

DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 320 · BLINDERN 0314 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

43/85 KLIMA

DATO

14.05.1985

TITTEL

UTVIDING AV NEDRE VINSTRA KRAFTVERK
KLIMARAPPORT

UTARBEIDET AV

PER EYVIND NORDLIE

OPPDRAKSGIVER

VINSTRA KRAFTSELSKAP

OPPDRAKSNR.

SAMMENDRAG

Vinstra kraftselskap vil søkje om konsesjon for ei utviding av Nedre Vinstra kraftverk ved eit nytt agregat på 100 Mw. I følgje Iskntoret ved Hydrologisk avdeling ved NVE, vil dette føre til auka areal ope vatn nedover vassdraget frå Harpefoss til Fåvang. Ved hjelp av systematiske frostrøykobservasjonar frå Vågåmo kombinert med ein lang serie meteorologiske observasjonar frå Vinstra, har ein kome til at det er om lag 16 frostrøykdøgn i gjennomsnitt pr. år nær ope vatn. I dette talet er berre teke med frostrøyk av ein slik styrke at den kan breie seg innover land. Der ombygginga av kraftverket ikkje skaper nye isfrie område, vil ikkje frostrøyksituasjonen kunne endre seg. Der ombygginga skaper nye isfrie områder, kan det bli opptil 16 nye døgn med frostrøyk i gjennomsnitt pr. år.

UNDERSKRIFT

Per Eyvind Nordlie

Per Eyvind Nordlie

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune

FAGSJEF

	INNHALD	Side
	INNLEIING	2
	KONKLUSJON	2
1	KORT OM KLIMAET I OMRÅDET	3
2	FROSTRØYK	5
2.1	Generelt om frostrøyk	5
2.2	Frostrøyk over Lågen	7
2.3	Rim	11
3	LITTERATUR	12
A	VEDLEGG, BREV FRA OPPDRADSGJEVAREN	13
B	VEDLEGG, KONKLUSJON FRA ISKONTORET VED NVE	14
C	VEDLEGG, FROSTRØYK	15
C.1	Meteorologiske vilkår for frostrøyk	15
C.2	Frostrøykobservasjonar	17
C.3	Frostrøyk over Lågen frå Harpefoss til Fåvang	19
C.4	Persistensen av frostrøyken	20

INNLEIING.

Vinstra kraftselskap har planar om å utvide Nedre Vinstra kraftverk med eit agregat i tillegg til dei fire som nå er i drift, sjå vedlegg A som er ein kopi av vårt oppdrag frå kraftselskapet. Den utvida reguleringa vil føre til at slukeevna til kraftverket vil auke frå 60 m³/s til 100 m³/s. Utsleppet frå dette kraftverket kjem ut i Lågen ved Harpefoss slik at vassføringa nedafor denne staden blir påverka.

Kraftselskapet har også gjeve Hydrologisk avdeling ved Norgs vassdrag- og elektrisitetsvesen, NVE, i oppdrag å utgreie verknaden av den utvida reguleringa på islegginga i vassdraget. Rapporten om dette er alt ferdig og er komen Det norske meteorologiske institutt, DNMI, i hende, (Pytte Asvall, 1985). Konklusjonen i rapporten er attgjeven i vedlegg B. Opplysningane der er avgjerande også for DNMI's rapport.

KONKLUSJON

I følgje Iskontoret ved Hydrologisk avdeling ved NVE, vil inngrepet føre til auka areal ope vatn nedover vassdraget frå Harpefoss til Fåvang, fig 2.2. Ved hjelp av systematiske frostrøykobservasjonar frå Vågåmo kombinert med ein lang serie meteorologiske observasjonar frå Vinstra, har ein kome til at det er om lag 16 frostrøykdøgn i gjennomsnitt pr år nær ope vatn. I dette talet er berre teke med frostrøyk av ein slik styrke at den kan breie seg innover land. Der ombygginga av kraftverket ikkje skaper nye isfrie område, vil ikkje frostrøysituasjonen kunne endre seg. Der ombygginga skaper nye isfrie området, kan det bli opp til 16 nye døgn med frostrøyk i gjennomsnitt pr år.

Sjansen for frostrøyk på ein tilfeldig valt dag i månadene januar, februar og desember er 18 %. Det vart funne bindingar mellom observasjonane, slik at sjansen for frostrøyk er 44 % dersom det var frostrøyk dagen før. Derimot er sjansen for frostrøyk neste dag berre 7 % når det ikkje var frostrøyk dagen før. Sjansen for frostrøyk to tilfeldige dagar på rad er 8 %.

Fordelinga av frostrøyken varierer frå vinter til vinter i laupet av observasjonsperioden. Ved hjelp av visse statistiske metodar som det er gjort nærare greie for i teksta, fann ein at sjansen for minst 10 frostrøydagar i året er 87 %, for minst 20 dagar 23 % og for minst 30 dagar nær 0 %.

1 KORT OM KLIMAET I OMRÅDET.

Det området som blir påverka av tilleggsreguleringa, strekkjer seg frå Harpefoss i nord-vest til Fåvang i sør-aust, (Pytte Asvall, 1985). Strekninga er mellom 20 og 30 km lang målt etter elva. Gudbrandsdalen er her ein U-dal med bratte dalsider og flat dalbotn. Ein stor del av dalbotnen er dekt av Lågen.

Området har eit stabilt vinterklima med god skjerming mot vind frå vest. Difor kjem da også det meste av vinternedbøren frå sør og aust. Kaldlufta har ein tendens til å bli liggjande sjølv om det kjem innbrot av mildare luft frå vest i høgre luftlag. Temperaturen vil ikkje variere så mykje som i dei øvste bygdene i Gudbrandsdalen, Lesja og Skjåk, der mild luft lettare trengjer inn.

På Vinstra, ei snau mil ovafor Harpefoss har Meteorologisk institutt hatt ein verstasjon i tidsrommet juni 1936 til mai 1980. Den har vore flytta ein gong i perioden og er difor registrert som to ulike stasjonar, nemleg 1355 Vinstra (1936 - 1968) og 1354 Vinstra - Solstad (1968 - 1980). Flyttinga har ikkje skapt noko synleg homogenitetsbrot for temperatur, difor er temperaturnormalane dei same for dei to stasjonane, medan nedbørnormalane er ulike sjå tabellane 1.1 og 1.2. Båe stasjonane låg nær dalbotnen, Vinstra 241 m.o.h. og Vinstra - Solstad 249 m.o.h.

Tabell 1.1, LUFTEMPERATUR

1354 VINSTRA - SOLSTAD
1355 VINSTRA

SAMLA OBSERVASJONSPERIODE JUNI 1936 TIL MAI 1980.

