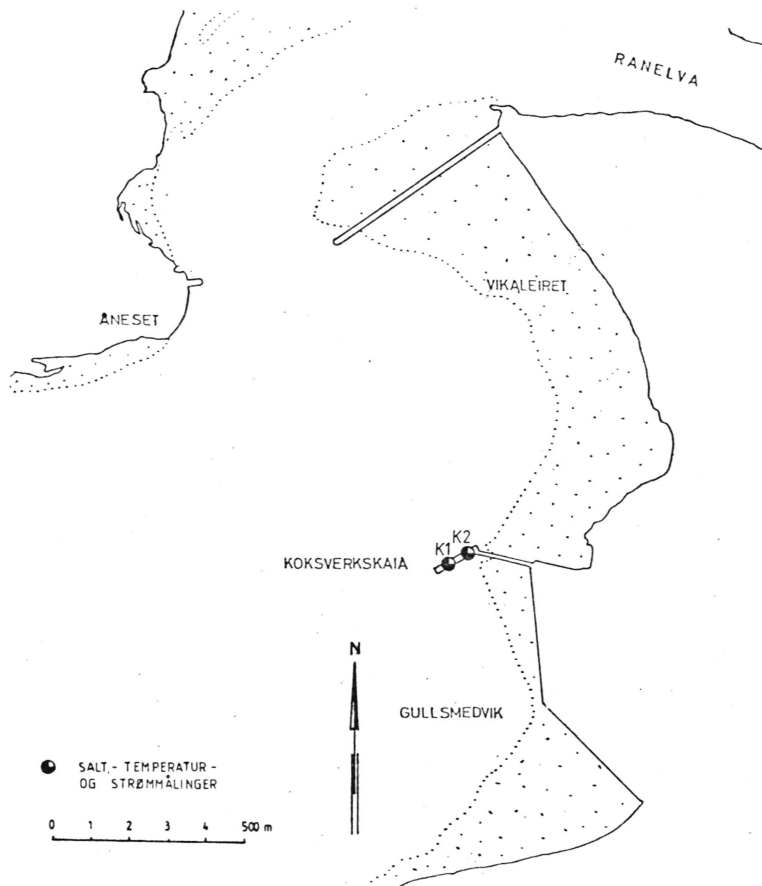
Figur 4.8. Målestasjonene nær bobleanlegget november 1978 - februar 1979 (Vinger (1979a)).



Figur 4.9. Målestasjonene utover i Ranafjorden november 1978 - februar 1979 (Vinger (1979a)).

#### 4.11. Vinger (1979b)

Strøm-, salt- og temperaturmålinger ved Koksverkkaia, rapport datert 1979-05-03. Rapporten presenterer målinger utført i tidsrommet 1979-01-12--02-13 sammen med informasjon om meteorologi og vannføring i Ranaelva. Strømforholdene og sammenhengen mellom strømforholdene og tidevannet i området er diskutert. Stasjonspunktene er vist i figur 4.10.

