

## DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

26/88 KLIMA

DATO

12.12.1988

TITTEL

VERKNADER PA LOKALKLIMAET VED REGULERING AV ULLA

UTARBEIDET AV

PER ØYVIND NORDLI

OPPDRAGSGIVER

STATKRAFT

OPPDRAGSNR.

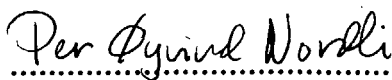
SAMMENDRAG

I sesongen mai - juli har gjennomsnittleg  
 lufttemperatur i dalbotnen i Ulladalen stigi  
 $0,6^{\circ} \pm 0,4^{\circ}$  på grunn av reguleringa av Ulla.

I sesongen september til desember har døgnlige  
 temperaturamplitude auka.

Medeltemperaturen gjennom året har vorte  
 $0,1^{\circ} - 0,2^{\circ}$  høgare i dalbotnen.

UNDERSKRIFT



Per Øyvind Nordli

SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune

FAGSJEF

I N N H A L D

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON	1
2 KORT OM KLIMAET I ULLADALEN	3
2.1 Innleiing	3
2.2 Nedbør	4
2.3 Temperatur	5
2.4 Lokal vind	8
3 REGULERINGSINNGREP OG MÆLEPROGRAM	11
3.1 Reguleringsinngrepa	11
3.2 Stasjonsanlegget	14
3.3 Feil og uvisse i målingane, driftstryggleik	15
4 LOKALKLIMATOLOGISK VERKNAD AV REGULERINGA	18
4.1 Fysiske vilkår for lokalklimatologiske endringar	18
4.2 Statistisk metode for analyse av temperaturdifferensar	20
4.3 Resultatet av statistiske testar	22
4.3.1 Sesongen januar - april	23
4.3.2 Sesongen mai-juli	24
4.3.3 Sesongen oktober - desember	30
4.3.4 Sesongen august - september	35

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
4.4 Sluttvurdering	35
5 LITTERATUR	37
6 VEDLEGG A, SIGNIFIKANSTEST	38

## 1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON

Klimaet i Ulladalen er maritimt med mild og nedbørrik vinter. Også hausten er svært nedbørrik. Sommaren er noko tørrare. For heile året er normalen for 4603 Ulladal - Fjellberg, plassert høgt oppe dalsida, 2400 mm og for 4605 Ulla, plassert i dalbotnen eit stykke oppe i dalen, 2016 mm.

Temperaturmølingar finst også frå 4602 Ulladal - Gil både i dalbotnen og 21 m over dalbotnen. Ingen månadsnormal har temperaturar under  $0^{\circ}\text{C}$ . Den høgste normalen er  $14,9^{\circ}\text{C}$  i juli. Sidan 1975 er den lågaste temperaturen som er registrert  $-19,0^{\circ}\text{C}$  nede i dalbotnen og den høgste er  $31,2^{\circ}\text{C}$ .

Når vi berre legg vekt på reguleringsinngrep som fekk noko å seia for lokalklimaet, kan vi rekne at reguleringa av Ulla starta 1. september 1981 og var ikkje ferdig regulert før 1. november 1984. Verknaden av reguleringa varierer med årstida.

Sesongen januar til april. Reguleringa har ikkje påverka vassstemperatur og vassføring i Ulla nemnande og har ikkje ført til noka endring av lokalklimaet.

Sesongen mai til juli. Gjennom denne sesongen gjekk det før reguleringa store mengder kaldt smeltevatn frå fjellet nedover Ulladalen. Denne transporten vart kraftig redusert på grunn av reguleringa. Gjennomsnittleg lufttemperatur i dalbotnen nedst i dalen var difor  $0,6 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  lågare føre enn etter reguleringa.

Resultata peikar i den lei at at det også var kjølegare i nivået 21 m over dalbotnen,  $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}$ , men desse resultata er ikkje statistisk sikre.

Sesongen august til september. Det vart her for få data til at det var mogleg å gjennomføre statistiske testar. Vi antar at verknaden av reguleringa er som for sesongen oktober - desember, sjå nedafor.

Sesongen oktober til desember. Vassføringa i perioden er vorte kraftig redusert, men endringar i vassstemperaturen er mindre enn om våren. Det vart ikkje påvist noka endring i medeltemperaturen, men det vart påvist endringar i ekstremtemperaturane. For temperaturar under  $0^{\circ}\text{C}$  var temperaturen gjennomsnittleg  $0,7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  høgare føre reguleringa nede i dalbotnen. For temperaturar over  $10^{\circ}\text{C}$  var temperaturane

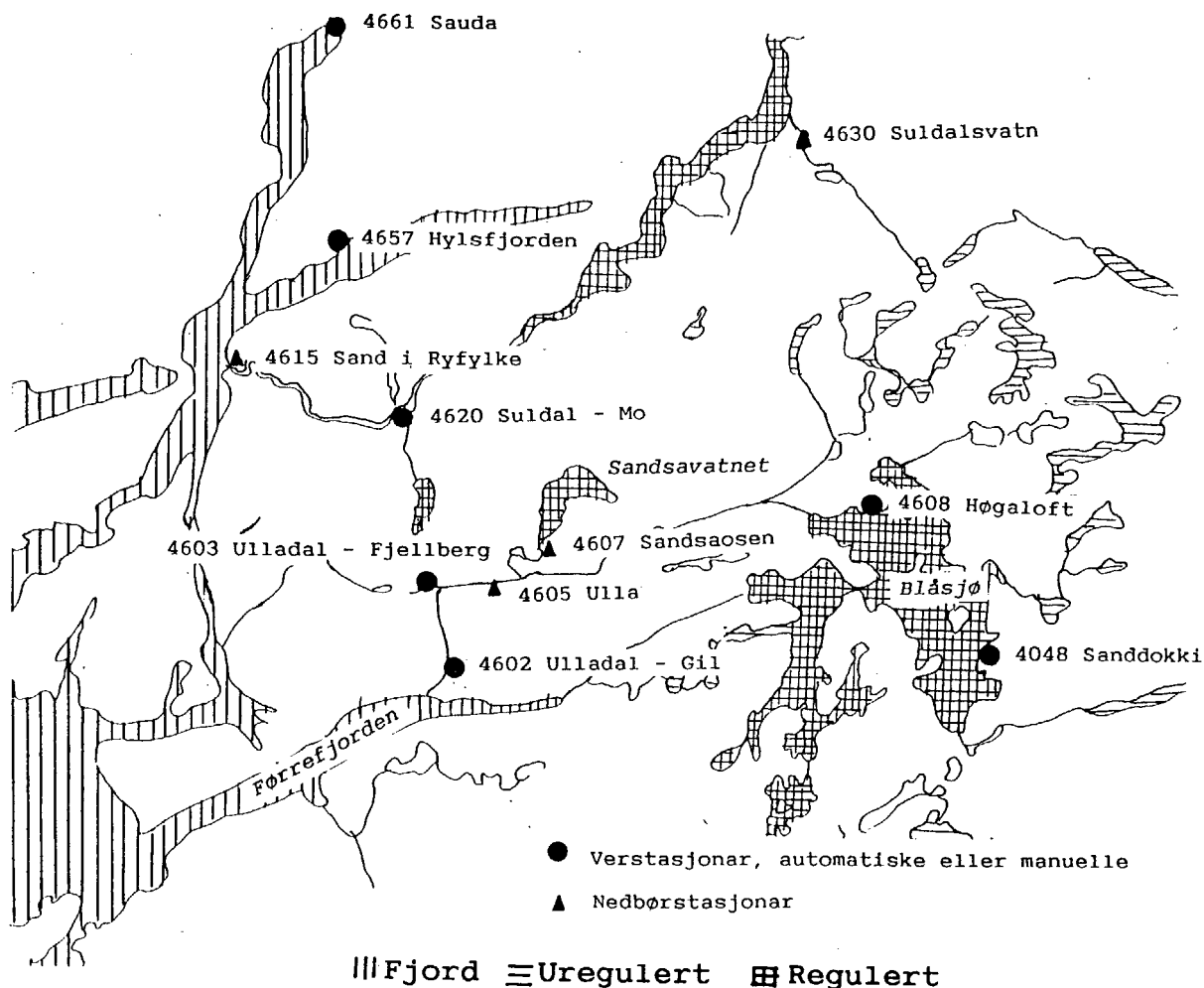
lågare före reguleringa. Dermed var det mindre døgnet temperaturamplitude i Ulladalen före reguleringa enn etter.

Sett over heile året er det vorte 0,1-0,2 °C mildare i Ulladalen på grunn av reguleringa. Heile bidraget til høgre årsgjennomsnitt skriv seg frå sesongen vår til tidleg sommar. Årsaka er at det ikkje lenger blir transportert så store mengder kaldt smeltevatn frå fjellet ned gjennom Ulladalen.

## 2 KORT OM KLIMAET I ULLADALEN

### 2.1 Innleiing

Denne rapporten høyrer med til ein serie rapportar om klimaendringane ved Ulla/Førre-reguleringa som nå er gjennomført. Fleire magasin er bygde både i høgfjellet og i stølsområda i kommunane Suldal og Hjelmeland. Det oppsamla vatnet frå den samla utbygginga, blir omsider slept ut i Suldalsvatnet og deretter i Hylsfjorden, sjå kartskissa, figur 2.1.



Figur 2.1 Kraftutbyggingsområdet Ulla/Førre i kommunane Suldal og Hjelmeland i Ryfylke.

Tidlegare har det vore utgjeve rapportar om Blåsjømagasinet og om magasinet Sandsavatnet, (Nordli, 1987, 1986). I samband med desse rapportane har vi gjeve klimadata frå dei nemnde stadene og også området ikring dei. I dette kapitlet har vi lagt spesielt vekt på Ulladalen, sjå skisse av dalen, figur 3.1, side 11, og detaljkart av nedste delen av dalen med høgdekotar, figur 2.2, side 8. Til jamføring har vi også teke med data for nærområda, sjølv om dette tilfanget har vore med i dei tidlegare rapportane.

## 2.2 Nedbør

Topografien spelar ei viktig rolle i nedbørutløysingsprosessen. I Suldal/Hjelmelandssområdet ris terrenget oppover frå fjorden i vest til fjellet i aust. Stigninga er på 1000 m og meir i eit belte langsetter kysten som kan vera frå 20 til 40 km breitt. Da vindar med ein vestleg komponent er svært vanlege i dei nivåa nedbør blir felt ut, vil lufta bli heva i det ho passerer fjella og dermed avkjølt. Nedbør, felt ut på denne måten, blir kalla orografisk nedbør.

Ulladalen ligg nettopp i eit slikt område der terrenget ris opp mot fjellplatået og er difor svært nedbørrikt slik dei to stasjonane som mæler nedbør i Ulladalen viser, sjå data frå 4603 Ulladal - Fjellberg og 4605 Ulla i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Nedbørnormalar i mm for perioden 1931/60

Stasjon	hoh	jan	feb	mrs	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
4590 Fister	1	100	80	54	77	56	91	105	124	142	160	132	144	1265
4603 Ulladal - Fb	382	233	185	127	156	96	163	153	187	265	295	252	288	2400
4605 Ulla	200	195	155	106	132	81	137	129	158	224	247	211	241	2016
4607 Sandsaosen	605	180	143	98	122	75	126	119	146	206	228	194	221	1858
4615 Sand i Ryfk.	25	190	155	109	133	82	131	128	162	221	241	217	231	2000
4620 Suldal - Mo	58	173	138	94	115	72	113	107	136	190	215	189	208	1750
4630 Suldalsvatn	333	163	131	89	104	69	108	99	128	183	210	174	188	1646

Av stasjonane i tabellen er 4607 Sandsaosen oppsamlingsstasjon for nedbør og treng dermed ikkje ha tilsyn så ofte som ordinære nedbørstasjonar. Han står over tregrensa og er sær vindutsett og dermed har han større oppfangingsstap enn dei andre stasjonane i tabellen. Ein kan difor ikkje utan vidare slutte at det er mindre nedbør ved 4607 Sandsaosen enn ved 4605 Ulla og 4603 Ulladal - Fjellberg.

### 2.3 Temperatur

Om vinteren er det i medel negativ strålingsbalanse over heile Noreg. For å kompensere for strålingstapet, blir energi ført nordvestover langs norskekysten av vind og vinddrivne havstraumar som held kysten isfri. Heile området frå Ulladalen oppover til stølsområda og vidare opp mot høgfjellet er sterkt påverka av energitilførsle ved havvind. Dei høgste temperaturane om vinteren i Ulladalen kjem difor i samband med vind og gjerne også skyer.

Om sommaren er det positiv strålingsbalanse om dagen. Da kjem dei høgste temperaturane i Ulladalen i samband med klårver.

Alt etter kva vertype som er den dominerande, varierer medeltemperaturane frå år til år slik tabellane 2.2 og 2.3 viser. Standardavviket viser at variasjonane er størst om vinteren.

