

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

LOKALKLIMA-VERKNADER VED REGULERING AV TESSE

PER ØYVIND NORDLI

RAPPORT NR. 27/93 KLIMA



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO

TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

27/93 KLIMA

DATO

21.06.93

TITTEL

LOKALKLIMA-VERKNADER VED REGULERING AV TESSE

UTARBEIDD AV

Per Øyvind Nordli

OPPDRAGSGJEVAR

Glommens og Laagens brukseierforening

SAMANDRAG

Ut på seinvinteren og våren er det på grunn av reguleringa vorte opp til 1°C lågare temperatur oppå isen i klårt og stilt vær.

Tidleg på sommaren når vatnet er nedtappa har den noverande vegetasjonsgrensa mot vatatnet på varme dagar fått 1-2°C høgre temperatur.

På Tessand har reguleringa ført til at det i gjennomsnitt pr. vinter er vorte 13-18 tilfelle av frostrøyk.

Frostrøyken vidare nedover Gudbrandsdalen er skapt av fleire reguleringar. Innverknaden frå Tesse er minimal.

UNDERSKRIFT

Per Øyvind Nordli
.....

Per Øyvind Nordli
SAKSHANDSAMAR

Bjørn Aune
.....

Bjørn Aune
FAGSJEF

LOKALKLIMA-VERKNADER VED REGULERING AV TESSE.

INNHALD

1	SAMANDRAG OG KONKLUSJON	3
2	REGULERINGA	4
3	KORT OM KLIMAET I OMRÅDET	8
4	VERKNADER AV REGULERINGA	11
	4.1 Strandområda ved Tesse	11
	4.2 Tessand	14
	4.3 Osen av Vågåvatnet	19
5	LITTERATUR	20
	VEDLEGG I	21

F Ø R E O R D

Etter at Tesse har vore regulert til kraftføremål i 50 år, går no konsesjonen ut. Vidare regulering krev dermed ny konsesjonssøknad. Difor vart det sendt førespurnad til DNMI om ei utgreiing av dei verknadene som reguleringa har på lokalklimaet i området, sjå vedlegg I - brev frå GLOMMENS OG LAAGENS BRUKSEIERFORENING til DNMI.

I prinsippet er det berre reguleringa av sjølve Tesse som krev konsesjonssøknad, ikkje kraftverka. Likevel kan ikkje oppdraget avgrensast til sjølve magasinet og strendene ikring, fordi verknaden av reguleringa gjer seg gjeldande på vassføringa i Tessa og dermed òg i Otta og Lågen.

Som det går fram av brevet frå brukseigarforeininga, er det sterke avgrensingar på omfanget av den ynskte rapporten. Til dømes finst det ikkje målingar ved magasinet og vi kan heller ikkje setja i gang målingar fordi det ville sprengje ramma for oppdraget både når det gjeld kostnader og tid.

Vår analyse av reguleringa byggjer såleis på tidlegare forskning på verknader av kraftutbygging og kjennskapen til klimaet i området som det ordinære stasjonsnett til DNMI har gjeve oss. Spesielt har forskinga og utgreiingane i samband med planane for kraftutbygging i Otta og Lågen gjeve verdfull kunnskap som òg blir nytta her.

Tesse vart synfare den 24. mai 1993 av Per Øyvind Nordli.

1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON.

Temperaturen ved Tesse.

Vinter, frå islegging til ut februar. Det har ikkje vorte endringar på grunn av reguleringa i området over den naturlege vasstanden, men oppå isen på magasinet er det vorte endringar i visse vêrsituasjonar. Endringane har fyrst gjort seg gjeldande ut på seinvinteren ved sterkt nedtappa magasin. Storleiken varierer og er vanskeleg å talfeste. Vi antar at det i visse klårvêrsituasjonar med heilt nedtappa magasin er vorte opp til 1°C kaldare på grunn av reguleringa.

Vår, frå mars til islegging. Dei lokale klimaendringane som reguleringa øver over isen på magasinet om våren svarar til dei om vinteren, likevel med ein viktig skilnad. I klårt og stilt vær kan endringane vara ved heile døgn om vinteren, medan endringane i slikt vær om våren berre gjer seg gjeldande om natta og om morgonen. Storleiken av endringane på grunn av reguleringa er om lag som på seinvinteren, maksimalverknad 1°C .

Tidleg sommar til magasinet er fullt. Reguleringa har flytt strandlina til eit stykke nedafor naturleg vasstand og dermed også flytt strandsoneeffektane. Det har ført til at stader nær den gamle strandlina har fått høgare temperatur om dagen. På spesielt varme dagar kan det dreie seg om $1-2^{\circ}\text{C}$. Etter kvart som magasinet fyller, normalt i månadsskiftet juni/juli, vil effekten gå mot null.

Seinsommar og haust inntil isen legg seg på magasinet. Vi antar at magasinet vil vera fullt på denne tida og det er ikkje tale om noka klimaendring på grunn av reguleringa.

Frostrøyk ved Tessand.

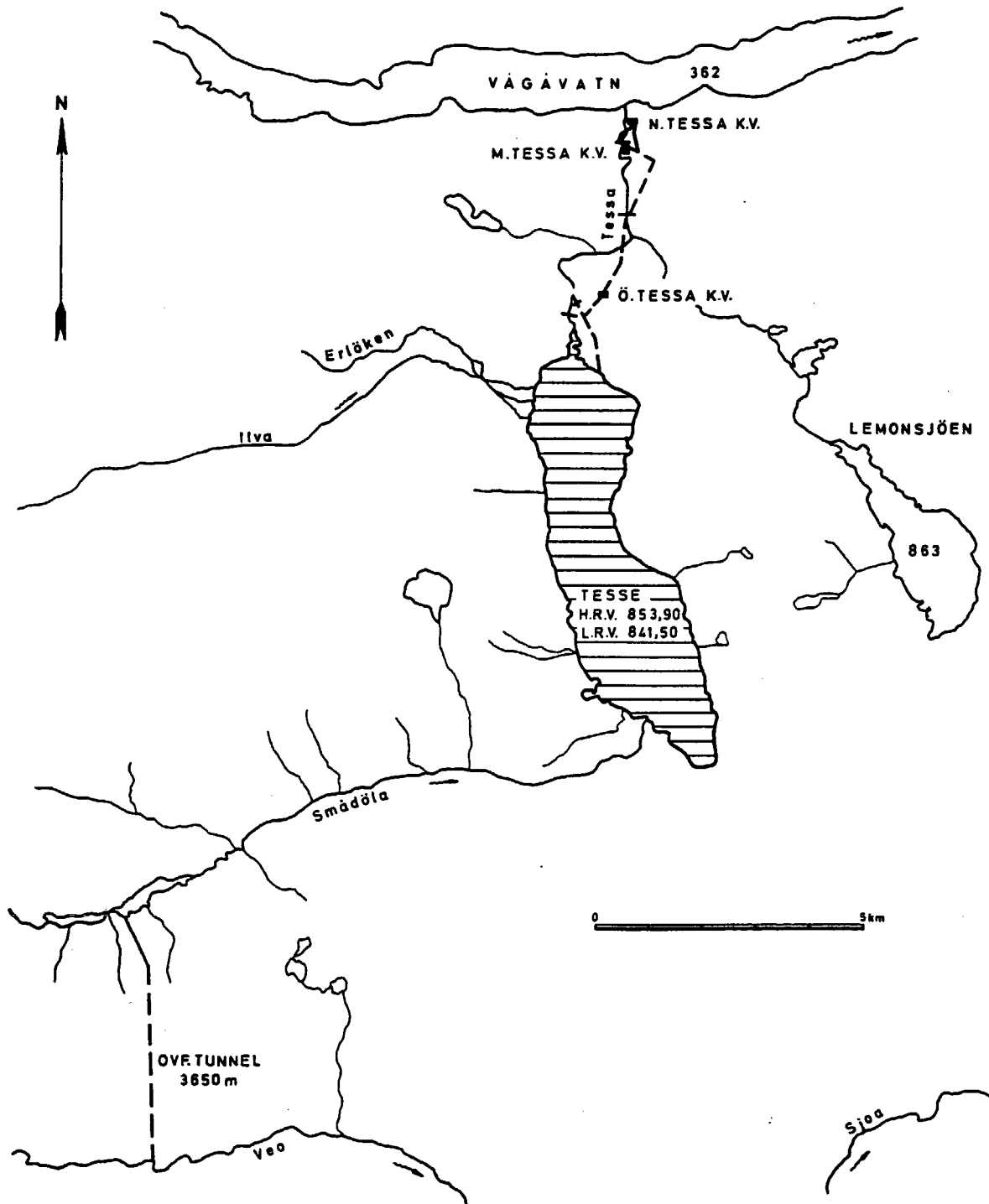
Dei husa som er mest utsette for frostrøyk på Tessand er i gjennomsnitt ramma av frostrøyk på grunn av reguleringa 13-18 tilfelle pr. vinter avhengig av tidspunktet i døgnnet. Ein stor brøkdel av dei 13-18 tilfella når alle husa i tettstaden.