	JAN	FEB	MARS	APR	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEPT	OKT	NOV	DES	AR
NORMAL:	-10,8	-9,3	-3,6	3,0	8,9	13,1	15,5	13,8	8,7	2,9	-2,8	-7,4	2,7
HØGSTE MANADSMEDEL:	-3,2	-2,6	1,5	5,4	11,4	16,8	18,0	17,7	11,8	6,5	0,4	-3,5	4,4
HENDE AR:	1973	1965	1973	1974	1947	1970	1937	1947	1949	1961	1953	1936	1938
LAGASTE MANADSMEDEL:	-19,2	-19,1	-9,0	-0,5	6,4	11,0	12,7	11,2	5,9	0,0	-9,7	-15,4	0,9
HENDE AR:	1942	1947	1958	1966	1955	1944	1964	1956	1952	1939	1968	1965	1940
ABSOLUTT MAKSIMUM:	11,7	10,8	14,5	20,4	28,3	33,6	32,5	33,5	25,8	18,6	13,3	9,8	
HENDE AR:	1973	1971	1973	1942	1941	1970	1941	1975	1958	1969	1971	1975	
ABSOLUTT MINIMUM:	-35,9	-33,4	-28,8	-18,9	-6,7	-2,8	1,1	-1,9	-6,6	-18,4	-24,6	-32,1	
HENDE AR:	1979	1958	1942	1944	1944	1955	1978	1978	1968	1948	1969	1969	

Tabell 1.1 syner at Vinstra har eit typisk innlandsklima med store skilnader mellom vinter og sommartemperaturar. Såleis er differensen mellom varmaste og kaldaste månadsnormal 26,3 gradar, mellom høgste og lågaste månadsmedeltemperatur 37,2 gradar og mellom det høgste mælte og det lågaste mælte heile 69.5 gradar!

Eit anna karakteristisk kjenneteiken på innlandsklima/havklima, er nedbørfordelinga mellom årstidene. Di større del av nedbøren som kjem om sommaren i høve til om vinteren, di meir typisk innlandsklima har staden. Nedbørnormalane i tabell 1.2 syner da også til fullnads at det meste av årsnedbøren kjem om sommaren og hausten.

Om sommaren spelar byenedbør ei stor rolle. Dette har openbart hindra at juni og framfor alt juli nokon gong har vore nær nedbørfrie i laupet av observasjonsperioden til liks med dei andre månadene. Årsnormalen på 390 mm pr år er av dei lågaste på Austlandet når ein ser bort frå visse stasjonar i Lom og Skjåk.

Tabell 1.2, NEDBØR

1354 VINSTRA - SOLSTAD
1355 VINSTRA

SANLA OBSERVASJONSPERIODE JUNI 1936 TIL MAI 1980.

	JAN	FEB	MARS	APR	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEPT	OKT	NOV	DES	AR
NORMAL FOR ST.NR. 1354	23	15	13	16	20	48	65	60	40	31	30	29	390
NORMAL FOR ST.NR. 1355	22	14	11	14	26	54	77	66	42	30	27	26	409
STØRSTE MANADSNEDBØR:	63	42	37	43	94	129	147	160	123	110	61	91	549
HENDE AR:	1975	1966	1979	1937	1949	1964	1939	1951	1946	1964	1961	1966	1950
LAGASTE MANADSNEDBØR:	2	1	0	0	1	12	31	1	6	3	5	2	257
HENDE AR:	1942	1947	1976	1974	1970	1969	1967	1947	1939	1939	1945	1963	1955
STØRSTE SNØDJUPN I CM:	80	86	86	78	2	4			6	17	45	78	
HENDE AR:	1967	1951	1951	1951	1958	1964			1936	1942	1965	1966	

2 FROSTRØYK

- 2.1 Generelt om frostrøyk. Frostrøyk er ei form for tåke som kan koma i stand over isfritt vatn. Fenomentet 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 gradar tilsvarar det om lag 0.8 g pr. kubikkmeter luft, ved $+30$ gradar kan same luftmassen innehalde nesten 30 g vassdamp! Vassdampen er usynleg for auga. Dei ørsmå vassdråpane er for små til at ein kan sjå kvar einiskild av dei, men samla set dei ned sikta og dannar tåke. Det er altså dråpane som er sjølve frostrøyken og som i einiskilde tilfelle kan gjera menneskelege aktivitetar vanskelegare. Som døme kan nemnas 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.

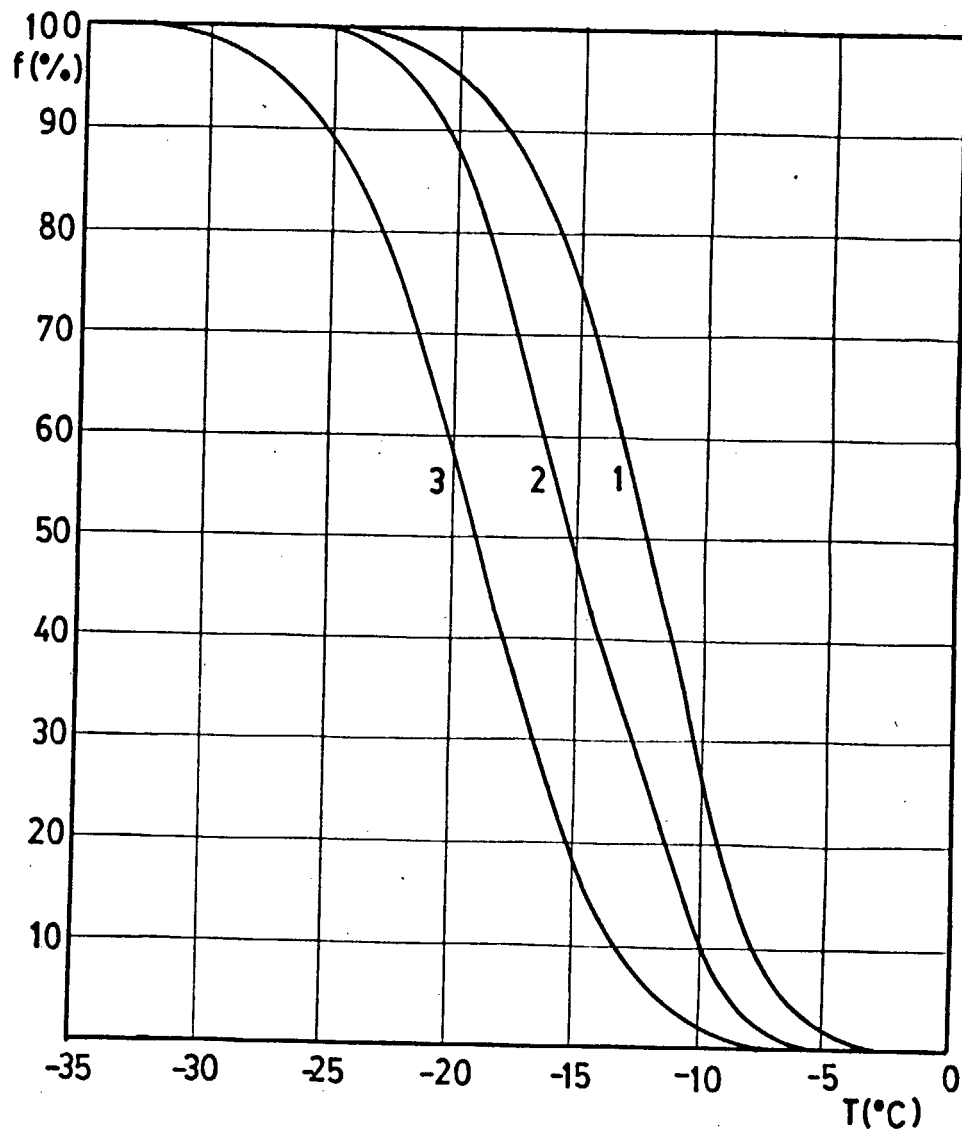
Ved sidan av frostrøyk finnst også andre tåkeformer som skal nemnast her. I regelen har ikkje desse tåkeformene si årsak i vassdragsreguleringar og det er difor viktig, når verknader av reguleringar skal diskuterast, at ein kan skilje mellom dei:

Adveksjonståke kallar ein det når varm luft strøymer innover 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.