Tabell 2.2 Medeltemperatur i °C for 4602 Ulladal - Gil Hovudstasjon, 85 m o.h. (dalsida)

År	jan	feb	mrs	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
1975							14.6	16.8	10.5	7.9	4.5	2.5
1976	-1.2	1.3	0.2	4.7	10.9	13.0	15.5	15.2	10.3	8.3	4.4	-1.2
1977	-0.1	-0.5			10.7	12.6	14.0	14.0	9.3	8.9	2.9	
1978									9.5	7.9		-1.5
1979			1.7						9.6	8.1	2.9	0.4
1980	-1.7						15.7	14.1	11.8	5.3	1.4	
1981		-0.8	1.6	4.6	11.6	11.0	13.3	12.6	12.4	6.4	2.7	-3.8
1982	-1.7	1.7	3.2	5.3	9.4	13.9	15.8	14.5	10.8	9.3	5.1	1.7
1983	2.4	-0.9	2.9	6.4	9.7				10.9	6.8	3.1	2.2
1984	-0.6	0.2	0.9	5.9			14.4	14.6			6.5	3.4
1985	-3.1	-1.9	1.9	4.8	11.6	12.0	14.3	13.4	8.8	8.5	0.6	0.6
1986	-2.5	-3.2	3.4	4.4	10.2	14.6	13.5	12.6	7.7	7.4	5.2	1.9
1987	-4.8	-0.3	0.3	7.3	9.1	11.1						
1988	2.9											
Medel	-1.0	-0.5	1.8	5.4	10.4	12.6	14.6	14.2	10.2	7.7	3.6	0.6
St.av.	2.2	1.4	1.1	0.9	0.9	1.3	0.9	1.2	1.3	1.1	1.7	2.1



Tabell 2.3 Medeltemperatur i °C for 4602 Ulladal - Gil  
Sekundærstasjon nr. 1, 64 m o.h. (dalbotnen)

År	jan	feb	mrs	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
1975							13.9	16.2	10.3	7.4	4.1	2.2
1976	-1.4	0.9	0.1	4.6	10.4	12.0	14.5	14.8	9.9	8.1	4.1	-1.4
1977	-0.4	-0.6			10.2	12.0	13.7	13.6	8.8	8.2	2.3	
1978									9.5	7.6		-1.6
1979	-3.4		1.6	5.4	7.1	12.0	12.1	12.7	9.5	7.6	2.5	0.2
1980	-1.9	-1.1	0.7	5.9	10.7	13.4	15.6	14.1	11.7	5.2	1.2	
1981		-0.8	1.6	4.5	11.1	10.5	13.1	12.7	12.4	6.4	2.5	-3.7
1982	-2.0	1.3	3.2	5.4	9.4	13.7	15.7	14.1	10.6	9.1	4.7	1.3
1983	2.0	-1.3	2.7	6.3	9.3				10.6	6.5	2.6	1.7
1984		-0.1	0.9	5.7			14.5	14.6			6.3	3.2
1985	-3.6	-2.2	1.9	4.8	11.4	12.1	14.1	13.1	8.6	8.2	0.2	0.2
1986	-2.9	-3.7	3.0	4.3	10.0	14.5	13.5	12.5	7.7	7.3	5.0	1.5
1987	-5.4	-0.8	0.1	7.0	9.1	11.1						
1988	2.7											
Medel	-1.6	-0.8	1.6	5.4	9.9	12.4	14.1	13.8	10.0	7.4	3.2	0.3
St.av.	2.4	1.4	1.1	0.8	1.2	1.2	1.0	1.1	1.3	1.0	1.7	2.0

Svært viktig for klimaet på ein stad er nivået staden ligg på. Når luft stig oppover, blir ho avkjølt av trykkreduksjonen. Når luft søkk ned, blir ho etter same lova vermt opp av trykkauken. Denne effekten, isolert sett, fører til at temperaturen minkar med aukande høgd over havet. Grovt sett, er dette også tilfelle i temperaturnormalane i tabell 2.4.

Men andre effektar enn høgd over havet spelar også ei rolle og eit døme på det får ein ved å jamføre tabellane 2.2 og 2.3. Dei to mælepunkta på stasjonen 4602 Ulladal - Gil har ein høgdedifferens på 21 m og vi legg merke til at den høgstliggjande stasjonen jamnt over er den varmaste i alle månadene i året. Men særleg gjeld dette om vinteren og tidleg på sommaren føre reguleringa, d. e. før september 1981. Slike temperaturskilnader mellom stasjonar i ulike høgder er vanlege i dalar. Lokalklimaet er betre oppe i dalsida enn nede i dalbotnen. Ofte blir klimaet i ein dal eit stykke oppe i dalsida omtala som "den varme lisona".

Stasjonen 4620 Suldal - Mo ligg i om lag same høgd over havet som 4602 Ulladal - Gil. Dalbotnen i Suldalen fell jamt over mykje mindre ned mot fjorden enn Ulladalen. Det betyr at kaldluftsdreneringa ned mot fjorden går lettare i Ulladalen enn i Suldalen. Ein konsekvens av dette er at Gil i Ulladalen har høgre vintertemperaturar enn Mo i Suldalen. Sjølv om sommartemperaturane til gjengjeld er lågare på Gil, er ikkje det nok til å hindre at årsnormalen blir større på Gil enn på Mo.

Tabell 2.4. Temperaturnormalar for perioden 1931/60

Stasjon	hoh	jan	feb	mrs	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
4048 Sa	1105	-7,1	-6,9	-6,1	-2,6	2,6	6,3	9,3	9,0	5,1	0,8	-2,5	-4,5	0,3
4602 UH	85	0,4	0,6	1,7	5,7	10,2	12,5	14,9	14,5	11,2	7,2	3,6	1,1	7,0
4603 UF	382	-2,6	-2,1	-0,6	3,1	8,1	10,9	13,1	12,9	9,3	5,3	2,2	-0,6	4,9
4606 Sa	630	-3,1	-3,0	-2,0	1,7	6,3	9,6	12,3	12,0	8,5	4,4	1,1	-1,3	3,9
4608 Hø	1092	-7,1	-6,9	-6,1	-2,5	2,7	6,3	9,2	8,9	5,0	0,8	-2,6	-4,5	0,3
4620 Su	58	-2,2	-1,9	0,9	5,0	10,0	12,9	15,2	14,4	10,9	6,6	2,7	0,1	6,2

Stasjonsliste: 4048 Sanddokka                      4603 Ulladal - Fjellberg                      4608 Høgaloft  
 4602 Ulladal - Gil H                      4606 Sandsa                      4620 Suldal - Mo

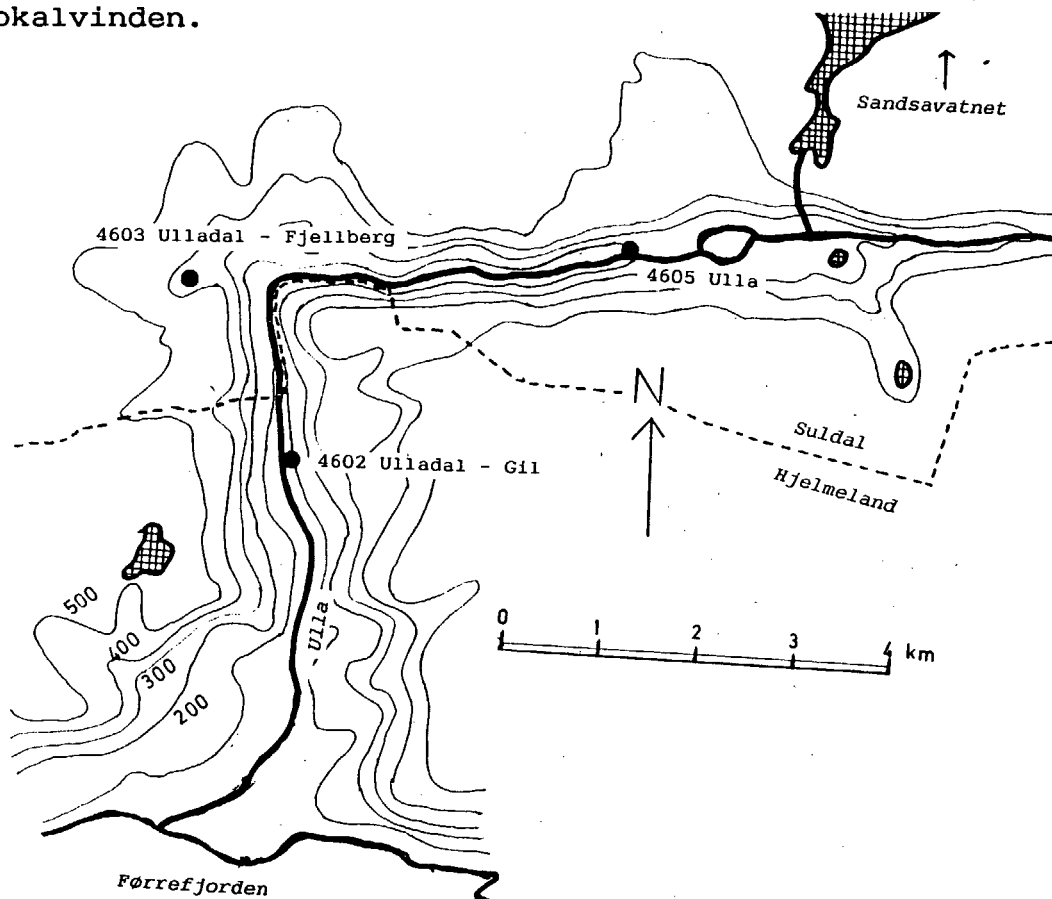
I tabell 2.5 er gjeve ekstremtemperaturane for 4602 Ulladal - Gil målt på sekundærstasjon nr.1 (dalbotnen). Vi skal ikkje gå vidare inn på resultatata i tabellen, men vil likevel gjera merksam på at trass i at ingen månad har normaltemperatur under 0 °C, er det målt så låg temperatur som -19,0 °C den 11. januar 1987. Den høgste er 31,2 °C den 9. august 1975.

Tabell 2.5 Temperaturekstremar for 4602 Ulladal - Gil (S1).

Kommune:	observasjonsperiode	datainngang						h.o.havet		h.o.marka		
1133 Hjelmeland	1975.06. - 1988.02.	86 %						64 m		200 cm		
	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
MEDELVERDI	-1,6	-0,8	1,6	5,4	9,9	12,4	14,1	13,8	10,0	7,4	3,2	0,4
STANDARDVVIK	2,4	1,4	1,1	0,8	1,2	1,2	1,0	1,1	1,3	1,0	1,7	1,9
MÅNADSMEDEL												
Høgaste verdi, år:	1988	1982	1982	1987	1985	1986	1982	1975	1981	1982	1984	1984
Høgaste månadsmedel	2,7	1,3	3,2	7,0	11,4	14,5	15,7	16,2	12,4	9,1	6,3	3,2
Lågaste månadsmedel	-5,4	-3,7	0,1	4,3	7,1	10,5	12,1	12,5	7,7	5,2	0,2	-3,7
Lågaste verdi, år:	1987	1986	1987	1986	1979	1981	1979	1986	1986	1980	1985	1981
MÅNADSMEDEL AV DØGNMAKSIMUM OG DØGNMINIMUM												
Høgaste verdi, år:	1988	1982	1986	1987	1985	1986	1982	1975	1981	1982	1984	1984
H. månadsmedel av d.maks	4,6	4,7	6,1	11,0	16,0	19,6	20,8	21,3	15,7	11,9	8,3	5,2
L. månadsmedel av d.min	-8,2	-6,6	-3,0	0,8	3,8	7,9	9,0	9,6	5,3	2,8	-2,1	-6,0
Lågaste verdi, år:	1987	1986	1987	1981	1979	1981	1979	1979	1986	1980	1985	1981
DØGNMEDEL												
Høgaste verdi, år:	1988	1976	1977	1987	1984	1982	1980	1982	1983	1981	1984	1984
På datoen:	10	25	11	30	23	4	30	6	3	2	12	1
Høgaste døgnmedel	5,9	6,2	9,1	13,7	19,5	22,5	22,2	23,0	18,2	16,0	12,0	9,2
Lågaste døgnmedel	-16,8	-11,8	-6,2	-0,6	1,8	6,0	7,7	8,9	4,1	0,8	-5,8	-13,7
Lågaste verdi, år:	1987	1979	1987	1986	1981	1977	1979	1978	1979	1980	1985	1978
På datoen:	10	14	2	10	4	5	2	28	30	31	29	31
ABSOLUTTE EKSTREMAR												
Høgaste verdi, år:	1988	1980	1981	1987	1984	1982	1980	1975	1980	1978	1984	1986
På datoen:	9	22	31	29	23	4	29	9	22	11	12	8
Absolutt maksimum	9,0	11,2	15,2	20,9	26,5	30,5	29,0	31,2	24,4	19,9	14,4	12,1
Absolutt minimum	-19,0	-14,4	-9,6	-4,5	-1,2	4,0	5,0	4,8	0,6	-2,3	-7,4	-15,4
Lågaste verdi, år:	1987	1979	1987	1986	1979	1981	1979	1978	1979	1980	1985	1978
På datoen:	11	14	6	11	3	13	2	28	30	26	29	31

## 2.4 Lokal vind

Den tronge Ulladalen påverkar vinden sterkt og vind målt på Gil er i liten grad representativ for det storstilte vindfeltet. I klårver er det i all hovudsak lokalvinden som dominerer. Når vi i dette kapitlet vil granske vinden i klårversituasjonane, tyder det at granskinga berre omfattar lokalvinden.



Figur 2.2 Topografisk kart over nedste delen av Ulladalen.

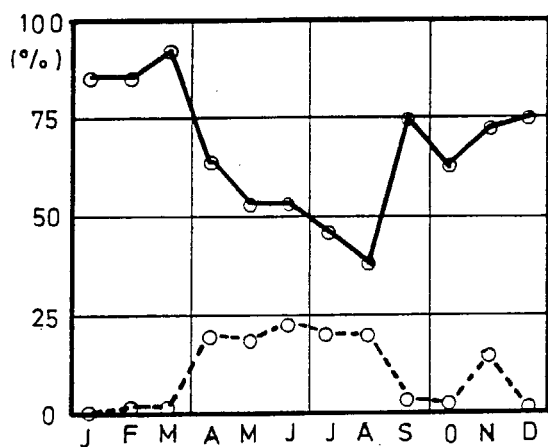
Vindinstrumenta på stasjonen 4602 Ulladal - Gil var festa på ei 3,5 m høg mast og stod 21 m over dalbotnen. Som vist på figur 2.2 er retninga på dalen på staden nord-sør, men berre 2 km ovafor stasjonen gjer Ulla ein brå sving slik at retning på dal og elv er aust-vest. Stasjonen er godt eksponert for vinden i den austre dalsida i den nord-sørgående dalen.