Frostrøyk vidare nedover langs Otta og Lågen.

Vintervassføringa frå Tesse gjennom kraftverka utgjer berre $10\text{ m}^3/\text{s}$. Ei tidlegare gransking av frostrøyken ved osen av Vågåvatnet tyder på at så små endringar i vintervassføring ikkje verkar nemnande inn på frekvensen av frostrøyk. Vi antar også på grunnlag av dette at reguleringa av Tesse i svært liten grad kan påverke frostrøyken lenger nedover Gudbrandsdalen.

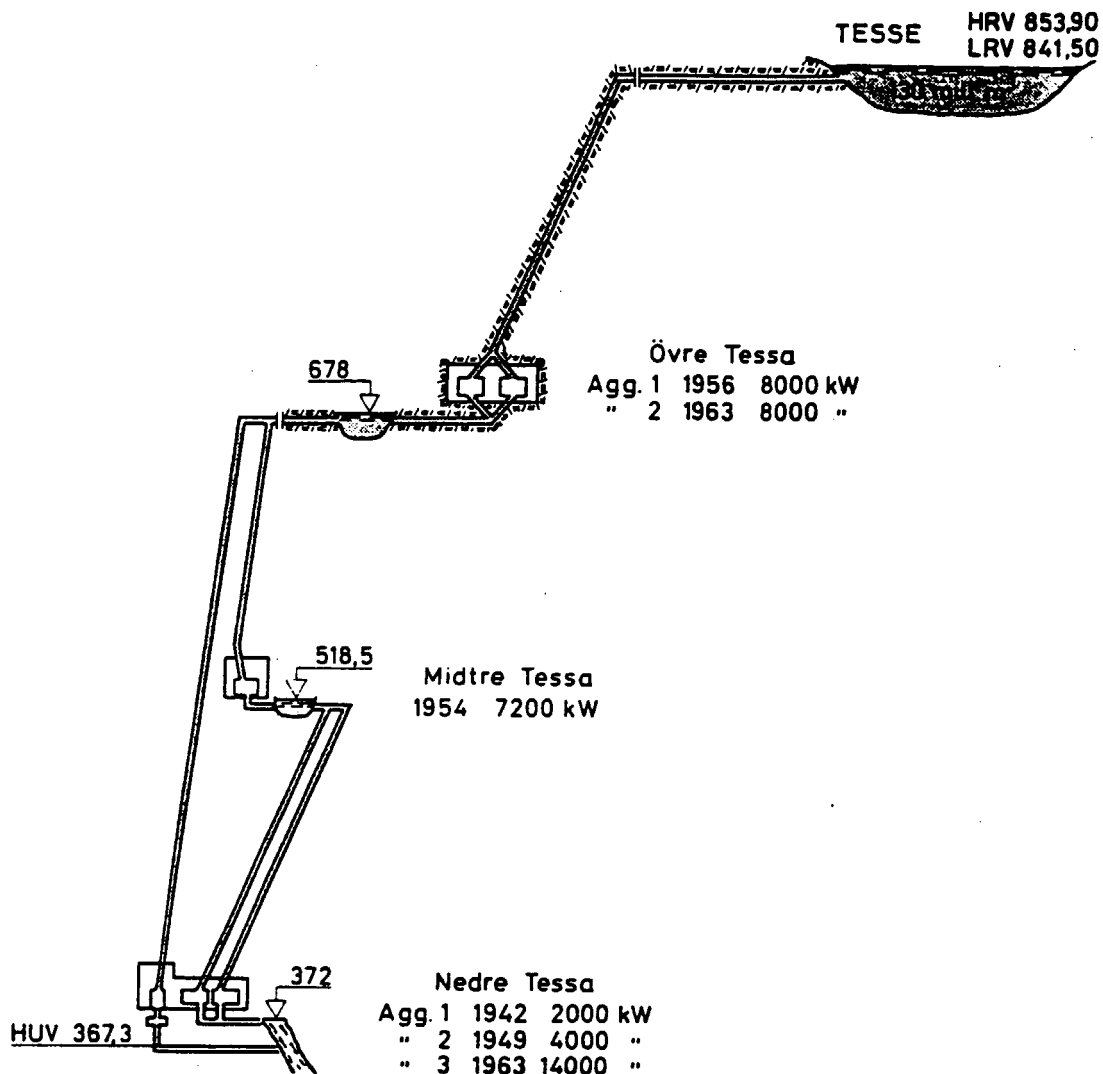
2 REGULERINGA.

Reguleringshøgda av Tesse er 12,4 m mellom kotane 853,9 m som er høgste regulerte vasstand (HRV) og 841,5 m som er lågaste regulerte vasstand (LRV). Naturleg vasstand er 853,1 m, dvs. at magasinet i det alt vesentlege er eit senkingsmagasin. Skisse over magasinet og dei næraste områda rundt er vist på figur 2.1.



Figur 2.1 Tesse og områda rundt.

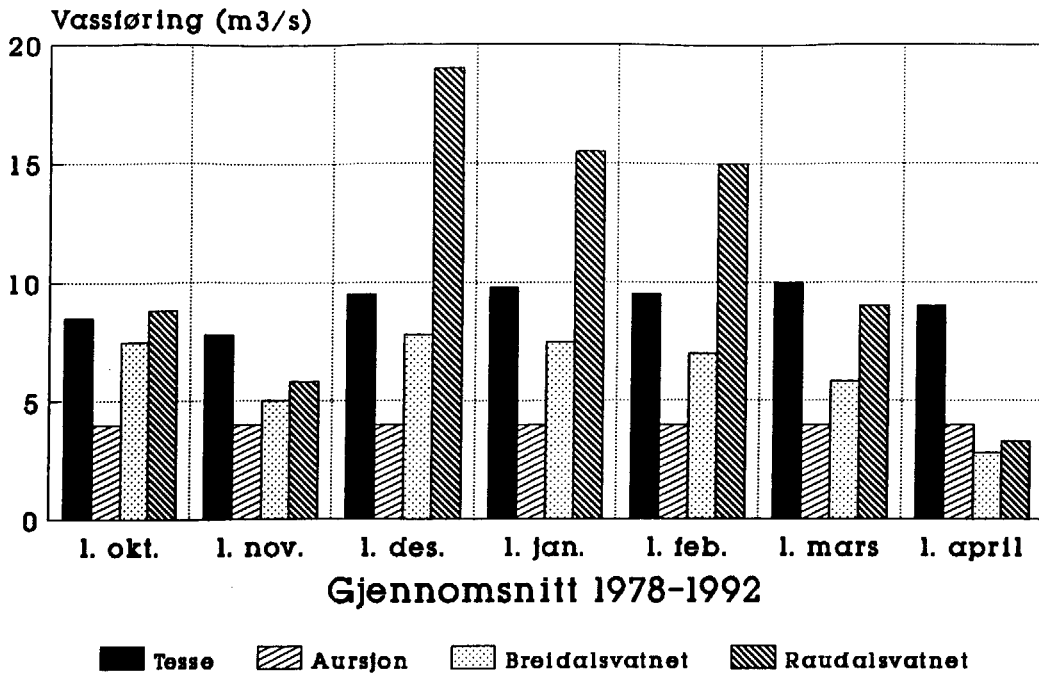
Reguleringa nyttar fallet frå Tesse og ned til nivået 372 m gjennom tre kraftverk, Øvre, Midtre og Nedre Tessa. Ved den siste utbygginga i 1963, vart eit nytt aggregat sett inn som kunne nytte fallet direkte mellom det øvre og nedre kraftverket utan å gå innom det midtre, sjå figur 2.2.