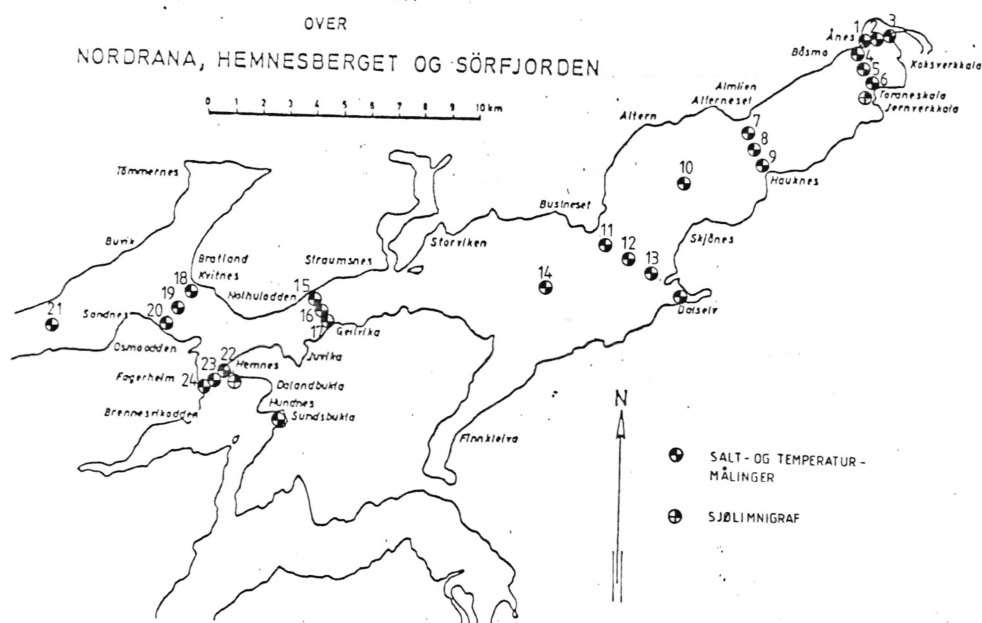


Figur 4.10. De to målestasjonene januar-februar 1979 (Vinger (1979b)).

#### 4.12. NVE/Hydrologisk avdeling (1979)

I samme periode som Vinger (1979) og Nilsen (1980) foretok sine målinger i Ranafjorden, ble det i regi av NVE/Hydrologisk avdeling foretatt temperatur og saltholdighetsmålinger. De pågikk i perioden 1978-11-16--1979-04-09. Disse dataene har ikke tidligere vært presentert. De er derfor gjengitt i datarapporten Gjerp et al. (1982). Målestasjonene er gjengitt i figur 4.11.

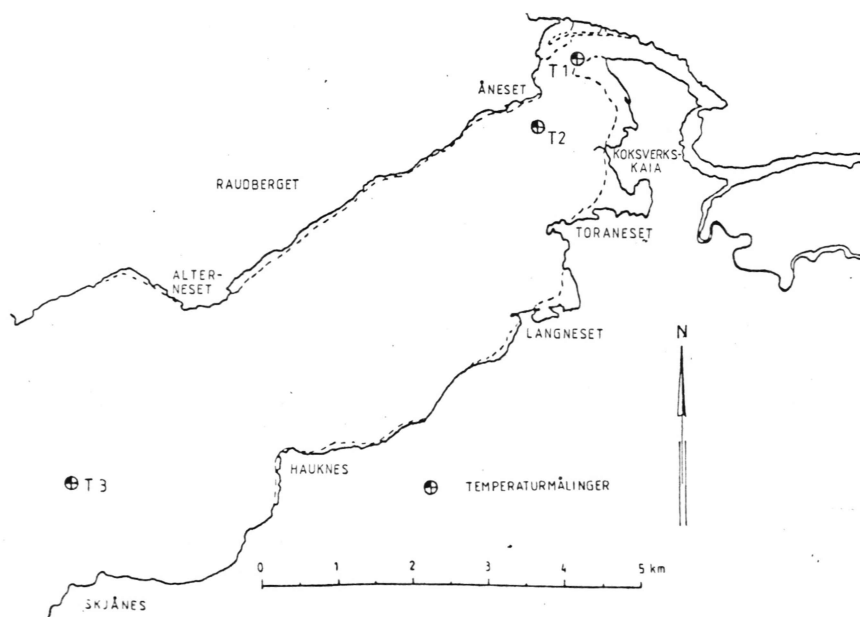
OVERSIKTSKART - 21 -  
OVER  
NORDRANA, HEMNESBERGET OG SÖRFJORDEN



Figur 4.11. Målestasjonene november 1978 - april 1979 (NVE/Hydrologisk avdeling (1979)).

#### 4.13. Nilsen og Hansen (1980)

Temperatur- og saltholdighetsforhold i en rekke norske fjorder den kalde vinteren 1978/79, rapport datert 1980-07-11. I et kapittel blir forholdene i Ranafjorden beskrevet på bakgrunn av målinger med termistorstreng i perioden 1979-03-13--05-20. Figur 4.12 viser stasjonene hvor målingene ble utført.



Figur 4.12. Målestasjonene vinteren 1978/79 (Nilsen og Hansen (1980)).

## 5. METEOROLOGI

VHL har fått oversendt observasjonsutskrift av meteorologiske data fra Nerdal i Rana for perioden 1959-01-01--1979-12-31 fra Meteorologisk Institutt. Det er utført observasjoner fire ganger pr døgn av lufttrykk, lufttemperatur relativ fuktighet, vindretning og hastighet, nedbør målt kl 07 og 19, snødekke, snødybde, skydekke, horisontal synsvidde samt karakterisering av været. For kortere perioder kan det være ønskelig å benytte dette detaljerte materialet kanskje spesielt i forbindelse med nærsoneundersøkelsene. Når det gjelder mer langperiodiske fenomener, og sammenligninger med feks normaler, kan eventuelt statistiske analyser av observasjonene være mer hensiktsmessige. Enkelte av rapportene fra Rana presenterer slike statistisk behandlede data.