Det viser seg at den lokale vinden i klårver som venta viser seg som fjellvind eller dalvind. Fjellvind er dreneringsvind ned dalen, dvs. transport av kaldluft. Dalvind er vind opp dalen, det er ein vind som blir sett i gang ved

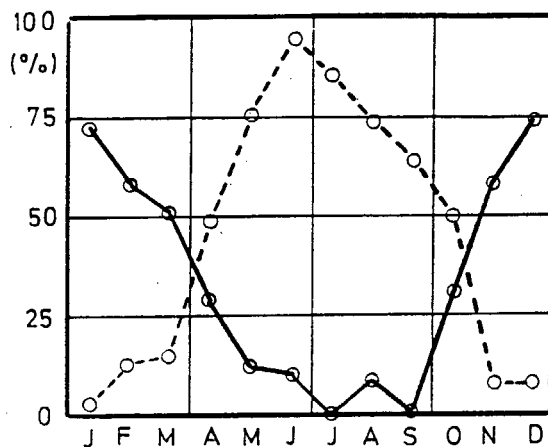
soloppvarming av dalsidene. Vinden som blir observert på Gil kan også vera ein kombinasjon av fjell/dalvind og land/sjøbris da Ulladalen munnar ut i Førrefjorden.

Lokalvinden i dei ulike årstidene ved skydekke 0 til 2:

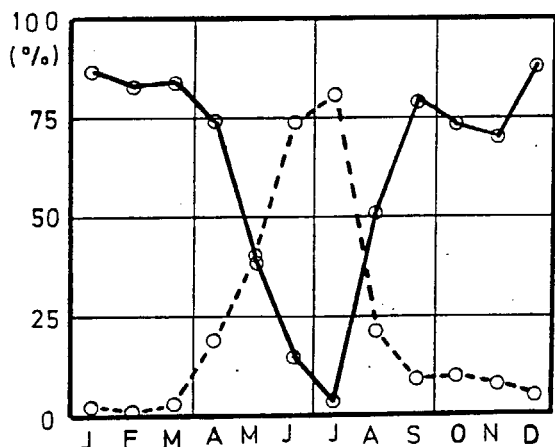
Vinter: I månedene november til februar er det fjellvinden som dominerer, gjennom heile døgnet er det minst 50 % med vind ned dalen, sjå figurane 2.3 a, b og c. Vind opp dalen finst nesten ikkje, heller ikkje vestavind. Derimot kan ein finne ein del tilfelle av austavind som vi antar kan vera katabatisk vind (straum av kaldluft) ned austre dalside.



a) Klokka 07



b) Klokka 13



c) Klokka 19

Figur 2.3 Frekvensar av vind opp og ned dalen på stasjonen 4602 Ulladal - Gil. Opp dalen er definert som sektoren  $135^{\circ}$  -  $225^{\circ}$  og ned dalen  $315^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ . Dataene omfattar berre klårversituasjonar som her er definert som skydekke  $\leq 2/8$ .

———— Vind ned dalen.  
 - - - - - Vind opp dalen.

Vår: Så lenge som marka er snødekt, liknar situasjonen mykje på vinteren, men allereie i mars kan ein merke tendensar til dalvind nokre timar midt på dagen. Og i april kjem dalvinden for fullt. Dette er den første månaden da det er vanlegare med vind opp dalen enn ned dalen i klårver midt på dagen. I april og mai kan dalvinden starte ved 7-8 tida om morgonen og vare til 18-19 tida om kvelden.

Sommar: Vindfeltet er som om våren, vekslende mellom fjell og dalvind. Men dalvinden kan starte litt tidlagare om morgonen, men påfallande ofte let han vente på seg til litt ut på dagen. Merk at kl 7 om morgonen er det vind opp dalen i berre 20 % av tilfella, figur 2.3b. Om kvelden sluttar dalvinden ofte ved 20 tida. Vi legg også merke til at det i juni/juli er vind opp dalen i over 75 % av tilfella så seint som kl. 19, men i august fell dette talet til berre 20 %.

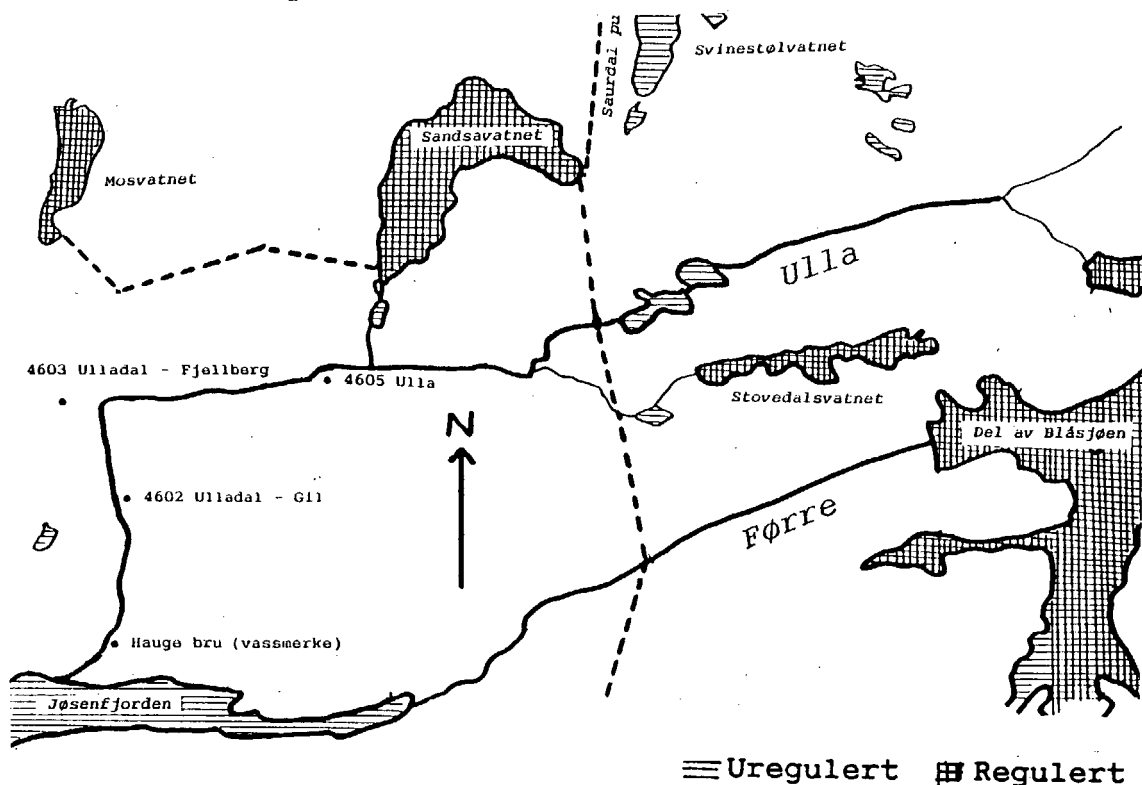
Haut: I september er det framleis dalvinden som dominerer ved høgst dag, og ennå i oktober er det vanlegare med dalvind enn fjellvind kl. 13. I november er dalvinden så godt som borte.

### 3 REGULERINGSINNGREP OG MÆLEPROGRAM

#### 3.1 Reguleringsinngrepa

Vassføringa i Ulla vart påverka av reguleringa allereie i 1978 da ein omlaupstunell frå Oddatjørn (del av Blåsjømagasinet) vart ferdig og vatnet kunne tappast ut. Det førde da til større vassføring i Ulla så lenge det varde. Men dette var berre ein episode.

Den 6. januar 1981 vart det nedre inntaket i Ulla ferdig. Det betyr at heile nedbørfeltet over om lag 600 metersnivået i prinsippet kunne fråførast. Men vassføringsdataene viser at ein førebels ikkje kunne nyttiggjera seg dette inntaket, sjå figur 3.3. Sommarvassføringa 1981 var faktisk den største i perioden.



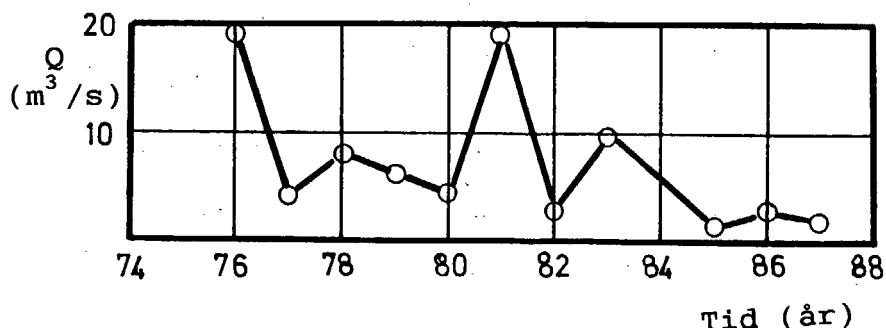
Figur 3.1 Figuren viser Ulladalen og områda omkring. Reguleringa har to tunellsystem, eit øvre og eit nedre. Det øvre ligg på nivå litt under 1000 m medan det nedre ligg på om lag 600 m. Ulla blir tekèn inn i systemet både i det øvre og nedre nivået. Det er berre det nedre nivået som betyr noko for vassføringa i den folkesette delen av dalen. På figuren er ein del av den nedre tunellen markert med ei stipla line.

Det første inngrepet som fekk mykje å seia for vassføringa i Ulla vart ferdig den 1. september 1981 da Sandsavatnet med heile nedslagsfeltet vart ført frå. I denne rapporten vil vi rekne denne datoen som starten for reguleringa av Ulla.

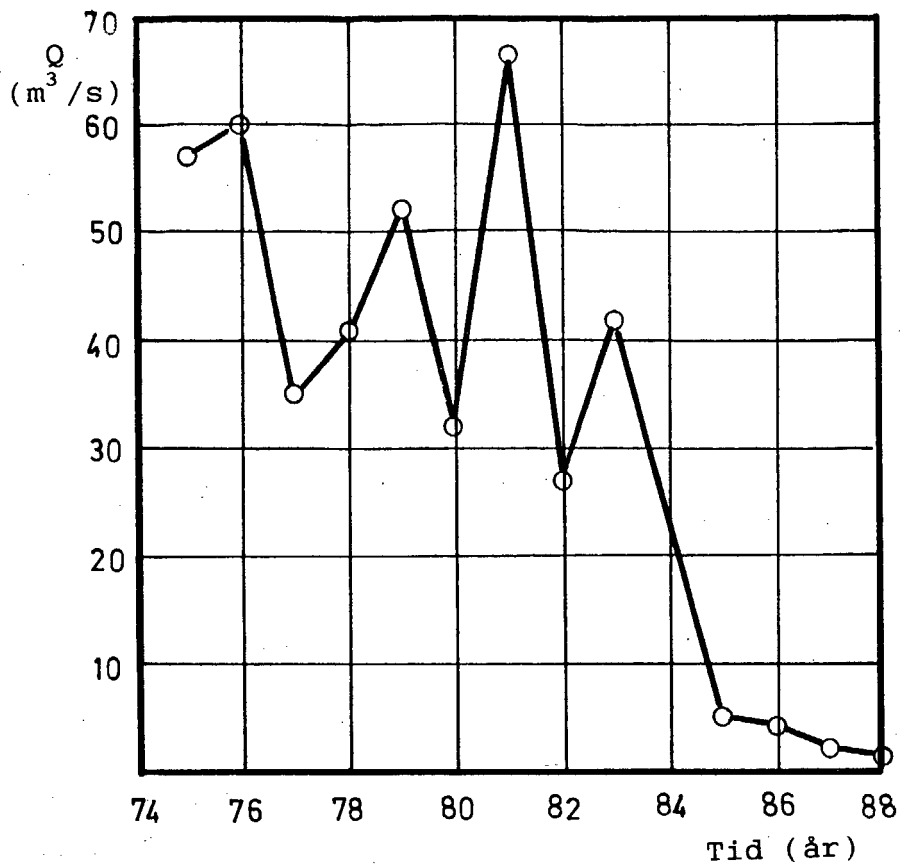
NVEs vassmerket ved Hauge-brua, figur 3.1, har gjeve vassføringsdata frå 1975 til ut året 1983. Etter det vart det offisielt nedlagt, men lokale krefter representert ved Vestlandsverka har halde fram drifta. Til denne rapporten er innkjøpt NVEs vassføringsdata. Vidare har vi av Vestlandsverka fått oversendt bearbeidde data frå og med 1. november 1984. Datainngangen etter 1984 er ikkje heilt komplett.

Etter 1. november 1984 reknar vi at reguleringa av Ulla er fullført og vi reknar denne datoen som starten på full regulering. På figurane 3.2 til 3.4 er medelvassføringa gjeven for sesongane januar - april, mai - august og september - desember. Der vi vantar data, er det ikkje interpolert, berre teke medel av dei vassføringsdata som finst. Dermed kan kurvene på figurane etter 1984 avvike noko frå dei verkelege medelverdiane.

