

# DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

24/87 KLIMA

DATO

29.07.1987

TITTEL

FROSTRØYK VED REGULERING AV UVDALSVASSDRAGET

UTARBEIDET AV

PER ØYVIND NORDLI

OPPDRAGSGIVER

DNMI

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Utlaupet frå kraftstasjonen Uvdal I renn ope heile vinteren ned til Fønnebjøfjorden. Frostrøyk blir danna over ope vatn og vil breie seg innover land. På dei gardane som ligg nærast elva, vil det bli om lag 20 dagar med frostrøyk i ein normal vinter.

Frostrøyken vil gje om lag 1 mm rim ute i det fri i ein normal vinter på dei nemde gardane. Det har ikkje rima vesentleg meir enn føre reguleringa på høy som er lagra i driftsbygningar og miljøet inne i husdyrrom er heller ikkje vorte våtare.

UNDERSKRIFT

*Per Øyvind Nordli*

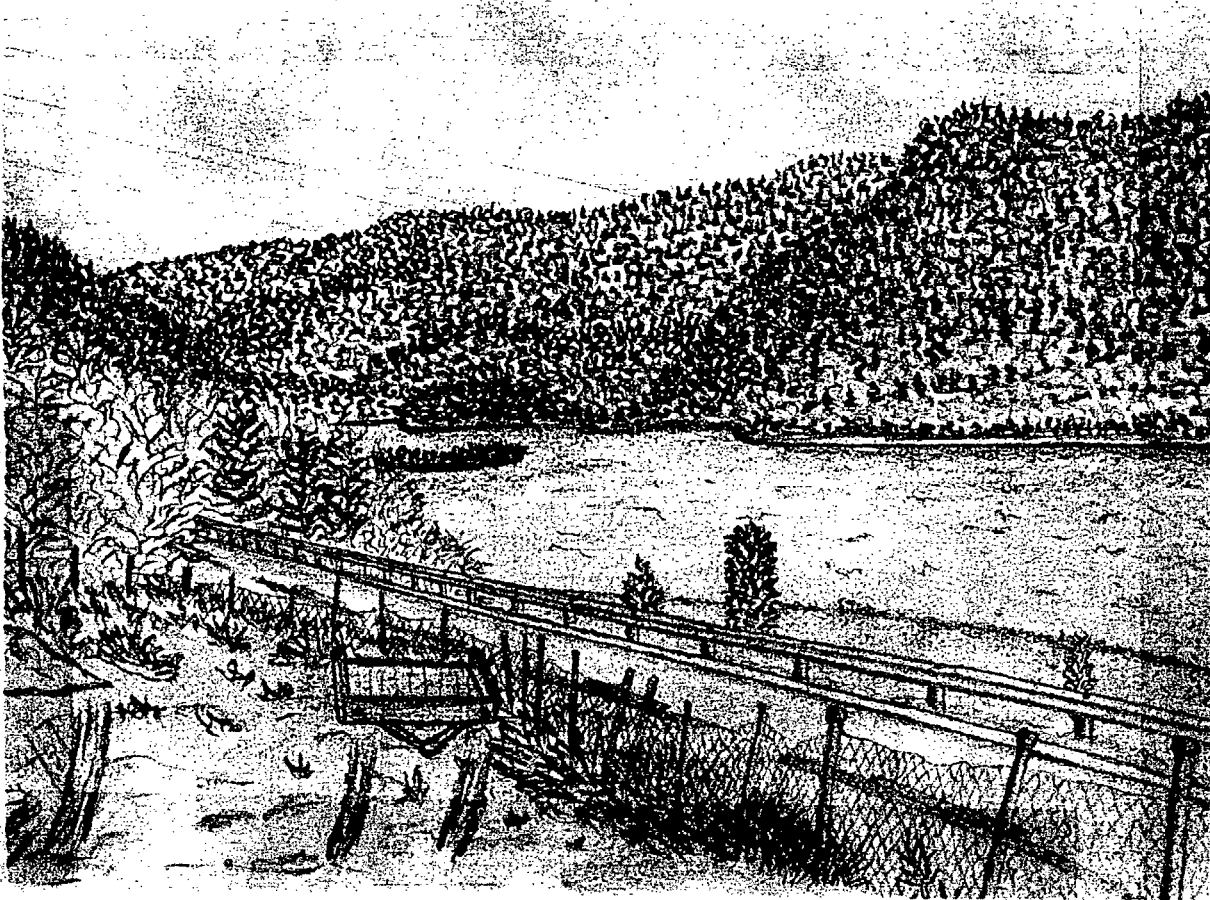
Per Øyvind Nordli  
SAKSBEHANDLER

*Bjørn Aune*

Bjørn Aune  
FAGSJEF

Denne rapporten er egentleg laga etter oppdrag av Numedal herradsrett for overskjønn om frostrøykaskader ved reguleringa av Uvdalsvassdraget. På grunn av at den har stor interesse ut over det opphavelige føremålet, blir den også utgjeve som DNMI - Klima rapport.

# UVDALSVASSDRAGET - OVERSKJØNN



Frostrøyk ved regulering av  
Uvdalsvassdraget.

av

Per Øyvind Nordli

I N N H A L D

---

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1 INNLEIING	1
2 KONKLUSJON	2
3 FROSTRØYK	3
3.1 Generelt om frostrøyk	3
3.2 Andre tåkeformer	4
3.3 Observasjonar av frostrøyk	4
3.4 Frostrøyk i Uvdal	6
3.5 Kombinasjon av strålingståke og frostrøyk	10
3.6 Oppsummering og sluttvurdering	11
4 RIMING PÅ GRUNN AV FROSTRØYK UTE I DET FRI	12
4.1 Fysiske årsaker	12
4.2 Rimmælingar	12
4.3 Riming i Uvdal	13

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
5 EVENTUELL SKADE AV FROSTRØYKEN INNADØRS	15
5.1 Auka råme i fôr lagra i uthus	15
5.2 Miljøet i husdyrrom under frostrøyk	17
6 LITTERATUR	19

## 1 INNLEIING

I innbydinga til overskjønnet går det fram at emnet for rettsmøtet er frostrøykskader på grunn av reguleringa av Uvdalsvassdraget. Dermed vil denne rapporten bli avgrensa og må difor ikkje bli sett på som ein generell rapport om eventuelle lokale klimaendringar i området.

Innbydinga frå retten kom den 9. mars 1987, sjå vedlegget. Det var dermed ikkje mogleg å setja i gang granskingar i området eller å synfare dalen under frostrøyk. For ikkje å måtte dra sluttningar einast ut frå eit teoretisk grunnlag, valde eg å synfare området den 7. juni. Dessutan intervjuja eg folk langs Fønneøfjorden og langs elva ovafor fjorden alt opp til kraftverket.

