

Intern rapport

Sivik JEN, ASI, KES
Refer H42

Intern rapport nr. 1915

Frostmålinger i 12 utvalgte
tunneler vinteren 1995/96



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Oktober 1996

Veglaboratoriet

Frostmålinger i 12 utvalgte tunneler vinteren 1995/96

Sammendrag

Vinteren 1995/96 er det utført frostmålinger i 12 utvalgte tunneler

- 3 (4) undersjøiske - Vardø, Kvalsund, Ellingsøy og (Tromsø tunnelene)
- 6 lavtrafikk - Nesbø, Fjærland, Berg, Byreberg, Vågslid og Røste tunnelene
- 3 høytrafikk - Nordby, Granfoss og Tromsø tunnelene

Vinteren 1995/96 var betydelig kaldere enn normalt i Syd-Norge og litt kaldere enn normalt i Nord-Norge. Frostmengdene i Sør-Norge er på ca $F_7 - F_{10}$, mens Nord Norge har noe over F_2 . De målte frostmengdene er lavere enn de virkelige. Målerne plasser ute har blitt utsatt for soloppvarming fra februar, og en del målere er satt ut etter at frosten kom.

I isolerte, mekanisk ventilerte høytrafikk-tunneler (envegs) trenger frosten langt inn i ventilasjons og kjøreretningen ofte med betydelige frostmengder gjennom hele tunnelen. Det blir en moderat reduksjon av frostmengden i innkjøringssonen og med en gradvis reduksjon videre innover i tunnelen. Frostmengden er minst 100 - 200 m innenfor den utgående åpningen.

I mindre trafikkerte tovegstunneler med stigning og begrenset mekanisk ventilasjon vil frostmengden avta relativt raskt de første 200 - 300 m fra den nedre åpningen og avta jevnt mot den øvre åpningen pga pipeeffekten. I lengre tunneler vil deler av tunnelen være frostfri selv i kalde vintre. For enkelte høyfjellstunneler motvirkes frostinntrengningen av kaldluftstrømmer ned fra fjellet slik at det likevel blir et tilnærmet symmetrisk frostprofil.

Undersjøiske tunneler med relativt liten trafikk får et tilnærmet symmetrisk frostprofil, men noe forskjøvet etter den naturlige og evt. mekaniske ventilasjonen. Det er betydelige lokale variasjoner ved de undersjøiske tunnelene.

Emneord: *Frostmålinger, tunneler, P - 523 Tunnelkledninger*

Seksjon: *3520, Kontoret for Geologi og geoteknikk*

Saksbehandler: *Edvard Iversen*

Dato: *Oktober 1996*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

1	INNLEDNING	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Målerplassering	1
1.3	Avlesning	2
2	FROST I MÅLEPERIODEN	2
3	BESKRIVELSE AV DE ENKELTE TUNNELER	2
3.1	INNLEDNING	2
3.2	VARDØTUNNELEN	3
3.2.1	Tekniske data	3
3.2.2	Måleresultat	3
3.3	KVALSUNDTUNNELEN	3
3.3.1	Tekniske data	3
3.3.2	Måleresultat	3
3.3.3	Sammenligning mellom Vardø og Kvalsundtunnelene.	4
3.4	ELLINGSØYTUNNELEN	4
3.4.1	Tekniske opplysninger	4
3.4.2	Måleresultat	4
3.4.3	Frostproblemer	5
3.5	NESBØTUNNELEN	5
3.5.1	Tekniske data:	5
3.5.2	Måleresultater	5
3.5.3	Målinger bak tunnel-duken.	6
3.5.4	Målinger utenfor tunnelen	6
3.6	FJÆRLANDSTUNNELEN	6
3.6.1	Tekniske opplysninger	6
3.6.2	Måleresultater	7
3.6.3	Værforhold	7
3.7	BERGSTUNNELEN	7
3.7.1	Tekniske opplysninger	7
3.7.2	Måleresultat	7
3.8	BYREBERGTUNNELEN	8
3.8.1	Tekniske opplysninger	8
3.8.2	Måleresultat	8
3.9	VÅGSLIDTUNNELEN	8
3.9.1	Tekniske opplysninger	8
3.9.2	Måleresultat	8
3.9.3	Målinger bak PE - skumisoleringen	9
3.10	RØSTETUNNELEN	9
3.10.1	Tekniske opplysninger	9
3.10.2	Måleresultat	9
3.10.3	Målinger bak lettbetonghvelvet	9
3.11	NORDBYTUNNELEN	10
3.11.1	Tekniske opplysninger	10
3.11.2	Måleresultater	10

3.12	TROMSØTUNNELEN	10
3.12.1	Tekniske opplysninger	10
3.12.2	Måleresultat	10
3.13	GRANFOSSTUNNELEN	11
3.13.1	Tekniske opplysninger	11
3.13.2	Måleresultat	11
3.13.3	Frostprofil	11
4	KONKLUSJON	12

OVERSIKT OVER BILAG:

BILAG 1: TABELL; FROSTMÅLINGER VINTER 1995/96

BILAG 2: FROSTPROFILER

BILAG 3: TUNNELSKISSER

BILAG 4: KLIMA/TEMP. VINTER 1995/96

BILAG 5: TEMPERATURKURVER FOR DEN ENKELTE TUNNEL OG MÅLER

Bilag 5A: Vardøtunnelen
 Bilag 5B: Kvalsundtunnelen
 Bilag 5C: Ellingsøy tunnelen

Bilag 5D: Nesbøtunnelen
 Bilag 5E: Fjærlandstunnelen
 Bilag 5F: Bergstunnelen
 Bilag 5G: Byreberg tunnelen
 Bilag 5H: Vågslidtunnelen
 Bilag 5I: Røstetunnelen

Bilag 5J: Nordbytunnelen
 Bilag 5K: Tromsøtunnelen
 Bilag 5L: Granfosstunnelen

BILAG 6: A: NESBØTUNNELEN

Sammenlignende temperaturkurver foran og bak Gjertsenduk

B: VÅGSLIDTUNNELEN

Sammenlignende temperaturkurver foran og bak PE - skum

C: RØSTETUNNELEN

Sammenlignende temperaturkurver foran og bak lettbetonghvelv

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Et godt datagrunnlag for vintertemperaturer er nødvendig for dimensjoneringen av vann og frostsikringen i tunneler. Tidligere er det foretatt manuelle målinger i ca 30 tunnelere i forskjellige klimasoner. Målingene er basis for dimensjoneringsdiagrammene i håndbok 021. Diagrammer er basert på den naturlige ventilasjonen forårsaket av klimatiske forhold. Senere er det foretatt supplerende målinger i flere tunneler, ref.: Int. rapp. nr 1699 og 1802.

1.2 Målerplassering

Målerne i tunnelene er plassert 2,5 til 3 m. over vegbanen og festet til bolter eller andre installasjoner. Målerne ute er forsøkt plassert slik at de ikke påvirkes av tunnelluften. Videre er det forsøkt å unngå direkte solpåvirkning for målerne som er plassert ute. Det viser seg at dette ikke alltid har lyktes slik at de fleste målerne ute er blitt soloppvarmet på vårparten.

Vinteren 1993/94 er det foretatt systematiske målinger i 8 tunneler, for en stor del med de nye Hobo-Temp (H-T) målerne (Int. rapp. 1699).

Vinteren 1994/95 er det målt frostmengder i 8 tunneler med 28 Hobo-Temp og 13 Hamster - målere, (Int. rapp. 1802).

Vinteren 1995/96 er måleprogrammet utvidet og det er benyttet 85 målere i 12 tunneler.

Undersjøiske tunneler:

Vardøtunnelen	Rv 98 Finnmark	- 6 målere (H-T)
Kvalsundtunnelen	Rv 863 Troms	- 7 målere (H-T)
Ellingsøytunnelen	Rv 658 Møre og Romsdal	- 7 målere (H-T)
Tromsøtunnelen	Ev 8 Troms	- 8 målere (H-T)

Lavtrafikk tunneler:

Nesbøtunnelen	Rv 50 Sogn og Fjordane	- 7 målere (H-T)
Fjærlandstunnelen	Rv 5 Sogn og Fjordane	- 9 målere (H-T)
Bergstunnelen	Rv 5 Sogn og Fjordane	- 6 målere (H-T)
Byrebergstunnelen	Rv 15 Oppland	- 4 målere (H-T)
Vågslidtunnelen	Rv 11 Telemark	- 8 målere (H-T)
Røstetunnelen	Rv 4 Oppland	- 7 målere (Hamster)

Høytrafikk tunneler:

Nordbytunnelen	Ev 6 Akershus	- 9 målere (H-T)
Granfosstunnelen	Rv 160 (Ring 3 Oslo)	- 5 målere (Hamster)

1.3 Avlesning

Tilsammen har det vært utplassert 73 målere av typen Hobo - Temp som er avlest ved Institutt for vassbygging ved Leif Lia, NTNU og 12 målere av typen Hamster som er avlest ved Veglaboratoriet. To målere av typen Hobo - Temp var "tomme", og tre målere ble ikke funnet igjen etter utplasseringen.

I Granfoss og Røste tunnelene er det brukt målere av typen Hamster. Disse er ikke bearbeidet i denne rapporten fordi det er problemer med avlesningen på grunn av omprogrameringen av datagrunnlaget. Dataene fra disse tunnelene blir presentert senere.

Oversikt over målerplassering i tunnelene er satt opp i tabell, bilag 1, og på tunnelkisser, bilag 3.

Frostprofilene er plassert i bilag 2.

2 FROST I MÅLEPERIODEN

Vinteren 1995/96 har vært betydelig kaldere enn normalt for Syd - Norge og litt kaldere enn normal i Nord - Norge. Opplysninger fra Meteorologisk Institutt, bilag 4, viser at den gjennomsnittlige vintertemperaturen har vært ca. $0,5^{\circ}\text{C}$ kaldere enn normalt i Nord - Norge og $-2,0^{\circ}\text{C}$ kaldere enn normalt i Syd - Norge.

Særlig var desember og februar kald på Østlandet med $2,0^{\circ}\text{C}$ - $4,0^{\circ}\text{C}$ under normaltemperatur. Desember var bare litt kaldere enn normalt. Det samme bildet vises for Vestlandet, men med mindre utslag. Også i Nord - Norge var desember og februar kaldere enn normalt med en middeltemperatur litt under det normale. Januar var imidlertid betydelig varmere enn normalt med $2,5^{\circ}\text{C}$ - $3,5^{\circ}\text{C}$ over gjennomsnittet.

3 BESKRIVELSE AV DE ENKELTE TUNNELER

3.1 INNLEDNING

Det er valgt ut tre typer tunneler for måling:

- Undersjøiske tunneler
- Høytrafikk tunneler
- Lavtrafikk tunneler

De undersjøiske tunnelene, bortsett fra Tromsøtunnelen, har trafikk i begge retninger og med ventilasjonsvifter som har variabel brukstid. Høytrafikk tunnelene har to løp og er envegskjørt med mekanisk ventilasjon i kjøreretningen. Den undersjøiske Tromsøtunnelen må også regnes som høytrafikk tunnel. Lavtrafikk tunnelene har mindre trafikk og er uten mekanisk ventilasjon, eller ventilasjonsviftene er lite brukt.

3.2 VARDØTUNNELEN

3.2.1 Tekniske data

Lengde:	2.890 m
Profil:	T - 9
Stigning:	Undersjøisk
ÅDT:	1.500
F_{10}/F_2 :	26.000 h°C / 17.000 h°C
$F_{m\ddot{a}lt}$:	14.683 h°C (Svartnes)

3.2.2 Måleresultat

Det var utplassert 6 målere i tunnelen og en utenfor ved Svartnes. Tunnelen blir ventilert mot Svartnes, mens den naturlige trekken er fra Svartnes mot Vardø. Resultatet viser at frostmengden avtar raskt fra påhuggene, og er redusert til ca 50 % etter 300 m. fra åpningen i den naturlige trekkretningen fra Svartnes. Reduksjonen på motsatt side er større med verdier på ca. 35 % etter samme avstand. Målingene viser at den naturlige trekken er dominerende og frostinntrengningen er størst fra Svartnessiden.

Vinteren 95/96 var litt kaldere enn normalt i Vardø. Målingene på Svartnes på 14.683 h°C er mindre enn normalt med $F_2 = 17.000$ h°C. Årsaken er for kort måleperiode og noe soloppvarming av måleren ute. Måleren ble satt opp 4/11 1995. Før den tiden har det allerede vært en betydelig frostmengde. En forkortet måleperiode gir også en tilsvarende reduksjon av frostmengder i tunnelen, og de relative forhold i mellom tunnelen uteluften blir ikke vesentlig forandret av den grunn.

3.3 KVALSUNDTUNNELEN

3.3.1 Tekniske data

Lengde:	1.651
Profil:	T 8 (43 m ²)
Stigning:	Undersjøisk
ÅDT:	500
F_{10}/F_2 :	15.000 h°C / 10.000 h°C
$F_{m\ddot{a}lt}$:	9.625 h°C

3.3.2 Måleresultat

Det er brukt 7 målere, der en er satt opp på utsiden. Frostprofilen bilag 2 viser en relativt jevn reduksjon av frostmengden fra inngangene. Den største frostmengden kommer inn fra Kvaløysiden med den naturlige trekken (ventilasjonsretning?). Frostmengden blir redusert til ca. 50 % etter 300 m. i trekkretningen og til ca 30 % på motsatt side. Det

umotiverte knekken på kurven ved 150 - 200 m skyldes trolig uoverensstemmelse mellom målerne. Det kan også forklares ved at varmluft i korte varmeperioder på vårparten hever temperaturen 100 m inn, men trenger ikke inn til målerne lenger inne i tunnelen.

3.3.3 Sammenligning mellom Vardø og Kvalsundtunnelene.

Begge tunneler er undersjøiske beliggende i et relativt kaldt kystklima i Nord Norge. Frostprofilene viser stor likhet og den relative frostmengden i sentrale deler av tunnelen er tilnærmet lik med ca. 20 - 25 % av frostmengden ute. Begge tunneler har som forventet noe forhøyet frostmengde på sidene som hovedluftstrømmen tydeligvis kommer inn og tilnærmet lik prosentvis reduksjon ved samme avstand fra åpningene. Frostprofilet og den prosentvise reduksjonen innover i tunnelene varierer lite for de to årene målingene er blitt utført, selv om frostmengdene varierer.

3.4 ELLINGSØYTUNNELEN

3.4.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	3.520 m
Profil:	68 m ² (T-12)
Stigning:	85 ‰
Vann og frostsikring:	PE - skum, Perlitt sprøytebetong
F ₁₀ /F ₂ Ålesund	2.000 h ⁰ C/ 0 h ⁰ C
F _{målt} :	1.597 h ⁰ C (Ellingsøy)

3.4.2 Måleresultat

Tunnelen er undersjøisk med 3 kjørefelt. Den er ventilert fra Ålesund-siden med ventilasjon normalt kun på dagtid.

Selv om vinteren 45/96 var kald også i Ålesund er frostmengdene ikke særlig store, likevel skaper selv de små frostmengdene store vedlikeholdsproblemer i deler av tunnelen.

Frostbelastningen på Ålesundsiden er noe større enn på Ellingsøysiden. Problemer med opphengsted ute for frostmåleren i Ålesund førte til at det kun ble målt ute på Ellingsøy. I frostprofilet er det tatt hensyn til dette med en skjønnsmessig økning på Ålesundsiden.

Frostprofilet viser at frosten trenger inn fra Ålesundsiden, men frostbelastningen er begrenset med et relativt lavt tall for timegradene. Frostinntrengningen er for en stor del styrt av ventilasjonen, men siden ventilasjonen ikke er på om natten, må også den naturlige ventilasjonen i hovedsak virke i samme retning.

3.4.3 Frostproblemer

På grunn av mange lekkasjer er det store vedlikeholdsproblemer med isfjerning i frostperiodene. Frostproblemene er størst på Ålesundside der isdannelse er problematisk helt ned mot bunnen av tunnelen. En kan merke seg at isdannelse er et vedlikeholdsproblem selv om frostmengdene ned mot lavbrekket er små med 58 h°C. Nabotunnelen mellom Ellingsøy og Valderøy har ikke tilsvarende frostinntrengning og isdannelse. Det tyder på at lokalklimatiske forhold spiller en stor rolle ved de undersjøiske tunnelene.