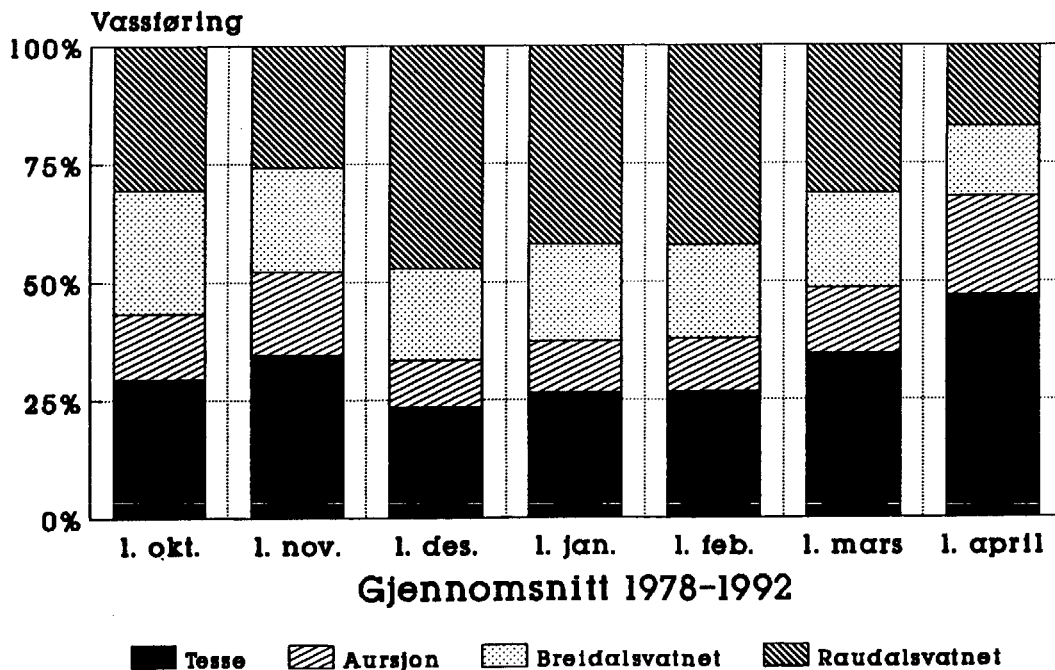
Figur 2.2 Skisse av kraftverka i Tesse-reguleringa.

Magasinvolumet i Tesse er på 130 mill. m³ som etter overføringa av Veo, figur 2.1, tilsvarar ein stad mellom 50 % og 60 % magasinfylling. Dette svarar til at normal fyllingsdato for magasinet er om lag månadsskiftet juni/juli.

Når det gjeld verknader av reguleringar i Otta, utgjer tappingsvatnet frå Tesse berre ein del av den kunstige vintervassføring som ulike reguleringar har skapt. Dei andre bidraga kjem frå Aursjoen, Raudalsvatnet og Breidalsvatnet. Bidraga frå desse varierer gjennom vinteren, ikkje berre i mengd, figur 2.3, men òg relativt, figur 2.4.



Figur 2.3 Kunstig vintervassføring på grunn av tapping frå magasin til Otta.



Figur 2.4 Bidraget i % av kunstig vintervassføring i Otta ved tapping frå ulike magasin.

Gjennomsnittleg tapping av Tesse gjennom den kaldaste vinteren (desember til februar) er om lag konstant i underkant av 10

m³/s. Tappinga frå andre magasin i området varierer meir, særleg frå Raudalsvatnet. Relativt sett vil dermed den delen av kunstig vassføring som Tesse utgjer, også variere ein del gjennom vinteren, figur 2.4.

3 KORT OM KLIMAET I OMRÅDET.

Tesse ligg i Lom kommune, men vatnet grenser inn mot Vågå kommune i det den austre breidda av vatnet nettopp dannar kommunegrensa. Ved strendene langs Tesse har det ikkje vore meteorologiske målingar, men i nabodalføret i aust på garden Grov, berre 3 km frå vatnet, er det i drift ein nedbørstasjon. Og ved det øvste kraftverket vart det drivi ein klimastasjon med namnet 1469 Øvre Tessa frå 1970 til 1981, figur 3.1. Stasjonen er enno i drift som nedbørstasjon.

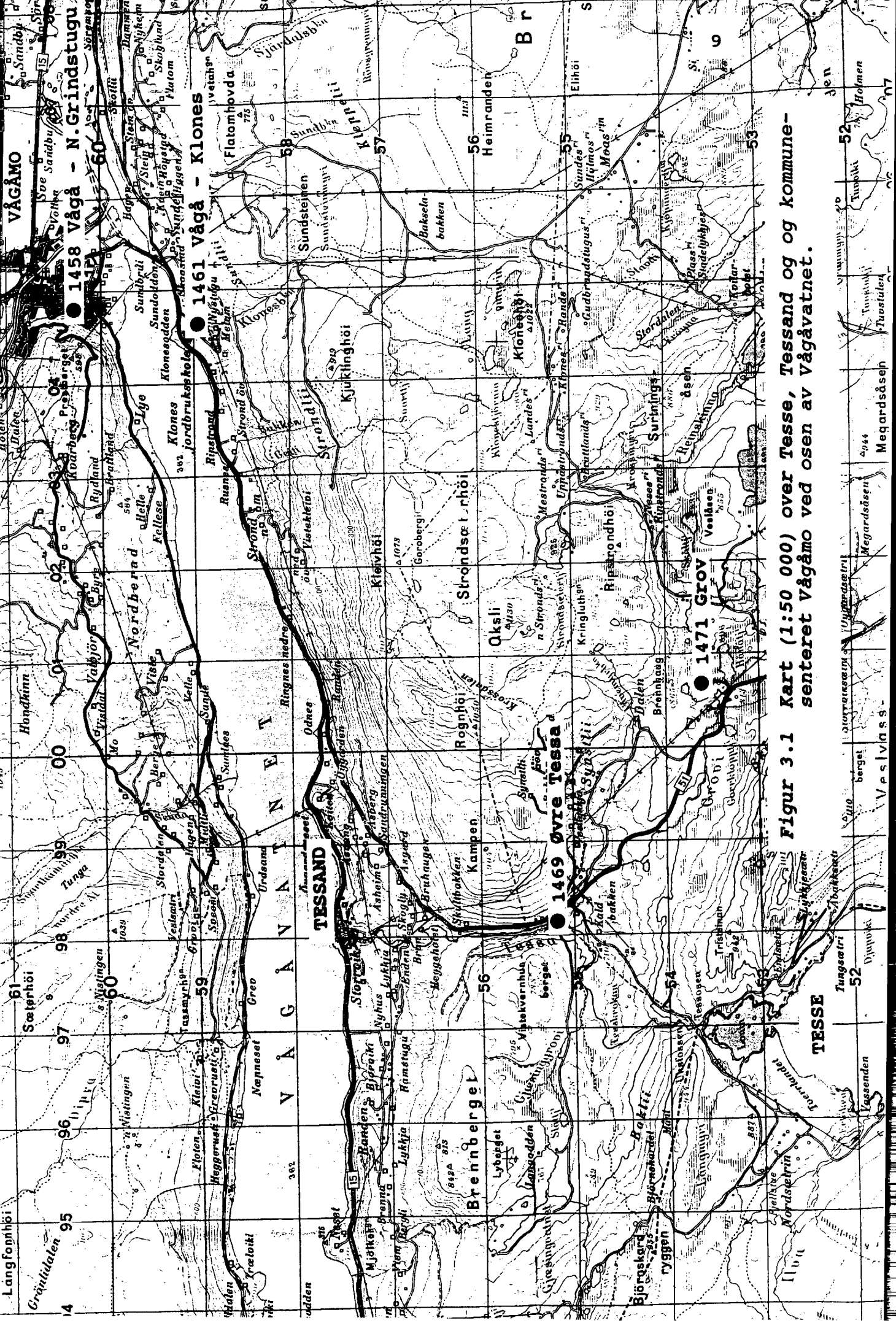
Øvre Tessa ligg om lag 200 m lågare enn vatnet. Om sommaren tilsvarar det mellom 1^o-1,5^oC lågare middel-temperatur ved Tesse enn ved stasjonen. Om vinteren er det langt mindre temperatur-skilnader mellom desse stadene sidan kaldluft ofte samlar seg over vatnet og kompenserer for høgde-skilnaden.