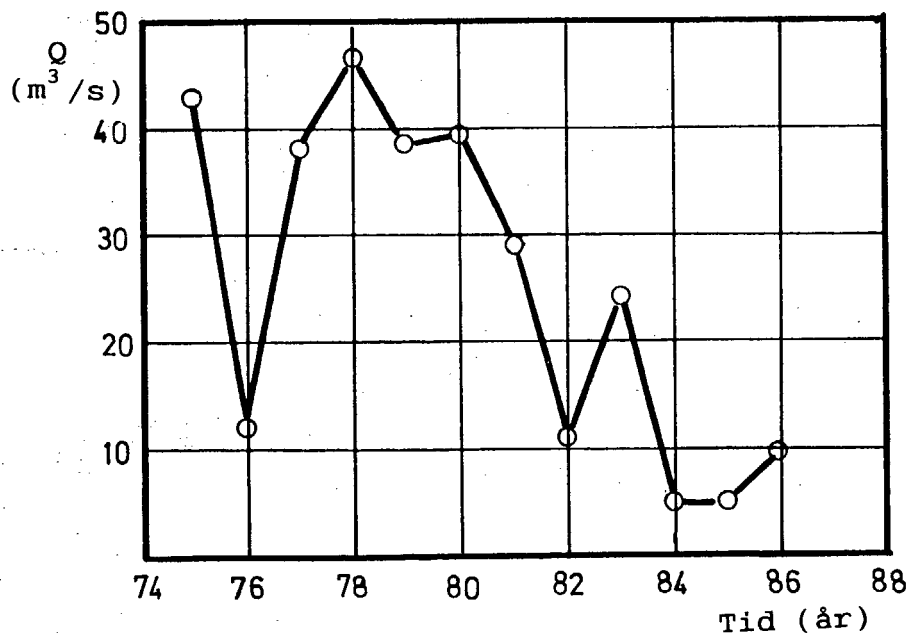
Vi ser at vassføringsreduksjonen er knapt nok merkande i månadene januar - april, figur 3.2. I denne tida er det svært lite avrenning frå dei høgtliggjande felta ved Sandsa og framfor alt på heia. Difor har reguleringa hatt så lite å seia i desse månadene. Heilt annleis blir situasjonen når vårflomen set inn i mai. Etter som snøsmeltinga i fjellet ofte varar til langt ut i juli, gjekk elva med stor vassføring sjølv under varme og tørke. Reduksjonen i vassføringa i månadene mai til august er drastisk, figur 3.3. Det same kan seiast om hausten, figur 3.4, sjølv om reduksjonane er noko mindre enn om våren/sommaren.



Figur 3.2. Medelvassføring i Ulla i månadene januar til april i åra 1976 til 1987.



Figur 3.3. Medelvassføring i Ulla i månedene mai til august i åra 1975 til 1988.



Figur 3.4. Medelvassføring i Ulla i månedene september til desember i åra 1975 til 1986.



### 3.2 Stasjonsanlegget

Den 5. juni 1975 vart det sett i gang meteorologiske målingar i Ulladalen med det føremålet å finne kva den komande vassføringsreduksjonen i Ulla fekk å seia for lokalklimaet i dalen. Stasjonen fekk namnet 4602 Ulladal - Gil og vart plassert 4 km frå utlaupsosen til Ulla, sjå kartet figur 2.2.

Stasjonen var automatisk, av type Aanderaa og frå same firmaet kom også alle følarane med unntak av hygrometeret som var av type Lambrechts, men tilpassa Aanderaa av DNMI. DNMI hadde levert strålings skjermene både til hygrometeret (MI-74H) og til termometeret (MI-74T).

Dataloggaren vart lagt under bakken for å hindre at han skulle bli utsett for lågare temperaturar enn han kunne tåle. Ved sidan av loggaren stod ei instrumentmast med påmonterte følarar. Denne plassen vil vi kalle hovudstasjonen. Frå hovudstasjonen vart det lagt ut kablar til to målepunkt for temperatur. Desse målepunkta vil vi kalla sekundærstasjonar. Det eine stod over hovudstasjonen og det andre under hovudstasjonen. Tilsaman kunne desse tre målepunkta gje eit temperaturprofil i skråninga med det lågaste målepunktet så lågt som mogleg i dalbotnen.

Tabell 2.1 Stasjon 4602 Ulladal - Gil

Stasjonstype	Følar	Høgde over marka (cm)	Nivå (m)
Hovudstasjon	Vindfart	350	85
"	Vindretning	350	85
"	Temperatur	200	85
"	Relativ råme	200	85
Sekundærstasjon nr. 1	Temperatur	200	64
Sekundærstasjon nr. 2	Temperatur	200	113

I tillegg til det som er nemnt i tabellen, hadde også stasjonen vassatemperaturmålingar i Ulla i ein periode etter reguleringa. Det var problem med å halde følaren skadefri og han var difor svært ofte ute av drift.

### 3.3 Feil og uvisse i målingane, driftstryggleik

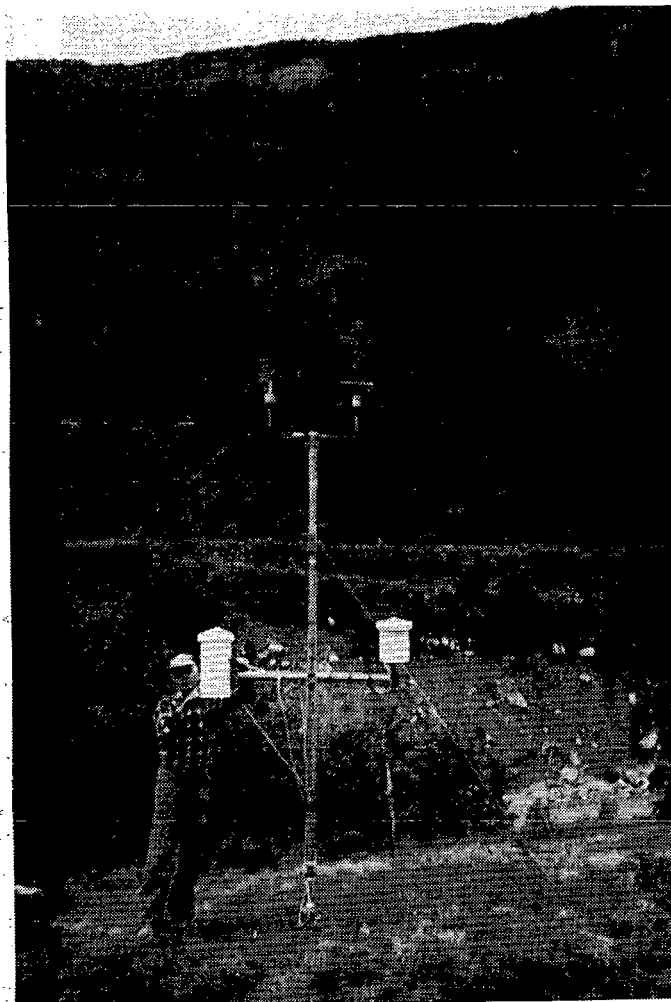
Stasjonen har vore kontrollert ein gong i året av DNMI og elles ettersett av Statkraft i Sand. Generelt har driftstryggleiken på dataloggaren vore god med etter måten få driftsstopp. Likevel må nemnast at stasjonen hadde ein feilfunksjon frå juli 1987 til desember same året der vi miste mykje verdfulle data. I mæleperioden har diverre einsskilde av følarane svikta.

Vi vil nå sjå på driftstryggleik og mæleuvisse til dei ulike følarane i det vi legg spesilet vekt på temperatur sidan den parameteren blir brukt seinare i denne rapporten i eit statistisk testprogram.

Temperatur: Ved DNMI's kontroll av anlegget vart alle temperaturfølarane sette i vassbad og kalibrerte i intervallet frå 0 til 30 °C. Dersom kalibreringa syner at ein følar har kome ut av kalibrering, blir dette korrigert ved at kalibreringskurva hans blir endra i DNMI's rekneanlegg. For temperaturar under 0 °C brukar vi korreksjonen ved 0 °C. I tillegg til dette blir det lagt til ein temperaturvariabel korreksjon på grunn av kabelmotstanden for dei mælepunkta der han er stor nok til å bety noko for resultatet.



*Figur 3.5 Sekundærstasjon nr. 1 på 4602 Ulladal - Gil. Stasjonen ligg i dalbotnen nær Ulla og mæler einast temperatur. Strålingsskjermen rundt følareren er bygd opp av kvitlakkerte plastikkringar. Det finst eit ytre og eit indre sett av ringar slik at veggene blir doble.*



*Figur 3.6 Hovudstasjonen på 4602 Ulladal - Gil. På toppen av masta, 3,5 m over marka, sit vindinstrumenta. Strålings-skjermene for temperatur og relativ råme er av same type som på sekundærstasjon nr.1 og er plasserte 2 m over bakken.*

Ved denne metoden er det realistisk å rekne med at mælefeilen er om lag  $0,2^{\circ}$  i det intervallet følaren er kalibrert. For temperaturar under  $0^{\circ}$  må ein rekne inn ekstra feil da korreksjonen kan variere noko med temperaturen. Denne feilen vil auke di lågare temperaturen blir. Ved røynsle frå intervallet over null reknar ein med at denne feilen er  $0,2^{\circ}$  ved  $-20^{\circ}$  C. Maksimal feil ved  $-20^{\circ}$  C kan attså bli  $0,4^{\circ}$  C, men analyse av dataene tyder ikkje på at mælefeilane er så store.

Kabelen opp til sekundærstasjon nr. 2 tok opp noko støy slik at mæleuvissa der vart større enn ved dei to andre mælepunkta. Vi kan anslå denne uvissa til om lag  $0,5^{\circ}$ . Det er mogleg at ein del av uvissa ikkje ligg normalfordelt omkring den støyfrie verdien slik at det kan vera ein overrepresentasjon av verdiar på anten den eine eller andre sida.

Regulariteten for temperaturmålingane var 81 % for hovudstasjonen og 86 % for sekundærstasjon nr. 1. For sekundærstasjon nr. 2 er regulariteten gjennom driftsperioden dårlegare etter som han vart lagt ned på grunn av ein feil allereie den 19. februar 1987.

Vind: Følaren for vindfart gav gjennomsnittsverdien mellom loggingstidspunkta. Det vart logga kvar time på stasjonane slik at midlingstida dermed var 60 minutt. Uvissa i resultatata er i følgje produsenten 2 %, men likevel slik at uvissa ikkje i noko tilfelle vil vera mindre enn 0,2 m/s. Regulariteten for følaren var på 80 %.

Følaren for vindretning gav augneblinksverdien ved logging. Han er utstyrt med dempingsolje for å hindre utslag på bråe vindretningsendringar. Dempingsoljen har lett for å bli borte etter lengre tids bruk. Elles er instrumentet særskildt driftssikkert. Feilen i målingane er mest eit spørsmål om kor nøye nordmerket på følaren blir retta inn i høve til sann nordretning.

Relativ råme: Hygrometera er av typen Lambrechts, dvs. tradisjonelle hårhygrometer tilpassa Aaderaa-systemet av DNMI. Ein kan rekne ei uvisse i resultatata på om lag 5 % relativ råme. Regulariteten var diverre så låg som 78 %.

#### 4 LOKALKLIMATOLOGISK VERKNAD AV REGULERINGA

##### 4.1 Fysiske vilkår for lokalklimatologiske endringer

Som vi har sett i førre kapitlet er Ulla fråteke det aller meste av nedbørfeltet i dei høgareliggjande stroka. Dette har ført til to vesentlege endringar av hydrologien i Ulladalen.

- 1) Vassføringa er til tider drastisk redusert.
- 2) Vasstemperaturen har auka i delar av året.

Desse to faktorane set vilkåra for endringar i lokalklimaet på grunn av reguleringa. Som vi har sett endrar dei seg gjennom året:

Frå årsskiftet til slutten på snøsmeltinga. Reguleringa ser ikkje ut til å ha påverka vassføring og vasstemperatur i Ulla nemnande. Dermed kan heller ikkje reguleringa ha påverka lokalklimaet i dalen. Elva er dessutan islagt i einskilte kuldeperiodar.

Frå starten på vårflaumen til snøen har smelta i fjellet. Før reguleringa sette vårflaumen inn i mai og vara til ut i juli da det aller meste av snøen i Dyraheio (høgfjellet) hadde smelta. Sjå figur 3.3 som viser kor drastisk vassføringa er redusert på grunn av reguleringa.

Vasstemperaturdataene er svært sparsame og omfattar berre perioden føre reguleringa. I sesongen mai - juli har vi frå stasjonen 4602 Ulladal - Gil i alt fått 8 månadsmedel av vasstemperatur. I tabell 4.1 er dei jamførde med lufttemperaturen på mælepunkt S1.

Tabell 4.1. Jamføring mellom månadsmedel av lufttemperatur og vasstemperatur i Ulla (mai-juli).

	Mai	Juni			Juli			
År	1976	1976	1977	1981	1975	1976	1977	1981
T. luft	10,4	12,0	12,0	10,5	13,9	14,5	13,7	13,1
T. vatn	4,0	5,3	6,4	5,5	6,9	8,0	11,6	8,6
$\Delta$	6,4	6,7	5,6	5,0	7,0	6,5	2,1	4,5

Vi ser at i mai og juni er differensen frå 5<sup>o</sup> til opp mot 7<sup>o</sup>. I juli varierer han sterkt, etter alt å dømme etter kor stor del av vassføringa i Ulla som er smeltevatn. Vass-temperaturen etter reguleringa må ha stigi i snøsmeltingsperioden, kor mykje er uvisst på grunn av manglande målingar etter reguleringa.