3.5 NESBØTUNNELEN

3.5.1 Tekniske data:

Lengde: 2510 m

Profil: 25,6 m², (T - 5)

Stigning: 10 ‰ mot øst (Hol)

ÅDT: 600

F₁₀/F₂: 35.000/25.000 h°C , (Holsiden) 14.000/8.000 h°C (Aurland tettsted)

F_{mål}: 25.717 h°C (Holsiden) 23.533 h°C (Aurlandsiden)

3.5.2 Måleresultater

7 målere var utplassert, derav en bak uisolert W.G. - duk. Måleren midt i tunnelen ble ikke funnet igjen. Frostprofilen er presentert i bilag 2. Målingene fra vinteren 93/94 og 94/95 er satt opp i eget diagram. Selv med varierende frostmengder er frostprofilene like.

Nesbøtunnelen har et atypisk frostprofil. Den tunge kaldluften fra høyfjellet motvirker pipeeffekten slik at det dannes en "propp" i tunnelen som hindrer frostinntrengningen. En reduksjon på nesten 20.000 h°C på 40 m tunnel viser dette klart. Vinterstid renner kulda ned fra fjellet og tunnelen drenerer noe kald luft vestover. I utgangspunktet tenkte en derfor at frosten i hovedsak trenger inn fra øvre portal og motvirket virkningen av skorsteinseffekten mot øvre utgang. Målingene viser at dette stort sett er riktig, men det er relativt lite kaldluft som kommer inn også fra den øvre inngangen. Frostprofilen viser at frostmengden avtar meget raskt innover fra åpningene, ca. 500 m. fra åpningene har tunnelen en frostmengde på under 1.000 h°C, og en har ikke den typiske skjeve frostinntrengningen som er vanlig i tunneler med naturlig skorsteinseffekt. Dette stemmer godt overens med tidligere års målinger og viser at dette ikke har sin årsak i spesielle værforhold vinteren 1993/94 og 94/95.

3.5.3 Målinger bak tunnel-duken.

Nesbøtunnelen har WG - duk som frostsikring i det nedre inngangspartiet (ca. 150 m). W.G - duken har liten varmeisolering i seg selv, men med god endetting har den en "termoseffekt" som hindrer luftlekkasje og reduserer frostmengden. Årets målinger viser en reduksjon på ca. 4.000 h°C som er mindre enn målingen 93/94 på 5.700 h°C, men betydelig mer enn vinteren 94/95 med ca. 1.000 h°C.

Måleresultatene er presentert i 4 diagram, bilag 6A. Her ser en at duken demper utslagene. Selv i en lenger kuldeperiode, 17. - 30. desember der temperaturen i tunnelen kommer ned i -7°C til -10°C, var temperaturen bak duken sjelden under -3°C. Under resten av vinteren var temperaturen bak duken stort sett mellom +2°C og -2°C mens utetemperaturen varierte mellom +2°C og -10°C.

På tross av store frostmengder ute er Nesbøtunnelen en relativt dårlig tunnel å teste isolasjonsevnen til WG - duken. Frostinntrengningen etter pipeeffekten faller bort på grunn av høytrykksproppen og frostbelastningen blir lav.

3.5.4 Målinger utenfor tunnelen

Med utplassering 25. oktober var måleperioden i høyfjellet for kort i 1995. En lenger måleperiode på høsten vil gi et mer komplett måleresultat. Målerne ute har på vårparten blitt utsatt for soloppvarming. Dette fører til lavere utvendig frostmengde enn reell belastning for tunnelluften.

3.6 FJÆRLANDSTUNNELEN

3.6.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	6.385 m
Profil:	42 m ² (T-8)
Stigning:	32 ‰ Mot Lunde (Skei)
ÅDT:	400
Vann og frostsikring:	21.750 m ² PE - skum (2,95 m ² pr. lm.)
F ₁₀ /F ₂ Fjærland og Skei	10 000 h°C / 4 500 h°C og 11 000 h°C / 5 000 h°C
F _{målt} :	11.369 h°C Ute Fjærland. 6.768 h°C Ute Skei

Det var utplassert 9 målere. Det var plassert en på utsiden i hver ende av tunnelen og målere 300, 600, 900, 1.200 og 1.500 m. inn fra Fjærland og målere 150 og 300 m. inn fra Skei. Tunnelen stiger med 32 ‰ fra Fjærlandssiden og med et høydebrekk ca. 200 m. fra påhugget ved Lunde (Skeisiden). Måleren på 900 m ble ikke funnet igjen. Målerne på 1.200 og 1.500 m er ikke hentet inn (glemt) slik at resultatene enda ikke er tilgjengelig. I

frostprofilen, bilag 2, er det derfor lagt inn teoretiske verdier for å få et "riktig" frostprofil.

3.6.2 Måleresultater

Resultatene viser at luftingen skjer ved at varm luft stiger opp mot høybrekket ved Skei, og at kaldluft blir dradd inn fra Fjærlandssiden (skorsteinseffekten). Frostmengden faller mot 0 timegrader allerede etter 300 m. på Skeisiden, mens den på Fjærlandssiden er kun redusert til ca halvparten etter ca. 1.000 m.

3.6.3 Værforhold

Det er en betydelig frostmengdeforskjell mellom Fjærland - og Skei - siden. Den normale frostmengden, F_2 , er tilnærmet lik for de to stedene. Dette er beregninger ved tettstedene, og målingene viser at det er betydelige avvik opp til tunnelpåhuggene.

Temperaturkurvene viser at en del av lavtrykkene med varmluft ikke klarer å trenge forbi Jostedalsbreen, men virker bare på vestsiden, mens kaldluften holder seg på østsiden. Forskjellen er egentlig større enn målingene viser, måleren på østsiden er mer utsatt for soloppvarming enn måleren på vestsiden. Dette skyldes både klimatiske forhold beskrevet ovenfor, og topografiske forhold med lite soltilgang bak bratte fell på vestsiden. Vestsiden ligger dessuten 200 m høyere enn østsiden som skulle gi ytterligere forskjell til fordel for vestsiden. (Kurver bilag 6D)

3.7 BERGSTUNNELEN

3.7.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	2.590 m
Profil:	50,4 m ² (T-9)
Stigning:	mot Berg
Vann og frostsikring:	PE - skum (2,95 m ² pr. lm.)
F_{10}/F_2 Fjærland	10 000 h ⁰ C/ 4 500 h ⁰ C
$F_{m\ddot{a}lt}$:	9.940 h ⁰ C (Fjærland) 8.817 h ⁰ C (Berg)

3.7.2 Måleresultat

Det er satt opp 6 målere av typen Hobo-Temp.

Målingene viser at varmluften stiger mot det høyeste påhugget ved Berg der det nesten ikke er frostintrengning. Frosten trenger langt inn fra nedsiden ved Fjærland, skorsteinseffekten er dominerende. Frostmengden blir kraftig redusert innover i tunnelen, selv i inntrengningsretningen fra nedre åpning er frostmengden halvert etter bare 300 m.

Målingene på nesten 10.000 timegrader viser at frostbelastningen har vært over en F_{10} - vinter. Måleren har vært utsatt for en del soloppvarming slik at timegrader er tapt på målingen.

3.8 BYREBERGTUNNELEN

3.8.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	500 m
Profil:	m^2 (T-8,5)
Stigning:	0,0 ‰
Vann og frostsikring:	PE - skum
F_{10}/F_2 Lom (Vågå)	36.000 h ⁰ C/ 24.000 h ⁰ C (39.000 h ⁰ C/ 26.000 h ⁰ C)
$F_{m\ddot{a}lt}$:	28.700 h ⁰ C

3.8.2 Måleresultat

Måleperioden er for kort. På grunn av sen innhenting mistet vi en del målinger fram til 12. november. Videre viser temperaturkurvene en betydelig soloppvarming fra midten av mars. Dette gjør at frostmengden ute blir for lav.

Frostprofilen viser at inntrengningen er størst fra vest, som også er den fremherskende vindretningen. I midten av tunnelen er frostmengden redusert til ca. 50 % av frostmengden ute. Dette viser at selv i korte tunneler med mye eksponert fjelloverflate vil frostmengden reduseres prosentvis tilnærmet like mye i kalde strøk som i mildere klimasoner.

3.9 VÅGSLIDTUNNELEN

3.9.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	1.650 m
Profil:	48 m^2 (T-9)
Stigning:	34 ‰
ÅDT:	1.000
Vann og frostsikring:	PE - skum
F_{10}/F_2 Vinje	32.000 h ⁰ C/ 20.000 h ⁰ C
$F_{m\ddot{a}lt}$:	27.125 h ⁰ C

3.9.2 Måleresultat

I Vågslidtunnelen har vi fått en relativt komplett måleperiode. Men også her har måleren ute blitt utsatt for soloppvarming fra ca. 25 februar. Frostprofilen viser at pipeeffekten er

dominerende for frostinntrengningen. Frostbelastningen er størst nederst i tunnelen og avtar jevnt mot øvre påhugg der frostmengden igjen øker kraftig de i de øverste 300 meterene.

3.9.3 Målinger bak PE - skumisoleringen

Det er målt bak PE - skummet på to lokaliteter, ca. 100 og 300 m inn fra det sydlige påhugget. 100 m inn er der dobbelt PE - skum, 10 cm., mens det ved 300 m er enkelt PE - skum. Frostreduksjonen er henholdsvis ca. 18.000 og 14.500 h⁰C. Dette er ikke tilstrekkelig for å få et frostfritt miljø bak PE - skummet der det er registrert ca. 6.000 - 7.000 h⁰C, som er en betydelig frostmengde. Målingene viser at det har vært kontinuerlig frost bak isoleringen fra ca 18. desember til 20. april ved 300 m og helt fram til ca 12. mai ved 100 m., kurver bilag 6 B. I lange perioder har temperaturen svinget mellom - 2 C^o til - 3 C^o med en minimum på ca. - 5 C^o . Mulighet for iskjøving i lekkasjepunkter er derfor stor bak isoleringen. Isoleringseffekten kommer likevel klart fram av temperaturkurvene i bilag 6B og frostprofilen bilag 2.

3.10 RØSTETUNNELEN

3.10.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	1.100 m
Profil:	50,45 m ² (T-9)
Stigning:	10 ‰ Mot syd
ÅDT:	3.000
Vann og frostsikring:	Lettbeonghvelv
F ₁₀ /F ₂	30 000 h ⁰ C/ 17 500 h ⁰ C
F _{målt} :	xx.xxx h ⁰ C (Ikke beregnet)

3.10.2 Måleresultat

Det er målt med eldre "Hamster - målere i tunnelen. På grunn av dataproblemer er dataene ikke overført til bearbeidbare datafiler. Resultatet fra Røstetunnelen blir presentert i egen rapport senere. Det er tatt skjermutskrift av temperaturkurvene, bilag 6.

3.10.3 Målinger bak lettbetonghvelvet

Det er målt bak lettbetonghvelvet ved 213 m inn fra nord. Skjermutskrift av målingene viser at det har vært frost bak hvelvet fra midten av desember til 1. april. Frostmengden har ikke kunnet beregnes. Inspeksjon bak hvelvet midt på vinteren viste isdannelse bak hvelvet, som tynne islag på membranen og enkelte større isjøkler. Det var svært begrensede muligheter for å bevege seg bak hvelvet slik at det var kun korte strekninger ut fra lukene som kunne sees. Enkelte større issamlinger kunne skimtes lenger inn i tunnele. Det synes som om de fleste lekkasjepunktene var frosset tørre.

3.11 NORDBYTUNNELEN

3.11.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	3.800 m
Profil:	50,4 m ² (T-9)
Stigning:	9 ‰ mot nord
Vann og frostsikring:	Con-Form betongelementer m/ 5 cm. XPS-kjerne
Kapasitet hvelv:	20 000 h ⁰ C
F ₁₀ /F ₂ Vinterbro:	21 000 h ⁰ C/ 10 000 h ⁰ C
F _{målt} :	min. 21.000 h ⁰ C (Måleren tapt/stjålet) 18.111 h ⁰ C i tunnel

3.11.2 Måleresultater

Nordbytunnelen er en to - løps motorveitunnel med lufting i kjøreretningene. Det ble bare målt i det nordgående tunnellopet. Tidligere målinger viser at frostprofilene er tilnærmet like i de to løpene. Det ble brukt 9 målere inne i tunnelen og en måler på utsiden i syd. Dessverre forsvant måleren som var plassert på utsiden (trolig stjålet). Målingene viser at frosten trenger langt inn i farts - og ventilasjonsretningen. Frostmengden inne i tunnelen er stor med over 18.000 h⁰C i inngangssonen i syd. Selv om frostmengden ute trolig overstiger F₁₀ vinteren er ikke frostkapasiteten for hvelvene oversteget i tunnelen.

3.12 TROMSØTUNNELEN

3.12.1 Tekniske opplysninger

Lengde:	3.500 m
Profil:	m ² (T-9)
Stigning:	85 ‰
Vann og frostsikring:	PE - skum
F ₁₀ /F ₂ Tromsø	16.000 h ⁰ C/ 10.000 h ⁰ C
F _{målt} :	13.318 h ⁰ C

3.12.2 Måleresultat

Måleresultatet viser en frostmengde som tilsvarende ca. F₅ mens temperaturene fra meteorologisk institutt bare er litt lavere enn normalt. Dette kan skyldes lokalklimatiske forhold i Tromsø.

Frostprofilen skiller seg lite fra frostprofilen i andre envegskjørtede høgtrafikk tunneler med ventilasjon i kjøreretningen. Dette viser at stempeleffekten og ventilasjonen styrer frostinntrengningen på samme måte som i f.eks. Nordbytunnelen. Frosten trenger langt

inn i ventilasjonsretningen. På utstrømssiden trenger frosten inn bare ca. 100 - 200 m. Dette er svært kort når man tar hensyn til at viftene ikke går kontinuerlig. Her er det trolig en samvirkning mellom naturlig trekk og stempeleffekten som gjør at luften ikke trenger inn fra fastlandssiden.

3.13 GRANFOSSTUNNELEN **(Tunnelene nærmest Smestad, vestgående løp)**

3.13.1 Tekniske opplysninger

Lengde: 1.050 m.
Profil: 85 m² (T-12). 62m² (T-9)
Stigning: 15 ‰ - 55 ‰
ÅDT: 7.500
F₂/F₁₀ (Blindern): 11.000 h°C /17.500 h°C
F_{målt}: xx.xxx h°C (Ikke beregnet)

3.13.2 Måleresultat

Det er målt med eldre hamstermålere. På grunn av skjerpede restriksjoner for ferdsel i tunnelen er målerne ikke hentet inn. Vi venter på en teknisk stengning av tunnelen. Hamstermålerne har lagringskapasitet for 500 dager. Resultetene blir presentert senere i egen rapport.

Granfosstunnelene er egentlig 4 separate tunnellop adskilt av en åpen sone ved Mustad, CC-Vest. Det er vestgående løpe nærmest Smestad som er instrumentert. Tunnelen har motorvegstandard med et løp i hver retning. Mot Oslo er det T - 12 med tre kjørefelt, mot Bærum, utgående fra Oslo, er dimensjonen T - 9 med to kjørefelt. Tunnelen er ventilert i kjøreretningen med mekanisk vifte og rensesløyfe mot Oslo.

Tunnelen er utstyrt med isolerte hvelv fra Miljøsikring A/S. Hvelvene viser relativt store skader etter to års bruk, men skadene har foreløpig ingen betydning for frostinntrengningen/frostisolasjonen.

3.13.3 Frostprofil

Vestgående løp

Den oppvarmede tunnelluften stiger oppover mot trafikketningen og motvirkes av stempeleffekten fra trafikken. (og ventilasjonen?). På grunn av dataproblemer er ikke frostprofilen uttegnet. Det skiller seg trolig fra det østgående løpet der skorsteinseffekt, stempeleffekt og ventilasjon virker sammen.

4 KONKLUSJON

I isolerte, godt ventilerte høytrafikk tunneler trenger frosten langt inn i ventilasjons og kjøreretningen. Frostmengden blir halvert etter ca 300 - 400 m i kjøreretningen, og med en videre gradvis redusering, men med lokale variasjoner. På motsatt side ved utløpet blir frostmengden relativt raskt redusert til verdier under 1000 - 2000 h⁰C selv ved store frostmender ute. Undersjøiske tunneler med envegstrafikk og ventilasjon i fartsretningen har frostprofil tilnærmet envegs høgtrafikk tunneler.