Nedbørnormalane for Øvre Tessa og Grov, tabell 3.1, er nær dei same og kan reknast for representative i alle fall for den nordlege delen av vatnet. Av tabellen ser vi at dei er i underkant av 500 mm i året, dvs. om lag 100 mm høgre enn dalbotnen i Vågå, representert ved 1461 Vågå - Klones og 1458 Vågå - N.Grindstugu. Skilnaden mellom dalbotn og dalside/vigge har si årsak i skjermingseffektar for nedbørførande vindar. Desse gjer seg meir gjeldande i dalbotnen enn i høgda. Men sjølv i høgder som ved Tesse er dei effektive nok til at området høyrer til dei stadene i landet som har minst nedbør.

Tabell 3.1 Temperatur- og nedbørnormalar, 1961-1990, for stasjonar nær kraftverka i Tessa.

Stasjonar:	1458 VÅGÅ - N. GRINDSTUGU				1469 ØVRE TESSA				1471 GROV				
	1461 VÅGÅ - KLONES												
Temperatur:	JAN	FEB	MARS	APR	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
1461	-9,7	-8,5	-3,3	2,1	8,2	12,5	13,9	12,8	8,2	3,5	-3,0	-7,3	2,4
1469	-10,0	-8,9	-5,5	-0,5	5,8	10,3	11,6	10,5	5,5	1,3	-5,0	-8,2	0,6
Nedbør:													
1458	27	17	19	13	25	44	55	45	36	40	31	28	380
1461	24	16	18	11	25	44	54	46	39	39	29	25	370
1469	35	23	26	19	34	54	67	55	48	52	43	39	495
1471	31	20	23	16	30	53	68	56	47	49	36	34	463

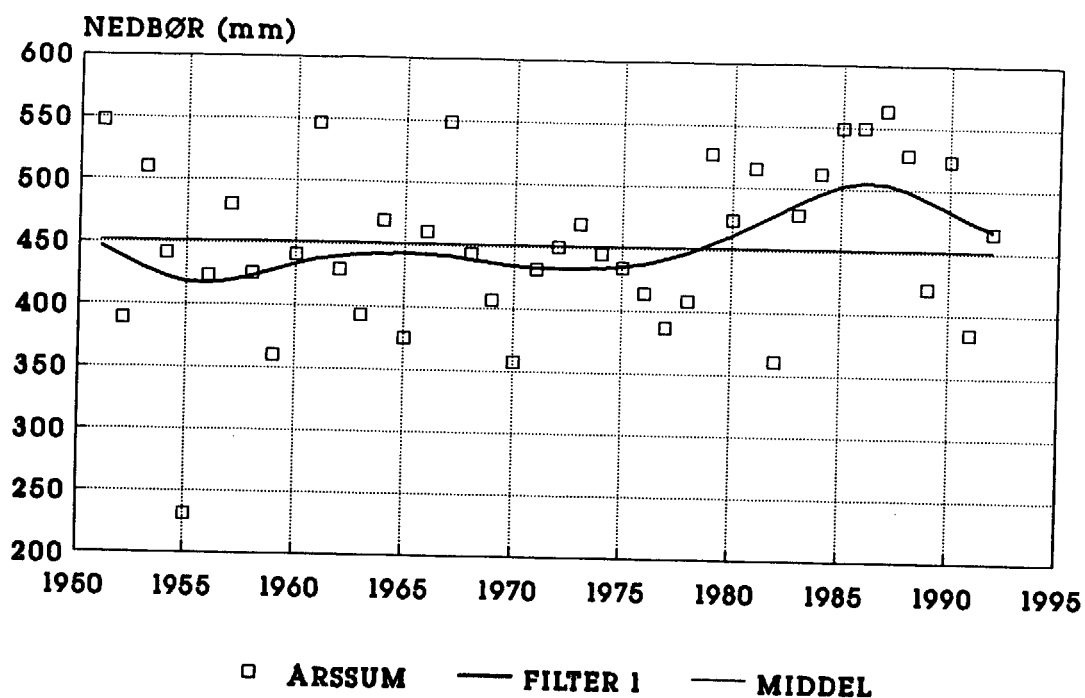
Utløpet frå kraftverka ligg i dalbotnen i Vågå, nær nedbørminimum i landet, tabell 3.1. Nedbørfordelinga er typisk for stasjonar inne i landet med eit maksimum om sommaren og eit minimum om vinteren og våren. Temperaturen om vinteren kan i sjeldne tilfelle koma ned mot -40^oC medan temperaturar lågare enn -20^oC er rett vanlege. Om sommaren har det vore observert temperaturar høgre enn 30^oC. I tre månader om sommaren er middeltemperaturen høgre enn 10^oC.



Figur 3.1 Kart (1:50 000) over Tesse, Tessand og kommune-senteret Vågåmo ved osen av Vågåvatnet.

I følgje klassifikasjonen til Köppen gjev data frå Vågå klimatype Dfc, dvs. KALDT SKOGSKLIMA MED SNØDEKKE, MED EIN KALD, STUTT SOMMAR, UTAN TØRRE PERIODAR KORKJE OM VINTEREN ELLER OM SOMMAREN.

Som nemnt er vintervedbøren i Vågå liten i høve til kyststroka på Vestlandet. I følgje Köppen er kriteriet for tørt vinterklima at høvet mellom den våtaste sommarmånaden og den tørraste vintermånaden ≥ 10 . For Vågå - Klones er høvet 3,4, altså likevel langt frå at kriteriet til Köppen er oppfylt. Klimatypen som Vågå representerer, Dfc, dekkjer svært store barskogar både i Nord-Amerika og Nord-Asia.



Figur 3.2 Årsnedbøren på 1471 Grov gjennom heile observasjonsperioden

Lengst dataserie av stasjonane i tabellen har 1471 Grov. Årssummar derifrå er vist på figur 3.2. For å gjera variasjonar på ein 10-års-skala tydelegare, er det på figuren lagt inn eit filter. Nedbøren var rikeleg i 1980-åra som er den einaste av ti-årsperiodane som ligg over middelet. Perioden inneheld berre 2 år under middelet. Ekstremt lite nedbør var det i 1955, om lag halve middelveidien.

4 VERKNADER AV REGULERINGA.

4.1 Strandområda ved Tesse.

Regulering av vatn endrar storleiken på 1) vassoverflate og 2) vassmengd. Det første kan få konsekvensar for dei fysiske prosessane som alltid foregår nær bakken og det andre for magasinerings av varme (energi). Dermed fører regulering av vatn til lokale klimaendringar av eit eller anna slag. Endringane vil te seg svært ulikt alt etter kva årstid det er tale om og vil også vera avhengige av klimaet i området.

Regulerte vatn blir oftast både heva og senka slik at overflate/vassmengd til sine tider er større enn naturleg, andre tider mindre. Tesse er eit slikt vatn som både kan vera heva og senka, men hevinga er så lita at vi i lokalklimasammenheng kan sjå bort frå ho. Klimaendringa av senkinga gjer seg ulikt gjeldande for ulike sesongar.

Vinter. I det følgjande reknar vi at årstida startar så snart isen har lagt seg på vatnet og varar ut februar.

Den nylagde isen på vatnet isolerer varmemengda i vatnet frå lufta og reduserer varmetransporten frå vatn til luft. I førstninga, medan isen er tynn og før snøen legg seg oppå, er isen ein heller dårleg isolator, men etter kvart som han blir tjukkare og framfor alt når snøen legg seg på han, blir isolasjonsevna svært god. Is eller ikkje har dermed mykje å seia for lokalklimaet ved vatnet. Endrar reguleringa isleggingstidspunktet, fører det til ei lokal klimaendring.