Varmetransporten frå luft til elv har vorte sterkt redusert på grunn av reguleringa. Særleg gjeld dette på varme dagar. Årsaka ligg i temperaturendringar i overflata både over det vassarealet som er att i elva og over det tørrelagde elvefaret. Reint fysisk skjer dette:

- 1) Restvassarealet i elva: Vasstemperaturen er høgre enn føre reguleringa. Lufta taper mindre varme til vatnet enn før.
- 2) Overflata av tørrelagt elvefar: I dei aller fleste tilfella vil overflata etter reguleringa vera varmare enn vassflata før reguleringa. Særleg stor skilnad kan det bli i solskinn om dagen da overflata lett kan få høgre temperatur enn lufta. Da får lufta tilførd varme frå elva mot at lufta før reguleringa tapte varme.

For vidare gransking vil vi difor ha som arbeidshypotese at temperaturen i Ulladalen i snøsmeltingsperioden var lågare føre reguleringa enn etter reguleringa.

#### Frå og med august til slutten av året:

Så snart snøsmeltinga var redusert i høgfjellet, steig temperaturen i Ulla føre reguleringa og differensane i temperatur mellom luft og vatn vart dermed mykje mindre slik tabell 4.2 viser (august 1975 var ekstrem varm og har dermed høgre dif. enn det normale).

Tabell 4.2. Jamføring mellom månadsmedel av lufttemperatur og vassstemperatur i Ulla (august-desember).

Ar	August			September			Oktober		
	1975	1976	1980	1975	1976	1980	1975	1976	1978
T.luft	16.2	14.8	14.1	10.3	9.9	11.7	7.4	8.1	7.6
T.vatn	12.0	11.5	13.2	10.2	9.5	10.7	6.7	6.4	6.4
Δ	4.2	3.3	0.9	0.1	0.4	1.0	0.7	1.7	1.2

I september og oktober er det ikkje stor skilnad på luft- og vassstemperatur og varmetapet til lufta blir mindre enn i snøsmeltingsperioden. Vidare utover hausten finst svært få data. Av dei sparsame dataene vi har, kan pålitelege medeldifferensar ikkje finnast. Det er likevel klårt at temperaturen i lufta rett ofte er lågare enn i vatnet somme netter om hausten og i heile døgnet seinare på året. Etter som vassarealet er redusert, må vi vente at reguleringa senka temperaturen i desse versituasjonane.

#### 4.2 Statistisk metode for analyse av temperaturdifferensar

For å få testa hypotesen om temperaturendring i Ulladalen, deler vi inn lufttemperaturane i to grupper, ei gruppe med data frå føre reguleringa og ei anna gruppe med data frå etter reguleringa. Metoden, som vi her skal gjera greie for, vil vi i samsvar med tillegare publikasjonar kalle differensemetoden.

For det nedste mælepunktet i Ulladalen, S1, reknar ein ut differensen  $\Delta T_S$

$$(1) \quad \Delta T_S = T_{Sf} - T_{Se}$$

$T_{Sf}$  = medelet av temperaturen før reguleringa.

$T_{Se}$  = medelet av temperaturen etter reguleringa.

For stasjon 4603 Ulladal - Fjellberg kan tilsvarande medeldifferens,  $\Delta T_F$ , finnast.

$$(2) \quad \Delta T_F = T_{Ff} - T_{Fe}$$

Av (1) og (2) følgjer:

$$(3) \quad \begin{aligned} \theta &= \Delta T_S - \Delta T_F = (T_{Sf} - T_{Se}) - (T_{Ff} - T_{Fe}) \\ &= (T_{Sf} - T_{Ff}) - (T_{Se} - T_{Fe}) = \Delta T_f - \Delta T_e \end{aligned}$$

der altså  $\Delta T_f$  og  $\Delta T_e$  er differensen mellom stasjonane før og etter reguleringa.

Sidan stasjonen 4603 Ulladal - Fjellberg ligg så langt unna Ulla at han ikkje kan vera påverka av reguleringa, vil  $\theta$  vera ein indikator for verknaden av reguleringa på lufttemperaturen i Ulladalen. Men i utgangspunktet kan ein ikkje vera sikker på at verknaden av isen er det einaste bidraget til  $\theta$ . Det kan tenkjast at det finst andre faktorar som kan påverke  $\theta$  og såleis heilt eller delvis maskere verknaden av reguleringa. Somme av desse faktorane kan best klårgjerast ved meteorologiske vurderingar, andre ved statistiske. Det kan difor lønne seg å uttrykkje  $\theta$  i andre termer:

$$(4) \quad \theta = \Delta T_r + \Delta T_k + \varepsilon$$

$\Delta T_r$  Påverknad på lufttemperaturen p.g.a. regul.

$\Delta T_k$  Ikkje-tilfeldige faktorar som kan tenkjast å verke inn på  $\theta$  (med unntak av reguleringa som altså høyrer inn under leddet  $\Delta T_r$ ). Som døme på slike faktorar kan nemnast over eller underrepresentasjon av einskilde versituasjonar føre reguleringa jamført med etter reguleringa.

$\varepsilon$  Dei tilfeldige variasjonane i  $\theta$ .  $\varepsilon$  har forventning lik null.

Diverre er det ikkje mogleg eksakt å skilje dei to ledda  $\Delta T_k$  og  $\Delta T_r$  frå kvarandre. Men vi kan redusere  $\Delta T_k$  ved å velja ut mest mogleg like versituasjonar føre og etter reguleringa, halde følarane velkalibrerte og ha eit godt ytre vedlikehald på stasjonane. Dersom ein lukkast med det, vil  $\Delta T_k \approx 0$  og likning (4) kan skrivast

$$(5) \quad \theta \approx \Delta T_r + \varepsilon$$

der  $\varepsilon$  går mot null når observasjonsmengda aukar. Ein kan nå finne  $\Delta T_r$  direkte av (5) ved å rekne ut  $\theta$  av datamaterialet. Men som oftast vil datamengda vera såpass avgrensa at ein ikkje kan vera sikker på at  $\varepsilon$  er nær null. Sjølv om  $\Delta T_r$  var lik null, kunne likevel  $\theta$  vera ulik null og ein kunne da kome i skade for å slutte at reguleringa kunne ha innverknad på klimaet der det ikkje var tilfelle. Di større  $|\theta|$  er, di mindre sannsynleg er det at  $\theta$  skil seg frå null einast på grunn av tilfeldige variasjonar. Til å vurdere dette, vil vi nytte Students t-test, sjå vedlegg A.



### 4.3 Resultatet av statistiske testar

Vi vil nå bruke den metoden som det er gjort greie for i kapittel 4.2 og vi tek også omsyn til dei fysiske vilkåra for temperaturendring som det er gjort greie for i kapittel 4.1.

Som referansestasjonar er valt 4603 Ulladal - Fjellberg og 4620 Suldal - Mo som ikkje kan vera påverka av reguleringa. Dei er (var) manuelle stasjonar som berre observerer kl. 07,13 og 19. Difor har vi vore bundne av desse klokkesletta ved gjennomføring av testane. Som jamføringsstasjon har vi også brukt målepunkt H ved stasjonen 4602 Ulladal - Gil sjølv om ein ikkje kan sjå bort frå at målepunktet kan vera påverka av reguleringa, bilete side 16.

Som teststasjon er brukt 4602 Ulladal - Gil, målepunkt S1. Det ligg heilt i dalbotnen på kanten av ei lita, oppdyrka slette. Avstanden til Ulla i uregulert tilstand var 10-15 m og til djupålen i elva om lag 25 m. Avstanden til Ulla når vassføringa i elva ikkje er større enn  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  er om lag 20 meter, bilete side 15.

Vi har valt å dele opp dataene etter skydekke og temperatur på jamføringsstasjonane. Inndelinga vart gjort såleis:

Intervall for skydekke: [0,3], [4,6], [7,8]

Intervall for temperatur: <-10,0], <0,10], <10,20], <20,30]

Vi tidsbestemmer reguleringa i samsvar med det som er sagt i kapittel 3, såleis:

Regulert elv: 5. juni 1975 - 1. september 1981.

Uregulert elv: 1. november 1984 - 31. desember 1987.

Da dei fysiske vilkåra for lokale klimaendringar varierer gjennom året, var det naudsynt å dele året inn i sesongar og gjennomføre testprogrammet innafor kvar sesong.

Etter dette får vi 12 ulike grupper føre og etter reguleringa, altså 24 grupper til saman. Med tre ulike tidspunkt på døgnet, blir det i alt 72 grupper. I høve til datamengda er dette ei så finmaska inndeling at mange av gruppene er tome eller har svært få data.

Grunnen til at inndelinga er så fin, er at ein ynskjer å jamføre mest mogleg like versituasjonar føre og etter utbygginga. Dette er gjort for å redusere eventuelle feilkjelder ved at  $\Delta T_k \neq 0$ , jamfør likning (4). Dersom det i noka gruppe vart mindre enn 10 observasjonar, har vi valt å sjå bort frå dei under vurderinga av resultatata.

Resultata finst i form av søylediagram på figurane 4.1 til 4.5. Der er  $\theta$ -verdiane funne ved hjelp av likning (3) i det vi har gjort bruk av den gruppeinndelinga som er nemnt ovafor. Forteiknet er valt slik at negative verdiar tyder at det var kaldare føre reguleringa, positive verdiar tyder mildare. Kvar hovuddel av figuren inneheld eit intervall for temperatur og hovudet på figurdelane markerer kva klokkeslett og skydekkegruppe kvar søyle representerer. Ved rota av kvar søyle står ein bokstav som markerer den referansestasjonen (jamføringsstasjonen) som er brukt. Om dette, sjå figurteksta.

Det er også rekna ut om kvar test er statistisk sikker ved signifikansnivået 0,95. Testen som er brukt, er omtala i vedlegget. Signifikansnivået for kvar av testane er markert på søylediagrammet ved eit brote linestykke. (Signifikansnivået er berre markert på ei side av null-punktet. Eigentleg skulle markeringa også vore gjort på andre sida, men dette er sløyfa av plassomsyn). Når søylene bryt linestykket, viser det at resultatata av testane er statistisk sikre medan det motsette er tilfelle om dei ikkje bryt linestykket.

Da dei fysiske vilkåre for lokale klimaendringar varierer gjennom året, var det naudsynt å dele året inn i sesongar og gjennomføre testprogrammet innafor kvar sesong.

#### 4.3.1 Sesongen januar - april

I og med at det ikkje er grunnlag for klimaendringar vinterstid fram mot starten av vårflaumen, har vi heller ikkje gjennomført testar for den sesongen. Ein kan altså seia på førehand at reguleringa ikkje har endra klimaet i denne tida.

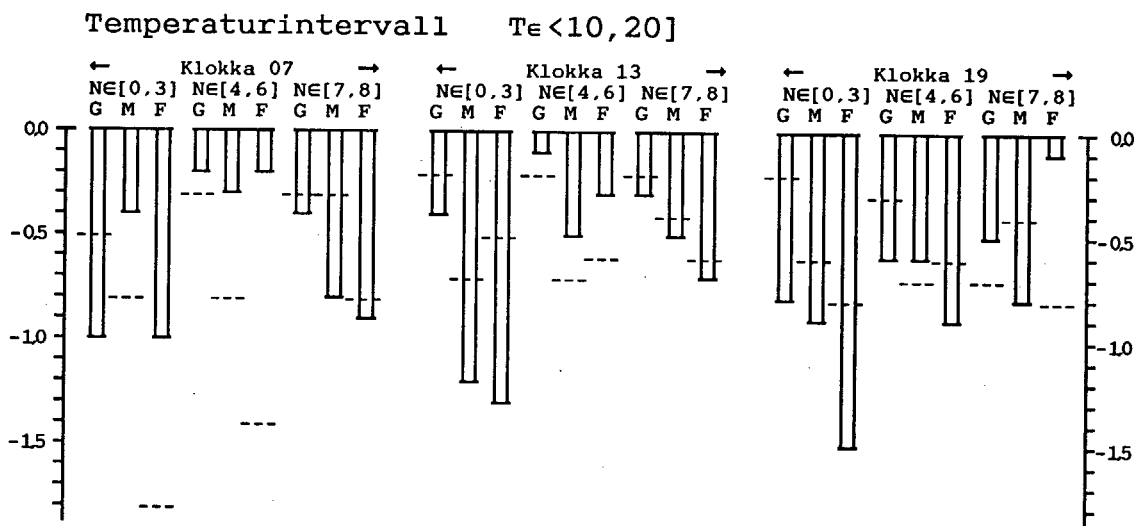
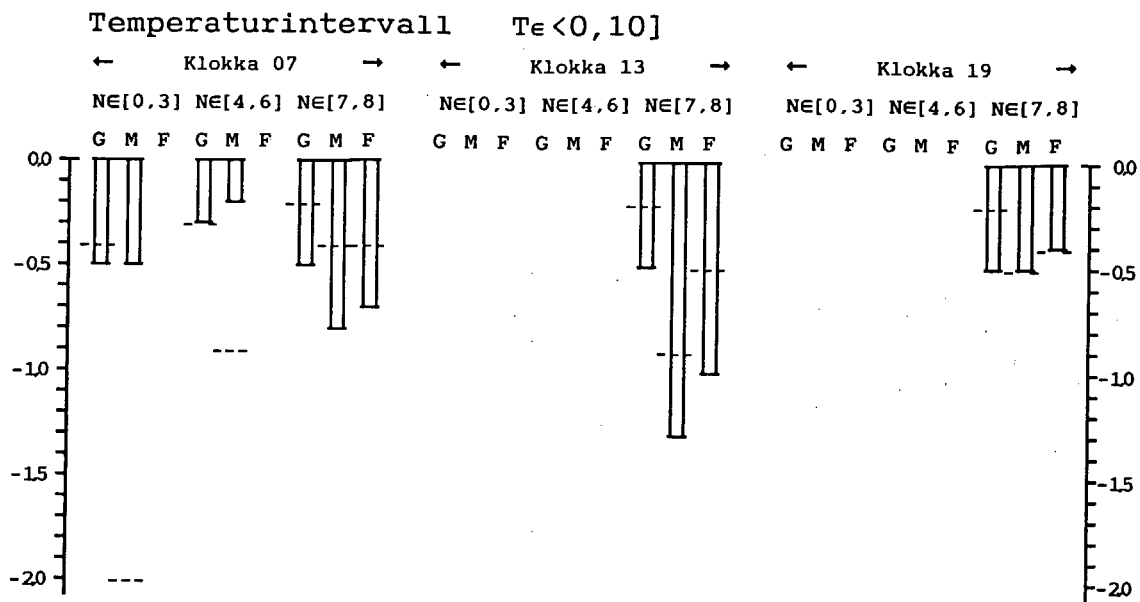
### 4.3.2 Sesongen mai-juli

Denne sesongen er valt fordi han i størst mogleg grad skal falle saman med snøsmeltinga da vassføringa i Ulla er vorte mest redusert og temperaturen i restvatnet har auka mest. For å få mest mogleg data til det statistiske testprogrammet, har vi valt å ta med også juli sjølv om snøsmeltinga i slutten av månaden i einsskilde år er på det næraste ferdig.