I mindre trafikkerte tovegstunneler med begrenset mekanisk ventilasjon vil frostmengden avta relativt raskt med en halvering etter ca 150 - 500 m med en forlengning i naturlig ventilasjonsretning og en tilsvarende reduksjon mot denne. Her er det også store variasjoner etter lokale forhold og frostmengde ute.

I tunneler med stigning vil varmluft i tunnelen normalt stige mot det øvre påhugget (skorsteinseffekten) og kaldluft trenger derfor langt inn ved den laveste åpningen. For enkelte høyfjellstunneler motvirkes dette av kraftige kaldluftstrømmer ned fra fjellet slik at det likevel blir et tilnærmet symmetrisk frostprofil.

Undersjøiske tunneler med relativt liten trafikk får oftest et symmetrisk frostprofil, men noe forskjøvet etter den naturlige og evt. kunstige ventilasjonen.

Frostisolering i form av hvelv eller PE-skum fører til mindre varmeutveksling fra fjellet, frosten trenger dermed lenger inn i tunnelen enn i tunneler med eksponerte fjelloverflate.

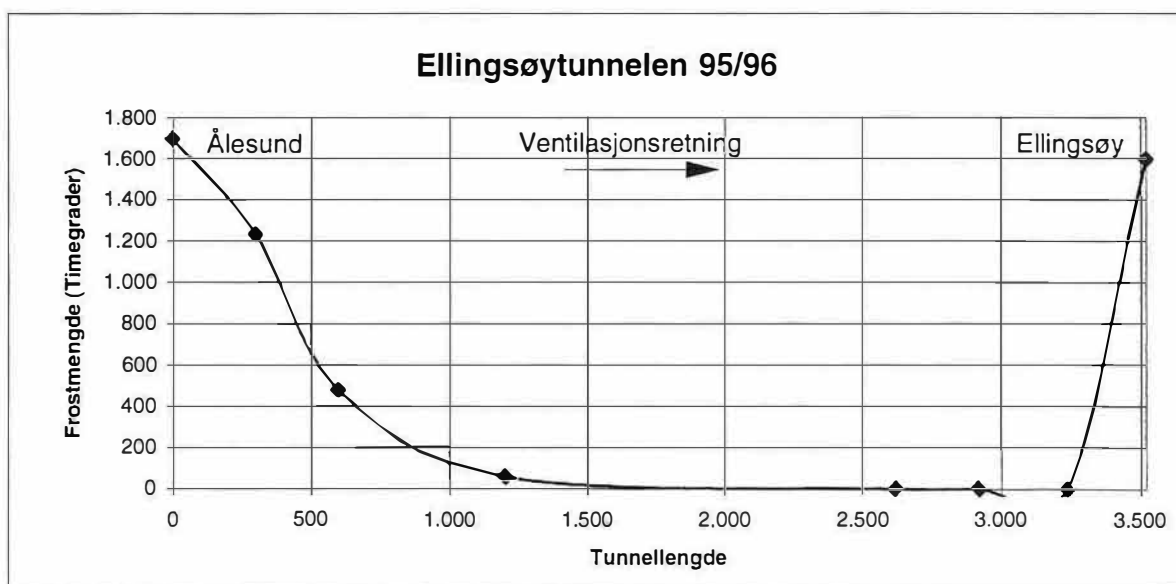
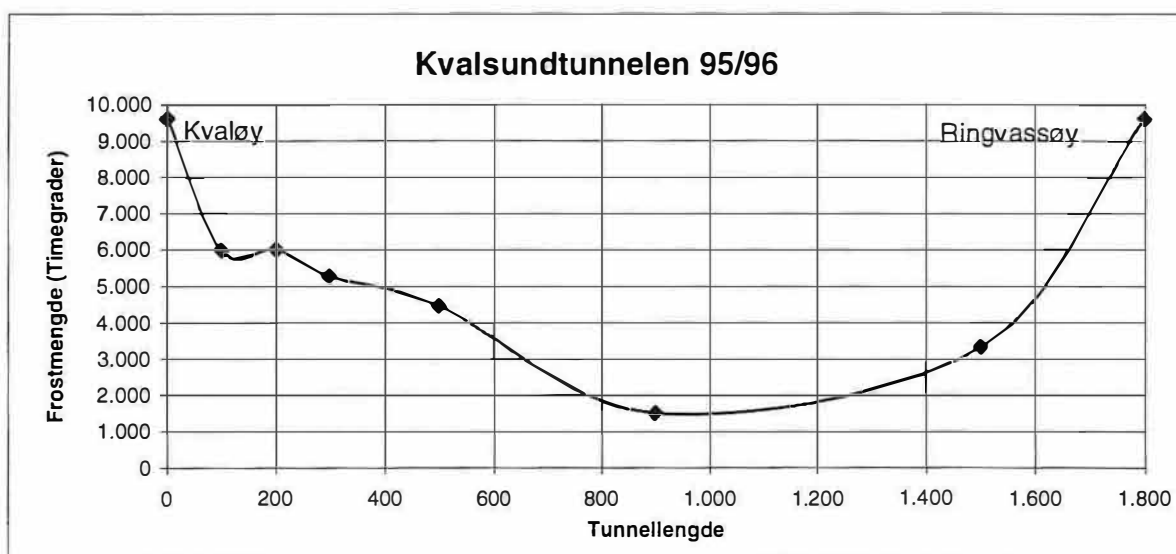
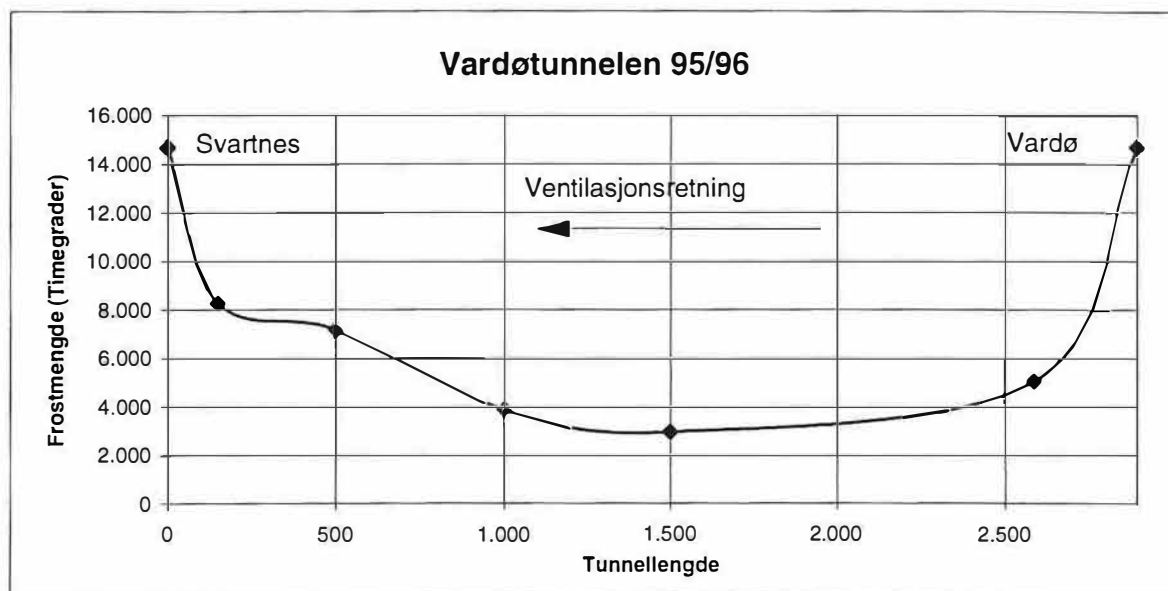
BILAG 1:

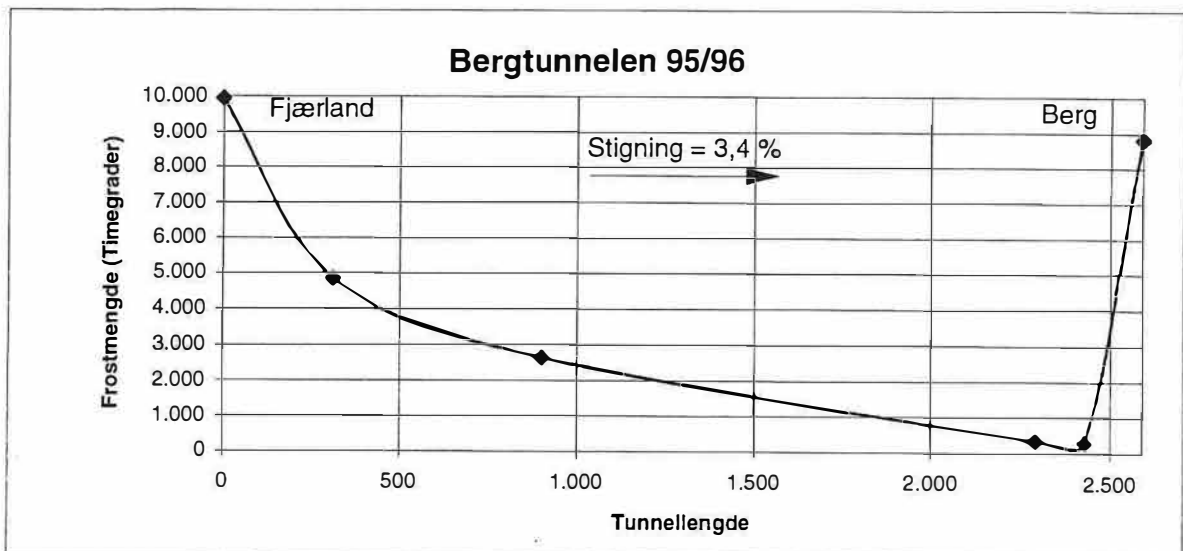
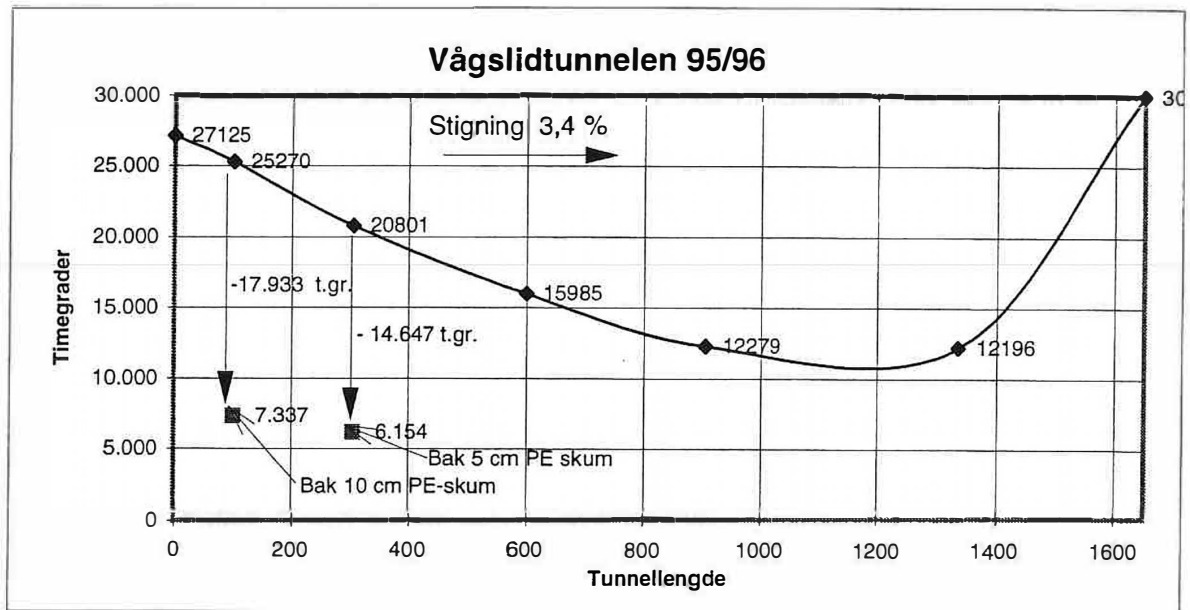
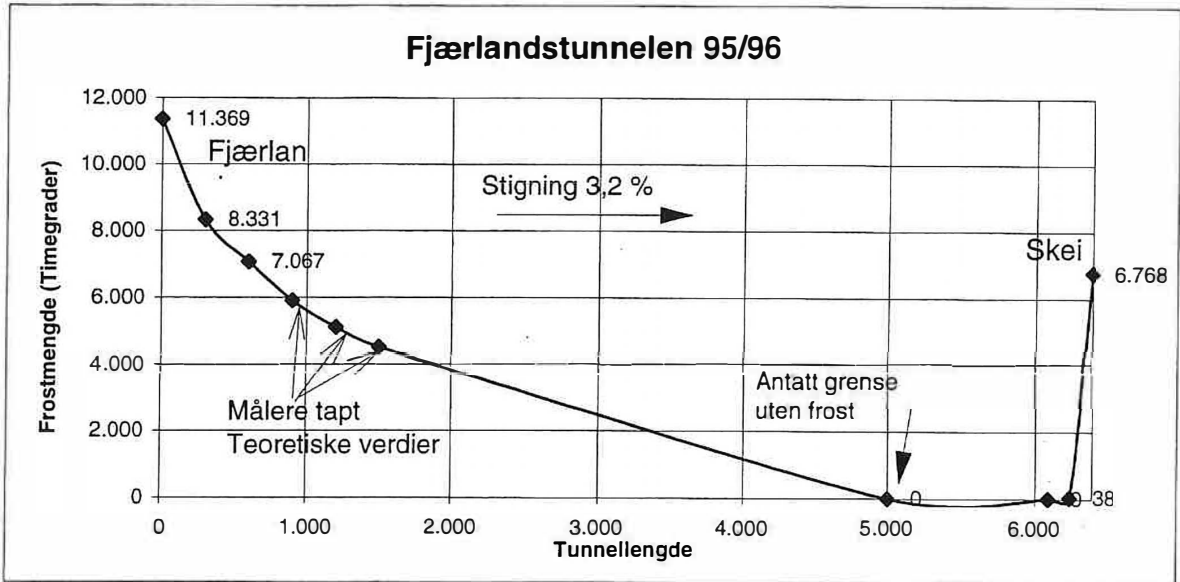
TABELL; FROSTMÅLINGER VINTER 1994/95