## 6. TILRENNING

Tilrenningsdata er lagret ved NVE. Vi har fått oversendt endel av dette datamaterialet; stort sett for de periodene hvor det foreligger hydrografiske data. Summen av vannføringene ved Langvatn, Reinsfossen og Rana kraftstasjoner er antatt å gi et representativt bilde av tilrenningen innenfor boblegardinen.

For å få et representativt bilde av tilrenningen til hele fjordsystemet har vi også tatt hensyn til tilrenningen fra Røssåga og Bjerka. Siden vi hovedsakelig har arbeidet med vintersituasjoner og det meste av nedbørfeltet dessuten er regulert, anses tilrenningen fra restfeltet som neglisjerbart.

I dette og tidligere prosjekter er tilrenningsdata stort sett benyttet etter behov og delvis presentert i noen av rapportene. Det har vært noe vanskelig å fremskaffe data for de periodene da de eldste fjordobservasjonene ble foretatt.

## 7. RELEVANTE ARBEIDER HOVEDSAKLIG UTFØRT VED VHL

### 7.1. Berge (1964a)

Om blanding av ferskvann og saltvann til hindring av isdannelse i fjorder, VHL meddelelse nr 7N, 1964. Et sammendrag av arbeider med bobleanlegg til blanding av ferskvann med saltvann for å hindre isproblemet. Sammendraget bygger på noen av de arbeidene det er henvist til i kapittel 2.

### 7.2. Berge (1964b)

Blanding av ferskvann og saltvann for å hindre isdannelse i fjorder, artikkel i Teknisk Ukeblad nr 24, 1964. Et sammendrag av artikkelen det henvistes til i kapittel 7.1.

### 7.3. Sundh (udatert)

Blanding av saltvann og elvevann i Rana, udatert manuskript i original form av vit.ass. H.P. Sundh. I manuskriptet blir energi- og hydraulikk-beregninger av et tenkt luftbobleanlegg foretatt.

### 7.4. Trøtteberg (1965e)

Strømforholdene i utløpet av Ranaelva-modellforsøk, VHL-meddelelse nr 8N, 1966. Sammendrag av de laboratorieforskene det er henvist til i kapittel 3.

#### 7.5. Lundbrekke (1965)

Rapporten omhandler forsøk med boblegardin som fiskestengsel. Intern VHL-rapport, datert 30 juni 1965. Rapporten beskriver innledende forsøk for å studere fiskens reaksjon på en boblegardin.

#### 7.6. Trøtteberg (1967)

Boblegardin ved lufttilførsel fra samvirkende parallelle rør, intern VHL-rapport datert 1967-06-26. Rapporten beskriver forsøk for å sammenligne effektiviteten av en boblegardin med flere parallelle rør kontra tidligere forsøk med luft fra et enkelt rør.

#### 7.7. Carstens (1968)

Destratifisering av terskelfjorder med Bunnefjorden som eksempel, rapport datert 1968-01-24. Rapporten tar for seg generelle problemer vedrørende terskelfjorder og bobleanlegg i lagdelt vann for dermed å kunne vurdere mulighetene for destatifisering av Bunnefjorden ved hjelp av luftbobling.

#### 7.8. Tøndevold og Simonsen (1969)

Intern NVE-rapport datert juni 1969. Rapporten tar for seg etterkontroll av tekniske forhold etter at bobleanlegget var ferdig bygget.

7.9. Kimbell (1969)

The use of the computer programme prepared for the analysis of field data from the vicinity of the Mo i Rana Bubble Plant. Brukerbeskrivelse datert 1969-08-26. Programmet beregner blant annet brakkvannstransporten i elvemunningen oppstrøms og nedstrøms bobleanlegget og effektiviteten av bobleanlegget når en har gitt strøm og T-S data i elvemunningen.

7.10. Carstens (1970)

Bobleanlegg i Sundsfjord, forprosjekt, rapport datert 1970-04-06. Rapporten tar for seg mulighetene for å blande ferskvann med saltvann ved hjelp av bobleanlegg i Sundsfjord for å redusere isproblemer i fjorden.