For Tesse er magasinet fullt eller nesten fullt når isen legg seg på vatnet, dvs. at vasstanden vil vera svært nær den naturlege og dermed kan heller ikkje isleggingstidspunktet ha vorte endra på grunn av reguleringa og heller ikkje det lokale klimaet.

Etter som det lid ut på vinteren, vil magasinet bli meir og meir uttappa. Dette har heller ikkje endra klimaet nokon stad over naturleg vasstand. Men isen på vatnet blir etter kvart liggjande i ei "grop" i terrenget. Dette er eit hinder for kaldluftstransporten ut frå magasinet når lufta er stabil mot vertikal strøyming slik ho vil vera i klårt og stilt vær. Det blir transportert mindre luft ut av magasinet enn føre reguleringa og det er difor vorte kaldare i nivå lågare enn naturleg vasstand.

Storleiken på temperaturnedgangen vil variere sterkt frå vørsituasjon til vørsituasjon. Tesse er ikkje av dei mest utsette magasinane for slike endringar på grunn av det vide, opne terrenget rundt magasinet. Det er utan omfattande granskingar uråd å seia eksakt kor mykje lågare temperaturen er vorte over isen når det er sterkt nedtappa. Vi antar at det i visse klårvørsituasjonar med heilt nedtappa magasin er vorte opp til 1°C kaldare på grunn av reguleringa.

Våren. Her vil vi rekne denne årstida frå 1. mars til isen har gått opp på magasinet.

Dei lokale klimaendringane som reguleringa øver over isen på magasinet om våren svarar til dei om vinteren, likevel med ein viktig skilnad. I klårt og stilt vår kan endringane vara heile døgn om vinteren, medan endringane i slikt vår om våren berre gjer seg gjeldande om natta og morgonen. Årsaka er at solstrålinga om dagen gjer lufta mindre stabil mot vertikalstrøyming. Kaldluft ligg ikkje lenger i botnen av magasinet sidan utvekslinga av luft også går føre seg vertikalt med det resultat at "gropa" ikkje lenger blir ei barriere for utstrøyminga. Etter solnedgang samlar kaldlufta seg i magasinet att og "grop-effekten" verkar på nytt. Endringane om nettene av reguleringa er om lag som på seinvinteren, maksimalverknad 1°C .

Etter tappinga utover vinteren og våren, blir det liggjande att isblokker på land, frå HRV og nedover. Dei vil vera dekte av snø. Avgjerande er da kva slags overflate det ville ha vore utan regulering, vassflate eller isdekke.

Under synfaringa ved magasinet den 24. mai 1993 var magasinet i det vesentlege isfritt med unntak av litt strandis i den austre og inste delen av magasinet. Heile førre veka hadde det vore varmt vår slik at snøsmeltinga i fjellet gjorde sitt til at vasstanden hadde stigi til om lag 2-3 m over LRV. Men i området frå vassflata opp mot HRV var det heilt isfritt.

Korleis smeltinga av isen skjer på regulerte vatn har vore systematisk granska av Tveit (1981). Hans resultat for vatn i kalde innlandsstrok med lite nedbør kan kort samanfattast slik: Strandis dekkjer ein mindre brøkdell av det nedtappa området enn isen på vatnet dekkjer av det totale vassarealet. Slik vil tilhøva på vatnet vera heilt til nesten all is på vatnet har smelta. Då kan det enno liggje att nokre få prosent strandis (Den siste utsegna er altså ikkje heilt i samsvar med det eg såg under synfaringa 24. mai).

På varme dagar om våren vil berre flekkar av sjøbotn i motsetnad til isen kunne bli varmare enn 0°C . Også nattetid er berr mark varmare enn is/snøflater. Effekten av dette ved Tesse skulle kunne føre til høgre temperatur over delar av nedtappingssona enn føre reguleringa då det låg sjø der. Dette er eit audt område utan vegetasjon slik at ei temperaturstigning her ikkje har praktisk interesse. Over HRV er verknaden meir tvilsam. Spørsmålet er om det er stor nok skilnad mellom brøkdelen av is i strandsona og på vatnet til at den positive verknaden kan merkast over HRV.

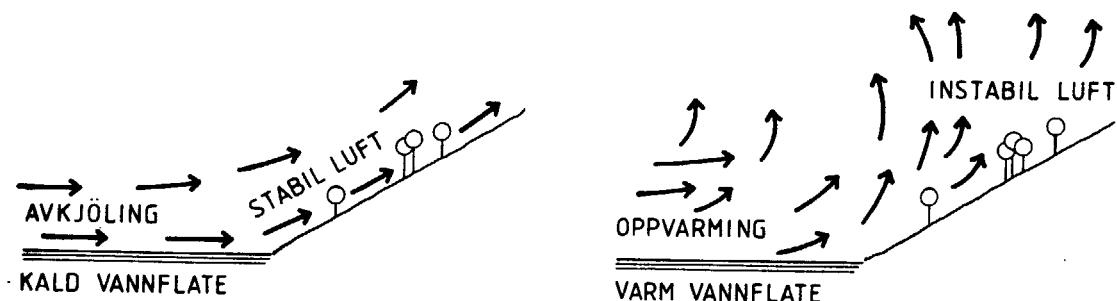
Sommaren. I det følgjande reknar vi at årstida startar i det isen har løyst seg opp på vatnet og sluttar ved utgangen av august.

Tidleg sommar ligg Tesse nesten nedtappa. Det blir dermed ei rand rundt vatnet utan vegetasjon. Denne randa er tapt både

som friluftsområde og som beite for dyr. Det synest difor ikkje å vera nokon trong for å vurdere dette området klimatologisk og vi vil i det følgjande berre omtale eventuelle verknader av reguleringane over HRV.

Reguleringa har om sommaren flytt strandsona og dermed òg dei lokalklimatologiske strandsoneneffektane. Effektane er desse:

Når vind bles over vatnet om dagen, vil lufta over magasinet, bli meir stabil på grunn av avkjøling. Dette vil avgrense turbulensen i luftlaget nærast vatnet. Eit tynt lag med kaldluft blir liggjande over magasinet der stabiliteten motverkar vertikal utveksling av varme, figur 4.1. Når lufta kjem inn over land att, blir ho rett nok på nytt varma opp av bakken, men før ho får att sin opphavelege temperatur, går det ei viss tid. Ei kald strandsona er dermed skapt.



Figur 4.1 Skjematisk framstilling av luftstraum over kald og varm vassoverflate. (Etter Skaar, 1986).

Slike effektar er granska mellom anna ved det kunstige magasinet Granasjøen på Nerskogen der ein kunne vise at temperaturen på le-stranda fall med 5-6°C på grunn av magasinet på dagar da lufttemperaturen var minst 10°C høgre enn temperaturen i vassoverflata, (Skaar, 1986). Men ein skulle ikkje gå meir enn 300 m frå vasskanten før avkjølinga var redusert til 0,5 - 1,0°C og det vart ikkje registrert nokon effekt av oppdemminga ved ein stasjon 1,5 km frå magasinet.

Reguleringa av Tesse fører til at område over HRV som er i bruk frå våren av, kjem lenger frå strandsona, om lag 5-15 m ved LRV. Somme stader kan sona vera breiare slik som utanfor det dyrka området Nåvårsætervangen om lag der som Smådøla renn ut i vatnet, figur 2.1. Avstanden er der 30-50 m frå HRV til LRV. Dette har ført til at stader nær den gamle strandlina har fått høgre temperatur om dagen. Etter det som er funne ved Granasjøen og også ved andre sjøar, kan det dreie seg om 1-2°C på særleg varme dagar. Etter kvart som magasinet fyller, normalt i månadsskiftet juni/juli, vil effekten gå mot null.

Hausten. Vi vil her rekne at årstida startar 1. september og varar til isen har lagt seg på Tesse.

Så sant Tesse-magasinet er fullt på denne årstida, har heller ikkje reguleringa skapt lokale klimaendringar.

