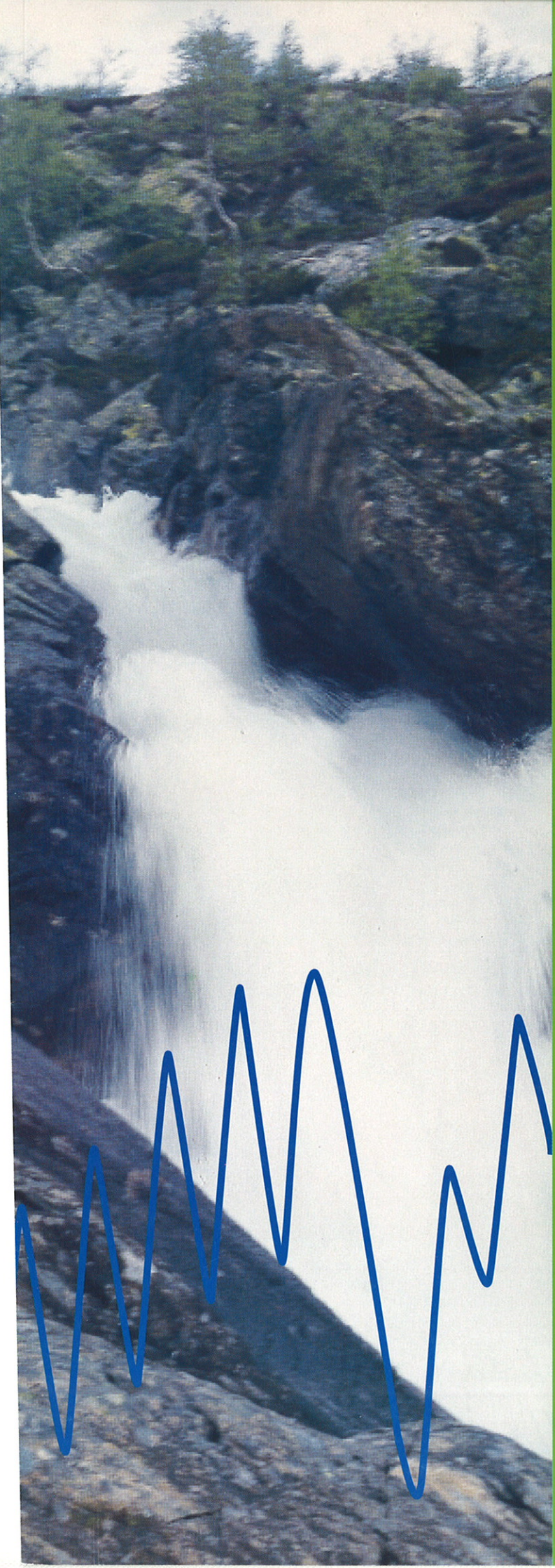


Rapport nr. 10

Frostrøyk ved
Våmarvatnet i Tokke-
vassdraget vintrane
1996/97 – 1998/99



*Effekt-
regulering –
Miljø-
verknader
og konflikt-
reduserande
tiltak*

Effektregulering – Miljøverknader og konfliktreduserande tiltak

FoU-prosjektet Effektregulering - miljøverknader og konfliktreduserande tiltak er lagt inn under Effekt-programmet til Noregs forskingsråd. Prosjektet starta i 1996 og skal etter planane sluttførast i år 2000.

Meir kraftbyte med utlandet aktualiserer auka effektinstallasjonar og endra køystrategi i noverande og komande kraftverk. Prosjektet fokuserer på miljøverknader av auka døgnregulering som ser ut til å bli den vanlegaste forma for effektregulering i Noreg.

Eit særkjenne ved effektregulering er snøggare endringar i dei fysiske tilhøva i vassdraget enn dei vi er vane med ved dagens drift av kraftverka. Slike endringar vil påverke vassdragsmiljøa på ein ny måte og vil i mange høve krevja nye løyve frå styresmaktene. Enno finst det lite systematisert kunnskap om miljøverknader knytt til døgnregulering og anna effektregulering av kraftverk.

Hovudmålet for prosjektet er difor å:

- oppgradere kunnskapen om miljøverknader av effektregulering
- utvikle boteråder som kan redusere eller fjerne negative verknader

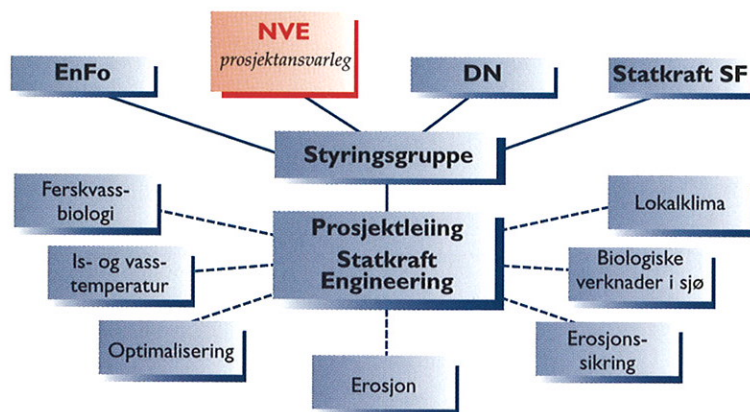
Auka kunnskapar vil setja utbyggjarar og forvaltning betre i stand til å vurdere både miljøkonsekvensane av effektregulering og effektiviteten av boterådene.