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.

Frostrøyk (fordampingståke) kan koma i stand når ei isfri vassflate er varmare enn den omgjevande lufta. Det vil da alltid fordampe frå vassflata smstundes 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 (turbulent). I vedlegg C er prosessane som skjer ved frostrøykdanning nærare omtala. For spesielt interesserte viser ein til vedlegget.

Av frostrøyken legg det seg rim på hus, tre, gjerde eller andre ting. Det kan også rime på berr mark, men rimet er porøst slik at det ikkje vil gjera skade på komande avling ved isbrann.



Figur 2.1

Diagrammet viser sjansen for frostrøyk, f , som funksjon av lufttemperaturen kl 07, T , på verstasjonane 1460 Vågåmo og 1461 Vågå - Klones. (Desse to stasjonane er homogene når det gjeld lufttemperatur)
 Frostrøyken er observert ved osen av Vågåvatnet og over Otta nokre 100 m frå osen og nedover dalen.
 Frostrøyken er delt inn i grupper nemnde 1, 2 og 3 som er definert såleis:

- Gruppe 1: All frostrøyk som kan observerast
- Gruppe 2: Velutvikla frostrøyk
- Gruppe 3: Frostrøyk tett eller delvis tett (sikt < 100 m), som i det minste tidvis breier seg utanom isfritt vatn

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 gradar slik at ein differens på 10 gradar tilsvarar ein lufttemperatur på -10 gradar. 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 gradar. Figur 2.1 syner at sjansen for frostrøyk aukar di lågare lufttemperaturen er.

2.2 Frostrøyk over Lågen: Med det vinterklimaet som er i området mellom Harpefossen og Fåvang har Lågen naturleg isdekke på strekninga i dei aktuelle månadene desember, januar og februar. Men sidan det alt er fleire reguleringar ovafor denne elvestrekninga, finst det også i dag opne råker. Dette er registrert av Iskontoret ved Hydrologisk avdeling ved NVE (Pytte Asvall, 1985) og her attgjeve på figur 2.2. Over desse områda vil det vera frostrøyk i visse situasjonar, men det er ikkje igangsett noka systematisk registrering. I følgje same rappoeten vil areala auke monaleg dersom slukeevna i Vinstra kraftverk blir auka til 90 m³/s slik figur 2.2 viser.

Det betyr at frostrøykproduksjonen vil gå føre seg over større flater enn før slik at samla frostrøykproduksjon vil auke. På stader der det i dag finst frostrøyk, tyder det at frostrøyken blir tettare. På stader der det i dag er god avstand til ope vatn og så og seia frostrøykfritt, kan det etter ombygginga bli frostrøyk. Desse stadene vil i regelen liggje nedafor dei nye isfrie områda, dei som er skraverde på figur 2.2, da vindretninga oftast er ned dalen i frostrøyksituasjonane. (Ei stikkprøve for stasjonen 1355 Vinstra i tidsrommet 1957 til 1968 viste sikker vindretning ned dalen i 60 % av tilfella og sikker vindretning opp dalen i berre 5 % av tilfella)

I vedlegg C er gjort nokre statistiske utrekningar av kor ofte ein må vente frostrøyk over ope vatn i månadene desember, januar og februar, dvs. det tidsrommet regulanten gjev opp at vassføringa i elva kan bli endra. Ein har da konsentrert seg om frostrøyk som er mektig nok til å kunne spreia seg utover frå den opne vassflata. Til grunn for resultatata ligg omfattande observasjonar av frostrøyk frå Vågåmo kombinert med temperaturobservasjonar frå Vinstra i åra 1957 til 1980. Fordelinga av observasjonane i desse åra er gjevne i tabellane 2.1 og 2.2.

Tabell 2.1 TEMPERATUR KLOKKA 07

OPPTTELJING FOR STASJON : 1355 VINSTRA
FRA AR 1957 MANAD 1 TIL AR 1968 MANAD 2

FRA OG MED	<	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	>
TIL	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	9 ALLE
JANUAR		1	4	12	34	38	51	44	66	45	33	24	16	3		1 372
FEBRUAR		4	7	12	29	24	32	46	47	48	46	17	15	12		339
DESEMBER				1	18	27	30	55	42	58	52	37	15	5	1	341
ARET		5	11	25	81	89	113	145	155	151	131	78	46	20	1	1 1052

OPPTTELJINGA MIDLA OVER MANADER OG AR:

FRA OG MED	<	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	>
TIL	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	9 ALLE
JANUAR		0.1	0.3	1.0	2.8	3.2	4.2	3.7	5.5	3.7	2.7	2.0	1.3	0.3		0.1 31.0
FEBRUAR		0.3	0.6	1.0	2.4	2.0	2.7	3.8	3.9	4.0	3.8	1.4	1.2	1.0		28.3
DESEMBER				0.1	1.6	2.5	2.7	5.0	3.8	5.3	4.7	3.4	1.4	0.5	0.1	31.0
ARET		0.4	0.9	2.1	6.9	7.6	9.6	12.5	13.2	13.0	11.3	6.8	3.9	1.7	0.1	0.1 90.3

Tabell 2.2 TEMPERATUR KLOKKA 07

OPPTTELJING FOR STASJON : 1354 VINSTRA - SOLSTAD
FRA AR 1968 MANAD 12 TIL AR 1980 MANAD 2

FRA OG MED	<	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	>	
TIL	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	9 ALLE	
JANUAR		1	1	9	11	15	32	44	55	51	40	51	40	15	1	5	1 372
FEBRUAR			2	7	19	15	28	45	54	45	47	36	21	14	5	1	339
DESEMBER			1	2	3	10	12	26	50	54	53	53	40	20	16	1	341
ARET		1	4	18	33	40	72	115	159	150	140	140	101	49	22	7	1 1052

OPPTTELJINGA MIDLA OVER MANADER OG AR:

FRA OG MED	<	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	>	
TIL	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	9 ALLE	
JANUAR		0.1	0.1	0.8	0.9	1.2	2.7	3.7	4.6	4.2	3.3	4.2	3.3	1.2	0.1	0.4	0.1 31.0
FEBRUAR			0.2	0.6	1.6	1.2	2.3	3.7	4.5	3.7	3.9	3.0	1.7	1.2	0.4	0.1	28.3
DESEMBER			0.1	0.2	0.3	0.9	1.1	2.4	4.5	4.9	4.8	4.8	3.6	1.8	1.5	0.1	31.0
ARET		0.1	0.3	1.5	2.8	3.4	6.1	9.8	13.6	12.9	12.1	12.1	8.7	4.2	2.0	0.6	0.1 90.3

Utrekningane viste at det i gjennomsnitt er 16 tilfelle av frostrøyk av ein slik styrke at den kan koma inn over land. Dette resultatet refererer seg til observasjonen kl 07 om morgonen og gjeld for stader som ligg gunstig til i høve til ope vatn. I dette talet er det ei uvisse som er vanskeleg å bestemme. Det er likevel klårt at den daglege temperaturgangen utover døgnet gjev lite utslag i talet på frostrøyktilfelle jamført med uvissa i metoden. Difor kan ein like gjerne snakke om frostrøykdøgn som om frostrøyktilfelle. Ein kan såleis konkludere med at det i området vil vera 16 døgn med frostrøyk i gjennomsnitt pr år.

Når ein skal vurdere auken i frostrøyken på grunn av ombygginga, er resultatet avhengig av kvar ein er i høve til endringane i isdekket.

- a) Stader nær ope vatn der ombygginga ikkje endrar arealet av ope vatn nemnande: Desse områda har også i dag om lag 16 frostrøykdøgn i gjennomsnitt pr. år og ein kan ikkje vente noko endring av frostrøyken.
- b) Stader som i dag ligg så langt frå ope vatn at dei ikkje er utsette for frostrøyk, men som etter ombygginga blir liggjande nær ope vatn: Her vil det bli om lag 16 døgn med frostrøyk mot ingen i dag.
- c) Stader som i dag er utsette for frostrøyk, men ikkje så ofte som 16 døgn i gjennomsnitt pr år: Dette er stader som ligg nær ei råk som er så lita at det berre i spesielle tilfelle blir produsert nok frostrøyk til at han kan spreie seg utover. Eller det kan vera stader som ligg i ein viss avstand frå ope vatn slik at frostrøyken berre i spesielt høvelege vindretningar og stabilitetstilhøve når dit. Etter ombygginga kan det tenkjast at råkene blir større slik at frostrøykproduksjonen aukar. Dessutan kan det opne vassarealet koma nærare slik at frostrøyken lettare når fram. Tida som frostrøyken ligg på staden kan dermed auke, men denne auken må bli mindre enn 16 døgn i gjennomsnitt pr. år.

For spesielt interesserte viser ein til vedlegg C der resultatet av fleire statistiske utrekningar er gjevne som går på kor lenge frostrøykperiodane varer og på variasjonen frå vinter til vinter.

- 2.3 Rim: Som allreie nemnt vil det fordampe av oppe vatn i streng vinterkulde. Fordampinga fører til at den relative råmen i lufta vil auke og stundom vil det bli produsert frostrøyk. Ofte vil lufta vera overmätta i høve til marka, vegetasjonen og bygningar langs vassdraget slik at alt dette blir utsett for riming. Riminga kan anten skje ved at dei små vassdråpane i frostrøyken blir avsette på hindringar i luftstraumen eller ved at vassdampen i lufta set seg som rim på tinga rundt det opne vassarealet utan først å gå over til vatn i dråpeform.

Det har vore gjort etter måten få målingar av rimmengder i samband med vassdragsreguleringar. Ifølgje ei gransking i Rendalen (Utaaker, 1984) på ein stad som låg 60 m frå avlaupskanalen til eit kraftverk, vart det avsett ei rimmengd som tilsvarar 0,02 mm vatn pr rimdøgn eller 20 g pr kvadratmeter. Det vart vidare godtgjort at kraftverket var årsak til denne rimmengda. I Hallingdal, like ved utlaupet frå Rud kraftverk, vart det målt ei gjennomsnittleg avsetjing på om lag 100 g pr. kvadratmeter på ein vegg som låg slik til at den vanlegaste vindretninga stod normalt på veggen i frostrøykperiodane. På ein vegg parallelt med vindretninga vart det målt om lag 60 g rim. Gjennomsnittleg lengd av periodane var 39 timar.

Ein kan ved den aktuelle reguleringa vente rimmengder av same storleiksorden som er nemnde ovafor i dei døgnadette er frostrøyk. I tillegg til dette vil det opne vatnet vera årsak til nokre andre rimtilfelle. Men alt rim har ikkje si årsak i lokale tilhøve. Mildversinnsbrot skaper ofte større rimmengder enn det som kjem frå frostrøyken.

3 LITTERATUR

Gotaas, Yngvar og Stuberg, M. 1972. Static Stability in a Valley Atmosphere in North Norway. Forsvarets forskningsinstitutt Kjeller. Teknisk notat VM-57.

Nordø, Jack. 1975. Some applications of Markov Chains. American Meteorological Society, Boston, Ma.

Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. 1973. Isforhold i Otta og Lågen. Vurdering av de endringer en kan vente i isforholdene ved forskjellige utbyggingsalternativer. Rapport nr. 3173 Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling, Oslo

Pytte Asvall, Randi. 1985. Vinstra. Mulige virkninger på vanntemperatur- og isforhold ved utvidelse av N. Vinstra kraftstasjon. NVE, Hydrologisk avdeling, Iskontoret. Oslo.

Rodhe, Bertil. 1967. Innverkan av sjøreglering och utbyggnad av vattenkraft på klimatet. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). Norrkøping.

Roen, Syver. 1974. Tåke og rimdannelse langs våre vassdrag vinterstid. NVE. Oslo.

Utaaker, Kåre. 1984. Mulige virkninger av Trollheim-utbyggingen på lokalklimaet i Surnadal. Meteorological Report Series. Universitetet i Bergen, 5-1984.

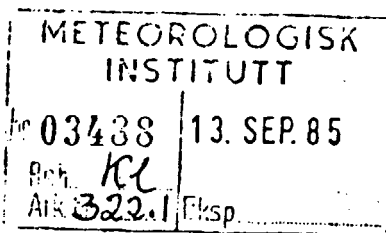
13
VINSTRAS KRAFTSELSKAP

2640 VINSTRAS

Telefon: Vinstra R 15 og R 20
Bankforb.: Oslo Sparebank - Oslo
Bankgironr.: 1609.040081.2
Fron Sparebank - Vinstra
Gironr.: 2095.8.060113-3
Postgiro: 144 20

VEDLEGG A

Meteorologisk Institutt
Klimaavdeling,
Nils Henrik Abelsv. 40,
0371 OSLO 3.



Deres ref. Deres brev av Vår ref. PBr/SK Dato 11.9.1935.

Vedr. Utvidelse av Nedre Vinstra Kraftverk.

Vi har planer om å utvide Nedre Vinstra Kraftverk med et femte aggregat på 100 MW.

Nåværende installasjon er på 200 MW fordelt på 4 aggregater.

Variasjoner i vannføring etter denne utvidelse vil bli større i de kaldeste månedene (des. - febr.).