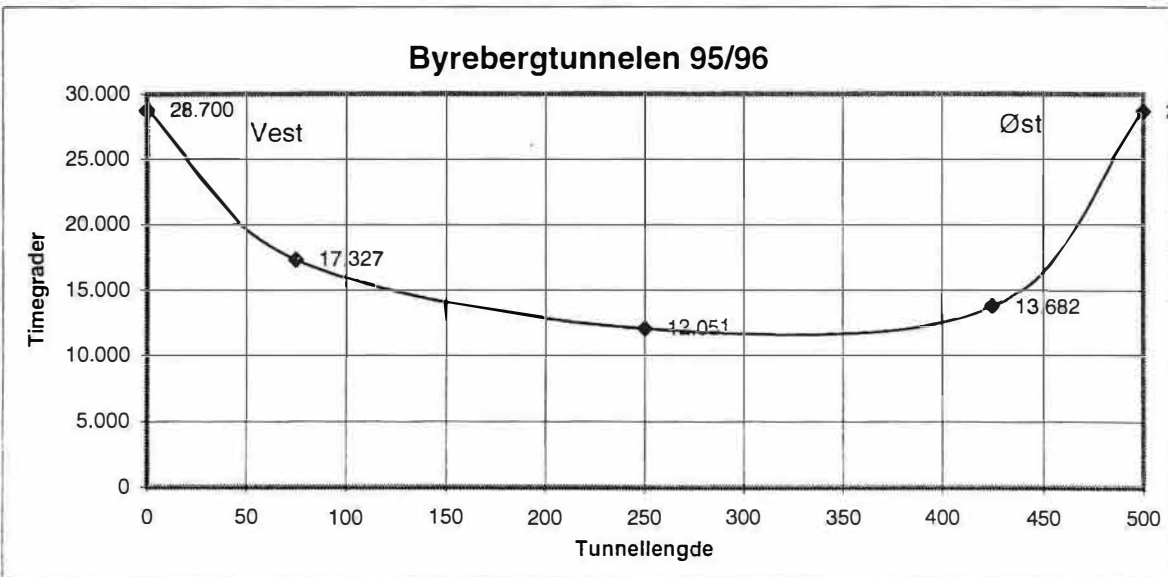
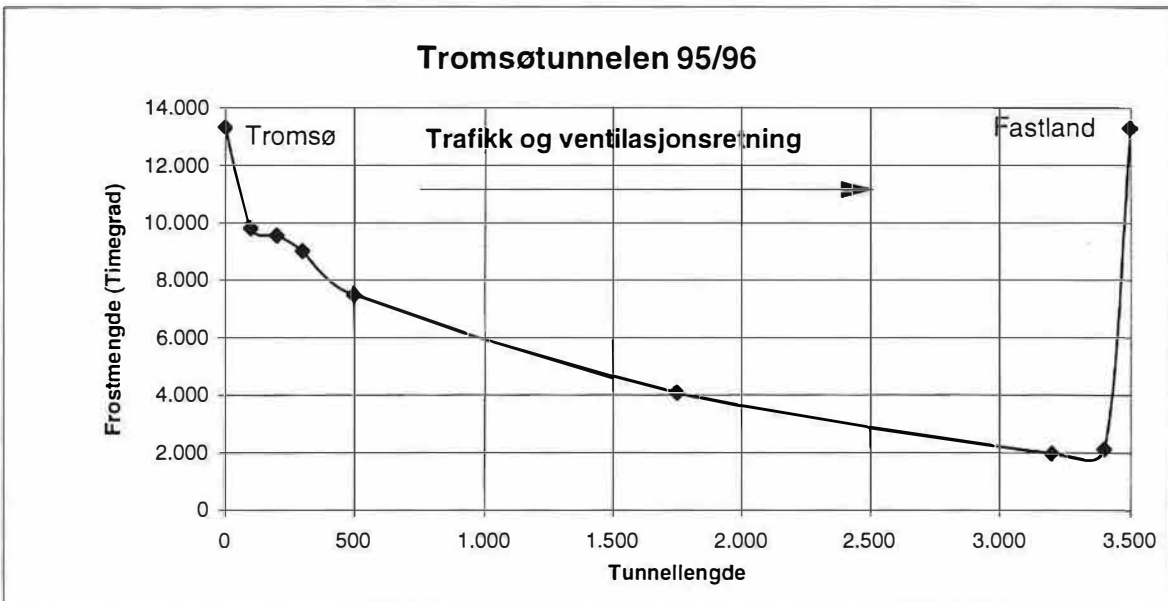
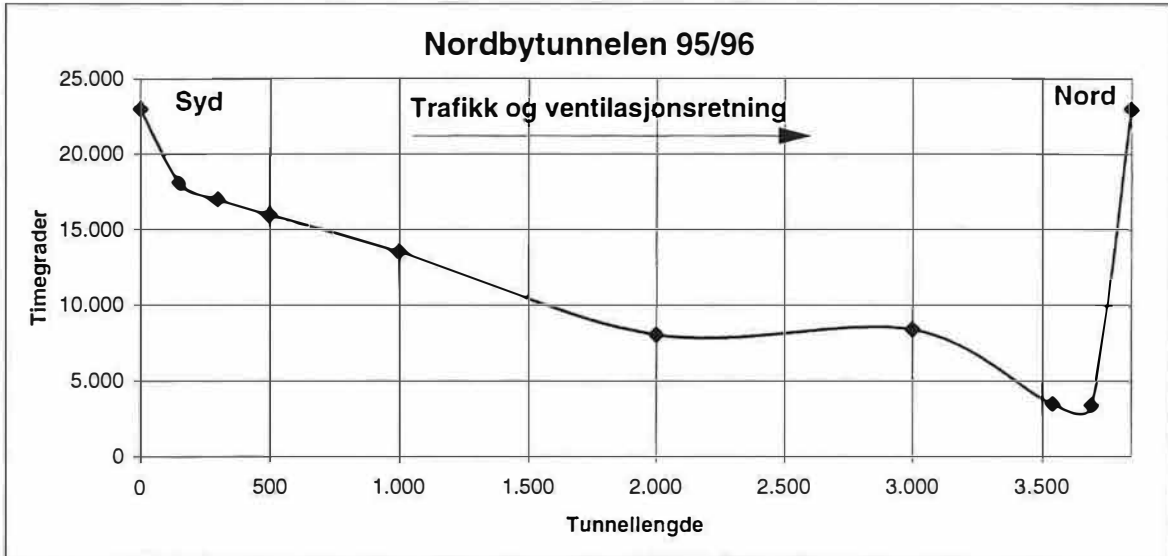
FROSTMÅLINGER VINTER 1995/96			
TUNNEL	Måler nr.	Avst. åpn.	Frostmengde
Nesbøtunnelen	8100	Ute Hol	25.717
Utplasert 28/9 1995	8103	250 Hol	6.486
	8112	1250 Aurl	Tap
	7946	350 Aurl	1.247
	8094	40 Aurl (Bak)	1.355
	8097	40 Aurl	5.328
	8104	Ute Aurl	23.533
Bergstunnelen	7936	Ute Berg	8.817
Utplassert 29/9 1995	7950	160 Berg	347
	8096	300 Berg	290
	8076	900 Fj.land	2.634
	8092	312 Fj.land	4.854
	8085	Ute Fj.land	9.904
Fjærlandstunnelen	7942	150 Skei	138
Utplassert 2/10 1995	8079	Ute Skei	6.768
	8074	300 Fj.land	8.331
	7928	1500 Fj.land	ikke hentet
	8087	300 Skei	38
	7926	600 Fj.land	7.067
	8095	900 Fj.land	ikke funnet
	7941	ute Fj.land	11.369
	8091	1200 Fj.land	ikke hentet
Byrebergstunnelen	8084	Ute Vågå	28.700
Utplassert 29/9 1995	7935	Midt	12.051
	7949	75 m Lom	17.327
	8078	75 Vågå	13.682
Ellingsøy tunnelen	4465	300 Åles	1.232
Utplassert 6/11 1995	4484	600 Åles	477
	4472	1200 Åles	58
	4456	900 Ellingsøy	0
	4451	600 Ellingsøy	0
	4453	280 Ellingsøy	tap
	4471	Ute Ellingsøy	1.597
Kvalsund tunnelen	4447	100 m syd	5.983
Utplassert 14/11 95	4448	200 m syd	5.997
	4449	300 m syd	5.272
	4464	500 m syd	4.450
	4469	900 m midt	tom
	8080	ute, syd	9.625
	8099	300 m Ringv	3.314
Vardø tunnelen	7930	Ute Svartnes	14.683
Utplassert. 2/11 1996	7934	500 Svartnes	7.179
	7938	150 Svartnes	8.279
	7947	1000 Svartnes	3.887
	8081	1445 midt	3.962
	8098	300 - Vardø	5.060
	8101	300 Svartnes	7.265

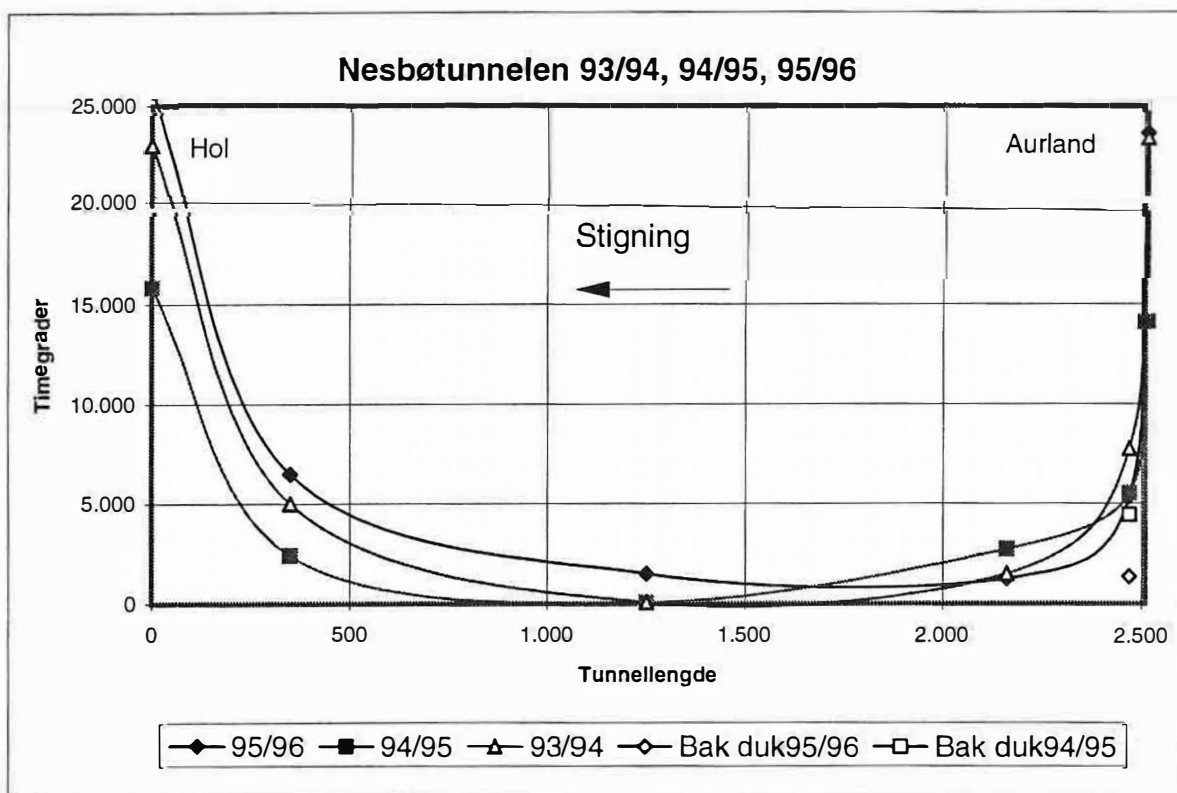
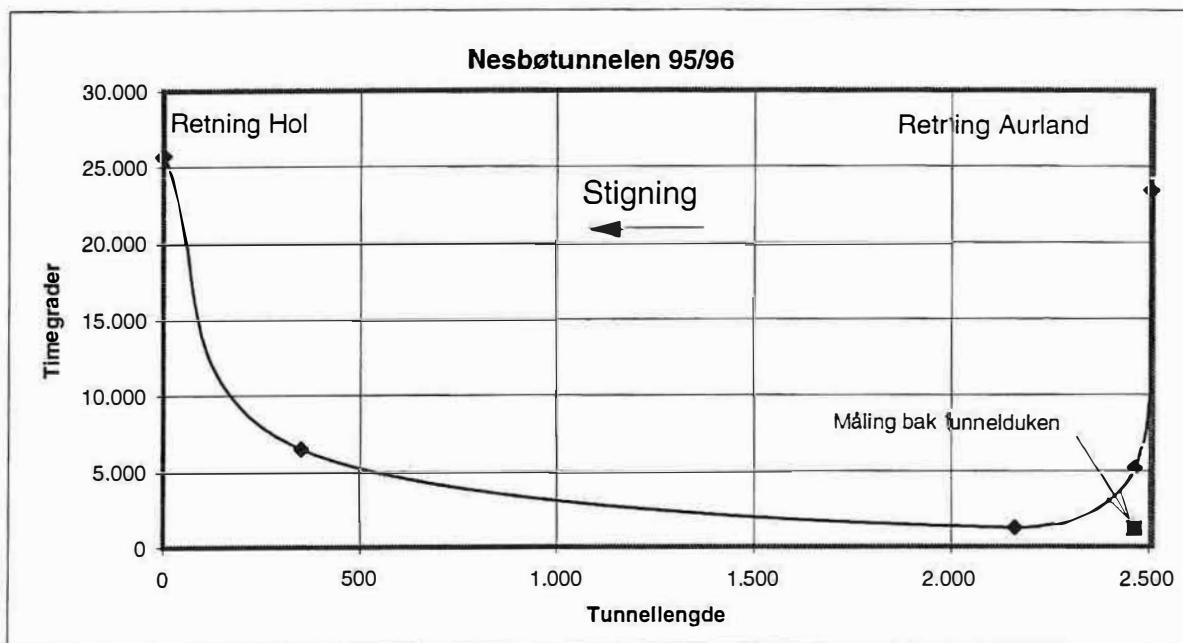
FROSTMÅLINGER VINTER 1995/96					
TUNNEL	Måler nr	Avst. åpn	Timegrader		
Tromsøtunnelen Utplassert 6/11 95	4454	100m Tromsø	9.818		
	4455	200 m Tromsø	9.562		
	4457	ute Tromsø	13.318		
	4462	300 Tromsø	9.018		
	4466	500 Tromsø	7.483		
	4470	midt Tromsø	4.069		
	4475	300 fastland	1.976		
	4479	100 fastland	2.128		
Nordbytunnelen Utplassert 9/11 1995	4482	150-Nby.syd	18.111		
	4480	300-Nby.syd	17.000		
	4481	500--Nby.syd	15.946		
	4478	1000-Nby.syd	13.488		
	4474	2000-Nby.syd	8.026		
	4446	3000-Nby.syd	8.382		
	4485	300-Nby.nord	3.470		
	4483	150-Nby.nord	3.376		
	4458	ute-Nby.syd	tappt		
Vågsliedtunnelen Utplassert 30/10 1995	4473	ute- Åmot	27.126		
	4450	305 - Åmot	20.801		
	4476	600- Åmot	15.985		
	4460	905 - Åmot	12.279		
	4463	1337 - Åmot	12.196		
	4452	101 - Åmot	25.270		
	4461	101 - Åmot	7.337	Bak PE - skum	
	4459	320- Åmot	6.154	Bak PE - skum	
Målere av typen Hamster: Ikke bearbeidet i denne rapport					
Røstetunnelen Utplassert 17/11 1995	10.178	ute nord Røste			
	11.117	150 nord Røste			
	9.427	213 nord Røste			
	9.421	213 nord bak. Røste			
	9.423	550 midt Røste			
	9.422	300 syd Røste			
	9.426	170 syd Røste			
Granfosstunnelen	9.424	Ute Oslo			
Vestgående løp	5.819	125 m Oslo			
Nærmest Smestad	8.278	300 m Oslo			
Utplassert 23/11 95	5.049	300 m Mustad			
	5.351	180 m Mustad			