4.2 Tessand.

På grunn av reguleringa renn Tessa isfri gjennom heile vinteren frå kraftverket og ned til Vågåvatnet, ei strekning på om lag 400 m. Frå kraftverket fell elva nokolunde jamt dei 10 høgdemetrane ned til vatnet. Om vinteren er vassføringa om lag $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Vassføringa skaper også ei ope råk i isen på Vågåvatnet. Råka frys ikkje heilt til sjølv i streng kulde.

På grunn av det opne vatnet om vinteren, verkar også reguleringa av Tesse inn på klimaet i Tessand. Det er eigentleg to ulike verknader:

- 1 Varmetilførsla frå ope vatn fører til at lufttemperaturen er høgre på Tessand enn han elles ville ha vore.
- 2 Det opne vatnet kan skape frostrøyk.

Det vil vera slik at når effekt 1 er stor vil det òg vera frostrøyk. Psykologisk sett har ein neppe glede av temperaturauken i frostrøyksituasjonane og vi vil i den vidare omtale nøye oss med å gå inn på frostrøyk-problemet.

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

Luft inneheld vatn både i form av vassdamp og ørsmå vassdropar. 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°C tilsvarar det om lag $1 \text{ g}/\text{m}^3$ luft, ved $+20^\circ\text{C}$ kan same luftmassen innehalde 17 g vassdamp!

Dei ørsmå vassdropane er for små til at ein kan sjå kvar einskild av dei, men samla set dei ned sikta og dannar tåke. Det er altså dåpane og ikkje dampen som er sjølv frostrøyken og som i einskilde tilfelle kan gjera menneskelege aktivitetar vanskelegare. Som døme kan nemnast bilkøyning i mørke når frostrøyken breier seg innover vegbanen. Da er ofte fjernljuset på bilen til liten nytte og farten må reduserast. I spesielt kaldt vēr kan også frostrøyk innehalde iskrystallar som også set ned sikta.

Frostrøyk kan berre koma i stand når den isfrie vassflata er varmare enn den omgjevande lufta. Det vil da alltid fordampe frå vassflata samstundes som lufta over vatnet blir vermt opp slik at ho letnar. Dermed blir det sett i gang ein vertikal luftstraum over vassflata, og luft som før låg over land, sig

utover vatnet. Når denne lufta kjem i kontakt med vatnet, kan ho i sin tur bli overmetta med vassdamp slik at ein kan observere frostrøyk. Da blir strøymingsbiletet over det opne vatnet gjort synleg i det ein kan følgje vassdropane (d.e. frostrøyken) på veg oppover. Det syner seg at rørsla er mykje kaotisk.

Da styrken av frostrøyken kan variere svært mykje frå tilfelle til tilfelle, vil også ulempene med frostrøyken variere. Som eksempel kan vi tenkje oss eit tynt lag av frostrøyk 1 m over Vågåvatnet. Mange vil tykkje at slik frostrøyken ikkje vil vera til noka ulempe, kanskje verkar han heller livgjevande for landskapet. Tettare frostrøyk, derimot, som i mange tilfelle ligg fleire ti-metrar tjukk, vil av dei aller fleste bli rekna som ei alvorleg miljøulempe. Difor vil vi dele inn frostrøyken etter kor mektig han er, og om han breier seg vidare enn det isfrie området der kan blir til, sjå tabell 4.1.

Tabell 4.1 Kriterium for klasseinndeling av frostrøyk.

Klasse	Kriterium
1	Så vidt synleg frostrøyk over ope vatn
2	Velutvikla frostrøyk som ikkje når utanom isfri vassflate
3	Frostrøyk, delvis tett som breier seg utanom isfritt vatn. Sterk riming på tre, glas og metall ute i det fri

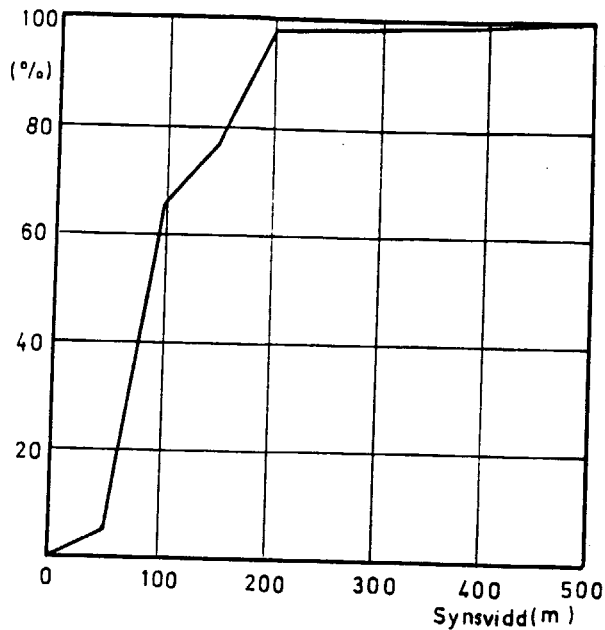
Ved osen av Vågåvatnet har det vore gjennomført eit omfattande observasjonsprogram for frostrøyk. Det gjekk kontinuerleg gjennom 14 vintrar (Nordli, 1988). Observasjonsprogrammet omfatta sikta inne i frostrøyken, maksimal høgd og klassifisering etter tabell 4.1.

Osen av Vågåvatnet og Tessand har same vinterklimaet slik at frostrøykstatistikk ved osen også kan brukast ved Tessand. Dermed er kjennskapen til frostrøyken ved Tessand også svært god. Resultata er vist på figurane 4.2-4.

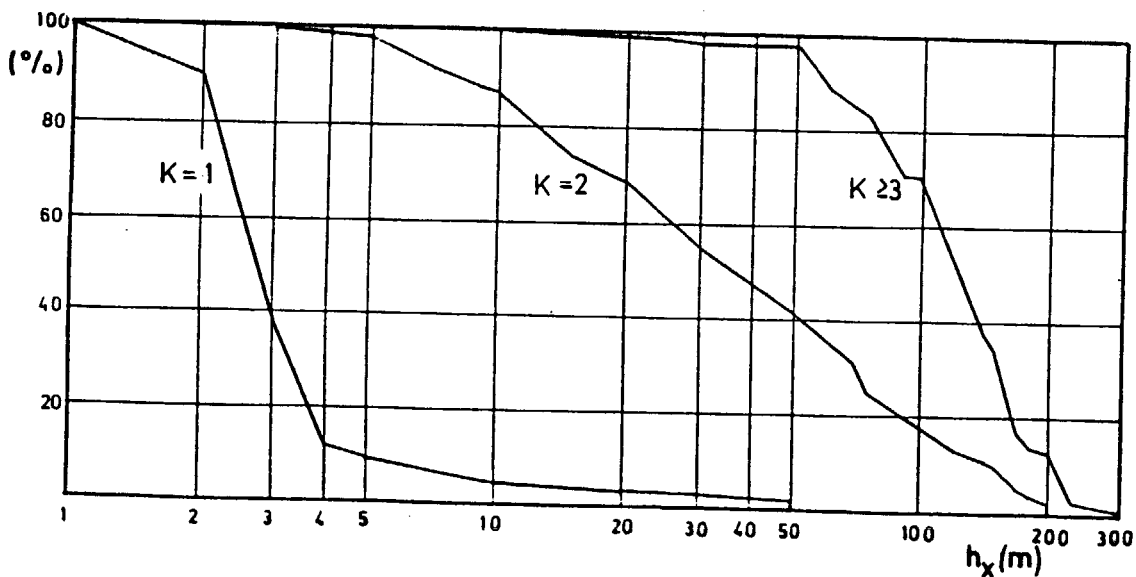
I dei to lågaste klassane av frostrøyk seier det seg sjølv at det er svært vanskeleg å observere sikta inne i frostrøyken sidan han berre finst over eit avgrensa område. I klasse tre derimot let det seg gjera slik som på figur 4.2. I dei aller fleste tilfella er sikta inne i frostrøyken mindre enn 200 m og, 65 % mindre enn 100 meter. Så låg sikt som 50 meter eller mindre er observert i 5 % av tilfella.

Den maksimale høgda til frostrøyken er framstilt kumulativt på figur 4.3. Vi ser at nesten all frostrøyk i klasse 1 har ei maksimal høgd < 4 m medan den frostrøyken som er i stand til å breie seg utover frå det isfrie området og innover land nesten alltid har ei maksimalhøgd \geq 50 m. Elles er rørsla til

frostrøyken kaotisk og høgda kan variere sterkt innafor korte tidsrom.