Til det tidlegare skjønnet er eg kjent med at det er skrivi to rapportar som har relevans til emnet. Eg vil byggje denne rapporten på dei faktiske opplysningane som finst der, men når det gjeld konklusjonane vil eg sjølvstø stand fritt. Siden rapportane er skrivi, er det også kome nye forskingsresultat som det her vil bli teke omsyn til.

## 2 KONKLUSJON

Fønnebøfjorden er eit område der det frå naturen si side lett dannar seg stagnerande kaldluft. Kraftutbygginga har gjort at elva for det aller meste går open frå kraftverket og ned til Fønnebøfjorden og det er også eit større parti ope vatn ved innlaupsosen og dessutan opne råker i sjølve fjorden. I områda der det er ope vatn, er det om lag 20 dagar med frostrøyk i gjennomsnitt pr. år av ein slik styrke at frostrøyken kan breie seg innover land. Det aller meste av denne frostrøyken har si årsak i kraftutbygginga.

Høgda på frostrøyken kan ofte koma opp i 20 - 30 m og kan breie seg innover riksvegen og gardane, særleg i øvre enden av Fønnebøfjorden. Spesielt i mørke set frostrøyken ned sikta langs riksvegen og farten til bilane må reduserast dersom dei skal kunne køyre forsvarleg. I dei aller fleste frostrøyktilfella er det klårver over frostrøyken. Utan frostrøyk kunne ein ha omtala veret med desse orda: Fint, kaldt vinterver. Frostrøyken kan skyggje for sola slik at ho berre så vidt kan skimtast gjennom frostrøyken. I mars løyser oftast sola opp frostrøyken ut på dagen.

Kanskje har reguleringa ført til fleire tillefelle av strålingståke i dei nedste områda av Fønnebøfjorden.

I frostrøyksituasjonane vil det rime på alle ting som blir utsette for luft som inneheld frostrøyk slik som tre, bygningar og snøen. Rimet frå frostrøyken er likevel lett og porøst og kan til dømes ikkje danne isbrann når det legg seg på berr mark.

Reknar vi at det i gjennomsnitt for dei 20 frostrøykdagane i året rimar  $50 \text{ g/m}^2$  svarar den totale rimmengda i ein gjennomsnittsvinter til  $1000 \text{ g/m}^2$  eller 1 mm vatn. I tillegg til dette vil også reguleringa gje eit mindre bidrag til riminga somme gonger når det ikkje er frostrøyk. Tala ovafor skulle vera nokolunde tilpassa dei gardane som ligg nærast inntil ope vatn. Ein må kunne rekne med at riminga på greiner til dømes rett ved sida det opne vatnet vil vera sterkare. Områda langt unna ope vatn vil i regelen få mindre rim.

Kraftutbygginga har ikkje ført til at det har rima vesentleg meir på fôr lagra i driftsbygningar og miljøet inne i husdyrrom har heller ikkje vorte våtare.

### 3 FROSTRØYK

#### 3.1 Generelt om frostrøyk

Frostrøyk er ei form for tåke som kan koma i stand over isfritt vatn. Fenomenet er vanlegast om hausten og om vinteren dersom det finst opne straumdrag i elvar eller isfrie fjordar.

Luft inneheld vatn både i form av vassdamp og ørsmå vassdråpar. Di høgre temperaturen er i luftmassen, di meir vassdamp kan lufta innehalde. Når lufta har teke opp i seg så mykje vassdamp som mogleg, seier ein at ho er metta. Ved  $-20^{\circ}$  tilsvarar det om lag 1 g pr. kubikkmeter luft, ved  $+20^{\circ}$  kan same luftmassen innehalde 17 g vassdamp! Vassdampen er usynleg for auga. Dei ørsmå vassdråpane er for små til at ein kan sjå kvar einskild av dei, men samla set dei ned sikta og dannar tåke. Det er altså dråpane som er sjølve frostrøyken og som i einskilde tilfelle kan gjera menneskelege aktivitetar vanskelegare. Som døme kan nemnast bilkøyring i mørke når frostrøyken breier seg innover vegbanen. Da er ofte fjernljuset på bilen til liten nytte og farten må reduserast. I spesielt kaldt ver kan også frostrøyk innehalde iskrystallar som også set ned sikta.

Frostrøyk kan berre koma i stand når den isfrie vassflate er varmare enn den omgjevande lufta. Det vil da alltid fordampe frå vassflata samstundes som lufta over vatnet blir vermt opp slik at ho letnar. Dermed vil det bli sett i gang ein vertikal luftstraum over vatnet. Oppstrøymande luft blir erstatta av luft frå sidene. Denne lufta kan i sin tur koma i kontakt med vatnet og bli metta med vassdamp. Ved turbulent blanding med kaldare luft, kan lufta bli overmetta slik at ein kan observere frostrøyk. Da blir strøymingsbiletet over elva gjort synleg i det ein kan følgje vassdråpane ( d.e. frostrøyken ) på veg oppover. Det syner seg at rørsla oppover er mykje kaotisk.

Det har vore gjort granskingar av dei meteorologiske og hydrologiske vilkåra som må vera tilstades dersom frostrøykproduksjon skal koma i stand. Det er såleis vel kjent at det svært sjeldan lagar seg frostrøyk dersom differensen mellom vassstemperatur og lufttemperatur er mindre enn 10 gradar. Større differensar enn 10 gradar kjem for det meste i stand om vinteren. Da er temperaturen i vassflata nær  $0^{\circ}$  slik at ein differens på 10 gradar tilsvarar ein lufttemperatur på  $-10^{\circ}$ . Det at lufttemperaturen er lågare



enn denne grensa, er eit tilnærma naudsynt vilkår for frostrøyk, men det er ikkje eit tilstrekkeleg vilkår. Såleis finst ofte opne vassflater utan synleg frostrøykproduksjon sjølv om det er kaldare i lufta enn  $-10^{\circ}$ .

Styrken og utbreiinga av frostrøyken kan variere mykje og dermed også ulempene av han. Ofte vil ein berre merke røyken i to-tre meters høgd. Han er da praktisk tala berre lokalisert over ope vatn. Andre gonger når han opp til eit nivå av 50-100 meter over vatnet. Heile tida vil ulike luftmassar bli blanda. Blir nok frostrøykfri luft innblanda i frostrøyken, kan dei ørsmå vassdråpane som utgjer frostrøyken fordampe. Dette avgrensar utbreiinga av han. Likevel hender det at frostrøyk kan bli liggjande som eit tåketeppe frå dalside til dalside.