Vi ber derfor Meteorologisk Institutt om en uttalelse angående frostrøyk nedstrøms Karpfoss Kraftverk i Lågen.

Vi viser til vedlagte rapport fra hydrologisk avd. NVE. Denne angir vannføringer og åpne partier på grunn av disse.

Vi tillater oss herved å bestille en rapport i h.h.t. ovennevnte og håper på rask behandling.

Med hilsen

VINSTRAS KRAFTSELSKAP

Paul Brunden

byggsjef.

Vedlegg.

OPPDRAGRAPPORT

14-85

Rapportens tittel: <i>VINSTRÅ MULIGE VIRKNINGER PÅ VANNTEMPERATUR- OG ISFORHOLD VED UTVIDELSE AV N. VINSTRÅ KRAFTSTASJON</i>	Dato: 1985-09-09 Rapporten er: Åpen Opplag: 40
---	--

Saksbehandler/Forfatter: Randi Pytte Asvall Iskontoret	Ansvarlig: Syver Roen
--	------------------------------

Oppdragsgiver: <i>VINSTRÅ KRAFTSELSKAP</i>

Sammendrag:

Vinstra Kraftselskap ønsker å utvide kapasiteten i N. Vinstra kraftstasjon slik at maksimal driftsvassføring økes fra 60 m³/s til 90 m³/s.

Glommens og Laagens Brukseierforening har beregnet hvilke vannstandsvariasjoner forskjellig drift fører til på strekningen Harpefoss-Losna.

Økt maksimal vassføring om vinteren og større døgnreguleringer vil påvirke isforholdene på strekningen Harpefoss-Losna. Større og flere områder vil ikke islegges og isproduksjonen øke med påfølgende fare for isoppstuvning og oversvømmelser. Særlig utsatt er området Hundorp-Ringebu. En regner likevel med at vassdraget vil tåle døgnvariasjoner i driften på 25-90 m³/s dersom Lågen først islegges på relativ høy vannstand med moderate døgnvariasjoner. Virkningene på isforholdene er imidlertid vanskelig å kvantifisere. Det anbefales derfor at det innføres en prøveperiode der isforholdene overvåkes nøye, og at driftsreglementet endres dersom forholdene skulle tilsi dette.

Virkningene er avhengig av vintervassføringen i Lågen ovenfor Vinstra. Ved eventuelle nye reguleringer lenger opp i vassdraget, for eksempel Øvre Otta, bør derfor virkningene av de forskjellige reguleringer sees i sammenheng og forholdene vurderes på nytt.

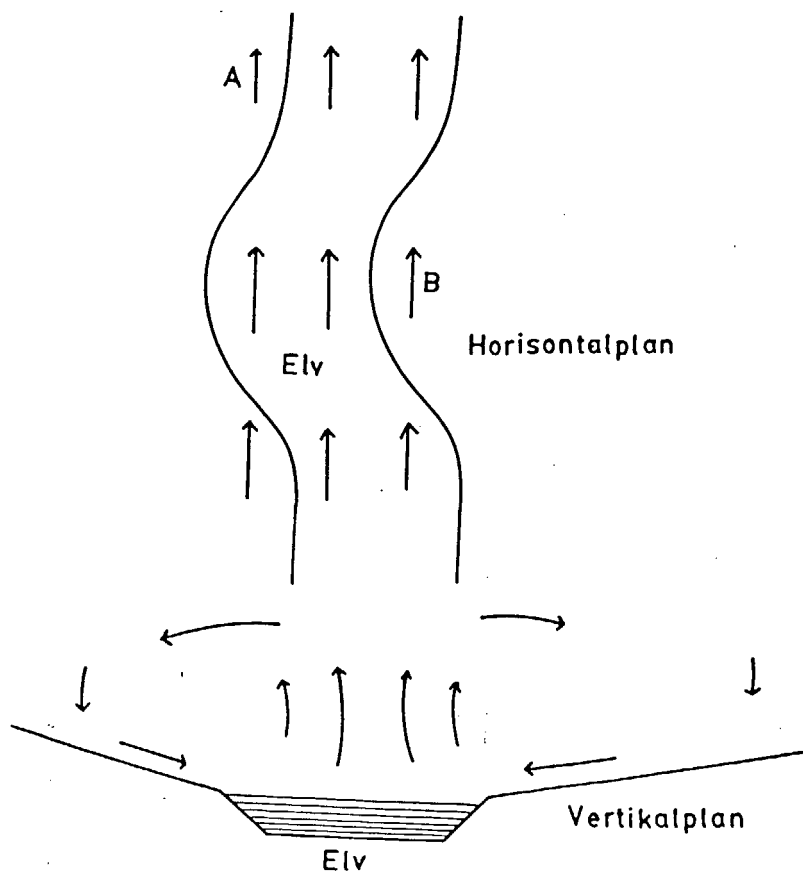
Vi antar at en døgnvariasjon på 0-90 m³/s er uakseptabelt, i hvert fall før en prøveperiode skulle vise at isproblemene blir mindre enn antatt.

VEDLEGG C

FROSTRØYK.

Frostrøyk er ei form for fordampingståke som kan bli danna over ope vatn når vatnet er varmare enn lufta. Dette er eit naudsynt vilkår for frostrøyk, men ikkje noko tiltrekkjeleg vilkår. Ein vil difor vidare undersøkje dei meteorologiske tilhøva som må vera oppfylte for at frostrøykproduksjonen kan koma i stand.