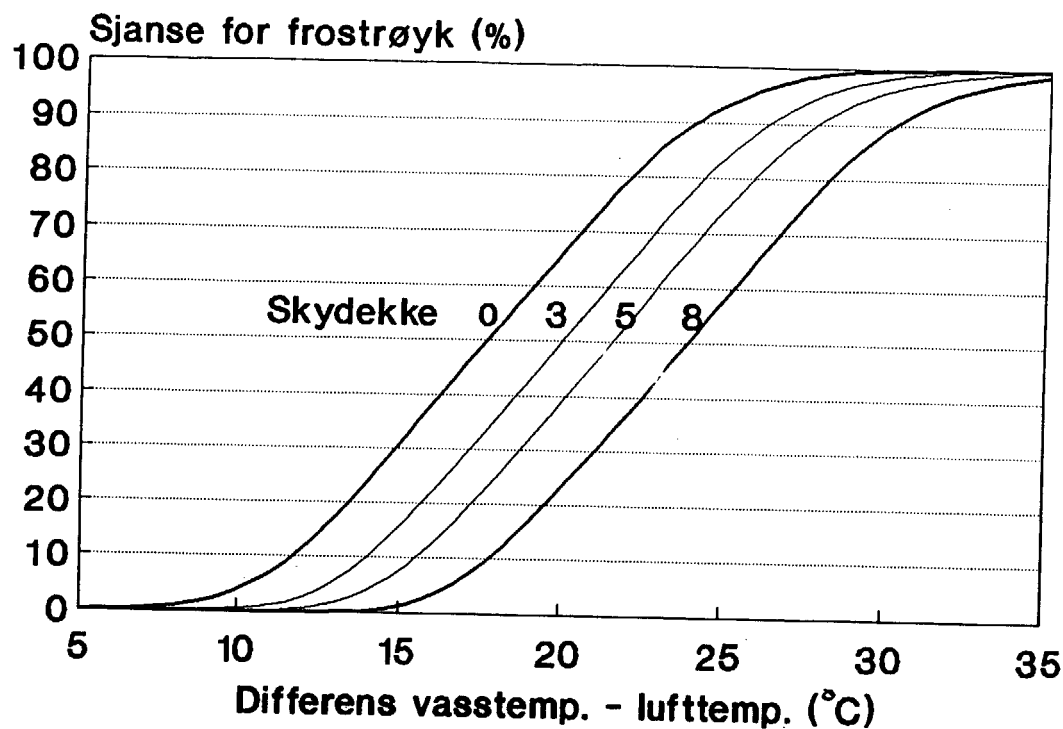
Figur 4.2 Kumulativ fordeling av sikta inne i frostrøyk av klasse 3.



Figur 4.3 Kumulativ fordeling av største høgda innafor frostrøyken, h_x , for frostrøykclassane 1, 2 og 3.

Observasjonar og teoretiske arbeid viser at det er temperaturdifferensen mellom vatnet og lufta i tillegg til andre faktorar som er avgjerande for frostrøykdanninga. Det blir sjeldan frostrøyk dersom denne temperaturdifferensen er mindre enn 10°C . Dette er eit tilnærma naudsynt vilkår for frostrøykdanning, men langt frå tilstrekkeleg. Det er altså ofte temperaturdifferensar større enn 10°C utan at det blir danna frostrøyk.

Dei andre faktorane som er viktige for frostrøykdanning er den vertikale stabiliteten og den relative råmen i lufta. I praksis viser det seg at ein modell som tek omsyn til temperaturdifferansen mellom vatn og luft og brukar skydekke som eit mål for stabiliteten i lufta, kan forklare frostrøykdanninga svært godt, (Nordli, 1988). Resultata av denne modellen er vist for klasse 3 på figur 4.4.



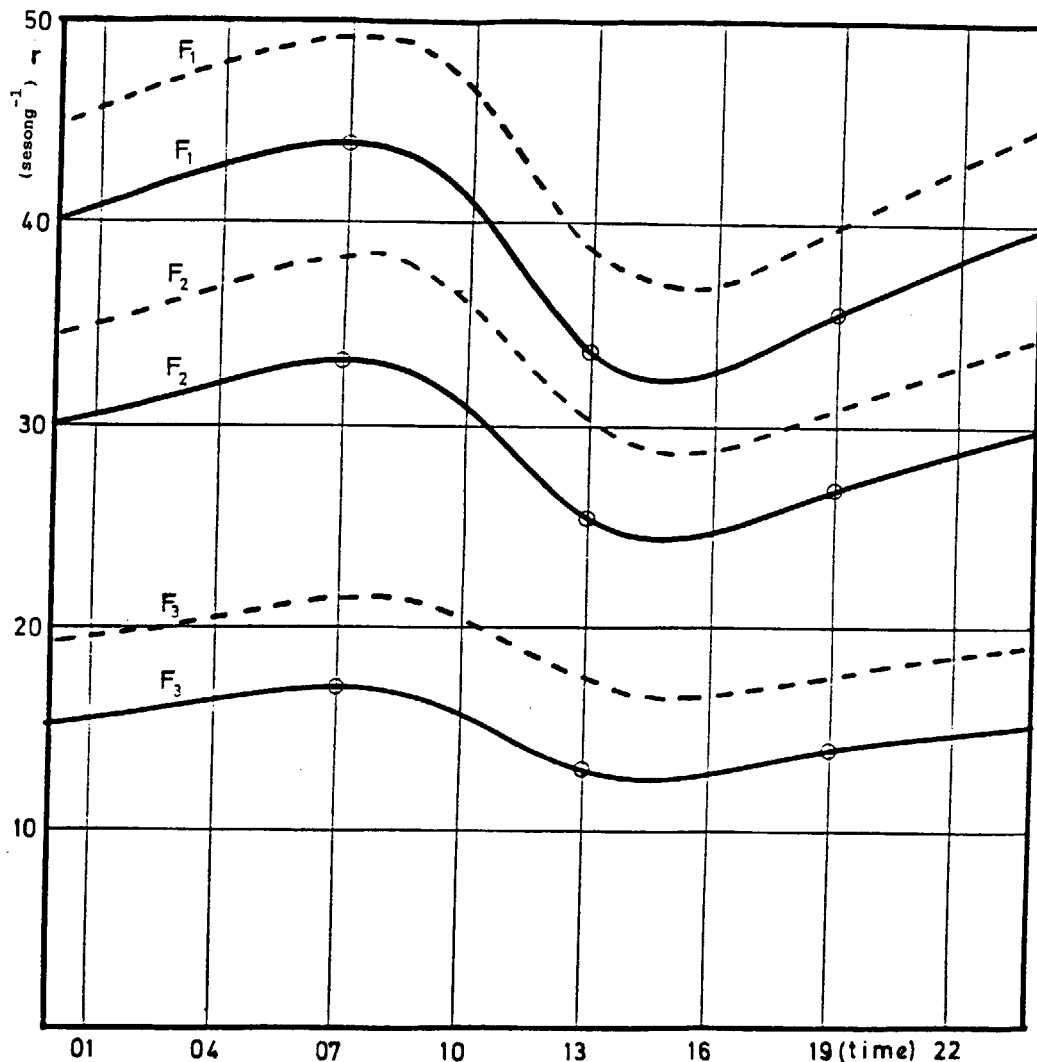
Figur 4.4 Sjansen for frostrøyk (klasse 3, sjå tekst) som funksjon av differensen mellom temperaturen i vassoverflata og lufttemperaturen over land for ulike skydekke.

Temperaturen har sjølv om vinteren ein tydeleg døgnleg variasjon og etter som frostrøyken er sterkt influert av temperaturen, har òg frostrøyken ein døgnleg gang. Dette er vist på figur 4.5. Figuren er funnen ved ein kombinasjon av frostrøykmodellen og observasjonane i perioden 01.11.1977 - 31.03.1987 då observasjonane gjekk samstundes som det fanst timevise observasjonar frå 1461 Vågå - Klonas.