7.11. Gravesen (1970)

Forprosjekt til bobleanlegg i Aurlandselva, delrapport nr 2, datert 1970-09-11. Rapporten tar for seg dimensjonering og plassering av et tenkt bobleanlegg ved utløpet av Aurlandselva. Ved hjelp av bobleanlegget ønsker en å blande ferskvann med saltvann for å hindre isproblemer i fjorden.

7.12. Gravesen og Eggen (1971)

Aurlandsutbyggingen, dykket utløp i Aurlandsfjorden, delrapport nr 3, datert 1971-05-04. I et appendiks til rapporten har T. Carstens foretatt en sammenligning mellom bobleanlegg og dykket utløp.

7.13. Solvik (1971a)

Luftbobleanlegg i Aurlandsfjorden, rapport datert 1971-12-14. Rapporten tar for seg dimensjonering av bobleanlegg, trykktap, dysekapasitet, materialegenskaper og detaljer omkring den bygningmessige utførelse samt kostnadsoverslag.

7.14. Solvik (1971b)

Bobleanlegg i Aurlandsfjorden, VHL meddelelser nr 17 N, 1972. Et sammendrag av resultatene det er henvist til i kapittel 7.11.

7.15. Tesaker (1971)

Rana kraftverk, VHL meddelelser nr 17 N, 1972. Etterprøving av bobleanlegg for blanding av ferskvann og saltvann. Artikkelen gir en kort oppsummering av resultater fra målinger i forbindelse med etterprøving av anlegget.

7.16. Sægrov (1978)

Boblegardin i sjiktet vann, rapport datert 1978-02-16. I rapporten blir det gjort rede for forsøk med boblegardin i sjiktet vann. Hensikten med forsøkene var å studere sjiktningens innvirkning på den oppstigende vannstrømmen som boblestrømmen skaper.

7.17. Vinger (1978)

Studie av bobleanlegg og dets innvirkning på temperaturforholdene i en fjord, prosjektforslag. VHL-notat datert 1978-11-15. Prosjektforslaget inneholder en beskrivelse av teori for bobleanleggets virkemåte og forslag til hvordan virkningsgraden kan måles.

7.18. Rye (1978)

Oversikt over VHL-rapporter og notater utarbeidet i forbindelse med bobleanlegget i Mo i Rana, notat datert 1978-12-22. I notatet blir 37 skriv, som alle berører prosjektet på en eller annen måte beskrevet. Alle disse skrivenne er inkludert i denne rapporten.

7.19. Gjerp, Sørås og Thendrup (1980a)

For prosjektering av bobleanlegg i Stryn/Loen, rapport datert 1980-03-17. I rapporten blir hydrografiske og meteorologiske forhold i området beskrevet. Det eksisterende teoretiske grunnlaget for dimensjonering av et bobleanlegg blir presentert, og det blir foretatt en overslagsmessig dimensjonering av et eventuelt anlegg.

7.20. Gjerp, Sørås og Thendrup (1980b)

Forprosjektering av bobleanlegg i Gaupne, rapport datert 1980-03-18. På samme måte som beskrevet i kapittel 7.19 blir et planlagt bobleanlegg i Gaupne beskrevet.

7.21. Wold (1980)

Is- og vanntemperaturforhold i Ranavassdraget før og etter Svartis-utbyggingen. NVE-rapport som i tillegg presenterer meteorologi og vannføringsdata for Ranavassdraget.

7.22. Sørås og Thendrup (1981)

Forprosjektering av bobleanlegg i Kobbelv, rapport datert 1981-01-22. På samme måte som i kapittel 7.19 blir et planlagt bobleanlegg i Kobbelv beskrevet.

7.23. Erlandsen et.al. (1981)

Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Ranavassdraget. I denne NIVA-rapporten datert 13 mars 1981 presenteres mellom anna medianverdier for vannføringen i Ranavassdraget før og etter regulering samt midlere månedsnedbør for perioden 1931-60 og 1978-79.

## 8. REFERANSER

BERGE, H. (1961): "Modellforsøk med blanding av ferskvann og saltvann".  
VHL-rapport. Oppdrag nr F-887.

BERGE, H. (1962): "Blanding av ferskvann og saltvann". VHL-rapport.  
Oppdrag nr F-1192.