Prosjektet vurderer miljøverknadene av effektregulering i innlandsvassdrag med vekt på små og mellomstore innsjøar/magasin. Som døme-vassdrag er valt delar av Tokke-reguleringa. To av delprosjekta tek i tillegg for seg moglege verknader av auka effektregulering på biologiske tilhøve i fjordar.

Norges vassdrags- og energiverk (NVE) er prosjektansvarleg. Det er i tillegg skipa ei styringsgruppe for prosjektet med representantar for Direktoratet for naturforvaltning (DN), Energiforsyningens fellesorganisasjon (EnFo), Statkraft SF og NVE. Den daglege prosjektleiinga er lagt til Statkraft Engineering as.

Prosjektet er delt inn i åtte delprosjekt, seks av dei knytt til innlandsvassdrag og to til fjordar. Dei som er knytt til innlandsvassdrag femner faggreinene is- og vassstemperatur, erosjon, erosjonssikring, lokalklima, biologi og optimalisering av teknikk, miljø og økonomi. Fjordprosjekta femner verknader av effektregulering på fisk og algevekst.

Arbeidet blir gjort av institusjonane Universitetet i Bergen, Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), NVE, Statkraft Engineering og Universitetet i Oslo.



Meir informasjon om prosjektet og publikasjonar i serien Rapport frå Effektregulering - Miljøverknader og konfliktreduserande tiltak, får du ved å vende deg til:

Prosjektleiari Elise Førde
Statkraft Engineering as
Postboks 191
1322 HØVIK

Tlf: 67 57 70 10
Fax: 67 57 70 11

EFFEKTREGULERING – MILJØVERKNADER OG KONFLIKTREDUSERANDE TILTAK

Delprosjekt 1.3 Klima

TITTEL: Frostrøyk ved Våmarvatn i Tokkevassdraget vintrane 1996/97 – 1998/99.	RAPPORT NR. 10 DNMI-RAPPORT NR. 20/99 KLIMA
DELPROSJEKTANSVARLEG: Per Øyvind Nordli	INSTITUSJON: Det norske meteorologiske institutt
FORFATTAR: Per Øyvind Nordli	INSTITUSJON: Det norske meteorologiske institutt

SAMANDRAG:

Som ein lekk i prosjektet "Effektregulering - miljøverknader og konfliktreduserande tiltak, delprosjekt 1.3 klima, vart frostrøyk studert over Våmarvatn i Tokkevassdraget, Vinje kommune.

Observasjonane av frostrøyk gjennom vintrane 1996/97 – 1998/99 vart jamførte med ein eksisterande frostrøykmodell og samsvaret var særst godt når det galt frekvensen av frostrøyken. Når det galt å skilje mellom ulike styrkegradar av frostrøyk, gav ikkje modellen like gode resultat over heile temperaturskalaen. Samsvaret var godt for temperaturar høgare enn -15°C og mindre godt for lågare temperaturar.

Studiet av frostrøyk blir intensivert og sluttrapport skrivi når observasjonane for vinteren 1999/00 ligg føre.

ABSTRACT:

As a part of an environmental project in connection with increased peak hydro power production, observations of frost smoke were performed at the lake Våmarvatn in the Tokke watercourse in Vinje municipality, Telemark, southern Norway.

The observations of frost smoke during the winters 1996/97 – 1998/99 were compared to model results and excellent agreement was obtained as long as only frequency is concerned. Moreover, the model gave good estimates of the strength of the frost smoke for temperatures higher than -15°C , but failed for lower temperatures.

The study will be intensified when the data of next winter, 1999/00, are available.

EMNEORD: Frostrøyk, effektregulering, Tokke, Våmarvatn, frostrøykmodell.

Høvik, august 1999



Elise Førde
Prosjektleiar

ISBN 82-91904-10-3
ISSN 0809-5825

Innhold:

1	Innleiing	3
2	Stader for innsamling av meteorologiske data	3
3	Analyse av frostrøykbilete	4
4	Analyse av observert frostrøyk og evaluering av modell	9
5	Samandrag, diskusjon og konklusjon	11
6	Litteratur	12
	Appendiks I	13

1 Innleiing.

Som ein lekk i prosjektet "Effektregulering - miljøverknader og konfliktreducerande tiltak" vart det hausten 1996 sett i gang frostrøykfotografering ved Våmarvatn i Vinje. Vidare vart det sett i drift automatiske, meteorologiske stasjonar på staden til hjelp ved tolkinga av observasjonane av frostrøyk.

Røynsler om frostrøyk kunne ved observasjonar i eitt vassdrag, kan berre overførast til eit anna om ein tek omsyn til variasjonar i det lokale klimaet. Det kan gjerast ved at det blir utvikla modellar der klimaparametrar går inn. Slike har vore utvikla tidlegare, både empiriske og analytiske (Nordli 1988; Økland & Gotaas 1995). Empiriske modellar har den ulempa at dei i for stor grad kan vera influerte av staden der dei er utvikla, medan analytiske modellar har den ulempa at fysikken i dei er sterkt forenkla. Difor er det viktig at modellane får ei breiast mogleg evaluering og testing for å gjera dei betre eigna til bruk.

Effektregulering kan generelt sett påverke islegginga av magasina og dermed også produksjonen av frostrøyk. Ved auka flater av ope vatn vil òg frostrøykproduksjonen auke. Modellane er tenkte brukt til å kvantifisere auken.