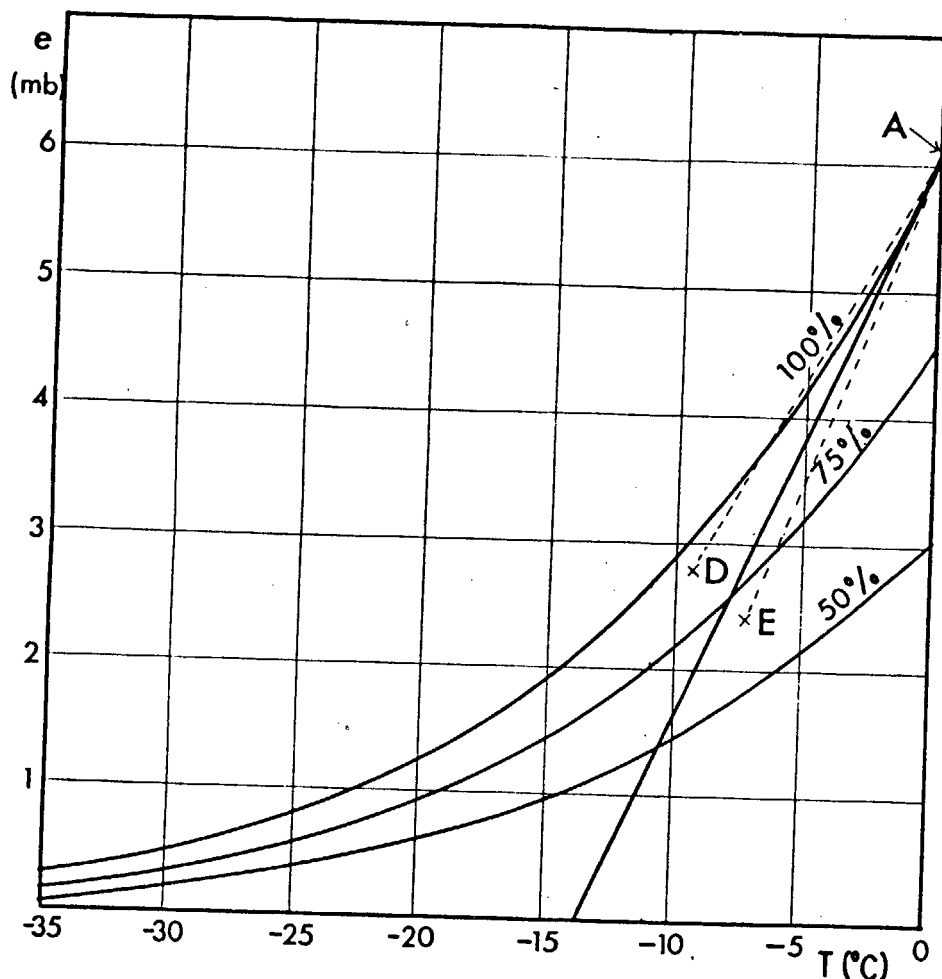
- C.1 Meteorologiske vilkår for frostrøyk: Fig. C.1 syner eit strøymingsbilete som er vanleg over ei elv med ope vatn i ein frostrøyksituasjon. Den varme elva skaper eit undertrykk som fører til at luft frå sidene kjem inn over vatnet. Der kan lufta koma i kontakt med vatnet og det går ein transport av følbar og latent varme opp i luftlaget. Over vatnet kan ein tenkje seg eit tynt luftlag som har temperatur som i vassflate og er mætta med vassdamp.



Figur C.1

Skissa syner eit skjematisk bilete av ein frostrøyksituasjon framstilt i både horisontalplanet og vertikalplanet. I dette tilfelle er det vind langs dalen (sno) slik det ofte er i kaldt vinterver. Området B på figuren er spesielt utsett for frostrøyk og riming da luft som har vore lenge over elva lett kjem inn over neset. Frostrøyk kan også lett koma inn over område A.

Lagdelinga over vatnet vil vera overadiabatisk slik at den oppstrøymande lufta over vatnet vil bli sterkt turbulent. I denne straumen vil luftmassar med ulik historie og dermed også ulik temperatur og relativ råme blandast med kvarandre. Alle moglege blandingshøve kan tenkjast å ekseistere frå luftmassar som har temperatur (T_v) som i vassoverflata og er mætta med vassdamp (relativ råme $U_v = 100\%$) til luftmassar som har temperatur (T_o) og relativ råme (U_o) som i den omgjevande lufta.



Figur C.2

Diagrammet viser vassdamptrykket, e , som funksjon av lufttemperaturen, T . Relativ råme (U) er brukt som parameter i dei kurvene for $U = 50\%$, $U = 75\%$ og dessutan måtningskurva er dregen opp.

Dersom temperaturen i vassflata er 0 gradar, vil ei luftmasse nær vassoverflata vera representert ved punktet A på fig. C.2. Likeeins kan andre luftmassar vera representerte på diagrammet til høgre for måtningskurva ($U = 100\%$), t.d. punkt E. Ved blanding mellom luftmassane A og E, vil luft-

massen etter blandinga med god tilnærming bli liggjande ein eller annan stad på linestykke AE alt etter blandingshøvet mellom luftmassane. Slik punktet E er plassert på figuren, kan det ikkje bli tåke i blandingsluftmassen. Dersom luftmassen D derimot blir blanda med luftmasse A, ser ein av figuren at det kan bli tåke i blandingsluftmassen under gunstige blandingshøve sidan linestykke AD skjer måtningskurva. Tangenten i punktet A saman med måtningskurva avgrensar eit område der frostrøyk ved blanding er mogleg. I området til høgre for tangenten, er frostrøyk ikkje mogleg.

Ein vil no ha som føresetnad at tilstanden i den omgjevande lufta ligg i området til venstre for tangenten slik at frostrøykproduksjon er mogleg. Diagrammet viser at di høgre den relative råmen og di lågare temperaturen er i den omgjevande lufta, di større er sjansen for frostrøyk. Dessutan er det viktig korleis blandinga skjer. Dersom det er mykje vind på staden, vil ein få ei sær stor innblanding av frostrøykfri luft ved at stabiliteten i den omgjevande lufta blir nedsett og turbulense aukar. På diagrammet tilsvaret dette at blandingsluftmassen blir liggjande nær punktet D til høgre for måtningskurva og dermed ingen frostrøyk.

Nå kan naturlegvis den omgjevande lufta ha liten stabilitet sjølv om det er liten vind. Ei jamføring mellom frostrøykfrekvens og skydekke viser at sjansen for at frostrøyk skal kunne utvikle seg under eit skydekke er mykje mindre enn i klårver sjølv når temperatur og relativ råme er konstant i dei to tilfella.

- C.2 Frostrøykobservasjonar. Det har vore starta fleire systematiske observasjonsseriar av frostrøyk etter ulike registreringsprinsipp. Ein kan nemne NVE, hydrologisk avdeling, iskontoret (NVE, 1973) som også har sett i gang fotografiering av frostrøyk frå standplassar i ein avstand av nokre hundre meter. SMHI (Rohde, 1967) har observasjonar frå meteorologiske stasjonar i Norrland i Sverige. Vinteren 1973/74 starta Cand. Real. Sigmund Høgåsen observasjonar av frostrøyk ved osen av Vågavatnet i Gudbrandsdalen på oppdrag frå NVE og i samråd med DNMI. Han har observert frostrøyken ved å gå heilt bort til vassdraget. Der har han ikkje berre avgjort om det var frostrøyk eller ei, men taksert styrken og utbreiinga av han. Fordi desse observasjonane er så detaljerte, vil ein sjå nærare på resultatet. Observasjonane kan delast inn i tre grupper.

- Gruppe 1. All frostrøyk som kan observerast.
- Gruppe 2. Velutvikla frostrøyk.
- Gruppe 3. Frostrøyk, tett eller delvis tett (sikt < 100 m), som i det minste tidvis breier seg utanom isfritt vatn.

Av denne oppstillinga ser ein at alle observasjonane i gruppe 3 også høyrer heime i gruppe 2 og 1, liksom alle observasjonane i gruppe 2 også høyrer heime i gruppe 1. Gruppe 1 omfattar da all frostrøyk, frå knapt synlege tilfelle til mektige skoddeteippe frå dalside til dalside.

Ein del av materialet frå Vågå er analysert og frostrøykfrekvensen (f) for ulike temperaturar i den omjevande lufta er gjeven i tabell C.1, der f er definert som

$$f = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$$

N_1 = observasjonar med frostrøyk

N_2 = observasjoner utan frostrøyk

Observasjonane som er nytta her, er tekne ein gong i døgnet så snart det vart ljost om morgonen. På den måten er observasjonstidspunktet bestemt av solhøgda og ikkje av eit fast tidspunkt på døgnet.