Av figuren kan vi dra ut følgjande konklusjonar:

- Frostrøyk varierer svært mykje i styrke. Det er difor svært viktig definere klassen når frostrøykfrekvensar blir oppgjevne. Til dømes utgjer den frostrøyken som er mektig nok til å spreie seg inn over land berre om lag 1/3 av all frostrøyk.
- Frostrøyken har ein dagleg gang. Størst er frekvensen kl. 07, lågast kl. 14-15.

- Av frostrøyk i klasse 3 er det i Vågå om lag 18 tilfelle kl. 07, mot om lag 13 kl. 14-15. Disse tala er basert på eit gjennomsnitt over 30-årsperioden 01.01.1957 - 31.03.1987.



Figur 4.5 Frostrøyk rekna i tilfelle pr. sesong.

————— 01.01.1957 - 31.03.1987

----- 01.11.1977 - 31.03.1987

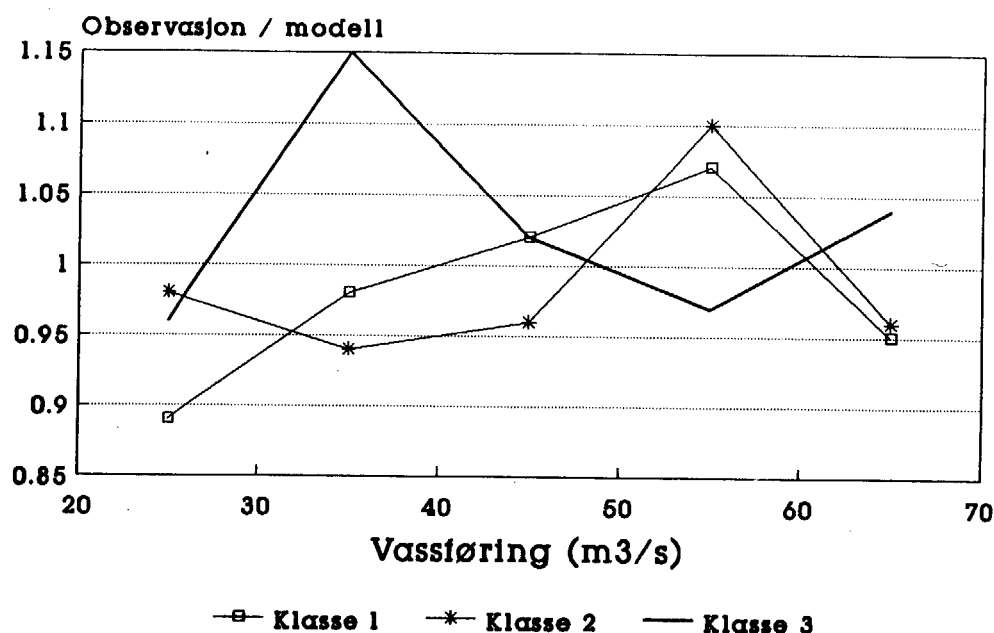
Frostrøyk av klasse 3 spreier seg som nemnt utover frå det isfrie området der han blir til og løyser seg ikkje opp før han har passert eit stykke over fast overflate. Spørsmålet blir dermed om han kan løyse seg opp før han når husa på Tessand. Busetnaden på Tessand vart difor vurdert under synfaringa. Det viste seg då at det låg fleire hus så nær inntil Tessa, at ein må anta at dei er utsette for frostrøyk kvar gong han når styrke 3. Heile tettstaden ligg elles så nær

den opne råka eller elva at ein må rekne med at alle husa relativt ofte blir ramma under sterk frostrøyk.

Konklusjon. Dei husa som er mest utsette for frostrøyk på Tessand er i gjennomsnitt ramma av frostrøyk på grunn av reguleringa 13-18 tilfelle pr. vinter avhengig av tidspunkt på døgnet. Ein stor brøkdel av dei 13-18 frostrøyk-tilfella når alle husa i tettstaden.

4.3 Osen av Vågåvatnet.

Ved osen av Vågåvatnet er det større område med ope vatn og dermed frostrøykdanning. Vatnet frå Tesse passerer også osen, figur 3.1. Men her utgjer vatnet frå Tesse berre ein del av det totale, regulerte vatnet, figurane 2.3 og 2.4. Spørsmålet er då om vatnet frå Tesse har noko å seia for frostrøykproduksjonen i osen.



Figur 4.6 Tilfelle av frostrøyk, høvet mellom observert og modellert.

Vi nyttar då ei gransking som viser samanhengen mellom vassføringa i osen og observert frostrøyk under elles like meteorologiske vilkår for frostrøykdanning, (Nordli, 1988). Resultata er vist på figur 4.6 som høvet mellom tilfelle av observert frostrøyk og modellert frostrøyk. Dersom vassføringa var viktig for frostrøykdanninga, ville det gje seg utslag på figuren ved at høvet auka som funksjon av vassføringa.

Figuren viser ingen openberr auke av sjansen for frostrøyk med aukande vassføring på ein skala der vassføringa varierte frå 20 - 70 m³/s. Vintervassføringa frå Tesse gjennom kraftverka utgjer berre 10 m³/s og kan difor ikkje ha noko å seia for frostrøyk-situasjonen i osen av Vågåvatnet. Vi antar også at reguleringa av Tesse i svært liten grad kan påverke frostrøyken lenger nedover Gudbrandsdalen.

5 LITTERATUR.

Nordli, P.Ø. 1988. Frostrøyk og dalstratus i Gudbrandsdalen. Analyse av observasjonar ved osen av Vågåvatnet. DNMI - rapport nr. 7/88.

Tveit, J. 1981. Smelting av strandis - avvik frå anna is- og snøsmelting. Institutt for vassbygging. NTH.



Oslo, 26. mai 1993

Meteorologisk institutt
Klimaavdelingen
Postboks 43 Blindern
0313 OSLO

Deres ref.

Vår ref. AMO/

**SØKNAD OM NY KONSESJON FOR TESSEREGULERINGEN
UTREDNING OM MULIGE ENDRINGER I LOKALKLIMAET ETTER EN
REGULERINGSPERIODE PÅ CA 50 ÅR**

Vi viser til tidligere samtaler og til befaring sammen med
Deres P. Ø. Nordli til Tesse 24.05.93.

Glommens og Laagens Brukseierforening utarbeider nå søknad om
ny konsesjon på reguleringen av Tesse mellom kotene 853,90 og
841,50. Naturlig vannstand før reguleringen var kote 853,10 og
reguleringen har vært drevet siden 1942-43. Magasinet er på ca
130 mill. m³ og etter overføringen av Veo i 1963 tilsvarer det
en magasinprosent på 50-60 % av årlig tilløp til Tesse.

Vi ønsker Deres bistand til å gi en beskrivelse av regulerin-
gens eventuelle ettervirkninger vedrørende klimaet i området
så langt dette er mulig ut fra foreliggende materiale. En lig-
nende uttalelse er gitt av Dem vedrørende Aursundreguleringen.
Kravene til vår søknads innhold er gitt i NVEs rundskriv
nr.36a der også lokalklimatiske endringer er nevnt.

Omfanget av oppdraget ble drøftet under befaringen og bekref-
tes herved til å dreie seg hovedsakelig om Tesseområdet, men
også nedenforliggende strekninger i den grad virkninger kan
spores tilbake til Tessereguleringen alene. I den forbindelse
legger vi ved et kurveblad som viser midlere vintertapping fra
Bredalsvatn, Raudalsvatn og Tesse i m³/s for årene 1978-92. I
tillegg kommer tappingen fra Aursjømagasinet som ligger nokså
jevnt på 4 m³/s vinteren gjennom. Vi vil i tillegg kunne skaffe
kart over magasinområdet med dybdekoter.

Det aksepteres at oppdraget utføres med fakturering etter med-
gått tid og en sats på kr. 420,- pr. time. Etter våre samtaler
settes det et tak på ca 20000,- kr.

Som videre avtalt er det ønskelig at uttalelsen foreligger
innen 6. august d.å.

Med hilsen
GLOMMENS OG LAAGENS BRUKSEIERFORENING

Pål Mellquist
Pål Mellquist
Adm. direktør

Jon Arne Eie
Jon Arne Eie
Avdelingsleder