BERGE, H. (1964a): "Om blanding av ferskvann og saltvann til hindring  
av isdannelse i fjorder". VHL-meddelelse nr 7N.

BERGE, H. (1964b): "Blanding av ferskvann og saltvann for å hindre  
isdannelse i fjorder". Teknisk Ukeblad nr 24.

BERGE, H., BRANDTZÆG, A. og PLAM, E. (1963): "Blanding av ferskvann  
og saltvann". VHL-rapport. Oppdrag nr F-1192.

BERGE, H. og CARSTENS, T. (1964): "Kommentarer til strømmålingene  
i Ranafjorden 7-12 mai 1964". VHL-notat.

BERGE, H. og TRÆTTEBERG, A. (1963): "Utløpet av Ranaelva. Modellforsøk.  
Delrapport nr 1". VHL-rapport. Oppdrag nr K-6052.

CARSTENS, T. (1968): "Destratifisering av terskelfjorder ved hjelp  
av luftbobling med Bunnefjorden som eksempel". VHL-rapport.  
Oppdrag nr 600379.

CARSTENS, T. (1970): "Bobleanlegg i Sundsfjord. Forprosjekt". VHL-  
rapport. Oppdrag nr 600612.

CARSTENS, T. (1971): "Prevention of ice formation by forced mixing".  
Proceedings from the First Int. Conf. on Port and Ocean Engng.  
under Arctic Cond. Vol. I, pp. 140-151.

DAHL, T. (1969a): "Etterkontroll av bobleanlegg i Mo i Rana. Delrapport  
nr 2". VHL-rapport. Oppdrag nr 600454.



REFERANSER forts

DAHL, T. (1969b): "Etterkontroll av bobleanlegget i Mo i Rana. Delrapport nr 3". VHL-rapport. Oppdrag nr 600454.

ERLANDSEN, A.H., BRETTUM, P., FAAFENG, B. og LØVIK, J.E. (1981):  
"Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Ranavassdraget".  
NIVA-rapport nr 0-75114.

GJERP, S.A., EIDNES, G., NILSEN, J., SELSETH, I. og SØRÅS, P.E. (1982):  
"Etterprøving av bobleanlegget ved Mo i Rana. Datarapport". VHL-rapport  
STF60 A82049.

GJERP, S.A., SØRÅS, P.E. og TNENDRUP, A. (1980a): "Forprosjektering  
av bobleanlegg i Stryn/Loen". VHL-rapport. STF60 F80095.

GJERP, S.A., SØRÅS, P.E. og THENDRUP, A. (1980b): "Forprosjektering  
av bobleanlegg i Gaupne". VHL-rapport. STF60 F80028.

GRAVESEN, H. (1970): "Forprosjekt til bobleanlegg i Aurlandselven.  
Delrapport 2". VHL-rapport. Oppdrag nr 600421.

GRAVESEN, H. og EGGEN, A. (1971): "Aurlandsutbyggingen. Dykket utløp  
i Aurlandsfjorden. Delrapport 3". VHL-rapport. Oppdrag nr 600421.

HAGGKVIST, K. (1975/76): Upubliserte data.

KANAVIN, E.V. (1971): "Investigations relating to physical conditions  
of some enclosed fjords of Norway during the winter". Proceedings  
from the First Int. Conf. on Port and Ocean Engng. under Arctic  
Cond. Vol. II, pp. 1178-1185.

KIMBELL, M.R. (1969): "The use of the computer programme prepared  
for the analysis of field data from the vicinity of the Mo i  
Rana Bubble plant". VHL-rapport. Oppdrag nr 600454.

LUNDBREKKE, T. (1965): "Rapport over forsøk med boblegardin som  
fiskestengsel". Intern VHL-rapport.

REFERANSER forts

LUNDBREKKE, T. (1969): "Rapport over salt og temperaturmålinger i Ranafjorden 24/11-26/11 og 17/12-1968". VHL-rapport. Oppdrag nr. 600454.

MOSHAGEN, H. (1971): "Bobleanlegg ved Mo i Rana. Etterkontroll. Statistisk bearbeiding av temperaturmålinger". VHL-rapport. Oppdrag nr 600454.

NILSEN, J. og HANSEN, E. (1980): "Temperatur- og saltholdighetsforhold i en rekke norske fjorder den kalde vinteren 1978/79". VHL-rapport. STF60 A80030.