BILAG 2:
FROSTPROFILER



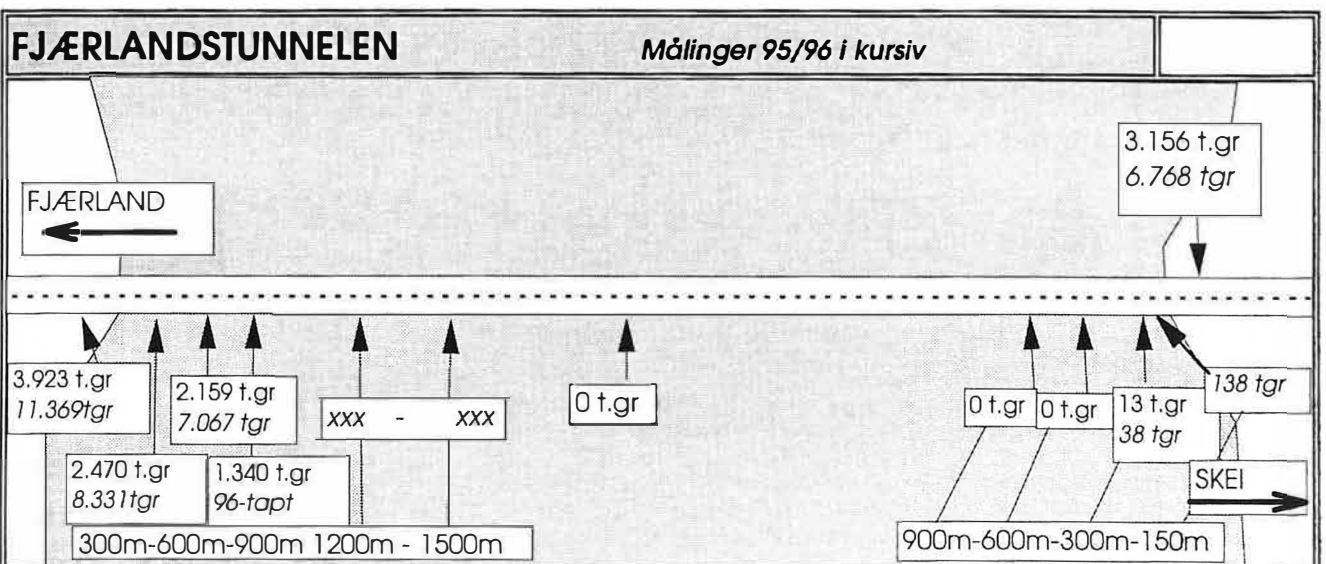
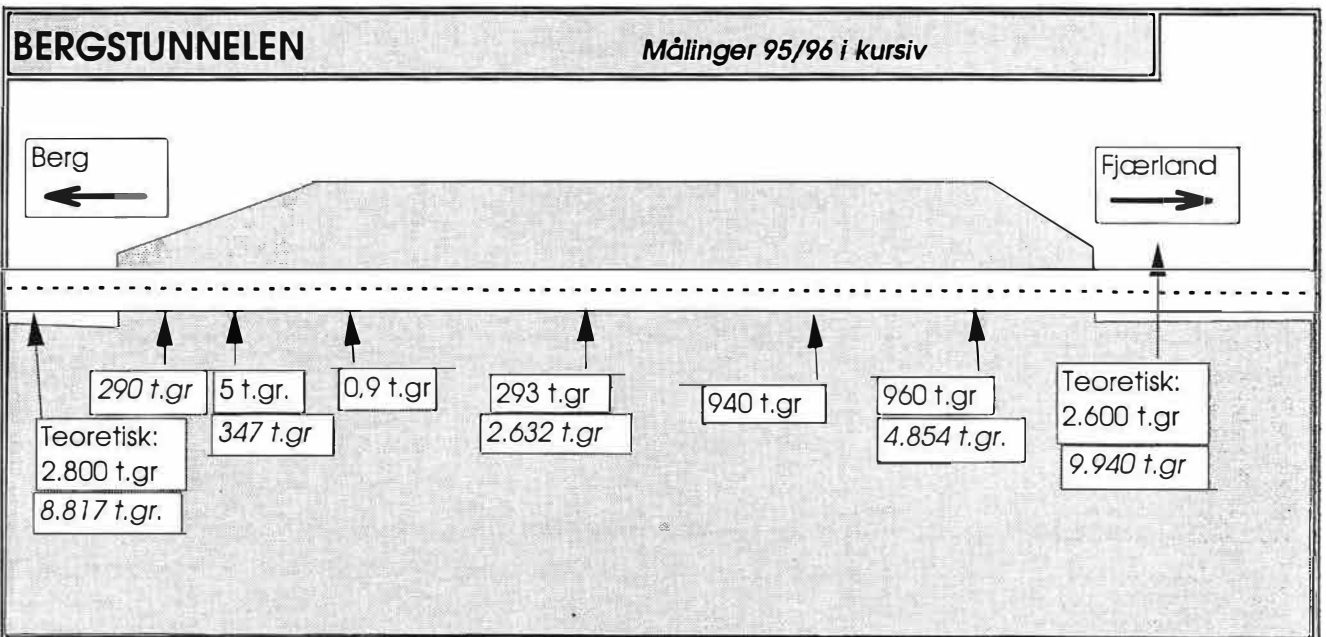
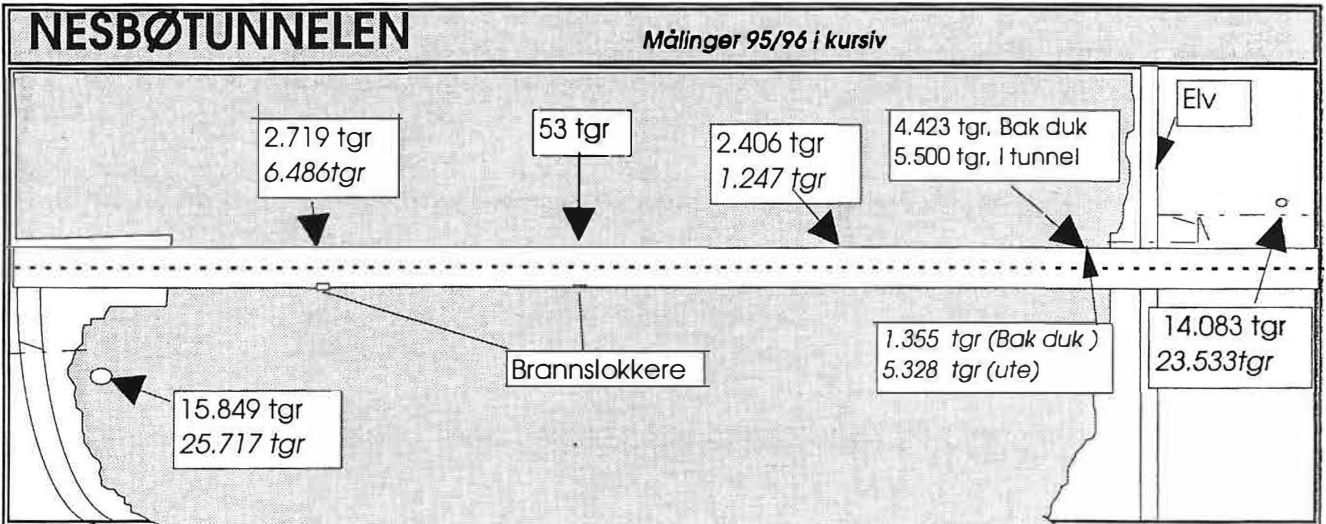


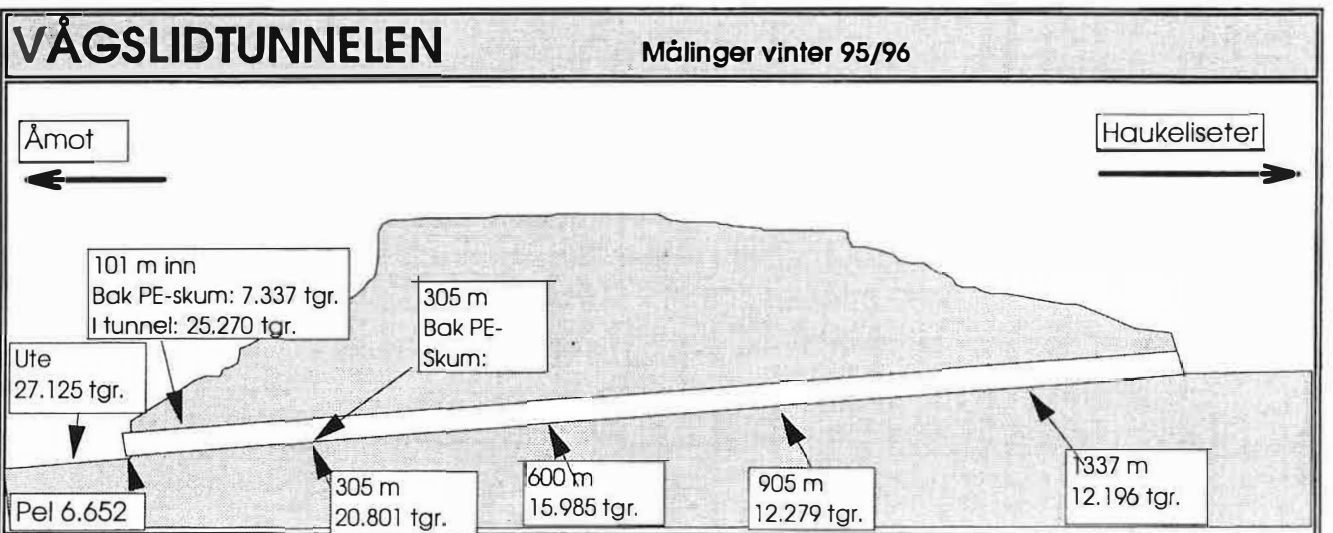
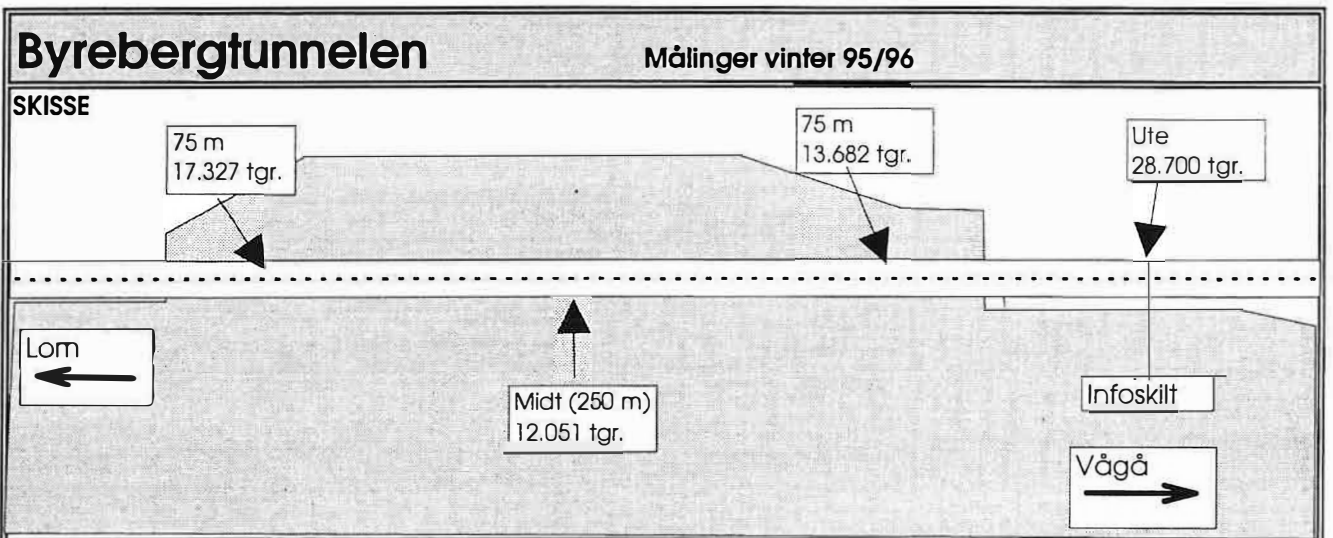
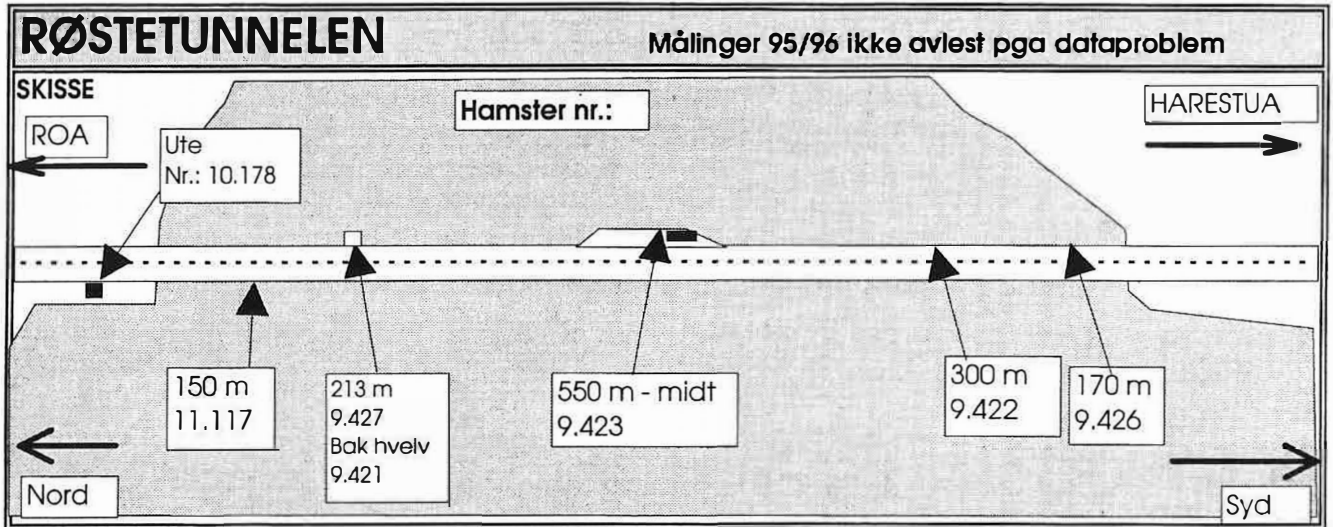


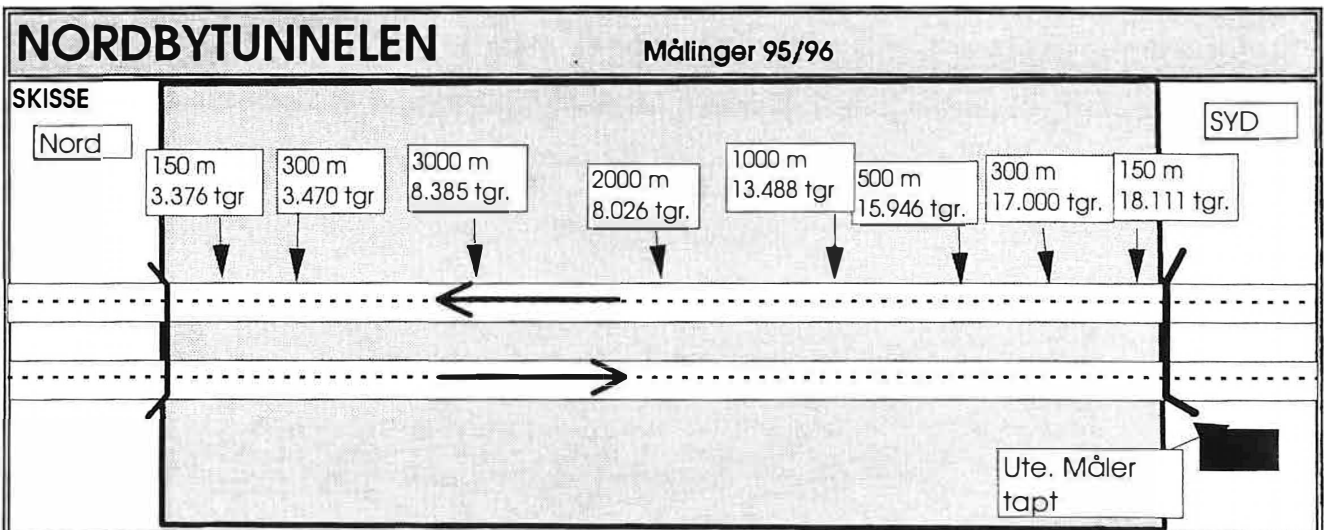
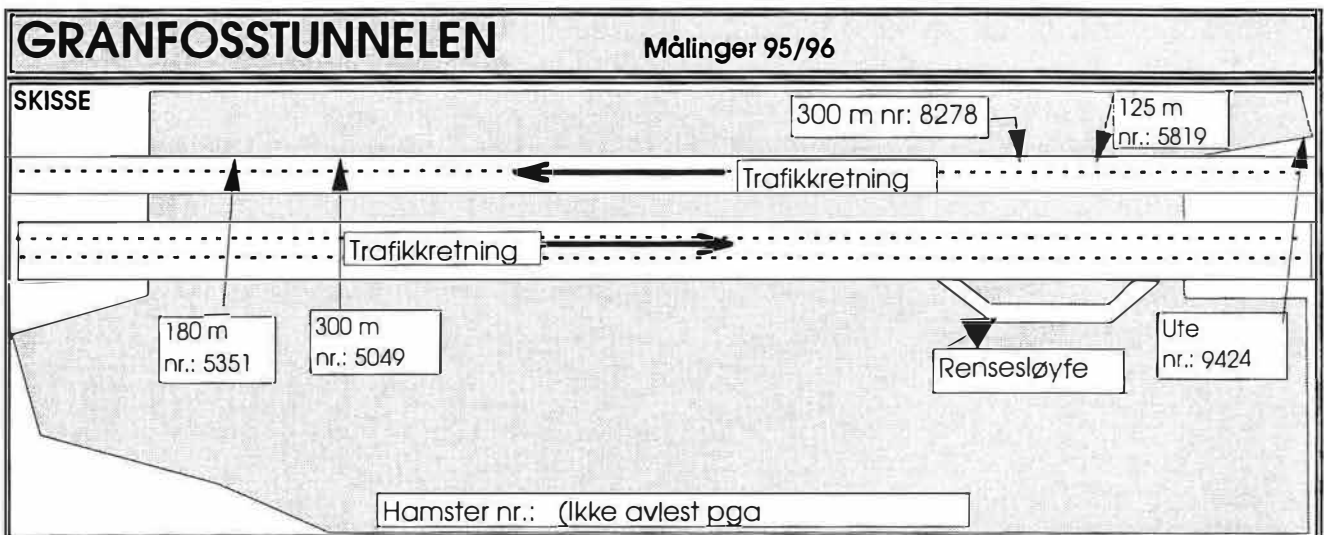
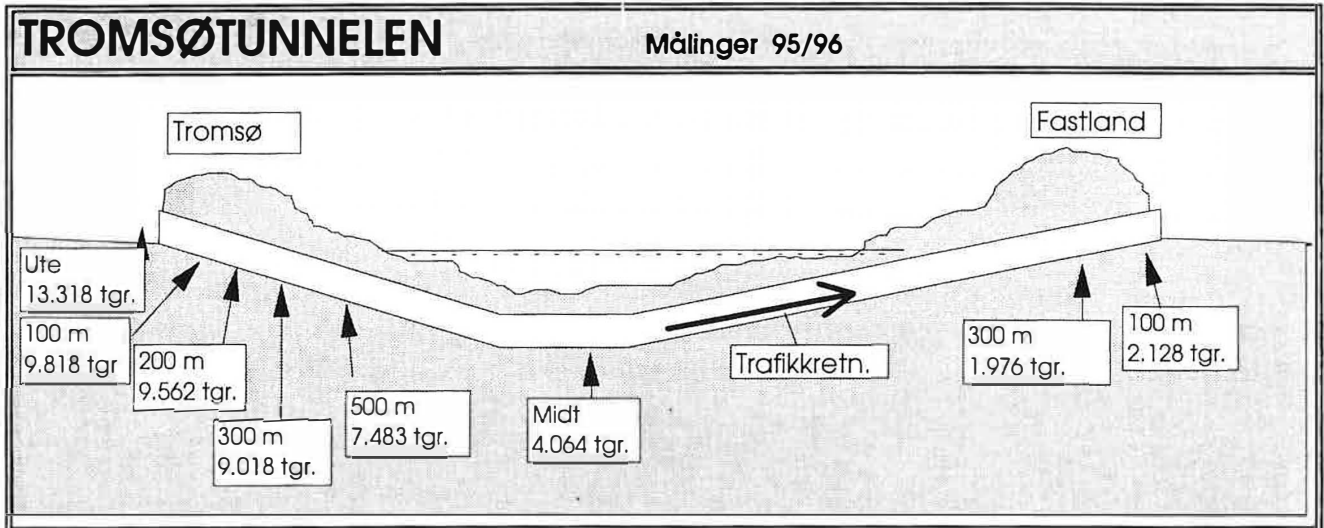