Resultata av dei statistiske testane finst på figur 4.1. Alla søylene representerer negative verdiar av  $\theta$ . Det tyder på at det var kaldare føre reguleringa enn etter reguleringa. Det ser ikkje ut til å vera nokon klar tendens til at skydekket spelar noka rolle for denne endringa og heller ikkje tidspunktet på dagen. Ein kan heller ikkje merke at det er ein klår tendens til at verknaden av reguleringa er større i intervallet  $<10,20]$  enn i intervallet  $<0,10]$  slik ein skulle vente. Men ei slik jamføring mellom dei to intervalla er usikker på grunn av få testar i det lågaste temperaturintervallet.

Til saman er det 40 testar som byggjer på ei stor nok datamengd til at vi har teke dei med i søylediagrammet. Av desse er det 27 testar som er statistisk sikre, dei andre er det ikkje. Resultata ser ut til å bli dei same anten ein brukar Mo eller Fjellberg som referansestasjon. Mo ligg i dalbotnen i nabodalen Suldal i om lag same høgd som Gil, medan Fjellberg ligg over 300 m høgre enn dalbotnen ved Gil. At to så ulike teststasjonar som Mo og Fjellberg gjev nær same testresultat, er ein styrke for testmetoden. Til saman viser testane på ein overtydande måte at reguleringa har skapt eit noko varmare klima. Fysisk kan det forklarast ved at kaldt flomvatn frå fjellet er vorte leidd bort frå elva.

Ved å gje alle testane i diagrammet like stor vekt ved å ta medelverdien av  $\theta$ , får ein  $\theta = -0,6^{\circ}$  med eit standardavvik på  $\pm 0,4^{\circ}$ .

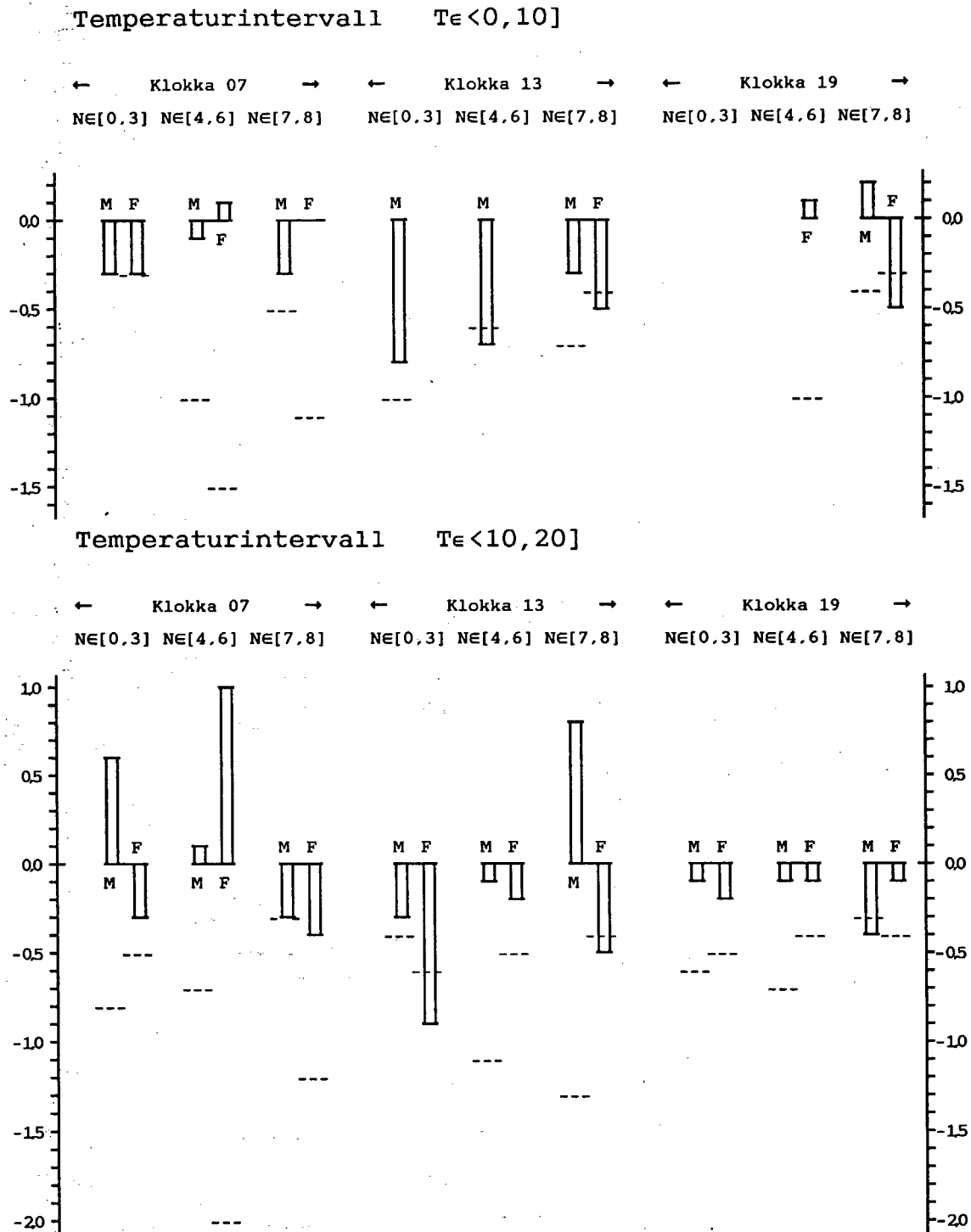


Figur 4.1. Verknader av reguleringa på lufttemperaturen i dalbotnen ved mælepunkt S1 på stasjonen 4602 Ulladal - Gil i sesongen MAI/JULI. Negative verdier markerer at det var kaldare før reguleringa.

Søylediagramma gjev  $\Theta$ -verdiar for skydekkegruppene [0.3], [4.6], [7.8] og temperaturintervalla  $< 0,10]$  og  $< 10,20]$  ved klokkesletta 07,13 og 19. Signifikansen for kvar av søylene er markert med eit brote linestykke, - - -.

Bokstaven over kvar søyle markerer referansestasjonen som er brukt.

G: 4602 Ulladal - Gil, mælepunkt H, M: 4620 Suldal - Mo, F: 4603 Ulladal - Fjellberg



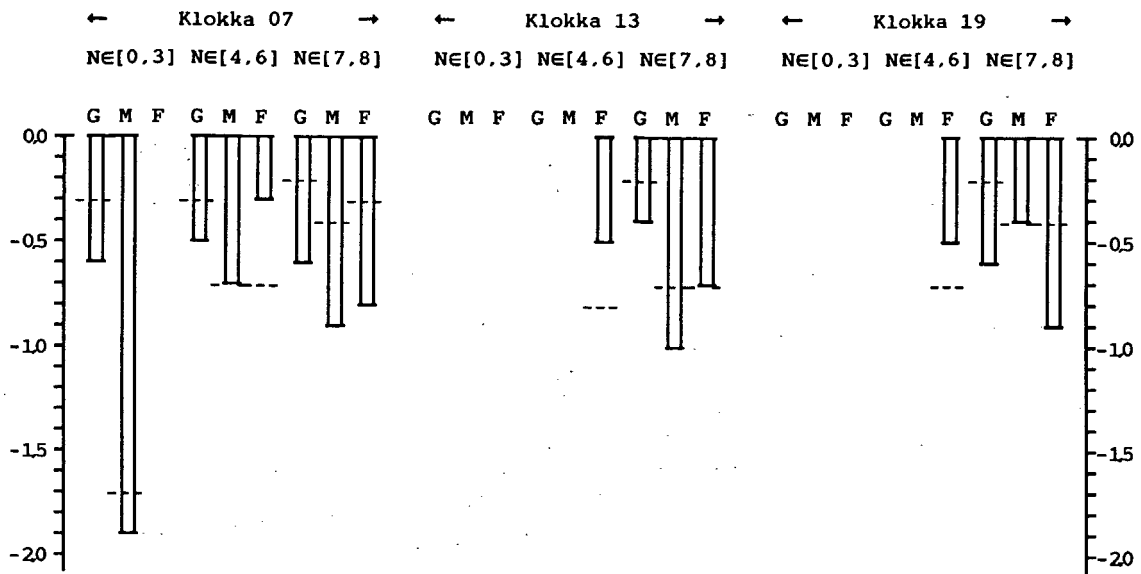
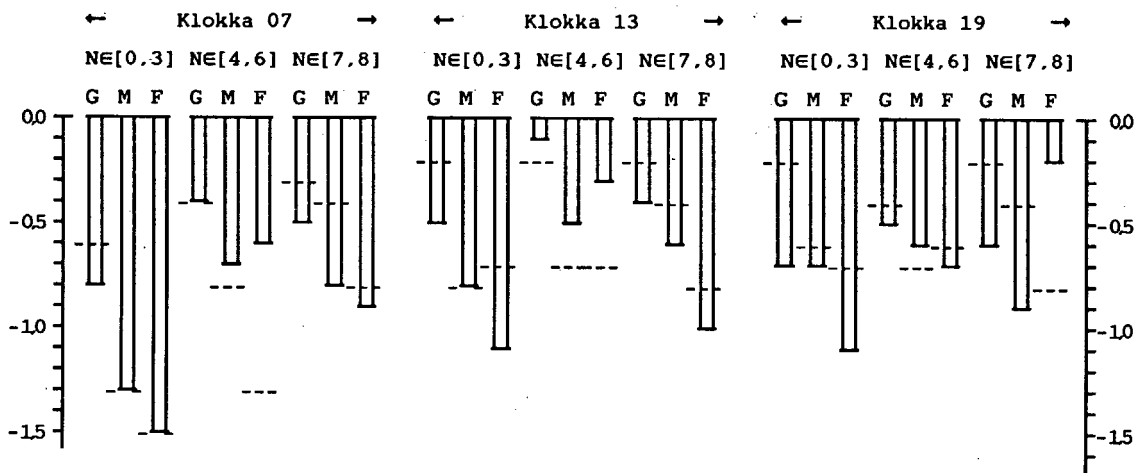
Figur 4.2. Verknader av reguleringa på lufttemperaturen i ved målepunkt H på stasjonen 4602 Ulladal - Gil i sesongen MAI/JULI. Negative verdier markerer at det var kaldare før reguleringa, positive verdier at det var varmare. Sjå også forklaring til figuren under figur 4.1.

Det er på figur 4.1 ein svak tendens til at verknaden av reguleringa er større når referansestasjonane Fjellberg eller Mo blir brukt enn når målepunkt H på Gil blir brukt. Etter som målepunkt H berre ligg litt over 20 m høgre enn elva, kan det tenkjast at også dette målepunktet er påverka av reguleringa slik at det ikkje kan gjera teneste som ein verkeleg referansestasjon som pr definisjon er upåverka av reguleringa.

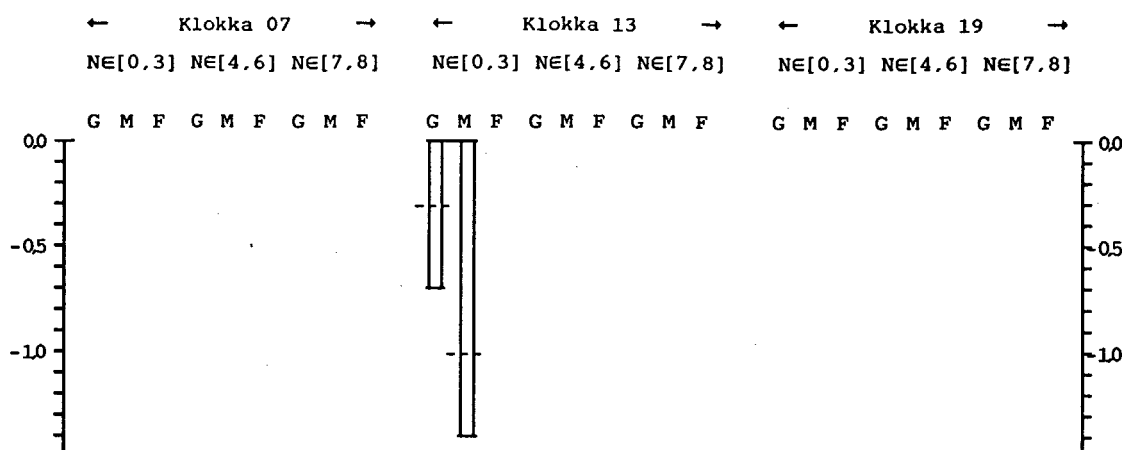
For å granske dette nærare, har vi gjennomført ein ny serie testar, men nå med målepunkt H på Gil som teststasjon saman med referansestasjonane Fjellberg og Mo liksom tidlegare. Elles er testane gjort på same måte som før. Men datamengda er ikkje heilt den same fordi målepunkt H manglar ein del data som finst på målepunkt S1 som vart brukt i den førre testen.