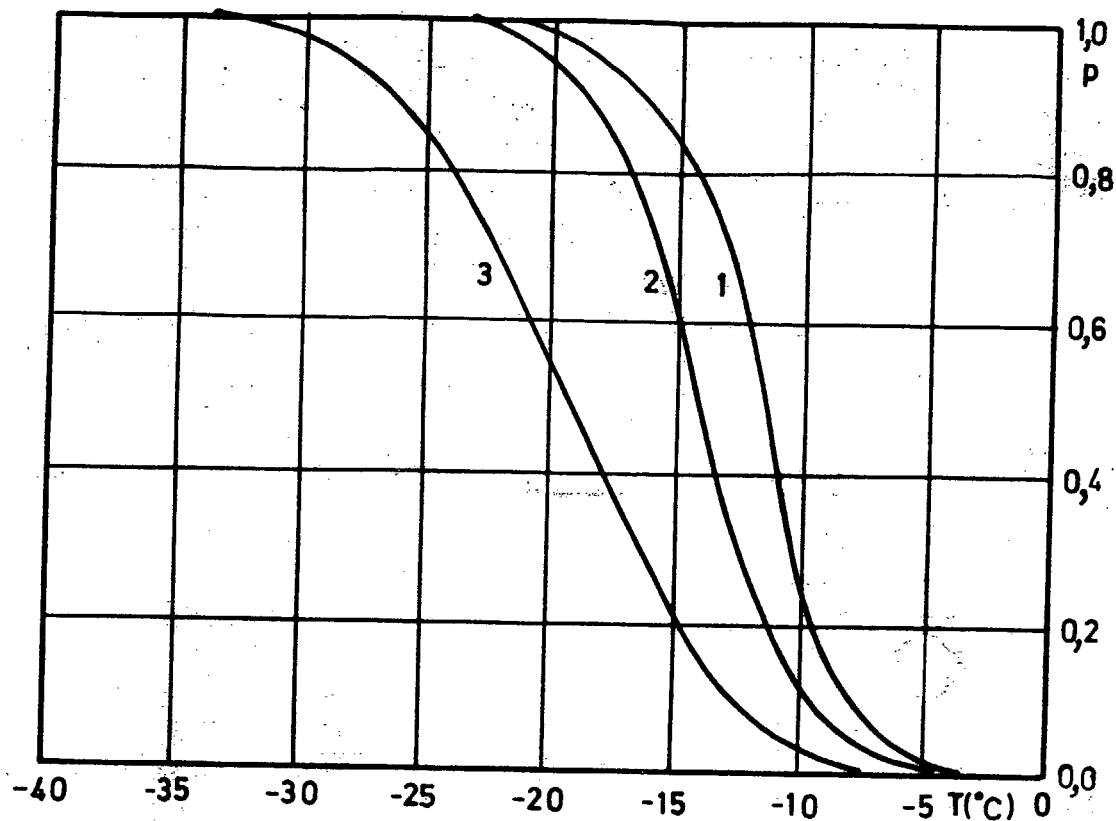
### 3.2 Andre tåkeformer

Ved sidan av frostrøyk finnst også andre tåkeformer som skal nemnast her. I regelen har ikkje desse tåkeformene si årsak i vassdragsreguleringar og det er difor viktig, når verknader av reguleringar skal diskuterast, at ein kan skilje mellom dei og frostrøyken:

- a) Adveksjonståke kallar ein det når varm luft strøymer inn over eit kaldt underlag og blir avkjølt slik at ho må kvitte seg med vassdampen som blir utfelt i form av vassdråpar. Om vinteren skjer dette ved at luft frå havet kjem inn over snødekt land. I slike situasjonar er det svært sjeldan frostrøyk.
- b) Strålingståke blir til ved at bakken taper varme på grunn av langbølgja utstråling slik at luftlaga nær bakken også blir avkjølte. Denne tåkeforma kan vise seg samstundes med frostrøyk.

### 3.3 Observasjonar av frostrøyk

Frostrøyk har vore observert i samband med fleire vassdragsreguleringar. I denne rapporten skal eg berre nemne ein observasjonsserie som skriv seg frå Vågåmo i Gudbrandsdalen. Eg vel ut denne serien fordi observasjonsne der er meir detaljerte enn vanleg.



Figur 1 Diagrammet viser sannsynet,  $p$ , for frostrøyk som funksjon av temperaturen.

- 1) Frostrøyk som kan koma inn over land (klasse 3).
- 2) Velutvikla frostrøyk (klassene 2-3).
- 3) All frostrøyk (klassene 1-3)

Frostrøyken vart observert ved osen av Vågåvatnet og eit stykke nedover langs elva. Observatøren gjekk der dagleg bort til det opne vatnet og nøydde seg ikkje med å registrere om det var frostrøyk eller ikkje, både styrke og utbreiing vart registrert. For å lette oversynet vart frostrøyken inndelt i klasser etter denne skalaen:

Klasse 1. Så vidt synleg frostrøyk over rennande vatn, frå osen og nedetter.

Klasse 2. Velutvikla frostrøyk som ikkje når utanom isfritt vatn.

Klasse 3. Frostrøyk, delvis tett (sikt mindre enn 100 meter), som tidvis breier seg utanom isfritt vatn. Sterk riming av tre, glas og metall ute i det fri.

(Eit par andre klasser som viste seg å innehalde svært få observasjonar, kom i tillegg).

Diagrammet viser at temperaturobservasjonane kan brukast som eit nær fullgodt kriterium for frostrøyk når temperaturen ligg i visse temperaturintervall. Er til dømes temperaturen lågare enn  $-20^{\circ}$ , er det nesten alltid ei eller anna form for frostrøyk. I andre temperaturintervall varierer sjansen for frostrøyk sterkt. Såleis er sjansen for frostrøyk 10 % ved  $-8^{\circ}$  og 90 % ved  $-15^{\circ}$ , ei intervallbreidd på 7 gradar.

### 3.4 Frostrøyk i Uvdal

I følgje rapporten for tilleggsskjønnet (Kanavin, 1979) går elva for det meste open frå utlaupet ved kraftstasjonen til innlaupsosen i Fønnebøfjorden. Det er ei strekning på om lag 5 km. Berre under streng kulde legg det seg noko strandis på den neste delen av elva. Dersom køyringa av kraftverket er noko redusert, kan elva i sterk kulde bli isdekt frå breidd til breidd. Dette samsvara bra med dei opplysningane folk gav meg under synfaringa.