Som ventande kunne vera, varierer frostrøykfrekvensen sterkt mellom dei tre gruppene. Mykje av frostrøyken i gruppe 1 er så tynn at ein ikkje kan sjå han dersom ein ikkje går heilt bort til det opne straumdraget. Såleis vil veike frostrøyktilfelle gå tapt ved fotografering på avstand. Dette viser at registreringsmåten har mykje å seia for resultatet.

Tabell C.1

TEMP. INTERVALL	1460 VAGAMO FROSTRØYKFREKVENSA			NR.1354 OG NR.1355 TILFELLE PR AR
	f_1	f_2	f_3	d
-3.1, -6.0	0.02	0.00	0.00	11.7
-6.1, -9.0	0.08	0.02	0.01	12.5
-9.1, -12.0	0.35	0.14	0.03	13.1
-12.1, -15.0	0.62	0.33	0.10	13.0
-15.1, -18.0	0.83	0.58	0.29	9.7
-18.1, -21.0	0.94	0.85	0.54	6.9
-21.1, -24.0	0.99	0.98	0.76	5.2
-24.0, -27.0	1.00	1.00	0.91	2.4
-27.1, -30.0	1.00	1.00	0.98	1.2
< -30.1	1.00	1.00	1.00	0.4

C.3 Frostrøyk over Lågen frå Harpefoss til Fåvang. Tabell C.1 syner altså frostrøykfrekvensane som funksjon av temperaturen for dei tre gruppene av frostrøyk slik dei er funne over eit ope elvestykke ved osen av Vågavatnet. Det er da nærliggjande å anta at dei same frekvensane også vil gjelde andre stader langs elva der dei meteorologiske og hydrologiske vilkåra ikkje er nemnande ulike dei ein finn i Vågå.

Som alt nemnt, vil sjansen for frostrøyk minke di sterkare vinden er over det isfrie vatnet. På Vågåmo har dalen svært lite fall og det syner seg at vinden sjeldan blir så sterk som lett bris når det er så kaldt at det kan bli frostrøyk. Brukt andre stader der elva har større fall slik at kaldluftstransporten langs dalen blir sterk, vil frostrøykfrekvensane frå Vågåmo bli for høge. Før ein gjer bruk av dei, bør difor vinden langs det aktuelle elvestykket granskast. Dei næraste meteorologiske stasjonane er 1355 Vinstra og 1354 Vinstra - Solstad og dei er difor brukte til å sjå på samanhøyrande verdiar av vind og temperatur. Resultata syner at vinden også på Vinstra sjeldan er så sterk som lett bris når temperaturen er så låg at ein kan vente frostrøyk. Ein har difor valt å bruke frostrøykfrekvensane frå Vågåmo også på den elvestrekninga det her er tale om.

I følgje regulanten vil det bli endringar i vassføringa berre i tidsrommet desember til februar. Ein har difor valt å rekne ut det gjennomsnittlege talet på frostrøyktilfelle i dette tidsrommet på grunnlag av temperaturobservasjonane på Vinstra og frostrøykfrekvensane frå Vågåmo. Talet på tilfelle av frostrøyk vil da vera gjeve ved formelen

$$D = \sum f(T) \cdot d(T) \quad , \text{ der}$$

$f(T)$ = sannsynet for frostrøyk i temperaturintervallet T
 $d(T)$ = talet på tilfelle i gjennomsnitt pr. sesong i temperaturintervallet T ved observasjonen kl 07.

Tidspunktet kl 07 er valt ut fordi det i gjennomsnitt er det kaldaste observasjonstidspunktet i døgnet. Men sidan den daglege temperaturgangen er liten i den perioden dette gjeld, vil resultata ikkje bli særlige ulike også ved andre tidspunkt med unntak av tida omkring høgst dag da soloppvarminga i februar er stor nok til å påverke temperaturen vesentleg. Gjennomsnittsverdien, $d(T)$ i tabell C.1, er berre basert på dei åra dataene er tilgjengelege for bruk av elektronisk reknemaskin, dvs. frå og med januar 1957. Det tyder at ein for dei to stasjonane på Vinstra har nesten 24 år med data. Dette er så pass lang tid at ein i denne samanhengen ikkje fann det lønt å ta det ekstra arbeidet det ville vore å bruke resten av datarekkeje manuelt.

Resultata av utrekningane vart 38 tilfelle av frostrøyk-klasse 1, (dvs. all frostrøyk som kan observerast), 27 tilfelle av frostrøykklasse 2, (dvs. all velutvikla frostrøyk), og 16 tilfelle av frostrøykklasse 3, (dvs. frostrøyk som i det minste tidvis breier seg utanom isfritt vatn). Det er først og fremst frostrøyk av klasse 3 som er av praktisk interesse fordi han kan vera til ulempe når han kjem inn over land.

Når ein brukar desse tala må ein ikkje gløyme at dei er komne fram ved hjelp av utrekningar. Ein kvar metode til dette bruk vil ha sine feil. Slik vil det også vera i dette tilfelle. Ein kan difor ikkje vente at tala skal gjelde eksakt, men ein meiner likevel at dei skulle gje eit realistisk bilete av kor ofte det er frostrøyk i området.

- C.4 Persistensen av frostrøyken: Dei meteorologiske stasjonane på Vinstra kan også brukast direkte til å finne eit estimat for talet på frostrøyktilfelle. Ein vil da definere høvelege kriterier som kan ventast å gje frostrøyk så sant dei er oppfylte. Som nemnt spelar ikkje berre temperaturdifferensen mellom vatn og luft ei rolle, men også stabiliteten i lufta. Stabiliteten i lufta blir ikkje målt direkte, men målingane av vind og skydekke gjev vise indikasjonar i det sterk vind og stort skydekke gjer lufta mindre stabil. Observasjonar syner at stabiliteten i lufta nærast bakken minkar sterkt over ei snøflate dersom vinden er sterkare enn 3 m/s, dvs. sterkare enn vindstyrke 2 som er svak vind (Gotaas, Stuberg, 1972). Skydekket er U-fordelt slik at dei fleste observasjonane ligg i ytterkantane av variasjonsbreidda. Ein antar at dersom mindre enn halve himmelen er dekt av skyer, kan lufta nærast bakken bli sterkt stabil.

Av diagrammet på figur C.2 ser ein til dømes at dersom den relative råmen i lufta er 75 %, er frostrøyk mogleg dersom temperaturen i lufta er lågare enn -7 til -8 gradar. Her er ein interessert i dei frostrøyksituasjonane som er sterke nok til å ha noko å seia i praksis og da har det synt seg ved røynsle at lufttemperaturen ikkje bør vera høgare enn -15 gradar. Dette gjeld også om den relative råmen i den omgjevande lufta skulle vera høgare enn 75 % slik som tilfellet ofte er i frostrøyksituasjonar.