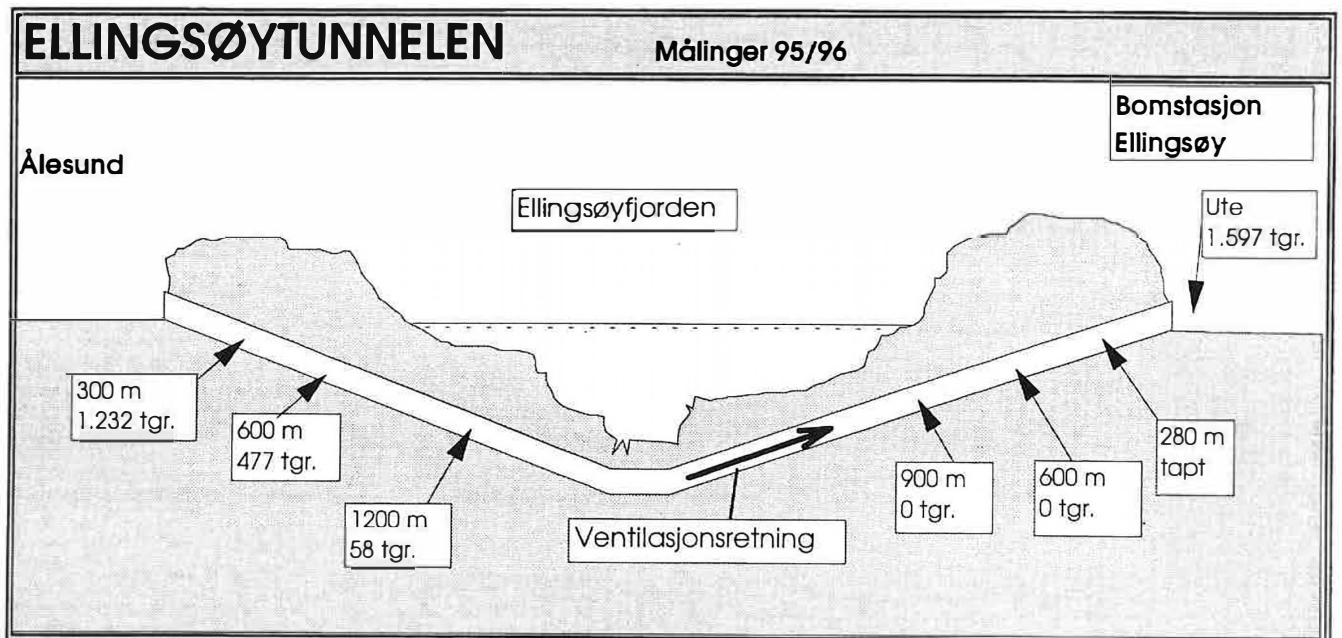
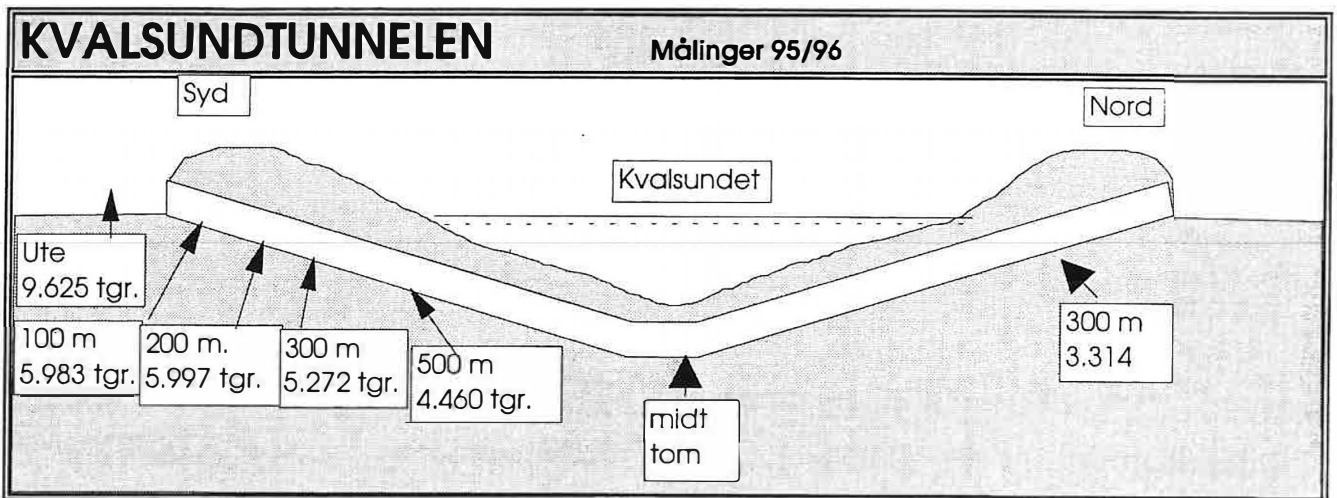
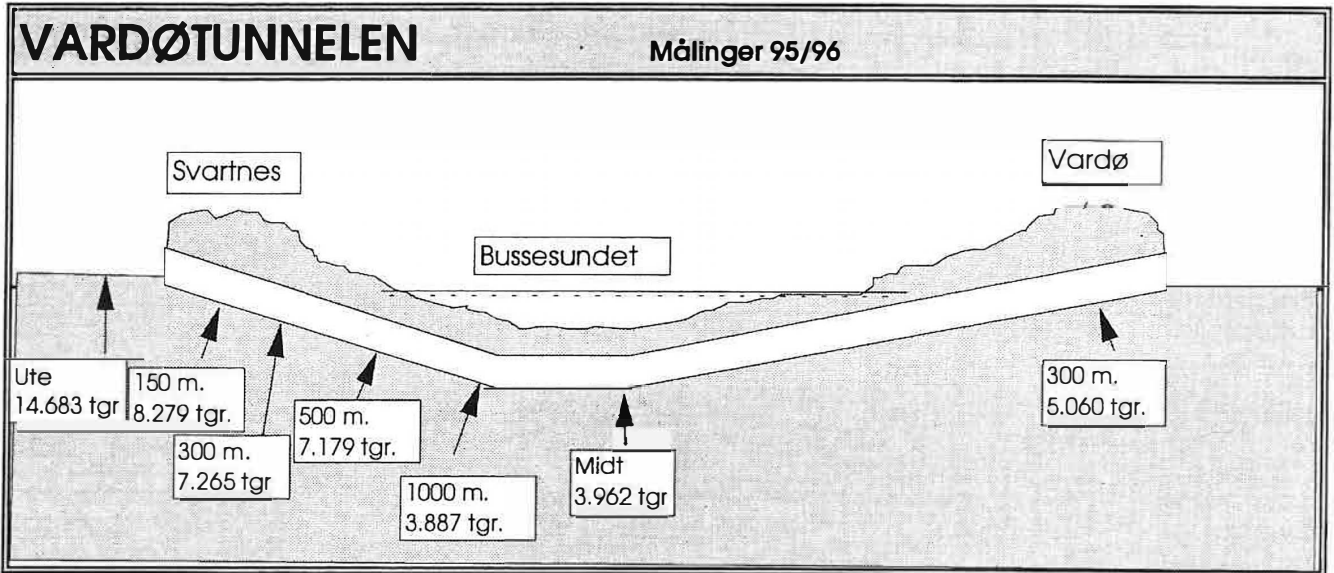
BILAG 3:
TUNNELSKISSER

UTPLASSERING AV FROSTMÅLERE VINTER 94/95 og 95/96









BILAG 4:

A: KLIMA/TEMP. VINTER 1995/96

B: Sammenligning av temperatur på øst og vestsiden av Fjærlandstunnelen

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Blindern 94/95	5,3	1,8	0	-2,9	-0,4	1,2	3,9	1,27	-0,53
Blindern 95/96	8,8	-0,6	-6,5	-5,6	-6,3	-0,7	4,8	-0,87	-4,78
Normal	6,3	0,7	-3,1	-4,3	-4	-0,2	4,5	-0,01	-2,90
Avvik fra normal 95/96								-0,86	-1,88
Avvik fra normal 94/95								1,29	2,38

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Asker 94/95	5,1	1,7	-0,4	-3	-0,4	0,4	3,2	0,94	-0,85
Normal	5,9	0,4	-3,2	-4,7	-4,6	-0,9	3,5	-0,51	-3,35
Avvik fra normal 94/95								1,46	2,50

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Lærdal 94/95	5,9	4,4	1,4	0,2	1	2,4	4,7	2,86	1,25
Normal	6,1	1,4	-1,2	-2,5	-2,2	1,3	5,2	1,16	-1,15
Avvik fra normal 94/95								1,70	2,40

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Fjærland 94/95	5,1	3,1	1	-0,3	0	1,6	3,5	2,00	0,58
Fjærland 95/96	7,5	-0,9	-4,9	-3,5	-4	-0,4	4,5	-0,24	-3,20
Normal	5,7	0,6	-2,1	-3,3	-3	-0,1	3,7	0,21	-2,13
Avvik fra normal 94/95								1,79	2,70
Avvik fra normal 95/96								-0,46	-1,08

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Tromsø 94/95	1,8	-0,6	0,1	-2,3	-3,5	-1,1	0,3	-0,76	-1,70
Tromsø 95/96	1,6	-2,5	-4,4	-0,8	-6	-1,2	-0,1	-1,91	-3,10
Normal	2,7	-1,1	-3,3	-4,4	-4,2	-2,7	0,3	-1,81	-3,65
Avvik fra normal 94/95								1,06	1,95
Avvik fra normal 95/96								-0,10	0,55

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Vardø 94/95	1,5	-1,8	-1,5	-3,2	-3,1	-1,3	-0,1	-1,36	-2,28
Vardø 95/96	1,7	-2,6	-5,4	-2,6	-6,1	-1,8	-1,7	-2,64	-3,98
Normal	2,4	-1,3	-3,7	-5,1	-5,4	-3,6	-1,1	-2,54	-4,45
Avvik fra normal 94/95								1,19	2,18
Avvik fra normal 95/96								-0,10	-0,48

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Vigra 95/96	9,7	3,8	1,2	2,6	0,7	2,4	6,1	3,79	1,73
Normal	8,4	4,6	2,8	1,9	1,9	2,8	4,6	3,86	2,35
Avvik fra normal 95/96								-0,07	-0,63

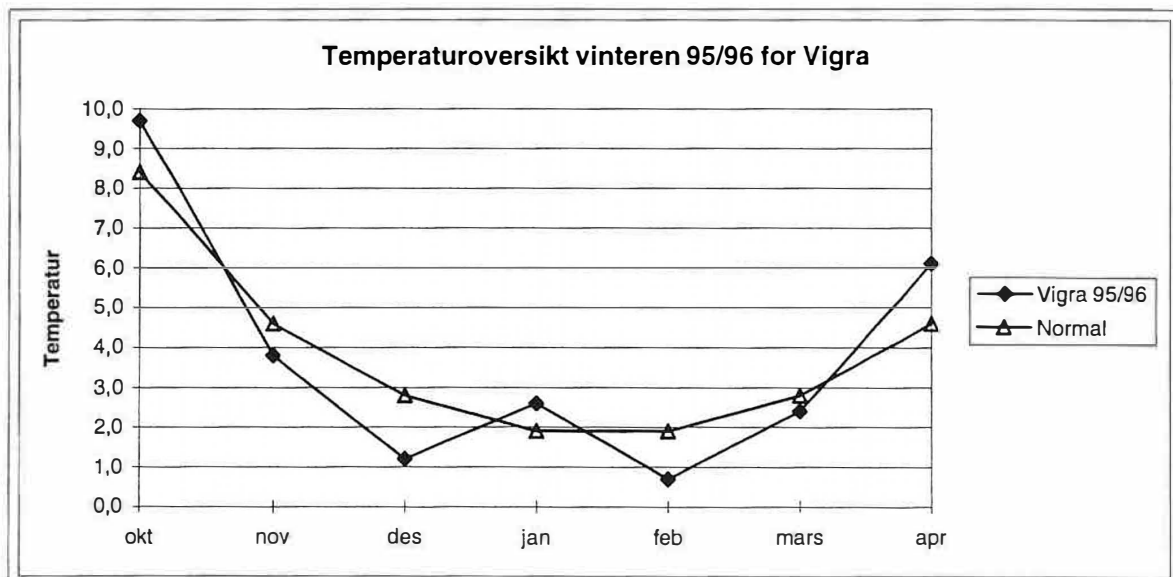
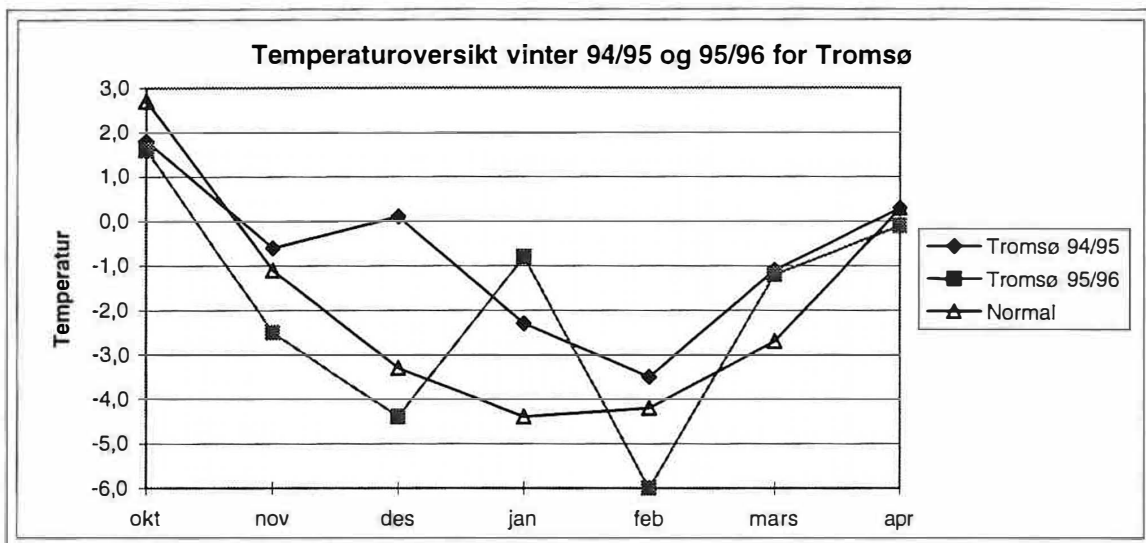
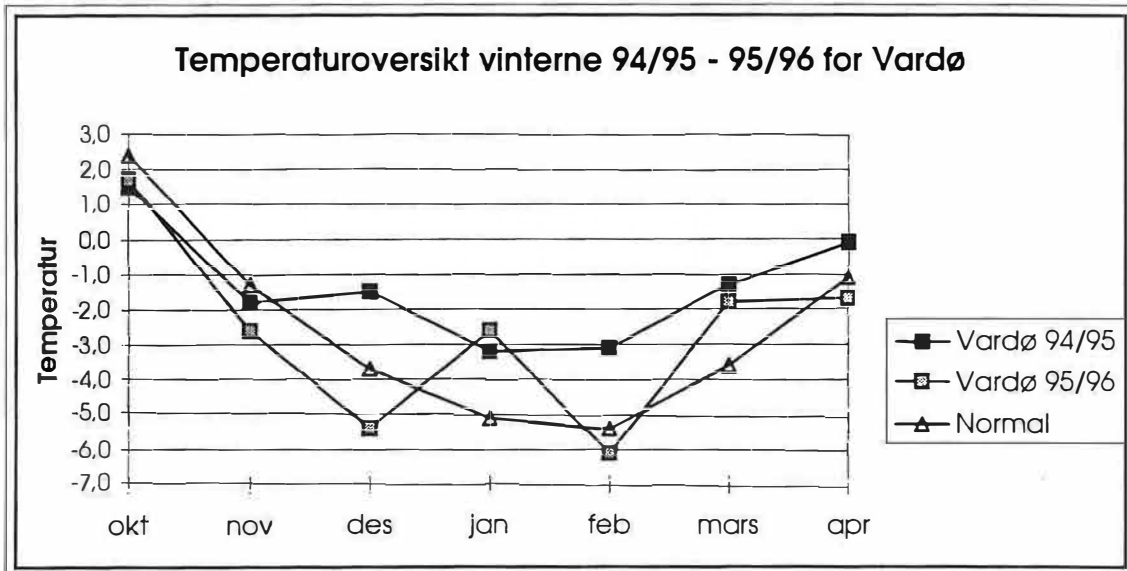
Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Hakadal 95/96	7,7	-2,8	-10	-7,3	-8,7	-1,4	3,0	-2,81	-6,90
Normal	4,8	-1,3	-6,1	-6,8	-6,4	-1,8	2,9	-2,10	-5,28
Avvik fra normal 95/96								-0,71	-1,63