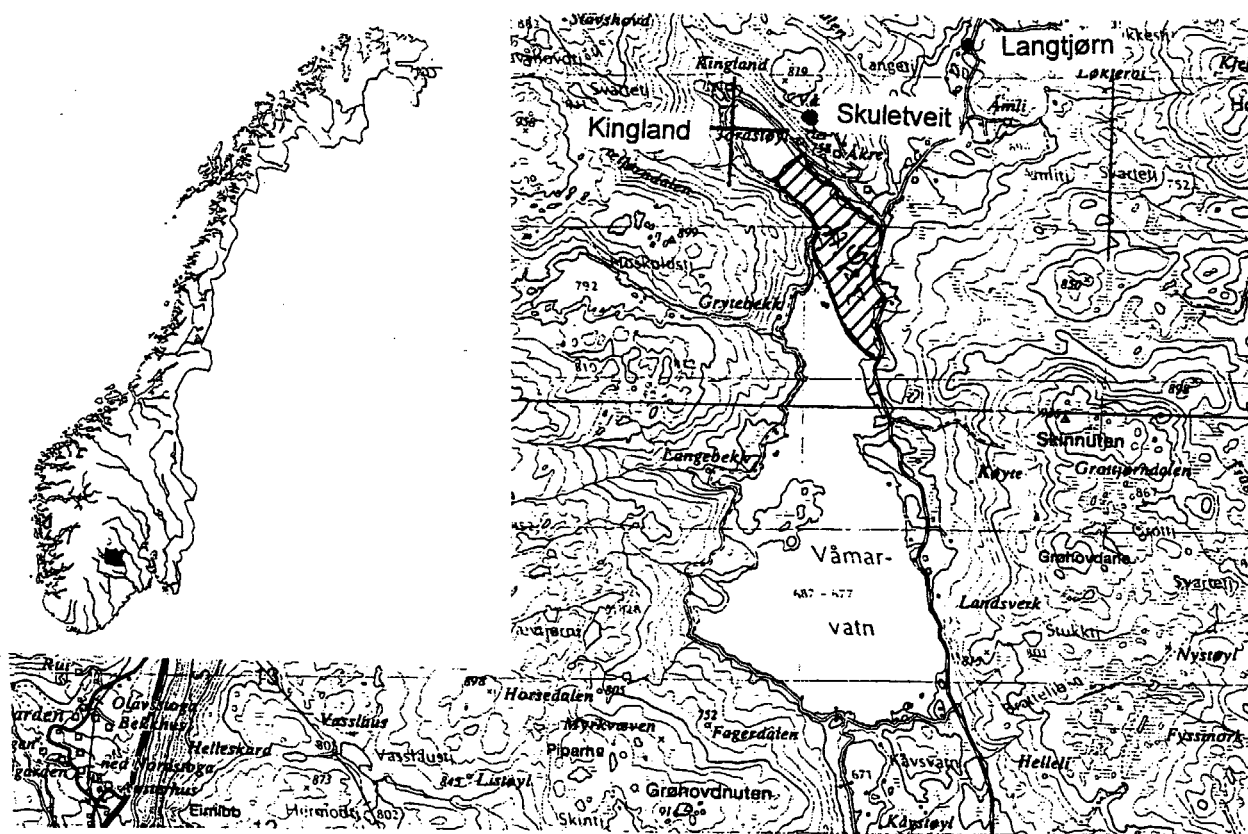
Denne rapporten er ei vidareføring av den fyrste frostrøykrapporten (Nordli 1997) som vart utgjeven etter fyrste driftsvinteren. Sidan den tid har det kome til data frå enno to vintrar. Desse har vore mildare enn den fyrste og har hatt mindre frostrøyk. Til saman har dei to siste vintrane gjeve om lag like mange frostrøyktilfelle som den fyrste gjorde åleine.

Avslutningsrapport om frostrøyk kjem fyrst etter siste driftsvinteren, 1999/00. Då vil frostrøykproblematikken bli analysert i full breidd både ved Våmarvatn og ved Bandak. Ved Bandak har det omtrent ikkje vore tilfelle av frostrøyk dei to siste, milde vintrane. Status ved Bandak er enno som i Nordli (1997).

2 Stader for innsamling av meteorologiske data.

Effektreguleringsprosjektet har valt ut Tokke som referansevassdrag, eit vassdrag som vart regulert på 1950- og 1960-talet. Ved tilrettelegging for effektregulering tenkjer ein seg at den eksisterande kapasiteten i tunnelane kan aukast ved utviding eller eventuelt bygging av nye.

Detaljkart for området ved Våmarvatn er vist på figur 2.1. Vatnet har samband med Totak gjennom ein horisontal tunnel, slik at når Vinje kraftverk blir køyrd og vasstanden fell i Våmarvatn, blir det fylt på med vatn frå Totak. Så lenge det er gjennomstrøyming frå Totak, er det ved utlaupet av kanalen ei open råk vinteren igjennom. Det vil igjen seia så lenge Vinje kraftverk er i drift. Stopp av kraftverket kan føre til attfrysing av råka. Vatnet er regulert mellom kotane 677 og 687 m o.h. Trass i det høge lægjet, finst det jordbruk ved vatnet i grenda Våmartveit og på garden Kingland der stasjonen 33420 Våmarvatn - Kingland vart sett i drift i samband med prosjektet, figur 2.1 og tabell 2.1.



Figur 2.1 Kart over Våmarvatn med eit eksempel på ope vassflate.