Resultata er som før framstilte på søylediagram, nå på figur 4.2. Resultata er ikkje så eintydige som for målepunkt S1. I alt er 31 testar representert i diagrammet. Av desse er det 23 som tyder på at det var kaldare føre reguleringa, eitt at det ikkje er noka endring og 7 at det var varmare føre reguleringa.

Berre 8 av dei 31 testane gjev statistisk sikre resultat. Dei er alle å finne mellom dei testane som viser kaldare klima føre reguleringa. Vurderer ein alle testane samla, indikerer dei  $0,1^{\circ}$  -  $0,3^{\circ}$  kaldare lokalklima føre reguleringa i dette nivået over elva. Men endringane er så små at det er svært vanskeleg å finne statistisk sikre resultat ved denne metoden.

Temperaturintervall  $T \in <0, 10]$ Temperaturintervall  $T \in <10, 20]$ 

*Figurtekst - sjå neste side!*

Temperaturintervall  $T_e < 20,30]$ 

Figur 4.3. Verknaden av endra vassføring i Ulla på lufttemperaturen i dalbotnen ved målepunkt S1 på stasjonen 4602 Ulladal - Gil i sesongen MAI/JULI. Negative verdiar viser at det var kaldare ved stor enn ved lita vassføring i Ulla. Sjå elles forklaring i teksta og under figur 4.1.

Som det tidlegare har vore gjort greie for, finst det vassføringsdata for Ulla. Til nå har vi ikkje nytta dei til anna enn å fastsetja datoane da uregulerte tilhøve slutta og da full regulering vart gjennomført. Vi vil gjennomføre same slags testar som tidlegare, men i staden for å teste på tidsepokane føre og etter reguleringa, vil vi nå teste på høgvasføring kontra lågvasføring. Definisjonane som er brukte, er desse:

Høgvasføring:  $Q \geq 30 \text{ m}^3/\text{s}$

Lågvasføring:  $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$

Dette fører til at data der vassføringa ligg mellom høgvasføring og lågvasføring ikkje blir brukte i granskinga. Heller ikkje er dei tilfella der vassføringa er ukjent med i granskinga. Dette er data som var med i dei førre testane. Men til gjengjeld får ein med data for overgangsperioden mellom inga regulering og full regulering.

Resultata er framstilte i søylediagram på figur 4.3. Diagrammet inneheld 45 ulike testar og alle testane tyder på at det er kaldare ved høgvasføring enn ved lågvasføring. Av desse er det 35 testar som er statistisk sikre.

Det er heller liten skilnad på desse testane og dei på figur 4.1 som rimeleg kan vera sidan det er stor overlapping av



data på dei to figurane. Ved å ta gjennomsnittet av alle testane, finn vi at verknaden på lufttemperaturen av høgvasføring jamført med lågvasføring er  $-0,7^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ . Dette gjeld for dalbotnen.

#### 4.3.3 Sesongen oktober - desember

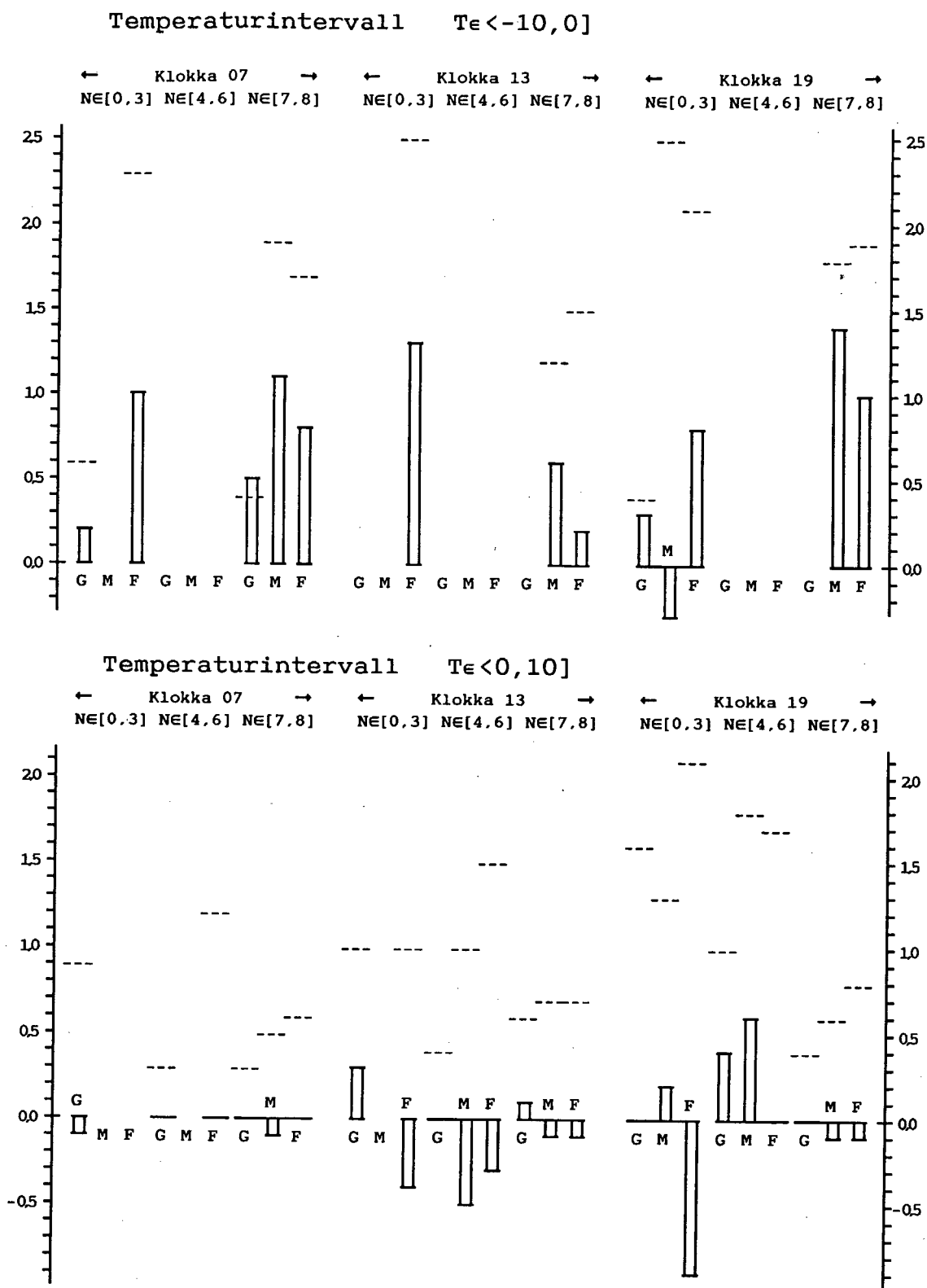
Så snart det aller meste av snøsmeltinga er unnagjort, stig vasstemperaturen i elva og det hender oftare og oftare di lenger det lid utover hausten og forvinteren at lufttemperaturen er lågare enn vasstemperaturen. Særleg er det tilfelle om natta. Medeldifferensen mellom lufttemperatur og vasstemperatur endrar seg gjennom sesongen og ein burde difor dele han inn i fleire del-sesongar. Problemet er da at det blir for få data innafor kvar gruppe til testane. Vi har valt å innskrenke sesongen noko ved at vi ikkje tek med august og september. Vi vil da bruke testmetoden på sesongen oktober - desember.

Som teststasjon brukar vi 4602 Ulladal - Gil mælepunkt S1 som låg nede ved elva og som referansestasjonar mælepunkt H på same stasjonen, 4603 Ulladal - Fjellberg og 4620 Suldal - Mo. Vi vel ut gruppene etter dei same kriteriana til skydekke og temperatur som tidlegare og testar på tilhøva føre jamført med tilhøva etter reguleringa.

Resultata er å finne på figur 4.4 som inneheld søylediagram med same symbolbruken som før. Vi ser at i temperaturintervallet  $<0,10]$  er det ingen statistisk sikker skilnad mellom føre og etter reguleringa for nokon av testane. Ein kan av diagrammet heller ikkje sjå nokon tendens til endring ved å vurdere testane samla.

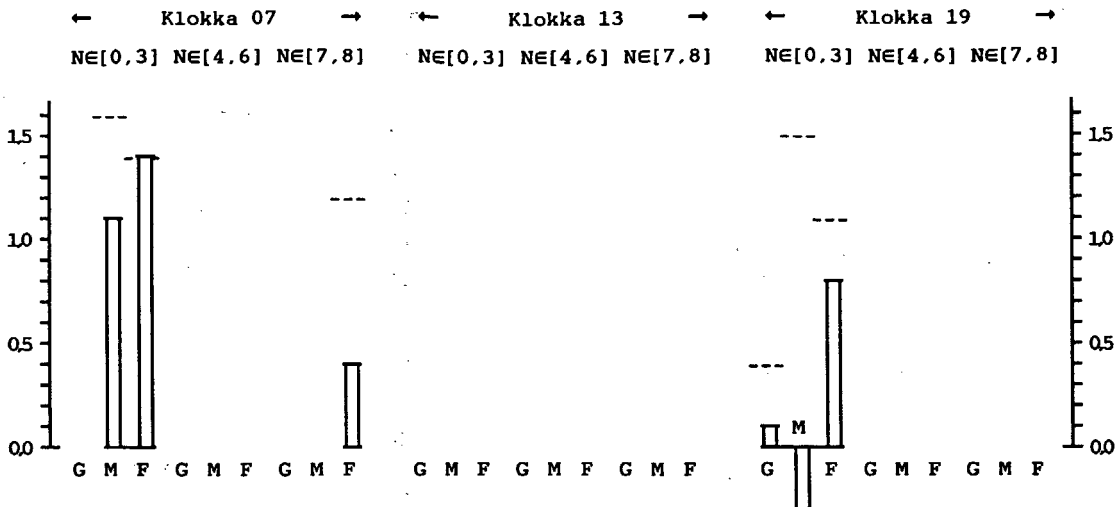
I temperaturintervallet  $<-10,0]$  er det 13 testar i diagrammet og av desse testane er det 12 som viser at det var kjølegare føre reguleringa enn etter. Men av desse 12 testane er det berre ein som har signifikante resultat. Ei samla vurdering av testane tyder likevel på at det var mildare føre reguleringa.

Ved å gje alle testane i intervallet  $<-10,0]$  like stor vekt i det vi tek medelverdien av  $\theta$ , får vi  $\theta = 0,7^{\circ}$  med eit standardavvik på  $\pm 0,5^{\circ}$ .

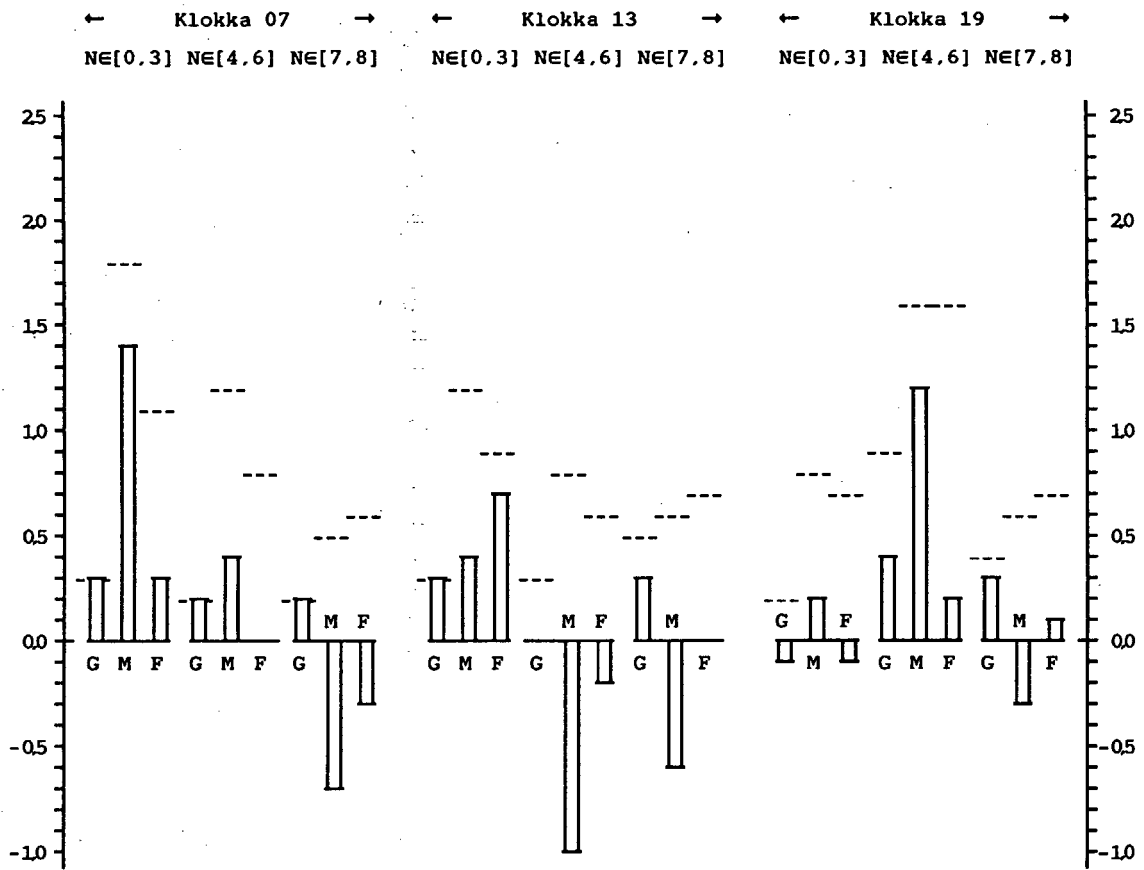


Figur 4.4. Verknader av reguleringa på lufttemperaturen i dalbotnen ved mælepunkt S1 på stasjonen 4602 Ulladal - Gil i sesongen OKTOBER/DESEMBER. Positive verdier markerer at det var mildare, negative verdier kaldare føre reguleringa. Sjå elles detaljforklaring under figur 4.1.