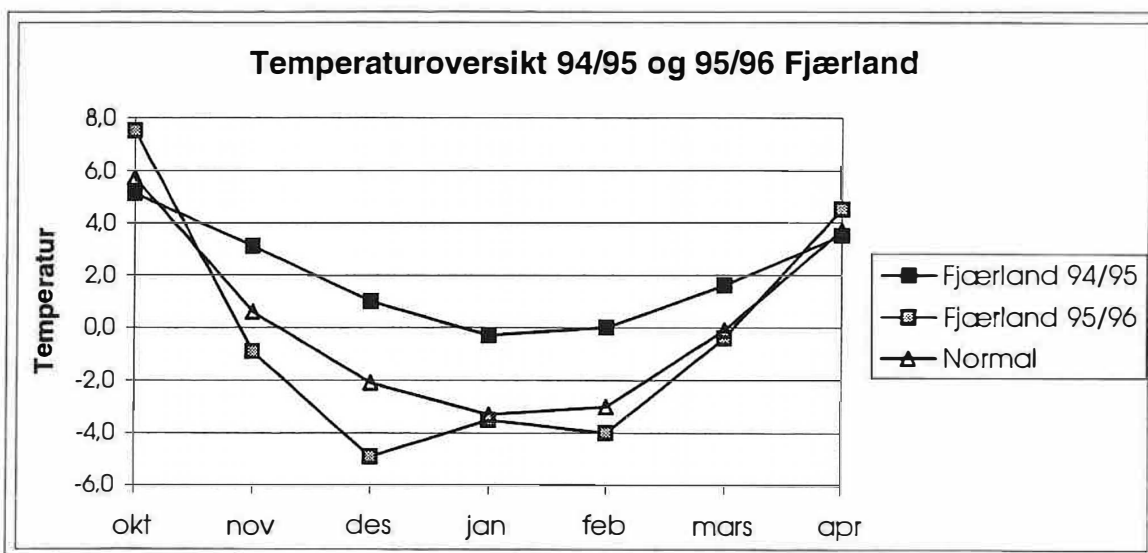
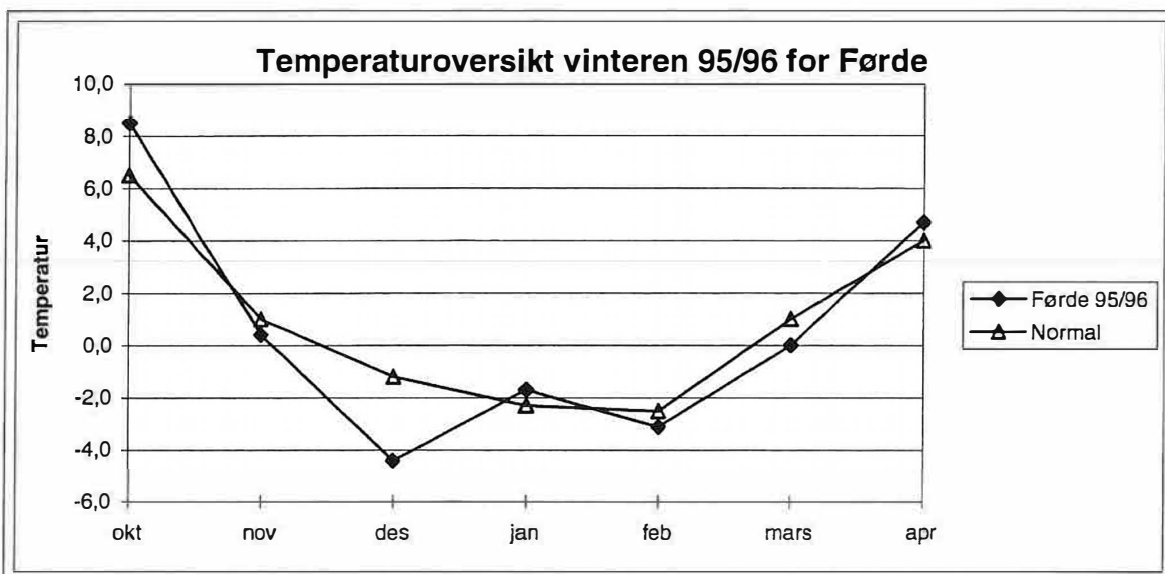
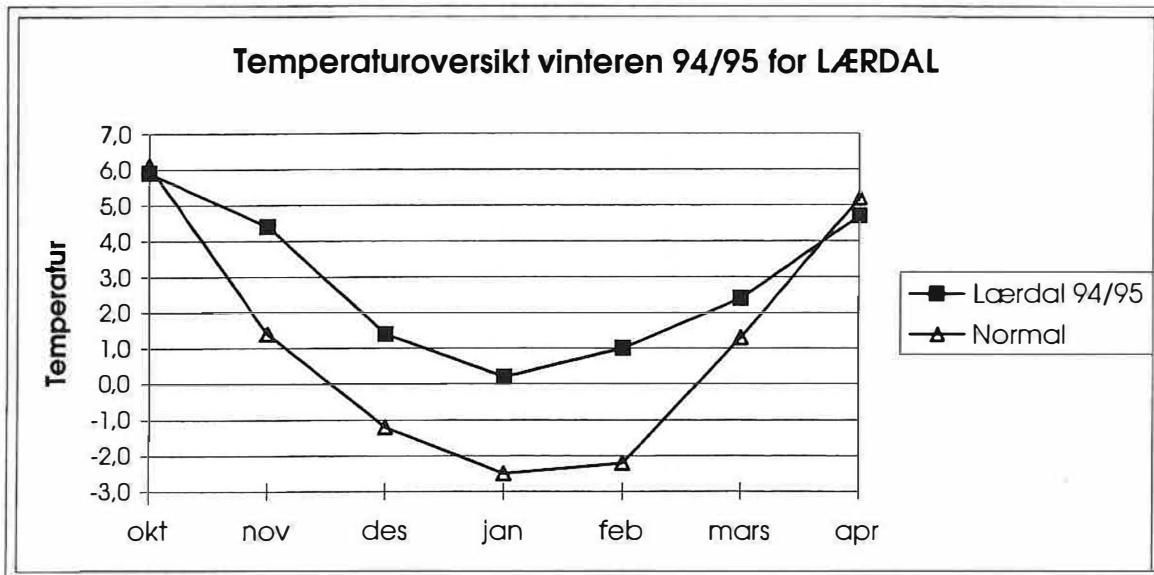
Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Bråtå 95/96	4,3	-4,0	-9,0	-10	-9,7	-5,4	1,6	-4,61	-8,55
Normal	2,0	-3,9	-6,8	-8,6	-7,4	-4,4	-0,1	-4,17	-6,80
Avvik fra normal 95/96								-0,44	-1,75

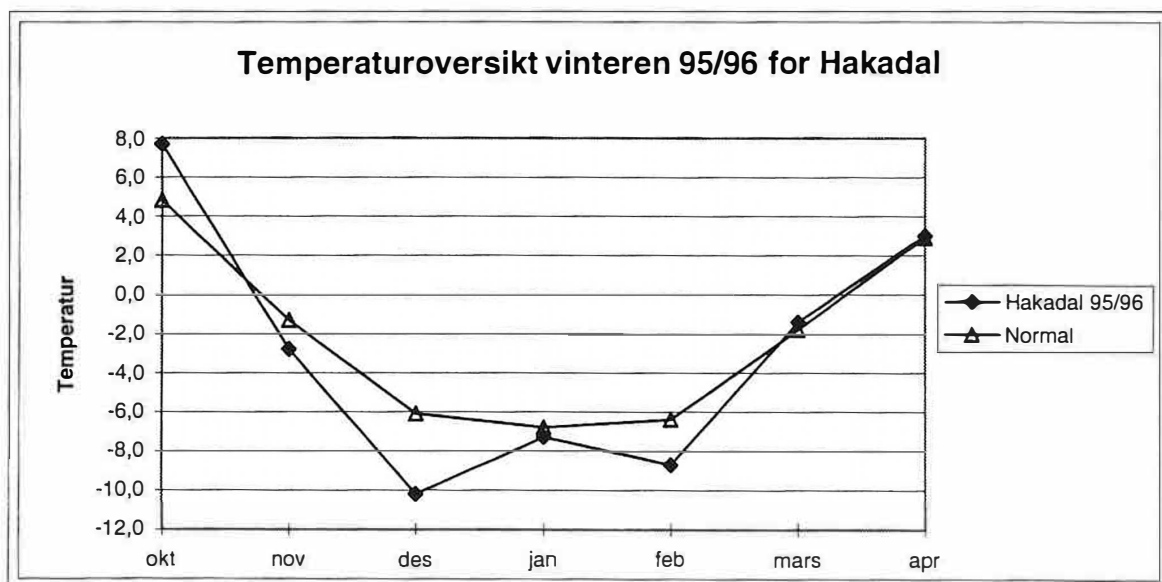
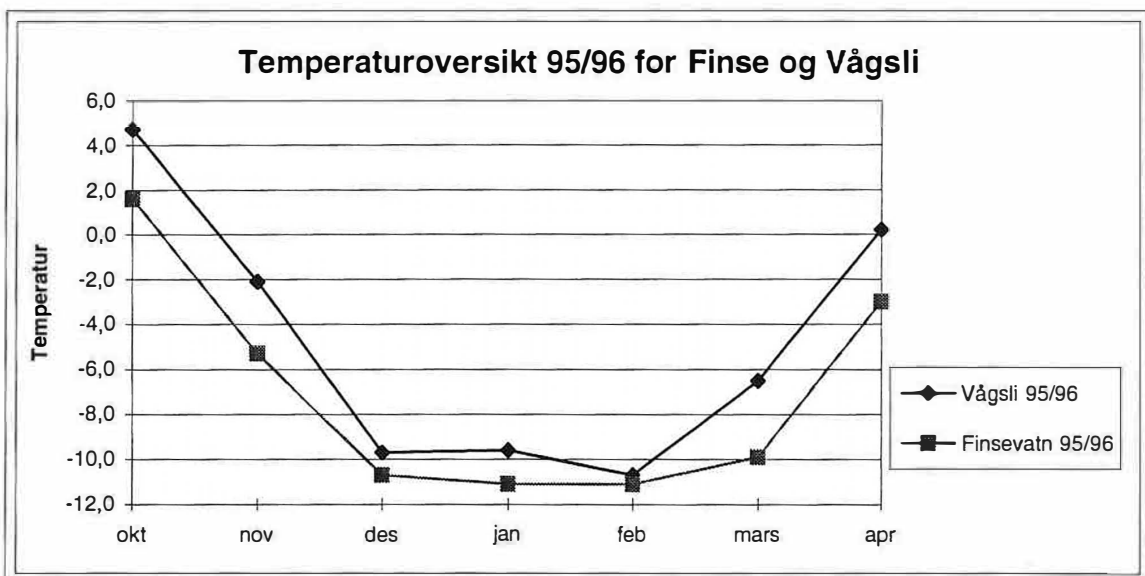
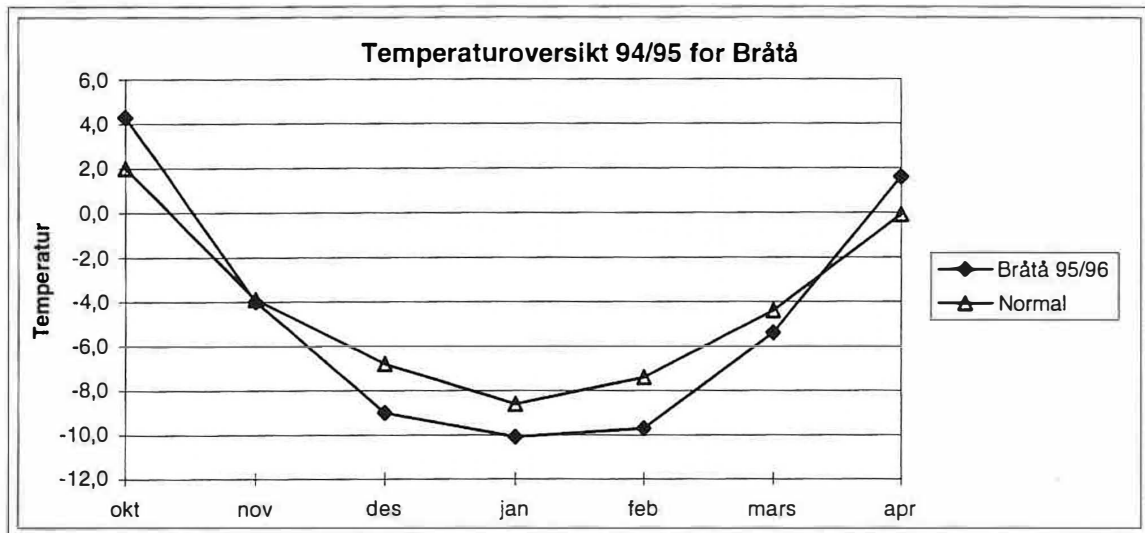
Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Vågsli 95/96	4,7	-2,1	-9,7	-9,6	-11	-6,5	0,2	-4,81	-9,13
Normal								0,00	0,00
Avvik fra normal 95/96								-4,81	9,13