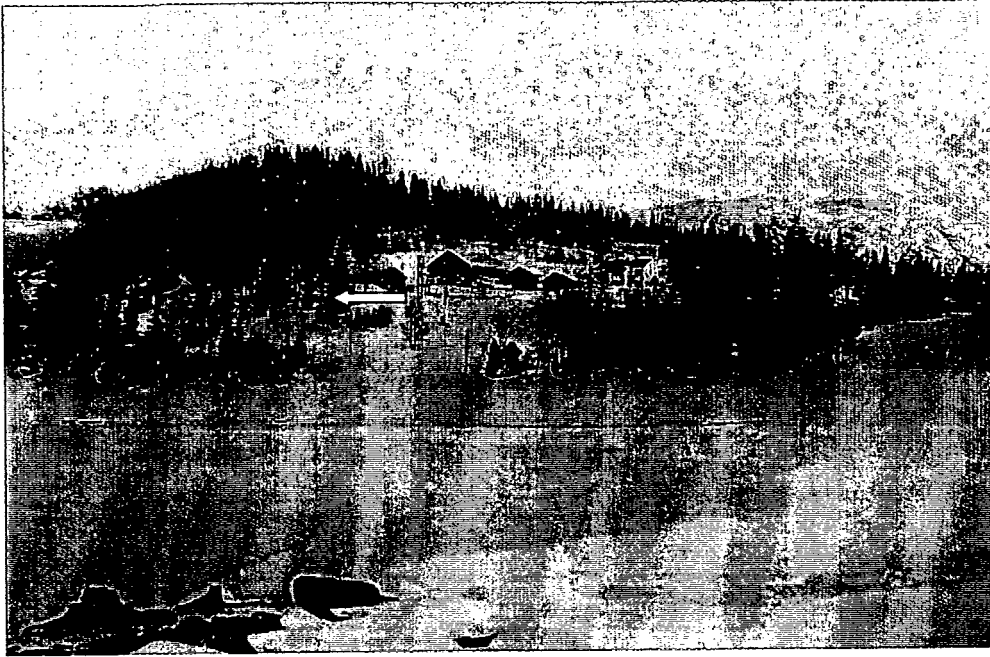
Seinare kom også bistasjonane Skuletveit og Langtjørn til (og også andre bistasjonar for andre føremål). Alle stasjonane er automatiske, Kingland og Langtjørn av typen Aanderaa, medan Skuletveit er av typen Campbell. Dei er alle kontrollerte og lagra i databasen til Meteorologisk institutt. Det viste seg likevel at hygrometeret på Kingland allereie var komen ut av kalibrering frå den dagen det vart sett opp. Feilen vart retta neste sommar (1997) ved at instrumentet vart bytt ut. Det vart dermed naudsynt å korrigere alle observasjonane for relativ råme fyrste driftsvinteren. Korleis dette vart gjort er vist i appendiks I.

Tabell 2.1 Meteorologiske stasjonar ved Våmarvatn nytta i rapporten. Dei oppgitte høgdene over "dalbotnen" gjeld høgd over høgste regulerte vasstand for stasjonane 33420 og 33421.

Stasjonsnummer og namn	Startdato	Høgd over havet (m)	Høgd over dalbotnen (m)
33420 Våmarvatn - Kingland	11. okt. 1996	690	3
33421 Våmarvatn - Skuletveit	09. feb. 1998	782	195
99985 Langtjørn	10. okt. 1997	692	3

3 Analyse av frostrøykbilete.

Frostrøyken vart fotografert gjennom alle tre vintrane, 1996/97 – 1998/99, frå 1. november til 31. mars. Instruksjonen gjekk ut på at det skulle fotograferast kl 8 kvar morgon, men likevel ta omsyn til dagsljuset. Det førde med seg at i desember og januar vart det sjeldan fotografert føre kl 9, ofte også noko seinare. Jamt over vart det fotografert i tidsrommet kl. 08 - kl. 10 med nokre få unntak. Standplassen var garden Krossbakken om lag 150 - 200 m frå isgrensa, figur 3.1. Over det opne vatnet er det om lag 200 m frå breidd til breidd.



Figur 3.1 Garden Krossbakken, standplass for frostrøykfotografering. I framgrunnen ser ein ein del av Våmarvatn, d.e. vika mellom Eidsborgodden og garden. Denne vika islegg seg om vinteren. Det opne vassarealet ligg til venstre, utanfor biletet. Pila viser standplass og fotograferingsretning.

Erling Krossbakken, som fotograferte, førte eit skjema og skreiv ned klokkeslettet for kvart bilete og også om han kunne sjå frostrøyk, figur 3.2. Ein valte å få bileta i form av ljusbilete som vart analyserte ved hjelp av ein miniframvisar for seinare å bli arkiverte. Det synt seg at det ikkje var mogleg å sjå dei aller svakaste tilfella av frostrøyk på bileta. Men også dei tilfella som ikkje var synlege på bileta, vart registrerte som frostrøyk i statistikken. Frostrøyken varierte mykje når det galt styrke og utbreiing. Det fanst tilfelle då frostrøyken stod fram som mektige tåketeppe over det opne vassarealet.

Teoretisk finst det eit kriterium for danning av frostrøyk gjeve som ein funksjon av to variablar: 1) differansen mellom temperaturen i vassflata og i lufta. 2) den relative råmen i lufta (Golytsyn & Grachov 1986; Nordli 1988). Dette vart brukt til å verifisere observasjonane av frostrøyk. Såleis kunne andre tåkeformer lett lukast ut av materialet (det finst former som lett kan bli feiltolka som frostrøyk). Ein slik kontroll er vist ved framstillinga på figur 3.3.