Etter dette skulle det liggje vel til rette for frostrøyk dersom følgjande krav er oppfylte samstundes:

- 1) Vindstyrke, $f < 3$ Beaufort
- 2) Skydekke, $N < 4$ åttedelar
- 3) Temperatur $T < -15$ gradar

I det følgjande vil ein definere dette som ein frostrøyk-situasjon. Kor god denne definisjonener er, kan ein få indikasjonar på ved å jamføre med resultat ein alt har funne.

Tabell C.2 syner at kravet til temperaturen er det strengaste, dinest kravet til skydekket og deretter kravet til vinden. Spesielt legg ein merke til at kravet til vinden berre reduserer sannsynet med 0,02 (frå 0.20 til 0,18) så sant kravet til skydekke og temperatur er oppfylt.

Når alle krava er oppfylte samstundes, er sannsynet for treff 0,18. Med den definisjonen vi gav ovafor, tyder det at sannsynet for frostrøyk er 0,18 i månadene desember, januar og februar. Det betyr at gjennom ein lengre periode vil det vera om lag 16 tilfelle av frostrøyk på Vinstra ved ope vatn. Dette svarar til det ein fann i frostrøykklasse 3. Dette indikerer at definisjonen ein brukte til å skilja ut frostrøyksituasjonane var ein fruktbar definisjon brukt i statistisk samanheng når talet på observasjonar når ei viss mengd. Å bruke definisjonen til å avgjera om det er frostrøyk i einskildsituasjonar er ikkje tilrådeleg.

Ei gjennomgripande erfaring i statistisk meteorologi er at det er binding eller autokorrelasjon mellom observasjonar som blir tekne nær kvarandre i tid. Dersom eit fenomen viser seg ved eitt observasjonstidspunkt, aukar sannsynet for at det også vil vise seg ved observasjonen eit visst tidssteg seinare. At det også er slik med frostrøyken, viser resultatata frå denne granskinga: Sannsynet for frostrøyk på ein tilfeldig valt dag i den aktuelle perioden er 0,18, som tidlegare refererer det seg til kl 07 om morgonen. Dersom det er frostrøyk ein dag, er sannsynet for frostrøyk neste dag 0,44, altså er det betinga sannsynet over dobbelt så stort som det ubetinga. Derimot er sannsynet for frostrøyk neste dag når det ikkje var frostrøyk dagen før berre 0,07, dvs. under det halve av det ubetinga sannsynet.

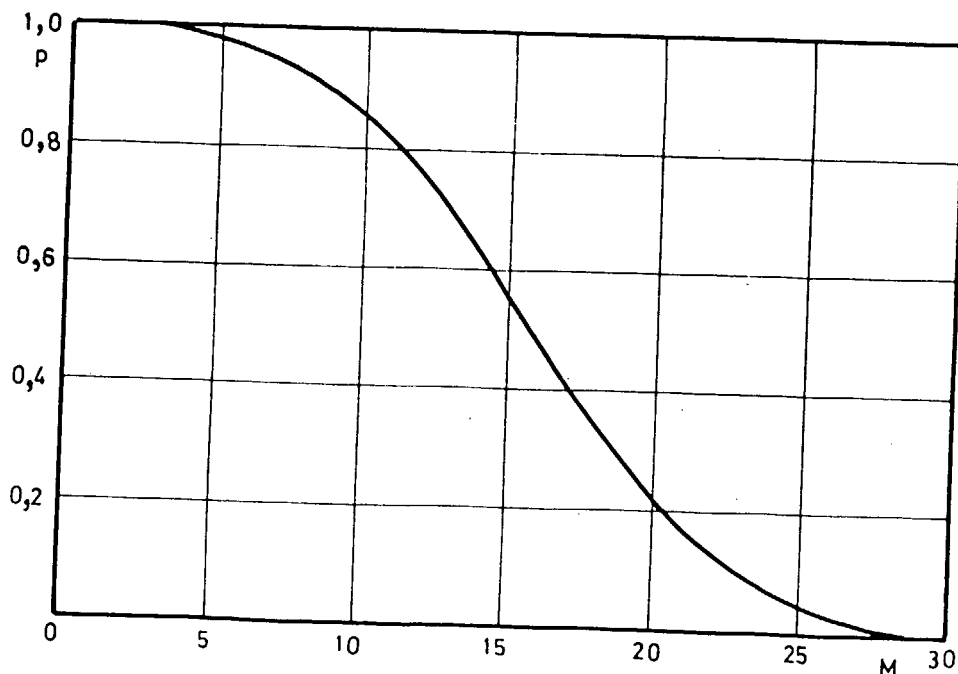
Tabell C.2

TABELLEN VISER SANNSYNET FOR AT VILKARA NEDAFOR SKAL VERA OPPFYLTE FOR STASJONEN 1355 VINSTRA I MANADENE JANUAR, FEBRUAR OG DESEMBER VED OBS. KL 07

VILKAR	SANNSYN
f < 3 BEAUFORT	0,82
N < 4 ATTEDELAR	0,36
T < -15 GRADAR	0,30
f < 3 & T < -15	0,26
N < 4 & T < -15	0,20
f < 3 & N < 4 & T < -15	0,18

Ut frå observasjonane ovafor er det mogleg å rekne ut sannsynet for frostrøyk fleire dagar i trekk. Ein vil da nytte seg av første ordens Markov-rekkjer. Etter teorien kan da sannsynet for frostrøyk ein dag vera avhengig av om det har vore frostrøyk dagen før, men det skal vera uavhengig av om det har vore frostrøyk to dagar før eller lenger attende i tida (Nordø, 1975). Under dei føresetnadene som er nemnde her, er utrekningane i tabell C.3 gjorde. Av tabellen ser ein t.d. at sannsynet for å få frostrøyk to tilfeldige dagar på rad er 0,08. Vidare ser ein at sannsynet for frostrøyk blir større i dagane framover dersom ein veit at det har vore frostrøyk på ein bestemt dag. Vi har alt sett at sannsynet for frostrøyk dagen etter er så stor som 0,44. Tre dagar etter er sannsynet 0,29, fire dagar etter er sannsynet 0,22 og fem dagar etter 0,19. Det er da berre ubetydeleg større enn det ubetinga sannsynet som ein hugsar var 0,18.

C.5 Variasjon frå vinter til vinter: Fordelinga av frostrøyk-tilfelle frå vinter til vinter i laupet av observasjonsperioden er tilpassa ei normalfordeling. Denne fordelinga er attgjeven på diagram C.3. Forventningsverdien er 16 dagar og standardavviket er om lag 5 dagar. Av diagrammet ser ein t.d. at sannsynet for at det skal bli minst 10 tilfelle med frostrøyk i sesongen er 0,87, 20 tilfelle 0,23 og 30 tilfelle 0,00. Av erfaring har det stundom vist seg at spreinga i frostrøyktilfella har vorte noko større enn desse tala skulle tyde på, dette på grunn av den forenklinga som ligg i første ordens Markov-teori.



Figur C.3
Sannsynet, p , for minst M dagar med frostrøyk i laupet av vinteren ved observasjonstidspunktet kl 07 om morgonen.