Ved Fønnebøfjorden er innlaupsosen open, og også på nokre grunnare delar av fjorden finst opne råker. Det gjeld ved Persgardsjordet og nær enden av fjorden utfor Odden/Fønnet. Elles heldt fjorden seg islagt. (Kjelder: 1) folk langs fjorden, 2) Kanavin, 1979).

Fønnebøfjorden ligg slik til at lufta over fjorden lett kjem til å stagnere i klårt og stilt ver. Da blir snøoverflata sterkt avkjølt av netto langbølgja utstråling og temperaturen i lufta nær snøen fell. Kald luft tek til å gli nedover dalsider og det samlar seg etter kvart kaldluft i dalbotnen. Over fjorden aukar temperaturen med høgda og lufta er stabil mot vertikal strøyming. Populært kan ein seia at lufta over fjorden er innestengt av eit "lokk" over dalen. I enden av fjorden blir utstrøyminga hindra av at dalen snevrrar seg inn. Såleis blir det lite utskifting av luft i fjorden. At Fønnebøfjorden har nokre av dei lågaste temperaturane i distriktet i desse versituasjonane, kan difor lett forklarast fysisk.

Dei næraste meteorologiske stasjonane til Uvdal er 2880 Lyngdal i Numedal og 2977 Dagali - Fagerlund. Temperaturobservasjonane frå dei to stasjonane har eg gruppert i ulike intervall slik at talet på observasjonar innafor kvart intervall kunne finnast. Ved å dividere med talet på år i observasjonsperioden fann eg gjennomsnittsverdiane som er gjevne i tabellane 1 og 2.

TABELL 1 Frekvensfordeling av lufttemperatur kl 07.

2880 Lyngdal i Numedal, januar 1957 til mars 1987.  
Oppteljinga er i dagar, midla over månader og år:

Frå og med til	< -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0
Januar	0.2	0.5	1.8	4.1	6.2	7.4	7.3
Februar		0.7	1.8	4.3	5.7	7.5	5.5
Mars		0.1	0.7	2.2	4.5	7.5	10.9
April					1.0	3.4	11.9
November			0.2	0.9	2.4	5.9	9.6
Desember		0.0	1.3	2.9	5.4	7.0	8.1
Året	0.2	1.3	5.8	14.5	25.1	38.8	53.3

TABELL 2 Frekvensfordeling av lufttemperatur kl 08.

2977 Dagali - Fagerlund, januar 1959 til mars 1987.  
Oppteljinga er i dagar, midla over månader og år:

Frå og med til	< -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0
Januar	0.2	0.8	1.7	4.1	7.0	8.1	7.0
Februar	0.0	0.7	1.9	3.9	6.1	7.4	6.4
Mars		0.1	1.0	2.9	4.5	10.7	9.0
April				0.3	2.2	5.0	12.2
November			0.3	1.6	3.0	7.2	12.0
Desember	0.1	0.3	1.3	3.0	4.9	8.5	9.0
Året	0.3	1.8	6.3	15.7	27.7	46.9	55.7

Spørsmålet er så kor representative desse observasjonane er for området ved Fønnebøfjorden. For å kunne svara på det spørsmålet, kan ein gjera seg nytte av at det vinteren 1978/79 var i drift ein termohydrograf nær Fønnebøfjorden. I følgje Kanavin vart instrumenta "plassert like ved elva, ved Liverud bru". I hans rapport følgjer det med kopiar av termogramma. Kopiane brukte eg til å lesa av temperaturen kl 08 som eg direkte kunne jamføre med observasjonane på DNMI's stasjon 2977 Dagali - Fagerlund. Resultata er gjevne i tabell 3.

TABELL 3 Frekvensfordeling av lufttemperatur kl 08.

Observasjonane omfattar sesongen november til mars.

Frå og med til	< -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10
Fønnebøfjorden, 1978/79	4	10	12	21	13
Dagali - Fag., 1978/79	3	4	13	25	22
Dagali - Fag., 1959/87	0	2	6	16	25
Mindre enn:	-30	-25	-20	-15	-10
Fønnebøfjorden, 1978/79	4	14	26	47	60
Dagali - Fag., 1978/79	3	7	20	45	67
Dagali - Fag., 1959/87	0	2	8	24	49

Første delen av tabell 3 kan direkte jamførast med tabellane 1 og 2, medan siste delen av tabellen omfattar ei kumulativ fordeling. Det vil seia at siste tabelldelen er komen fram ved å summere tala i den første tabelldelen frå vinstre til høgre. Det betyr at ein kan lesa ut av tabellen kor mange observasjonar av lufttemperatur som er lågare enn intervallgrensene.

Tabellen viser at det ved dei lågaste temperaturane er noko kaldare ved Fønnebøfjorden enn ved Dagali. Til dømes ser ein at det vinteren 1978/79 har vore heile 26 tilfelle av temperaturar lågare enn  $-20^{\circ}$  ved Fønnebøfjorden, men berre 20 tilfelle ved Dagali. Enda større relativ skilnad er det ved temperaturar lågare enn  $-25^{\circ}$  der Fønnebøfjorden har 14 medan Dagali berre har 7. Dette høver godt med det som ein kunne vente ut frå terrenget ved fjorden der kaldluft som nemnd lett kan stagnere.

Dersom vind eller skyer bryt ned den vertikale stabiliteten i lufta, har Dagali på grunn av større høgd over havet ein tendens til å bli kaldare enn Fønnebøfjorden. Dersom ein tel observasjonar av meir moderat kulde, blir tilfelle av skyer og vind sterkare representerte i materialet. Det finst såleis fleire tilfelle av temperaturar på Dagali lågare enn  $-10^{\circ}$  enn ved Fønnebøfjorden, jamfør tabell 3.

Temperaturobservasjonane vinteren 1978/79 er lite representative for gjennomsnittstilhøva i det denne vinteren var spesielt kald. Dette går fram av tabell 3 der gjennomsnittsverdiane for Dagali for perioden 1959 til 1987 også er

gjevne.

For å få eit annslag for kor ofte det er frostrøyk ved Fønnebøfjorden, kan ein bruke samanhengen mellom frostrøyk og lufttemperatur som er gjeven på figur 1 kombinert med temperaturobservasjonane frå Dagali. Dette gjev 15 dagar med frostrøyk i gjennomsnitt pr vinter (eigentleg kl 08 om morgonen) når ein berre reknar den frostrøyken som kan vera til ulempe ved at han breier seg utover frå isfritt området. Dette talet er basert på heile observasjonsperioden frå 1959 til 1987.