DNMI

Det norske meteorologiske institutt

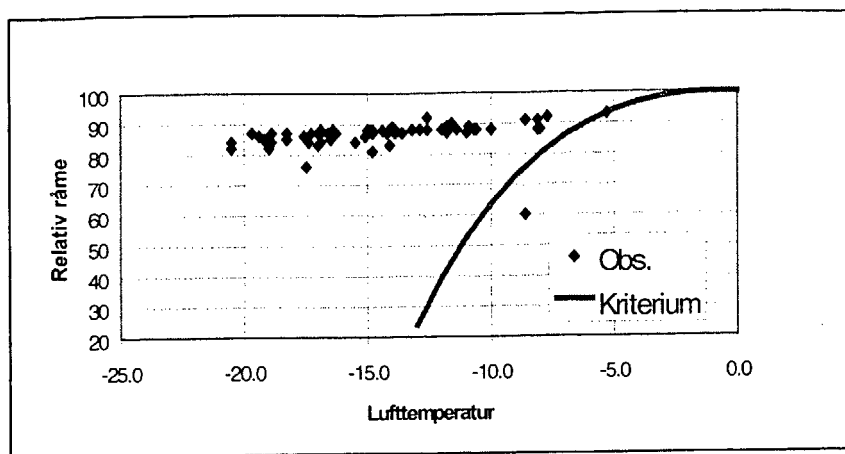
OPPLYSNING OM FROSTRØYK

OBSERVASJONSSTAD: *Våmarvatten*ÅR: *1997* MÅNAD: *Mars*NAMN PÅ OBSERVATØR (SIGNATUR): *Erling Frossbotten*

Dato	Klokkeslett	Merk om du ser frostrøyk eller ikkje.
1	8,15	Ikke frostrøyk
2	8,10	"
3	8,20	"
4	7,45	"
5	8,00	"
6	8,40	"
7	8,35	"
8	8,05	"
9	8,25	"
10	8,30	"
11	8,35	"
12	7,50	"
13	8,20	"
14	8,00	"
15	8,00	"
16	8,10	Lett frostrøyk
17	8,00	Frostrøyk
18	8,00	Ikke synleg frostrøyk
19	8,15	"
20	8,20	Antydning til frostrøyk
21	8,00	Ikke synleg frostrøyk
22	8,10	"
23	8,25	"
24	8,30	Lett snødriv ikkje frostrøyk
25	8,00	"
26	7,35	Disig ikkje frostrøyk
27	8,30	Ikke frostrøyk
28	8,10	"
29	8,15	"
30	8,05	"
31	7,45	Sterke vind ikkje frostrøyk

Ein observerer frostrøyken så tidleg som råd om morgonen ved hjelp av fotografering og utfylling av skjema. Hugs at det skal fotograferast kvar dag utan omsyn til frostrøyksituasjonen. Det er like viktig å vise at det ikkje er frostrøyk som at det er frostrøyk.

Figur 3.2 Frostrøykskjema



Figur 3.3 Kritisk temperatur for mogleg danning av frostrøyk (kurve) jamført med dei aktuelle observasjonane av frostrøyk over Våmarvatn vintrane 1996/97 – 1998/99 (punkt). Punkt til venstre for kurva er teoretisk moglege tilfelle av frostrøyk. Figuren gjeld berre i dei tilfella at temperaturen i vassflata er 0°C.

Observasjonane plasserte seg til venstre for kriteriet for frostrøyk med unntak av ein som vart liggjande på kurva (05.01.1988) og ein som vart liggjande på høgre side av kurva (16.03.1997) der det teoretisk ikkje skulle vera mogleg at frostrøyk vart danna. Desse to punktet vart granska nærare. Det som låg på kurva vart godkjent, men det som låg til høgre for kurva vart forkasta, då det viste seg at det ikkje var fotografert den dagen. Frostrøyken kunne dermed ikkje dokumenterast.

Det har vore utarbeidd klassifiseringssystem for frostrøyken. Då frostrøyken varierer sterkt både i styrke og utbreiing, er det viktig at klassifiseringssystema er presist formulerte. Berre då er jamføring mellom ulike lokalitetar relevant og berre då kan det vera håp om at empiriske frostrøykmodellar utvikla på ein stad, også kan gjelde andre stader. Klassifiseringssystem for frostrøyk har vore introduserte av Nordli (1988) og Utaaker (1995). Det allereie eksisterande systemet (Nordli 1988) vart tilpassa til lokale tilhøve ved Våmarvatn, tabell 3.1.

Tabell 3.1 Kriterium for vurdering av frostrøykbilete ved Våmarvatn.

Klasse	Definisjon
0	Ingen frostrøyk korkje på bilete eller på rapportskjema.
1	a) Ingen synleg frostrøyk på bilete, men rapportert av fotografen. b) Frostrøyken er synleg på biletet. Han når ikkje høgre (er mektigare) enn at stranda på andre sida av vatnet er godt synleg på biletet.
2	Stranda på andre sida av vatnet er synleg, men er svært diffus.
3	Stranda på andre sida av vatnet er ikkje synleg på grunn av frostrøyken, men horisonten ser ein tydeleg.
4	Strand og horisont på andre sida av vatnet er usynleg på grunn av høg tett frostrøyk



Figur 3.4 Bilete, retning SV, den 11. mars 1999 frå ein standplass rett ovafor Krossbakken. Stranda på andre sida er ikkje synleg på eit område av biletet. Difor vart tilfellet tolka som klasse 3, sjå tabell 3:1.



Figur 3.5 Bilete den 11. mars 1999 frå Eidsborgodden mot Kingland, retning NV. Garden er ikkje synleg på grunn av frostrøyken. Same situasjonen som på figur 3.4.