NIVA (1977): "Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. Rapport nr 2". NIVA-rapport 0-31/75.

NUSTAD, B. (1966a): "Luftbobleanlegg i Ranafjorden. Dyseforsøk". VHL-rapport. Oppdrag nr. 600255.

NUSTAD, B. (1966b): "Luftbobleanlegg i Ranafjorden. Dyseplassering og temperaturforløp". VHL-rapport. Oppdrag nr 600255.

NVE/HYDROLOGISK AVDELING (1961): "Hydrografiske undersøkelser i Ranafjorden vintrene 1959-60 og 1960-61. Datarapport".

NVE/HYDROLOGISK AVDELING (1962a): "Rapport fra befarings- og undersøkelser i forbindelse med bobleanlegget for salt- og ferskvann i Ranafjord (Mo) 20-29 september 1962".

NVE/HYDROLOGISK AVDELING (1962b): "En foreløpig uttalelse om blandingsforsøkene i Nord-Ranafjord". NVE-rapport til Vassdragsdirektoratet.

PYTTE ASVALL, R. (1978): "Iskontorets undersøkelser i Ranafjorden". NVE/VHL-notat av 1978-10-27.

REFERANSER forts

- RYE, H. (1978): "Oversikt over VHL-rapporter og notater utarbeidet i forbindelse med bobleanlegget ved Mo i Rana". VHL-notat. Prosjekt nr 60522.20.
- SOLVIK, Ø. (1971a): "Luftbobleanlegg i Aurlandsfjorden." VHL-rapport. Oppdrag nr 600805.
- SOLVIK, Ø. (1971b): "Bobleanlegg i Aurlandsfjorden". VHL-meddelelse nr 17N.
- SUNDH, H.P. (udatert): "Blanding av saltvann og ellevann i Rana". Upublisert manuskript.
- SÆGROV, S. (1978): "Boblegardin i sjiktet vann". VHL-rapport. STF60 F78015.
- SØRÅS, P.E. og THENDRUP, A. (1981): "Forprosjektering av bobleanlegg i Kobbelv". VHL-rapport. STF60 A81043.
- TESAKER, E. (1971): "Rana kraftverk". VHL-meddelelse nr 17N.
- TRÆTTEBERG, A. (1965a): "Utløpet av Ranaelven. Modellforsøk. Delrapport nr 2". VHL-rapport. Oppdrag nr 600052.
- TRÆTTEBERG, A. (1965b): "Utløpet av Ranaelven. Utførelse av jetéer. Delrapport nr 3". VHL-rapport. Oppdrag nr 600052.
- TRÆTTEBERG, A. (1965c): "Utløpet av Ranaelven. Tømmerfløtning i elveosen. Delrapport nr 4". VHL-rapport. Oppdrag nr 600052.
- TRÆTTEBERG, A. (1965d): "Utløpet av Ranaelva. Strømhastigheter i elvestrømmen. Delrapport nr 5". VHL-rapport. Oppdrag nr 600052.
- TRÆTTEBERG, A. (1965e): "Strømforholdene i utløpet av Ranaelva. Modellforsøk". VHL-meddelelse nr 8N.

REFERANSER forts

TRÆTTEBERG, A. (1966): "Utløpet av Ranaelva. Modellforsøk".  
VHL-rapport. Oppdrag nr 600052 og 600256.

TRÆTTEBERG, A. (1967): "Boblegardin ved lufttilførsel fra sam-  
virkende parallelle rør". Intern VHL-rapport. Oppdrag  
nr 600185.

TØNDEVOLD, E. og SIMONSEN, P. (1969): "Bobleanlegg Rana".  
Intern NVE-rapport.

VINGER, Å. (1978): "Studie av bobleanlegg og dets innvirkning på  
temperaturforholdene i en fjord. Prosjektforslag". VHL-notat.  
Oppdrag nr 602522.

VINGER, Å. (1979a): "Etterkontroll ved bobleanlegget Mo i Rana,  
november 1978-februar 1979. Datarapport". VHL-rapport.  
STF60 A79026.

VINGER, Å. (1979b): "Strømmålinger ved Koksverkskaia". VHL-rapport.  
STF60 F79037.

WOLD, K. (1980): "Is- og vanntemperaturforhold i Ranavassdraget  
før og etter Svartisutbyggingen". NVE-rapport nr 3-80.