Vi skal nå kontrollere kor sikkert dette anslaget er ved å jamføre det med dei frostrøykobservasjonane som er publiserte i Kanavins rapport. Desse observasjonane skreiv seg frå nordenden av Fønnebøfjorden og omfattar vintrane frå 1972/73 til 1976/77. Eg brukar da same utrekningsmetoden som før, men let utrekninga omfatte nett dei same åra som frostrøykobservasjonane. Basert på observasjonen av temperatur på Dagali kl 08 gav det 10 tilfelle av frostrøyk i gjennomsnitt pr år i perioden. I følgje rapporten til Kanavin vart det i gjennomsnitt for desse åra observert 13 tilfelle.

Som venta var det ikkje fullt samsvar mellom observasjonar og utrekning. Moglege feilkjelder er:

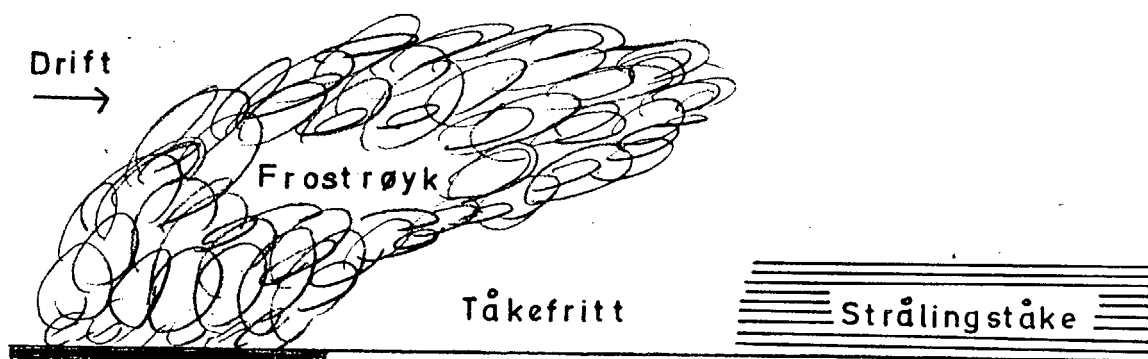
- 1) Det kan vera ulike kriteriar for kor velutvikla frostrøyken må vera for at den skal bli talt opp. Observasjonane ved Fønnebøfjorden er basert på foto-grafering av frostrøyken på avstand. Det betyr at dei svakaste formene for frostrøyk ikkje er synlege på bileta og blir dermed skjalta ut. I utrekningane er den svakaste frostrøyken skjalta ut ved at berre frostrøyk som breier seg utover frå isfritt område er teke med.
- 2) Samanhengen mellom frostrøyk og lufttemperatur kan vera ulik ved Fønnebøfjorden og på Vågåmo. (Samanhengen som er brukt, er funnen på Vågåmo) Ved å analysere tilhøva på dei to stadene synest denne feilkjelda å vera heller liten.
- 3) Temperaturobservasjonane på 2977 Dagali - Fagerlund er ikkje heilt representative for Fønnebøfjorden. Vi har alt sett at i spesielt kaldt og stilt ver som favoriserer frostrøyk er Fønnebøfjorden kaldare enn Dagali.

At det vart færre utrekna tilfelle av frostrøyk enn

observerte, kan kanskje ha samanheng med punkt 3 ovafor. Det er difor grunn til å korrigere anslaget på 15 tilfelle av frostrøyk pr år. Ut frå jamføringa ovafor mellom utrekna og observert frostrøyk, synest det rimeleg å anta at det i gjennomsnitt pr vinter vil vera om lag 20 tilfelle av frostrøyk.

### 3.5 Kombinasjon av strålingståke og frostrøyk

I rapporten til Kanavin (Kanavin, 1979) står det på side 18: "Dannelsen av frostrøyk over selve den åpne elva er sterkt begrenset, men forekomsten av froståke i dalbunnen har øket i forhold til før reguleringen". I rapporten er det også teke med nokre fotografi som viser døme på slike tilfelle. Denne forma for ståke blir på fagspråket kalla for strålingståke, jamfør pkt. 2.2. I regelen reknar ein med at ho ikkje kan ha si årsak i vassgragsreguleringar da ho legg seg over islagt område.



Figur 2. Kombinasjon av strålingståke og frostrøyk (tenkt tilfelle).

Ein kombinasjon av strålingståke og frostrøyk er skissert på figur 2. Figuren illustrerer følgjande situasjon: Ved innlaupsosen til Fønneøfjorden er det ope vatn og frostrøykproduksjon under svak vind nedover dalen. Frostrøyken blir ført med vinden utover frå det isfrie området. Like over snøflata fordampar frostrøyken lett og lufta blir frostrøykfri. Høgre oppe held frostrøyken seg betre og når lenger utover fjorden. Under frostrøyken taper ikkje snøoverflata varme på grunn av netto, langbølgja utstråling slik at det der ikkje kan bli strålingståke. Men lenger nede i fjorden der frostrøyken har løyst seg opp, kan strålingståke bli danna.

Det er greitt nok at strålingståke kan bli danna i visse situasjonar, men spørsmålet er om det har vorte meir strålingståke etter reguleringa. Her er det to effektar som verkar i motsett lei:

- 1) Over det opne vatnet er det sterk fordamping. Lufta vil dermed innehalde meir vatn enn før reguleringa både i form av vassdråpar og i form av vassdamp. Isolert sett kan dette føre til meir strålingståke.
- 2) Sidan vatnet er varmare enn lufta, går det ein varmestraum frå vatn til luft. Dette fører til at temperaturen i lufta er vorte høgre enn før reguleringa. Isolert sett kan dette føre til mindre strålingståke.

Under synfaringa langs Fønnebøfjorden gav dei eg snakka med uttrykk for at det var frostrøyken som verkeleg var eit problem og at tåka dermed gjorde seg gjeldande nær dei områda som hadde ope vatn. Dette er også vanleg andre stader der det har vore vassdragsutbyggingar. Eg vil likevel ikkje avvise Kanavins påstand om at det har vorte meir strålingståke etter reguleringa.

### 3.6 Oppsummering og sluttvurdering

Fønnebøfjorden er eit område der det frå naturen si side lett dannar seg stagnerande kaldluft. Kraftutbygginga har gjort at elva for det aller meste går open frå karftverket og ned til Fønnebøfjorden og det er også eit større parti ope vatn ved innlaupsosen og dessutan opne råker i sjølve fjorden. I områda der det er ope vatn, er det om lag 20 tilfelle av frostrøyk i gjennomsnitt pr. år av ein slik styrke at frostrøyken kan breie seg innover land. Det aller meste av denne frostrøyken har si årsak i kraftutbygginga.