4 Analyse av observert frostrøyk og evaluering av modell.

I alt vart det godkjent 65 observasjonar av frostrøyk, dei fleste av desse var synlege på bilete, men det fanst òg nokre få der frostrøyken ikkje kunne identifiserast på bilete, anten fordi han var for svak eller fordi biletkvaliteten var for dårleg.

Om ein sorterer frostrøyken etter sikt og høgd i samsvar med klassifiseringssystemet i tabell 3.1, finn vi at av totalt 65 tilfelle av frostrøyk, fordeler 40 seg på klasse 1, 13 på klasse 2, 11 på klasse 3 og berre eitt tilfelle på klasse 4, jamfør tabell 4.1a.

Tabell 4.1, del a og b. Observasjonar av frostrøyk ved Våmarvatn dei tre fyrste driftsvintrane. I a-delen er frostrøyken fordelt på klassar, definert i tabell 3.1. I b-delen er frostrøyken talt opp kumulativt. Symbolet \geq klasse 3 tyder altså frostrøyk av klasse 3 eller sterkare. Frostrøyk \geq klasse 1 tyder dermed all frostrøyk som kan observerast.

	Vinter	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
a	1996/97	21	3	6	1
	1997/98	7	6	0	0
	1998/99	12	4	5	0
	Sum	40	13	11	1
	Vinter	\geq klasse 1	\geq klasse 2	\geq klasse 3	\geq klasse 4
b	1996/97	31	10	7	1
	1997/98	13	6	0	0
	1998/99	21	9	5	0
	Sum	65	25	12	1

Tabell 4.1 viser at den observerte frostrøyken har vore ujamt fordelt gjennom dei tre vintrane. I den fyrste driftsvinteren var frekvensen av frostrøyk vesentleg høgare enn i dei to siste. Særleg vinteren 1997/98 var mild med få tilfelle av frostrøyk, berre 13 i talet. Elles vart det observert neste like mykje frostrøyk i den fyrste driftsvinteren som i dei to andre til saman.

Det har vore utvikla frostrøykmodellar av ulike typar, analytiske (Økland & Gotaas 1995) og kvasiempiriske (Nordli 1988). Modellane dekkjer eit viktig bruksområde mellom anna fordi dei kan vera eit verkty for å prognosere framtidig frostrøyk. Meteorologiske parametarar går inn i modellane og for å få brukt dei, må ein kjenne dei inngangsdata som krevst. Om ein vil bruke modellane til dømes i vassdragsreguleringssaker, kan det hende at inngangsdatane er kjende frå tidlegare målingar som t.d. i Nordli (1992). Om ikkje det er tilfelle, kan dei skaffast ved å setja i gang målingar på den aktuelle staden.

Å skaffe seg kunnskap om frostrøyk på staden ved direkte observasjonar, er ofte ikkje mogleg. Er isdekket på elvar eller vatn så stabilt at frostrøyk nesten ikkje blir observert, er det fyrst etter at reguleringa eventuelt er gjennomført og isdekket er endra, at ein kan få informasjon om frostrøyken direkte ved observasjonar. Men informasjon i ettertid kan jo ikkje vera med på å gje premisser for avgjerdene om vassdraget skal byggjast ut eller ikkje. Liknande vanskar støyter eit kraftselskap på om det ynskjer å effektregulere utover det som kan kallast normal

drift. Ei auka effektkøyring kan lett støyte mot konsesjonsvilkåra. Ofte vil òg installasjonen ved kraftverket vera for liten til at den framtidige køyrestrategien kan prøvast. Også i slike tilfelle kan frostrøykmodellar kombinert med eit estimat av isfritt område vera vegen å gå for prognosemakarane.

I modellane er det teke omsyn til lokalklimaet, dvs. at dei klimaparametrane som påverkar frostrøykdanninga mest, går inn i modellen. I praksis har det vist seg at temperatur er den langt viktigaste parameteren, som ein også kunne vente ut frå teorien om frostrøykdanning. Dineast kunne ein tenkje seg at den relative råmen i lufta ville spela ei viktig rolle, i alle fall når temperaturen ikkje var for låg, sjå figur 3.3. I praksis har det vist seg at råmen i lufta har hatt lite å seia for frostrøykdanninga, medan stabiliteten i lufta er viktig (eller eit anna mål for vertikal stabilitet, som t.d. skydekket (Rodhe 1965, Nordli 1988)). Uheldigvis er det ingen stasjon som observerer skydekket nær Våmarvatn.

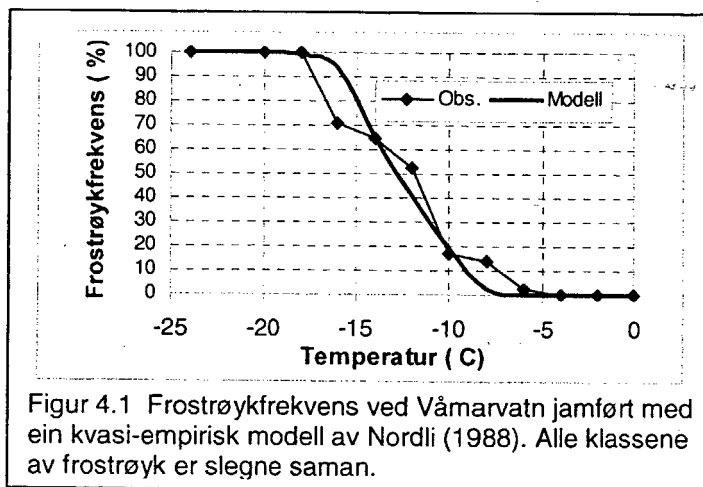
Basert på materialet frå den fyrste driftsvinteren vart frostrøykfrekvensen over Våmarvatn jamført med den modellerte (Nordli 1997). Dette arbeidet kan no vidareførast med eit monaleg større datamateriale. Modellen er brukt i si enklaste form der einast lufttemperatur går inn som parameter. I praksis vart jamføringa gjort ved at temperaturskalaen vart delt inn i intervall på 2 gradar og frekvensen, f_i , i intervallet i estimert ved:

$$(1) f_i = \frac{s_i}{n_i}$$

der s_i er talet på frostrøykobservasjonar og n_i er talet på alle observasjonar i temperaturintervallet i .