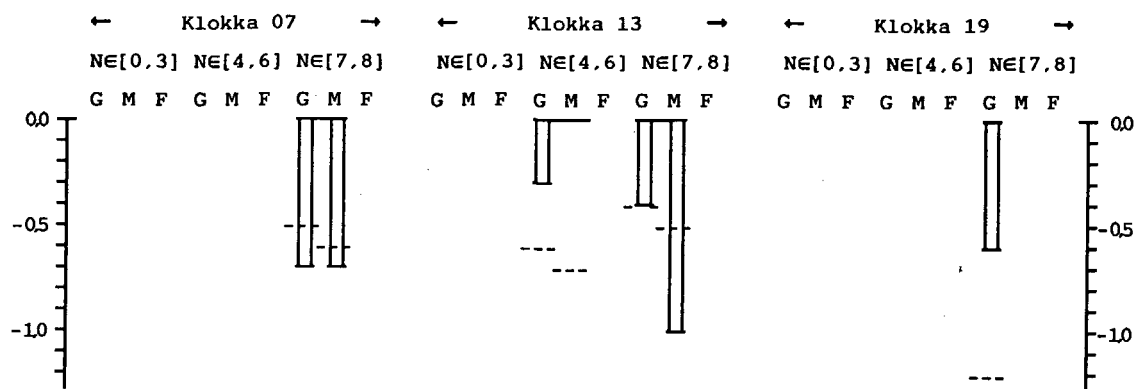
Temperaturintervall  $T_e < -10, 0]$



Temperaturintervall  $T_e < 0, 10]$



Figurtekst - sjå neste side!

Temperaturintervall  $T_e < 10, 20]$ 

Figur 4.5. Verknaden av endra vassføring i Ulla på lufttemperaturen i dalbotnen ved målepunkt S1 på stasjonen 4602 Ulladal - Gil i sesongen OKTOBER/DESEMBER. Positive verdiar markerer at det er mildare, negative verdiar at det er kaldare ved stor enn ved lita vassføring i Ulla. Sjå elles detaljforklaring under figur 4.1.

Liksom for snøsmeltingsperioden vil vi for denne sesongen også dele observasjonane inn etter vassføring. Vi sløyfar da kriteria føre og etter regulering og definerer i staden høgvasføring og lågvasføring etter dei same kriteria som før. Vi minner om at datatilfanget blir noko ulikt det som var brukt i førre testen da tilfelle der vassføringa er ukjent er kutta ut. Ein del tilfelle frå etter reguleringa der Ulla går med stor vassføring etter regnver, kan bli rekna som høgvasstand. Endeleg vil ein ta i bruk dei dataene som finst frå perioden mellom uregulert elv og fullregulert elv. Desse dataene var ikkje med i dei førre testane.

Resultata finst på figur 4.5 og det viser seg at dei blir ulike alt etter kva temperaturintervall som er valt. I intervallet  $< -10, 0]$  var det i alt mogleg å gjennomfør 6 testar, 5 av dei tyder på at det er mildare ved høgvasføring enn ved lågvasføring, men berre ein av testane er statistisk sikker. Det ser ut til å vera om lag  $0,5^0$  mildare ved høgvasføring enn ved lågvasføring.

I intervallet  $<0,10]$  er det i alt 27 testar, av dei tyder 16 på at det er mildare ved høgvasstand, 8 at det er kaldare og 3 at det ikkje er noka endring. Av dei 16 er 5 statistisk sikre og av dei 8 er 3 statistisk sikre. Det finst ikkje fysiske vilkår som kan forklare dei ulike resultata. Årsakene må difor liggje i sjølve metoden ved at  $\Delta T_k$  i likning (4) ikkje er lik null. Ei samla vurdering av testane må bli at det ikkje er påvist endringar i dette temperaturintervallet.

I intervallet  $<10,20]$  er det i alt 7 testar, av desse viser 6 at det var kaldare ved høgvasføring enn ved lågvassføring. Av dei 6 er 4 statistisk sikre. Det ser ut til å vera omlag  $0,5^{\circ}$  kjølegare ved høgvasføring enn ved lågvassføring. Standardavviket i medelverdien av dei sju testane er  $\pm 0,3^{\circ}$ .

Desse resultata er kvalitativt slik ein kunne vente ut frå ei fysisk vurdering av varmetransporten frå elva. For temperaturar under  $0^{\circ}\text{C}$  går det ein varmestraum frå vatnet til lufta. Han verkar positivt på lufttemperaturen. Ved lågvassføring er mykje av denne varmestraumen gått tapt og effekten av elva er dermed vorte mindre.

Ein kunne tenkje seg at Ulla var eit svært godt frosthinder før reguleringa i kalde og klåre netter seint på hausten. I slike situasjonar er det vanleg at det i dalane blir skapt inversjonar. Lufta i dalen blir da stabil og varmestraumen frå elva kjem eit mindre luftvolum til gode, men effekten i dette volumet blir desto større. Den effekten som her er funnen på om lag ein halv grad, kan da synest liten.

Vi har granska kor ofte der er inversjonar i Ulladalen og avgrensa datamengda til etter reguleringa. Som eit mål for inversjonen fann vi differensen,  $\delta$ , mellom temperaturen ved mælepunkta H og S1 på Gil som har ein høgdedifferens på 21 m,  $\delta = T_H - T_{S1}$

Tabell 4.3 Frekvensar av inversjonar i Ulladalen. i perioden september til desember

	Alle obs.	$T_H < 0^{\circ}$
$\delta > 2^{\circ}$	2 %	3 %
$\delta > 1^{\circ}$	10 %	15 %

I tabell 4.3 finst ei oppteljing av kor ofte det er inversjonar av ulik styrke mellom dalbotnen og nivået 21 m høgre oppe. Krev vi til dømes at inversjonen minst skal vera  $2^{\circ}$ , finst slike inversjonar berre i 2 % av tida. Når vi berre tel temperaturar lågare enn  $0^{\circ}\text{C}$  og ikkje set strengare krav til inversjonen enn  $1^{\circ}$ , finst slike inversjonar i 15 % av tida.

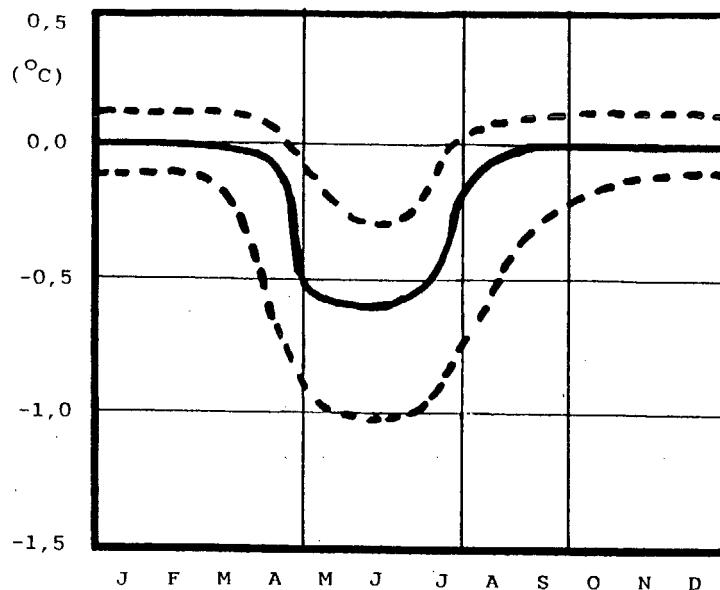
Vi ser av dette at inversjonar er moglege i Ulladalen, men dei er mykje meir sjeldsynte og svakare enn i vidare dalar med mindre helling av dalbotnen. Dette kan forklare at medeleffekten av reguleringa på kalde dagar og netter berre var av storleiksorden tidels gradar.

#### 4.3.4 Sesongen august - september

Diverre er det ikkje nok data i denne perioden til at ein kan finne statistisk sikre resultat. Reint fysisk kan ein seia at tilhøva nå skil seg ut frå tilhøva tidlegare på sommaren da snøsmeltinga gjekk for fullt. Nå er snøsmeltinga avgrensa til visse fenner i fjellet. Differensen mellom luft- og vassstemperatur er mykje lågare enn tidleg på sommaren. I storleik ligg han nærare det som er målt seinare på hausten, sjå tabellane 4.1 og 4.2. Ein reknar difor med at verknaden av reguleringa er om lag som for perioden oktober - desember.

#### 4.4 Sluttvurdering

Medeltemperaturen gjennom året: På figur 4.6 er framstilt endringa i medeltemperaturen gjennom året ved målepunktet S1 like nede ved elva før reguleringa jamført med medeltemperaturen på same målepunktet etter reguleringa. Dessutan har vi antyda uvissa for kurva med stipla liner. Vurderinga av uvissa er dels basert på variasjonen i dei ulike testresultata, dels basert på fysiske vurderingar av moglege endringar.



Figur 4.6. Medel av lufttemperatur nær Ulla føre reguleringa jamført med etter reguleringa.

Av figuren ser ein at det var kaldare føre reguleringa i snøsmeltingsperioden, men vi har ikkje funne noka endring av medeltemperaturen resten av året. Året sett under eitt vil likevel medeltemperaruren auke med 0,1 til 0,2 °C. Dette talet gjeld for stader i dalbotnen nær Ulla.

Verknad oppe i dalsida, mai-juli: Oppe på hovudstasjonen 21 m over dalbotnen vart det funne indikasjonar på at temperaturen føre reguleringa var 0,1 - 0,3 °C kjølegare, men dette er ei for lita endring til at ho kan påvisast statistisk sikkert.

Sesongen oktober desember: Vi har funne at det var mildare føre reguleringa når verlaget var kaldt, (temperaturar under 0 °C). Storleiken på endringa var  $0,7^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ .

Vi fann vidare at under mildver (temperaturar over 10 °C) var lufta i dalbotnen i Ulladalen kaldare under høg vassføring enn under låg vassføring. Skilnaden var  $-0,5^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ . Sidan reguleringa reduserer vassføringa, betyr det at det var kjølegare føre reguleringa når verlaget var mildt.

Av det som er sagt ovafor, kan ein slutte at den døgnlege temperaturamplituden har auka som ein følgje av reguleringa.

## 5 LITTERATUR

Nordli, Per Øyvind. 1987. Verknader på lokalklimaet ved oppdemming av Blåsjømagasinet. Rapport nr.1. DNMI 20/87 KLIMA.

Nordli, Per Øyvind. 1986. Verknaden på lokalklimaet ved reguleringa av Sandsavatnet. DNMI 58/86 KLIMA.



## 6 VEDLEGG A, SIGNIFIKANSTEST

La det vera gjeve to grupper av observasjonar, 1 og 2. Innafor gruppe 1 finst  $N_1$  observasjonar med standardavvik  $\sigma_1$  og innafor gruppe 2  $N_2$  observasjonar med standardavvik  $\sigma_2$ . Ein vil så avgjera om gruppene er signifikant ulike. Ved hjelp av Students t-test kan ein finne ein kritisk verdi for signifikans,  $\theta_{kr}$ . Dersom  $|\theta| > \theta_{kr}$  er  $\theta$  signifikant ulik null.  $\theta_{kr}$  er gjeven ved uttrykket

$$(8) \quad \theta_{kr} = t_{kr} \frac{N_1 \sigma_1^2 + N_2 \sigma_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)$$

$t_{kr}$  kan finnast i tabellverk og er avhengig av det valde signifikans-nivået og talet på fridomsgradar som er gjeve ved  $N_1 + N_2 - 2$ .

Dersom observasjonane er autokorrelerte, dvs. korrelasjonen mellom to observasjonar skilde med  $k$  dagar er  $\rho^k$ , forventar ein at variansen av medelet  $\theta$  er gjeven ved

$$(9) \quad \frac{\sigma^2}{N} \left[ \frac{1 + \rho}{1 - \rho} - \frac{2}{N} \frac{\rho(1 - \rho^N)}{(1 - \rho)^2} \right] = \frac{\sigma^2}{N_e}$$

og ikkje ved  $\frac{\sigma^2}{N}$ .

For stor  $N$  har ein

$$(10) \quad N_e \approx N \frac{1 - \rho}{1 + \rho}$$

Vi kan seia det slik at i ein autokorrelert tidsserie, tek kvar observasjon oppatt delar av den informasjonen vi har fått frå tidlegare observasjonar. Dermed vil  $N$  avhengige observasjonar gje like mykje informasjon om medelverdien i gruppene som  $N_e$  uavhengige observasjonar. Signifikanstest av differensen i likning (5) kan no gjerast ved å bruke formel (8), men ved å erstatte  $N_1$  og  $N_2$  med  $N_{e1}$  og  $N_{e2}$