Høgda på frostrøyken kan ofte koma opp i 20 - 30 m og kan breie seg innover riksvegen og gardane, særleg i øvre enden av Fønnebøfjorden. Spesielt i mørke set frostrøyken ned sikta langs riksvegen og farten til bilane må reduserast dersom dei skal køyre forsvarleg. I dei aller fleste frostrøyktilfella er det klårver over frostrøyken. Utan frostrøyk kunne ein ha omtala veret med desse orda: Fint, kaldt vinterver. Frostrøyken kan skyggje for sola slik at ho berre så vidt kan skimtast gjennom han. I mars løyser oftast sola opp frostrøyken ut på dagen.

Kanskje har reguleringa ført til fleire tilfelle av strålingståke i dei nedste områda av Fønnebøfjorden.



## 4 RIMING PÅ GRUNN AV FROSTRØYK UTE I DET FRI

### 4.1 Fysiske årsaker

Det er ei kjent sak at det dannar seg rim på ting som blir utsette for frostrøykinnbrot. Det kan gjelde hus, tre, gjerde eller berr mark.

Dersom ein tenkjer fysisk, vil det vera to prosessar som fører til auka riming i ein frostrøyksituasjon.

- 1) Direkte avsetjing. Dei små vassdråpane i frostrøyken er underkjølte og vil fryse så snart dei møter hindringar på sin veg. Prosessen vil altså føre til riming på hindringane.
- 2) Sublimasjon frå vassdampen i lufta. Prosessen kjem istand fordi metningstrykket til vassdampen over vatn er større enn over is. Vassoverskotet kan såleis avsetjast på ei snø- eller rimflate.

### 4.2 Rimmølingar

Når det gjeld riming har det vore gjort etter måten få godt organiserte mølingar og utvalet av eksempel er difor ikkje stort.

I følgje ei gransking frå Rendalen ( Nybø, 1984 ) på ein stad som låg 60-70 m frå avlaupskanalen til eit kraftverk, har det vorte avsett i gjennomsnitt 20 g rim pr  $m^2$  pr døgn når ein berre rekna dei rimmengdene som reguleringa førte med seg.

I Hallingdal, like ved utlaupet frå Rud kraftverk, vart det målt ei gjennomsnittleg rimmengd på 100 g pr.  $m^2$  på ein vegg som stod loddrett på den vanlegaste vindretninga i frostrøykperioden. På ein vegg parallelt med vindretninga vart det målt 60 g rim. Gjennomsnittleg lengd av periodane var 39 timar. Dette gjev altså 62 g/ $m^2$  rim pr døgn på den loddrette veggen og 37 g/ $m^2$  pr døgn på den parallelle veggen.

### 4.3 Riming i Uvdal

Så vidt eg kan sjå av rapporten til Kanavin er det ikkje sett i gang målingar av rim i samband med reguleringa. Som tidlegare nemnt har eg heller ikkje hatt høve til å vitja området under ein frostrøyksituasjon. Grunnlaget for dette avsnittet er difor målingar andre stader og kjent fysikk for fuktig luft.

Vi vil først sjå kor mykje væte det er i luft som inneheld frostrøyk. Som nemnt finst væte i lufta både som fritt vatn og i form av vassdamp.

- 1) Fritt vatn: Dette er vatn i form av ørsmå dråpar, dvs. frostrøyken. Vassinnhaldet i han varierer mykje alt etter kor tett han er. Tett frostrøyk kan innehalde 0,1 g vatn pr  $m^3$  luft. Når temperaturen er lågare enn  $-20^{\circ}$ , finst noko av dette vatnet i form av iskrystallar.
- 2) Vassdamp: I tabellen under er vassdampinnhaldet i lufta gjeve når ho er mætta. Det meste av denne vassdampen vil halde seg i lufta og ikkje vera tilgjengeleg for riming. Men noko av han vil lett gå over til rim over ei is eller snøflate, jamfør siste line i tabell 4. ( Talet for  $-30^{\circ}$  er for høgt fordi ein stor del av dråpane da alt er gått over til iskrystallar).

Tabell 4 Vassdamp i mætta luft gjeve i  $g/m^3$ .

Lufttemperatur i $^{\circ}C$	-30	-20	-10
Vassdampinnhald i mætta luft	0,45	1,07	2,36
Tilgjengeleg vassdamp for riming	0,12	0,18	0,22

Vi ser av tabellen at det ved  $-20^{\circ}$  til dømes er om lag dobbelt så mykje vatn til rådvelde i form av vassdamp som av fritt vatn. Summerer ein all væte som er tilgjengeleg for riming, kjem ein fram til at det maksimalt kan dreie seg om  $0,3 g/m^3$  dersom temperaturen i lufta er den same som temperaturen i snøflata. Nå er ofte snøoverflata kaldare enn lufta, kanskje 2 gradar. Ved  $-20^{\circ}$  får ein grovt rekna 0,1 g tilgjengeleg vatn for kvar grad temperaturen i snøoverflata er kaldare enn lufta, slik at vi kan rekne at det i kvar kubikmeter luft med tett frostrøyk vil vera 0,5 g vatn tilgjengeleg for riming.

Tala ovafor viser at ein luftmasse på  $1000 \text{ m}^3$  må tappast for all tilgjengeleg råme for at det skal kunne bli avsett ei rimmengd som svarar til  $0,5 \text{ mm}$  vatn. Dette gjeld ved  $-20^\circ$ . I praksis finn ein da også at det er dei stadene som ligg slik til i terrenget at dei er utsette for vinddrag direkte frå den frostrøykproduserande vassflata som rimar mest. Dessutan er spisse gjenstander også særst utsette slik som greiner på tre.

Rimet som legg seg på tinga er porøst og vil lett kunne drysse av dersom tingen kjem i rørsle. Rim på tre kan drysse av ved vind. Er det berr mark vil rimet også leggje seg på marka slik at ho blir kvitrima. Det har i samband med andre reguleringar vore stilt spørsmål om ikkje dette rimet kunne føre til at marka kunne ta skade ved isbrann. Men nettopp fordi rimet er lett og porøst, kan det ikkje skade grasrota (Jakhelln, Utaaker, 1965)

Vi har sett at dei største rimmengdene som har vore observert frå frostrøyk er  $60 \text{ g}$  pr  $\text{m}^2$  pr døgn. Dette tilsvarar berre  $0,06 \text{ mm}$  vatn pr døgn. Nå har det etter måten vore gjort få rimmølingar i samband med kraftutbygging og det er mogleg at det i einstilte situasjonar kunne ha rima meir enn dette. På den andre sida vil det vera mange situasjonar der det rimar mindre enn  $60 \text{ g/m}^2$ . Reknar vi at det i gjennomsnitt for dei 20 frostrøykdagane i året rimar  $50 \text{ g/m}^2$  svarar den totale rimmengda i ein gjennomsnittsvinter til  $1000 \text{ g/m}^2$  eller  $1 \text{ mm}$  vatn. I tillegg til dette vil også reguleringa gje eit mindre bidrag til riminga somme gonger når det ikkje er frostrøyk. Tala ovafor skulle vera nokolunde tilpassa dei gardane som ligg nærast inntil ope vatn. Ein må kunne rekne med at riminga på greiner til dømes rett ved sida det opne vatnet vil vera sterkare. Områda langt unna ope vatn vil i regelen få mindre rim.