Frekvensen, f_i vart plotta på figur 4.1 saman med modellresultata. Figuren viser svært godt samsvar mellom modell og observasjonar. Modellen står seg dermed godt mot denne testen og viser at han verkeleg kan overførast til andre stader enn der han er utvikla, Vågåvatnet i Gudbrandsdalen.

For heile driftsperioden (1996/97 – 1998/99) er talet på observerte frostrøyktilfelle, S_{obs} , gjeve ved:



Figur 4.1 Frostrøykfrekvens ved Våmarvatn jamført med ein kvasi-empirisk modell av Nordli (1988). Alle klassene av frostrøyk er slegne saman.

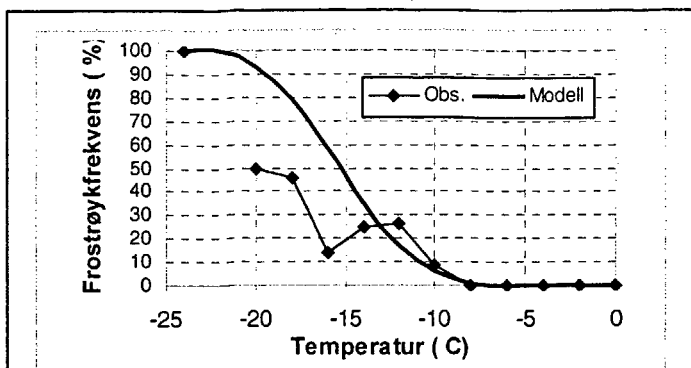
$$(2) S_{obs} = \sum_{i=1}^N s_i = \sum_{i=1}^N n_i \frac{s_i}{n_i} = \sum_{i=1}^N n_i f_i$$

der N er talet på temperaturintervall. I analogi med (2) kan frostrøyken gjennom heile driftsperioden estimerast ved:

$$(3) S_{est} = \sum_{i=1}^N n_i \Pr\{s | i\}$$

der $\Pr\{s | i\}$ er sannsynet for frostrøyk i temperaturintervallet i gjeve i modellen.

Resultatet av jamføringa vart 65 observerte frostrøyktilfelle mot 61 estimerte, eller eit avvik på berre 6 %.



Figur 4.2 Frostrøykfrekvens ved Våmarvatn jamført med ein kvasi-empirisk modell av Nordli (1988). Klassene av frostrøyk ≥ 2 er med i modellen.

Slik modellen er presentert på figur 4.1, femner han særst ulike tilfelle av frostrøyk frå dei veikaste til dei mest utvikla. Etter desse tre vintrane har datamengda auka såpass at modellen kan testast også for ulike styrkegradar av frostrøyk definert etter klasseinndelinga i tabell 3.1. På figur 4.2 er modell og observasjonar jamførte for all frostrøyk av klasse 2 eller sterkare (dvs. at klasse 1 er sløyfa).

Også for frostrøyk av klasse 2 eller høgare ser modellen ut til å høve godt

opp til om lag -15°C , men for lågare temperaturar enn -15°C tykkjast modellen å gje for høgt sannsyn for frostrøyk. Estimering av frostrøyk sterkare enn klasse 1 for alle driftsvintrane gav 38 tilfelle mot 25 observerte, eller ei overestimering på heile 52%. Det er i intervalla med midtpunkt -16 , -18 og -20°C at observert frekvens er vesentleg lågare enn modellert. Tilfelle av temperatur i desse intervalla var 14, 11 og 8 i laupet av dei tre vintrane. Det kan dermed hende at også tilfeldige variasjonar kan spela ei rolle og det er ein viss sjanse for at mistilpassinga berre er tilsynelatande. Ei anna forklaring kan vera at ved sterk kulde blir ope vassareal mindre slik at produksjonen minkar.

5 Samandrag, diskusjon og konklusjon.

Grunnlagsarbeid: Som ein lekk i prosjektet "Effektregulering - miljøverknader og konfliktreducerande tiltak" vart det hausten 1996 sett i gang frostrøykfotografering ved Våmarvatn i Vinje. Vidare vart det sett i drift automatiske, meteorologiske stasjonar ved vatnet til hjelp ved tolkinga av observasjonane av frostrøyk. Materialet femner no tre vintrar, 1996/97 – 1998/99.

Frostrøyken vart klassifisert etter eit tidlegare system på grunnlag av styrke og utbreiing, men tilpassa lokale tilhøve. Det vart skilt mellom i alt 4 klassar av frostrøyk, rangert etter ein skala frå 1 til 4, slik at klasse 1 inneheldt den veikaste frostrøyken og klasse 4 den sterkaste. I dei to øvste klassane fall det berre få observasjonar, i klasse 4 berre eitt tilfelle.

Ein empirisk frostrøykmodell utvikla andre stader i landet vart testa på observasjonar frå Våmarvatn. Modellen vart ikkje brukt på dei ulike klassane, men på grupper danna ved å slå saman fleire klassar. På det viset auka talet på observasjonar i testen og dermed beviskrafta (reliability).

Resultat:

Gruppe 1 (All observert frostrøyk): Samsvaret med modellen var svært godt over heile temperaturskalaen.

Gruppe 2 (Frostrøyk i klassane 2, 3 og 4): Samsvaret med modellen var godt ned til -15°C , men for lågare temperaturar gav observasjonane mindre frostrøyk enn modellen.

Diskusjon om resultat: Temperaturen var lågare enn -15°C berre i alt 33 dagar gjennom dei tre driftsvintrane. Det kan difor hende at det dårlege samsvaret med modellen delvis kan ha si årsak i tilfeldige variasjonar. Ei anna forklaring kan vera at i kulde snevrar det opne vassarealet seg inn. Sjølv om frostrøykproduksjonen då aukar per vassareal, minkar vassarealet. Dermed er det ikkje sikkert at sikta tvers over vatnet minkar. Og som vi ser av tabell 3.1, var det sikta tvers over vatnet som var grunnlag for klassifiseringa.

Attståande granskingar: Desse spørsmåla vil bli granska nærare i sluttrapporten når enno ein vinter med observasjonar blir lagt til materialet. Då effektregulering også kan ha innverknad på vassarealet, vil resultat bli sette inn i ein slik samanhengen i samråd med delprosjekt 1.2 Is og vass temperatur. Elles står det att å vurdere kva innverknad stabiliteten i lufta har på utbreiinga av frostrøyken. I dette treng ein data frå høgare nivå over vatnet. Slike finst på Skuletveit, men stasjonen kom ikkje i drift før den 9. februar 1998 slik at datagrunnlaget enno er for sparsamt.

Nytten av frostrøykmodellar. Frostrøykmodellane inneheld meteorologiske parametarar (vêrelement) som blir målt rutinemessig ved vêrstasjonar. Modellane kan dermed brukast til å finne prognosar for frostrøyk når lokalklimaet er kjent. Prognosane kan gjevast føre ei eventuell regulering og vera eit bidrag til konsesjonssøknaden.

Lufttemperaturen er med som parameter i alle frostrøykmodellane. Om ein ynskjer kan dermed også modellane brukast til å estimere reduksjonen i frostrøykfrekvens ved stigande lufttemperatur på grunn av aukande utslepp av drivhusgassar.

6 Litteratur.

- Golytsyn, G.S. and Grachov, A.A. 1986: Free convection of the multi-component media and parameterization of air-sea interaction at light winds. *Ocean-Air Interactions*. **1**, pp. 57-78.
- Nordli, P.Ø. 1988: Frostrøyk og dalstratus i Gudbrandsdalen. Analyse av observasjonar ved osen av Vågåvatnet. *DNMI -klima*, rapport nr. 7/88.
- Nordli, P.Ø. 1992: Endringar i lokalklima ved utbygging av vassdrag ved Sauda. *DNMI-klima*. Rapport nr. 24/92, Environmental consultants A/S, 1300 Sandvika. 33 pp.
- Nordli, P.Ø. 1997. Analyse av frostrøykobservasjonar vinteren 1996/97 over Bandak og Våmarvatn i Tokkevassdraget. *Effektregulering — Miljøverknader og konfliktreducerande tiltak*. Rapport nr. 1. (Også DNMI-klima, rapport nr. 14/97), 13 pp.
- Rodhe, Bertil 1965: The concentration of liquid water in the atmosphere. *Tellus*. **18**, 86 – 104.
- Økland H & Gotaas Y. 1995: Modelling and Prediction of Steam Fog. *Contributions to Atmospheric Physics*. **68**, No.2, pp. 121-131.
- Utaaker, K. 1995. Effects of watercourse regulations on local climate. Norwegian water Resources and Energy Administration. Publications No. 04. Oslo

Appendiks I

Under arbeidet med frostrøykobservasjonane ved Våmarvatn vart det oppdaga at det var ein signifikant skilnad i relativ råme mælt på Kingland mellom den fyrste driftsvinteren og dei to siste. Årsaka kunne vera eit klimaskifte på denne tida, eller mælefeil ved hygrometeret. I utgangspunktet vil nok det siste alternativet vera det mest sannsynlege sidan det er vanskeleg reint mæleteknisk å mæle den relative råmen nøye. Feil kan då lett gjera seg gjeldande, kanskje særleg ved at instrumentet endrar seg ved elde.

I tillegg viste set seg at det vart skifta instrument på Kingland sommaren 1997 og at det gamle instrumentet ikkje var nyleg kalibrert. Dessutan var verdiane også unormalt høge på det gamle instrumentet, sjå Nordli (1997) figur 3.3.

Ein nøye korreksjon av observasjonane er vanskeleg eller umogleg å få til. Sidan observasjonane skal brukast til frostrøykanalyse, vart korreksjonane tilpassa situasjonen under aktuelle og potensielle frostrøyksituasjonar.

Korreksjonen vart gjort såleis:

$$\Delta U = U_{23} - U_1, \text{ for } T < -10^{\circ}\text{C}$$

der U_{23} er middel for vintrane 1997/98 og 1998/99, og U_1 er middel for vinteren 1996/97. Midlinga er gjort berre i dei tilfella at lufttemperaturen var lågare enn -10°C .

Differansen mellom middelveidiane var -15% som vart lagt til alle observasjonane i perioden november 1996 – mars 1997.