## 5 EVENTUELL SKADE AV FROSTRØYKEN INNADØRS

### 5.1 Auka råme i fôr lagra i uthus

Organisk materiale vil vera meir eller mindre hygroskopisk. Slik er det også med tørt stråfôr. I tillegg til dei to prosessane som er nemnde i førre kapitlet, kan ein tredje prosess også ha innverknad på fôret.

- 3) Hygroskopisk vektauke. Den hygroskopiske evna til fôret kan føre til at det i visse høve kan ta opp råme frå lufta og såleis auke i vekt.

Vi skal sjå korleis kvar av dei tre prosessane kan verke inne i eit uthus. Vi vil da ha som føresetnad at uthuset har god naturleg ventilasjon, men at det ikkje er ekstremt ope ved at det manglar ein eller fleire vegger.

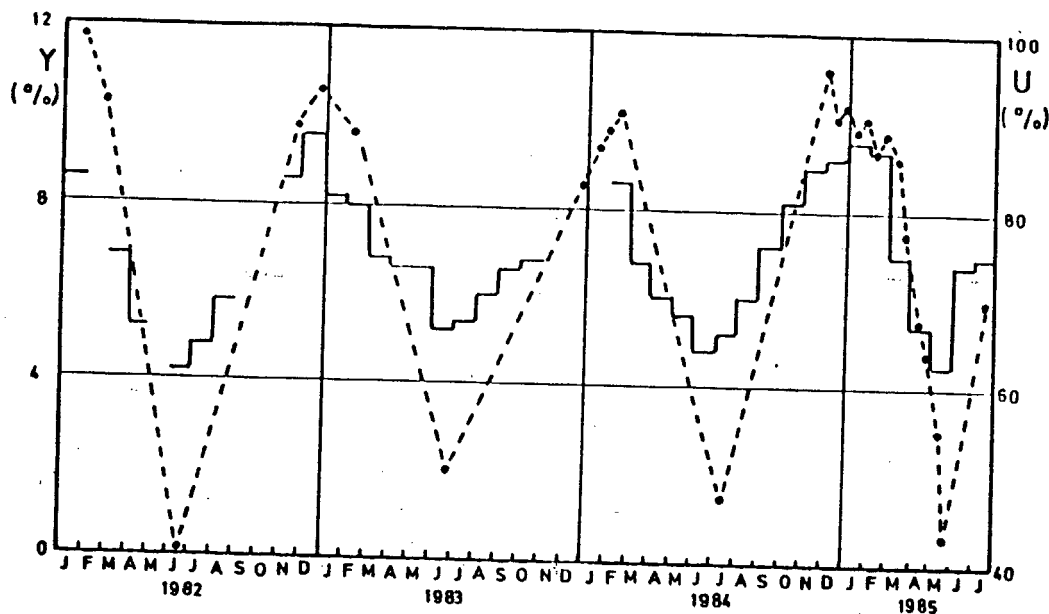
Direkte avsetjing av dråpane. Denne prosessen kan neppe gjera seg gjeldande inne i uthuset da dråpane vil fordampe nær veggen av uthuset eller i alle fall ved passasje gjennom sprikkane i veggen.

Sublimasjon av vassdampen i lufta: Denne prosessen kan tenkjast å vera verksam inne i uthuset, men han vil vera mykje mindre effektiv enn ute i det fri for di lufta blir tappa for tilgjengeleg råme i det ho passerer sprikkane i uthuset.

Under målingar med ei spesiallaga fôrvekt i Orkdalen i samband med ei regulering der, vart det berre konstatert mindre endringar i fôrvektene i kuldeperiodane, (Skaar, Utaaker, 1987). Dette galdt anten det var frostrøyk der eller ikkje. Stigninga kom alltid i samband med ein temperaturauke medan den relative råmen i lufta heldt seg høg. Vektauken var sjeldan meir enn 0,005 mm eller 5 g/m<sup>2</sup>. At det var ope vatn i dalen kan spela ei rolle for å halde oppe den relative råmen under ei temperaturstigning, men bidraget var så lite at det var uråd å påvise noko målbart utslag.

Vektauke på grunn av hygroskopisk fôr. Mellom råmen i fôret og råmen i lufta eksisterer det ein balanse som kan uttrykkest ved ei jamvektskurve. Bli fôret våtare enn den relative råmen i lufta skulle tilseia, går det ein transport av råme frå fôret til lufta. Bli fôret tørrare enn balansetilstanden, går transporten den andre vegen, altså

frå lufta til fôret. Dette vart granska ved hjelp av vektprøver i Gudbrandsdalen (Nordli, 1986) der dei same vektprøvene vart følgt gjennom fleire år. Resultata frå denne granskinga er attgjeven på figur 3.



Figur 3 Diagrammet viser samanhengen mellom fôrvekt og relativ råme i lufta. Stipla kurve er fôrvekta rekna i % av basisvekt fôr. (dvs. rekna i % av den lettaste vekta fôret hadde i prøveperioden). Hakkut kurve er månadsmedel av relativ råme.

På grunnlag av figur 3 kunne ein tenkje seg at fôret kunne auke i vekt på grunn av reguleringa fordi reguleringa aukar den relative råmen i lufta. Men i den nemnde granskinga frå Orkdalen har ein ved hjelp av tidesvise målingar vist at transporten inn og ut av fôret går svært seint når temperaturen i lufta er lågare enn  $0^{\circ}$ . Er lufttemperaturen høgare enn  $0^{\circ}$  betyr fordampning frå open elv i regelen minimalt for den relative råmen i lufta. Vesentleg vektauke i fôrstålet på grunn av den hygroskopiske evna til fôret kan difor ikkje vera ein følgje av reguleringa.

Etter at ein har drøfta dei prosessane som kan tenkjast å føre til at fôret aukar i vekt og dessutan drege nytte av dei siste granskingane på dette området, synest det utan tvil å vera slik at frostrøyken ikkje vater fôret vesentleg. Mot dette står påstandar frå gardbrukarar som eg snakka med under synfaringa. Også frå andre bygder med kraftutbygging er tilsvarande påstandar sette fram. På dette området synest det altså å vera sterk motstrid mellom påstandar og målingar. Nå treng slett ikkje påstandane om rim på fôr å vera urette. Ved innbrot av mildver vil det kunne rime

sterkt på fôret, men årsaka er da sjølve verlaget. Det kan som kjent ei kraftutbygging ikkje ha innverknad på.

Dersom det skulle finnast utlør der ein eller fleire vegger vantar, vil riming på fôret i desse løene skje i den monn som det rimar på andre opne flater, sjå kapitel 4.

## 5.2 Miljøet i husdyrrom under frostrøyk

Under tilleggsskjønnet vart det sett fram påstandar om at det er vorte meir råme i eit kaldhus for sau etter reguleringa. Dette er vurdert også av dei jordbrukssakkunnige i deira rapport til skjønnet. Eg vil likevel vurdere dette utfrå ein meteorologisk synsstad ved å ta eit eksempel frå ein tenkt frostrøyksituasjon som eg likevel vonar vil vera realistisk:

La vi tenkje oss to situasjonar der verlaget er likt, den eine føre reguleringa og den andre etter reguleringa. På grunn av ope vatn etter reguleringa, vil utslaga bli noko ulike når det gjeld lokalveret.

Føre reguleringa: Vi tenkjer oss at temperaturen i lufta er  $-25^{\circ}$  og den relative råmen 60%. (60% relativ råme er truleg uvanleg lågt i kaldt vinterver).

Etter reguleringa: Varmetransporten frå ope vatn fører til at temperaturen utafør huset blir 2 gradar høgre, dvs.  $-23^{\circ}$ . Vi reknar med at det er frostrøyk utafør slik at den relative råmen der er 100%. Men i det lufta kjem inn gjennom veggen rimar det på veggen og lufta gjev frå seg råme til ho er mætta i høve til is. Da vil den relative råmen gå ned til 80%.

Vi reknar vidare med at sauene gjev frå seg noko varme slik at temperaturen inne i huset er 20 gradar høgre enn utafør. Dette gjeld både føre og etter reguleringa. Ut frå desse føresetnadene er tala i tabell 5 komne fram.

Tabell 5 Luft i uthus under ein frostrøyksituasjon.

e= vassdamptrykket.

T= lufttemperatur

U= relativ råme i luft

e= absolutt råme i luft

	T(°C)	Ute		Inne
		U(%)	e(g/m <sup>3</sup> )	e(g/m <sup>3</sup> )
Føre reg.	-25	60	0,42	3,2
Etter reg.	-23	80	0,67	3,8

Av tabellen ser vi at frostrøyklufta i det ho skal til å passere gjennom sprekkane i låven berre inneheld 0,67 g vatn pr m<sup>3</sup> luft. Tilsvarende tal føre reguleringa var 0,42 g slik at differensen i absolutt råme for dei to luftmassane blir 0,25 g. Sidan det var is eller rim i saueulla, vil det seia at lufta inne i huset må vera metta med omsyn til is. På grunn av oppvarminga kan lufta inne innehalde 3,2 g føre reguleringa og 3,8 g etter reguleringa. Lufta inne i uthuset inneheld altså mange gonger så mykje råme som lufta ute. Denne råmen kan ikkje koma utafra, men derimot frå sauens sjølv. I eksemplet over kan faktisk lufta inne i huset ta opp meir råme etter reguleringa enn føre reguleringa slik reguleringa snarare har skapt mindre rim i huset enn det ville vore utan regulering.

Nå er eksemplet ovafor berre eit tenkt tilfelle, men det er likevel ingen urealistisk frostrøyksituasjon som der blir omtala. Inne i uthuset vil dyra gje frå seg både varme og råme. Det vil vera råmen frå dyra, ventilasjonen og isolasjonen av husa som betyr noko. Råmen i utelufta vil spela ei heilt underordna rolle.

## 6 LITTERATUR

- Jakhelln, Anton. Utaaker, Kåre. 1965. Om lokalklima, frostrøyk og isdannelser på dyrket mark og beite i Tydal og øvre Selbu. Ei utgreiing for overskjønnet.
- Kanavin, Edvigs V. 1979. Mulige forandringar i lokalklimaet om vinteren i Uvdal som følge av regulering og utbygging av Uvdal kraftverk.
- Nordli, Per Øyvind. 1986. Den hygroskopiske evna til stråfôr lagra i uthus. DNMI-RAPPORT, nr 22 Klima, Oslo.
- Nybø, Kjell. 1984. Rendalsoverføringa sin verknad på rimnedslaget langs vassdraget. Klima, hefte nr. 6, DNMI, Oslo
- Sollid, Sverre og Uhlen, Gotfred. 1979. Uttalelser for tilleggsskjønn om frostskaider og jorderosjon.
- Utaaker, Kåre. Skaar, Endre. 1987. Vektendringer av høy i en utløe ved Orkla i samband med Orkla/Grana reguleringene. Meteorological report series, Universitetet i Bergen 2-1987.



Forsker Per E. Nordlie  
Postboks 320 Blindern  
0314 Oslo 3

Sak nr. 12/1981 B:Asker og Bærum Kraftselskap - Grunneiere i  
Nore og Uvdal

Saken er overskjønn over skjønn vedrørende frost-  
røskader ved reguleringen av Uvdalsvaasdraget. De oppnevnes  
herved som sakkyndig ved overskjønnet sammen med professor  
Gotfred Uhlen og fhv. fylkeslandbrukssjef Sverre Sollid. Jeg  
vedlegger et eks. av underskjønnet og av uttalelser avgitt av  
Edvigs Kanavin juni 1979 og fra Sollid og Uhlen sept. 1979.  
Videre følger prosskrift av 20/1 1987 fra advokat Dalan og  
9/2 1987 fra advokat Bjelke.

Jeg går ut fra at De tar kontakt med Uhlen og Sollid  
og blir enige om hvordan arbeidet bør legges opp. Det vil være  
ønskelig om de sakkyndige fremlegger en uttalelse for over-  
skjønnet holdes.

Overskjønnet er berammet til tirsdag 30/6 1987 i  
kommunestyresalen i Uvdal sentrum. Klokkeslett blir oppgitt  
senere. Det er reservert plass for retten, advokatene og de  
sakkyndige på Bröstrud Pensjonat fra om aftenen den 29/6.  
Saken tar ventelig 2 dager.

Mottagelsen av dette brev bes vennligst erkjent.

Numedal herredsrett, 9/3 1987

  
Per Kaas  
settedommer

Settedommerens adresse: H.r.advokat Per Kaas, Storgaten 4,  
3500 Hønefoss

44 (067) 24370