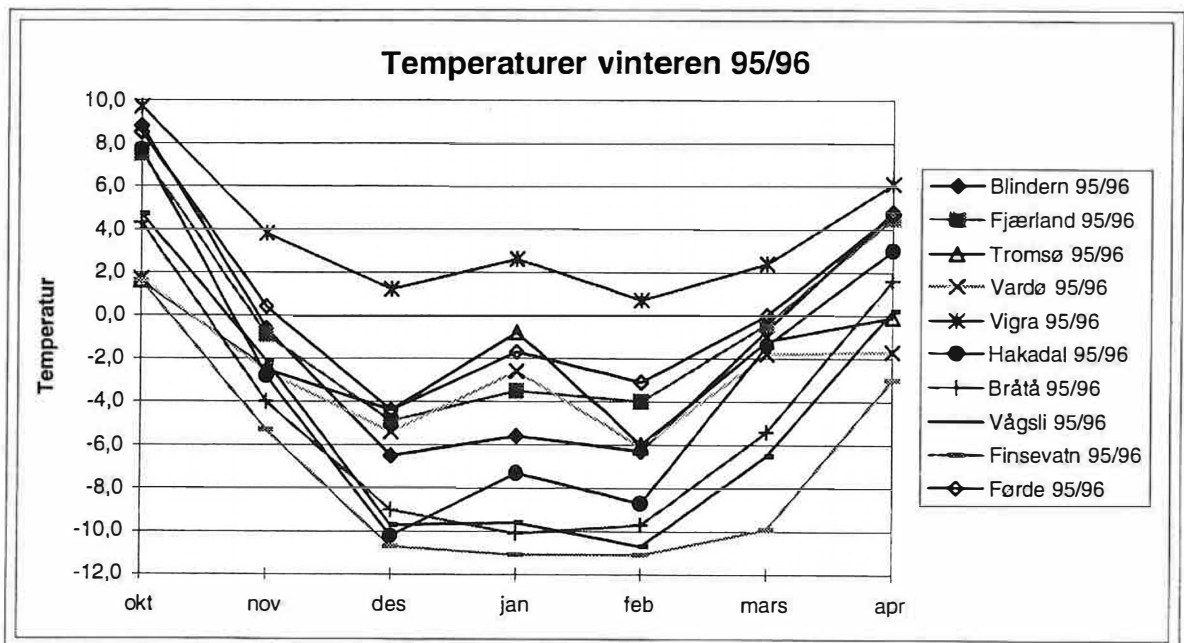
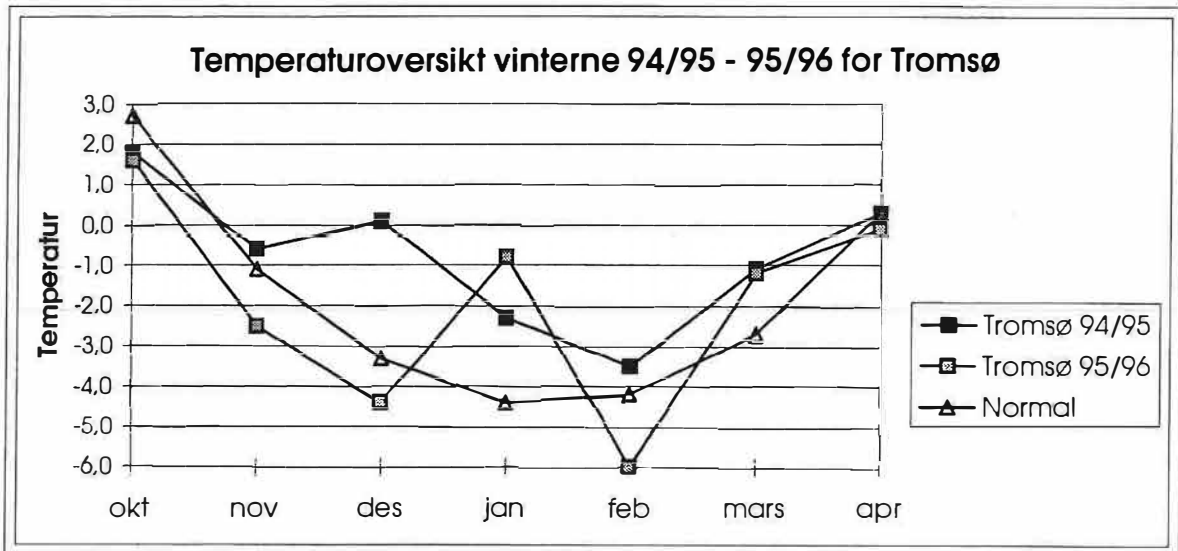
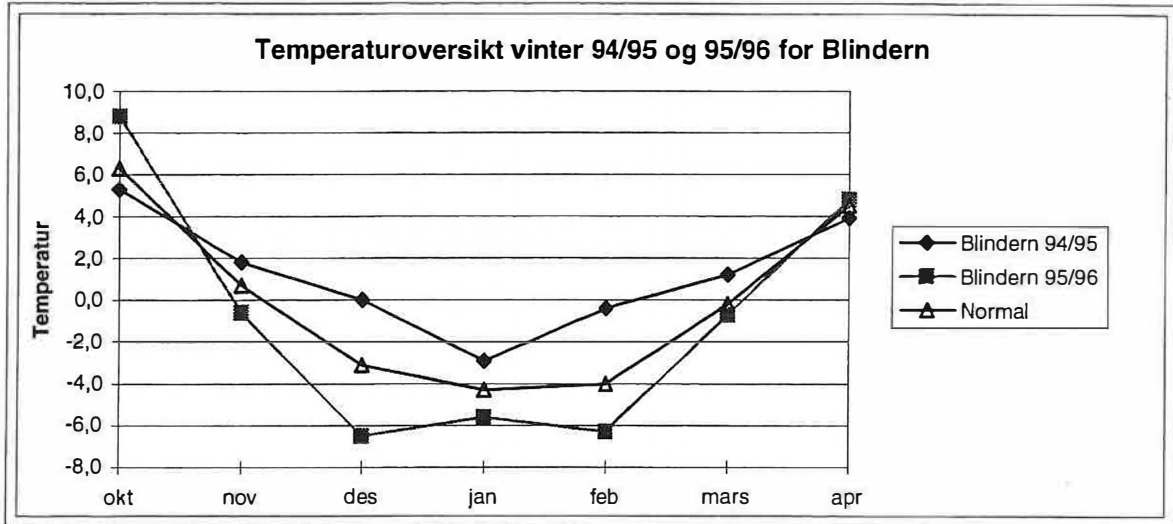
Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Finsevatn 95/96	1,6	-5,3	-11	-11	-11	-9,9	-3,0	-7,07	-10,70
Normal								0,00	0,00
Avvik fra normal 95/96								-7,07	-10,70

Sted	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	Gj.snitt vinter	des - mars
Førde 95/96	8,5	0,4	-4,4	-1,7	-3,1	0,0	4,7	0,63	-2,30
Normal	6,5	1,0	-1,2	-2,3	-2,5	1,0	4,0	0,93	-1,25
Avvik fra normal 95/96								-0,30	-1,05

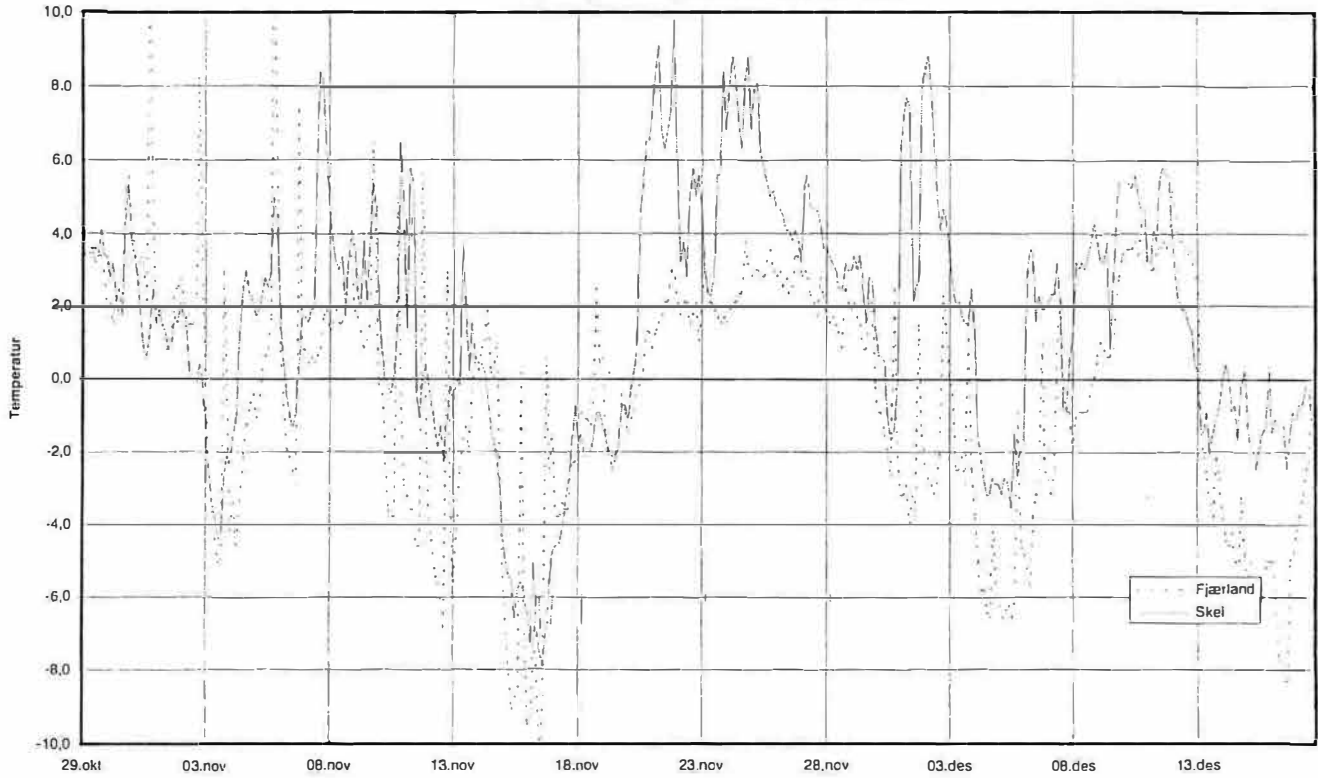




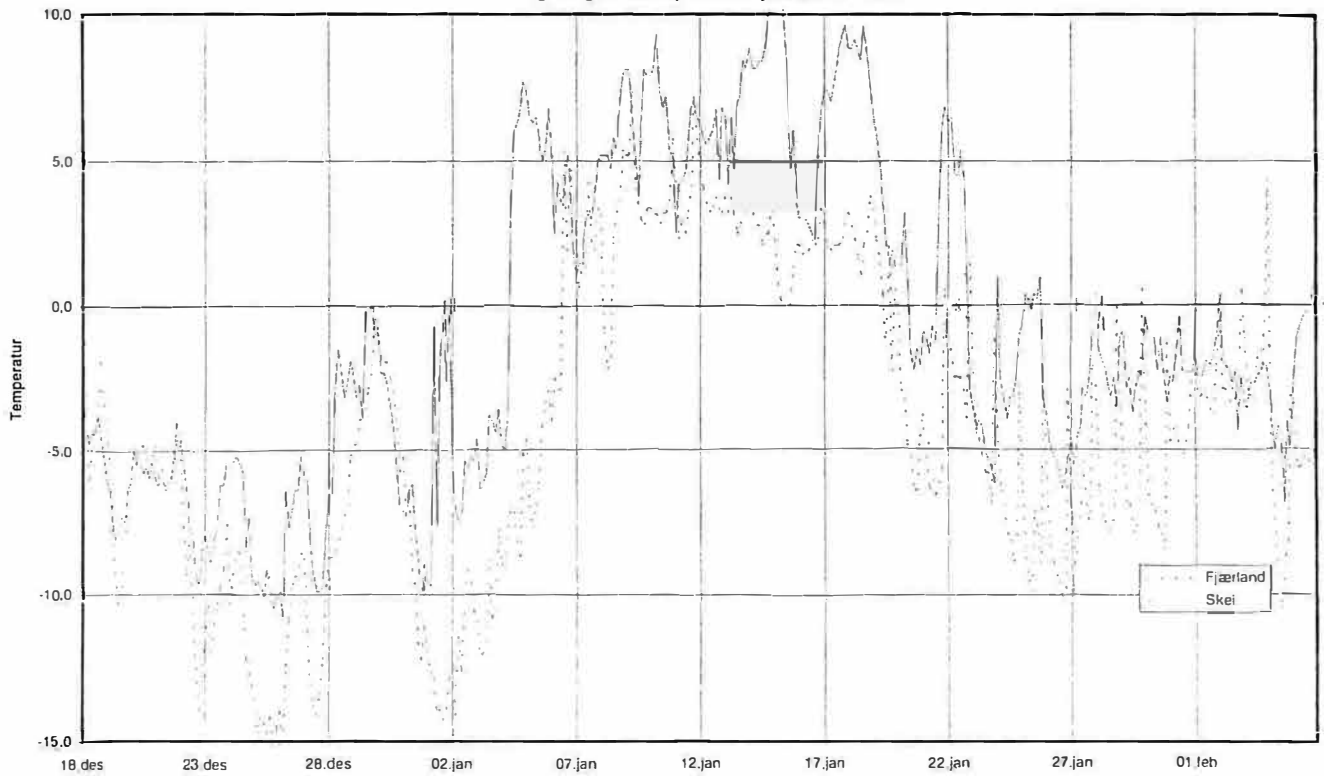




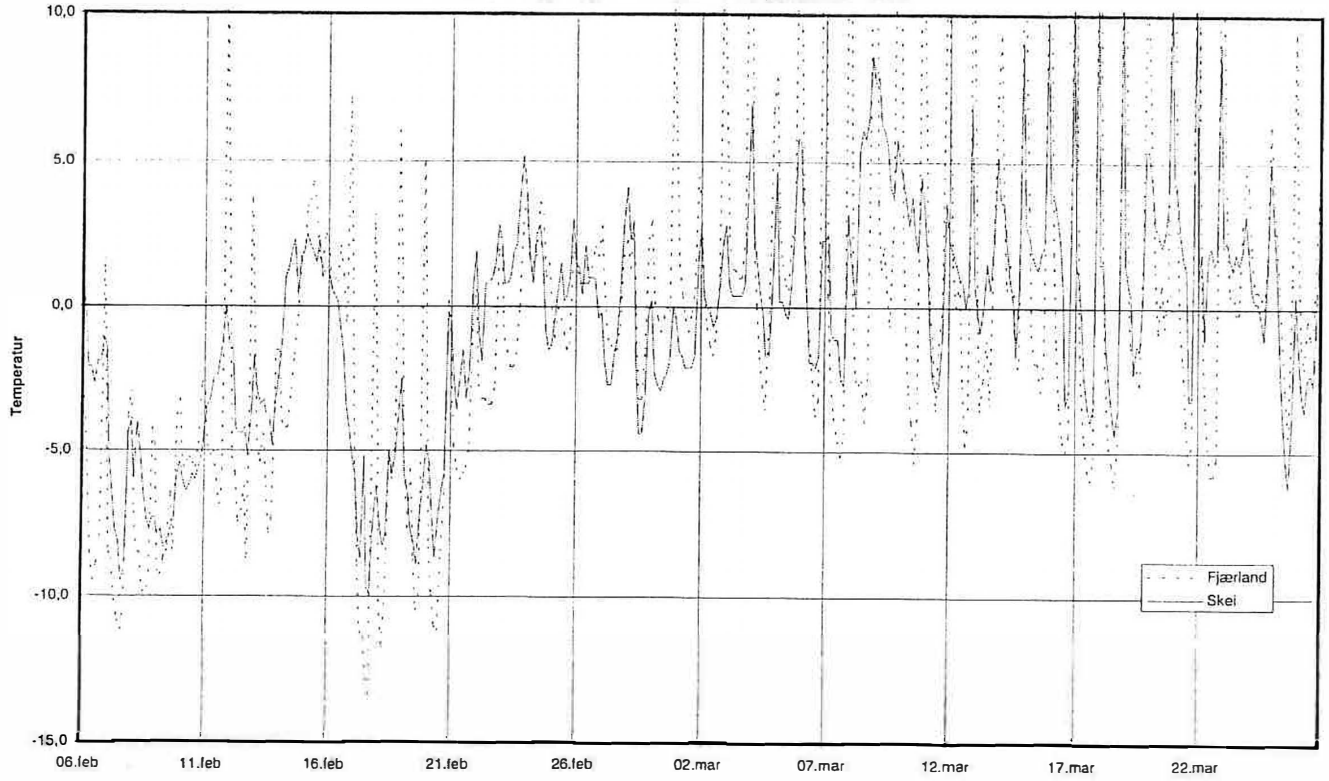
Sammenligning av temp ute : Fjærland - Skei



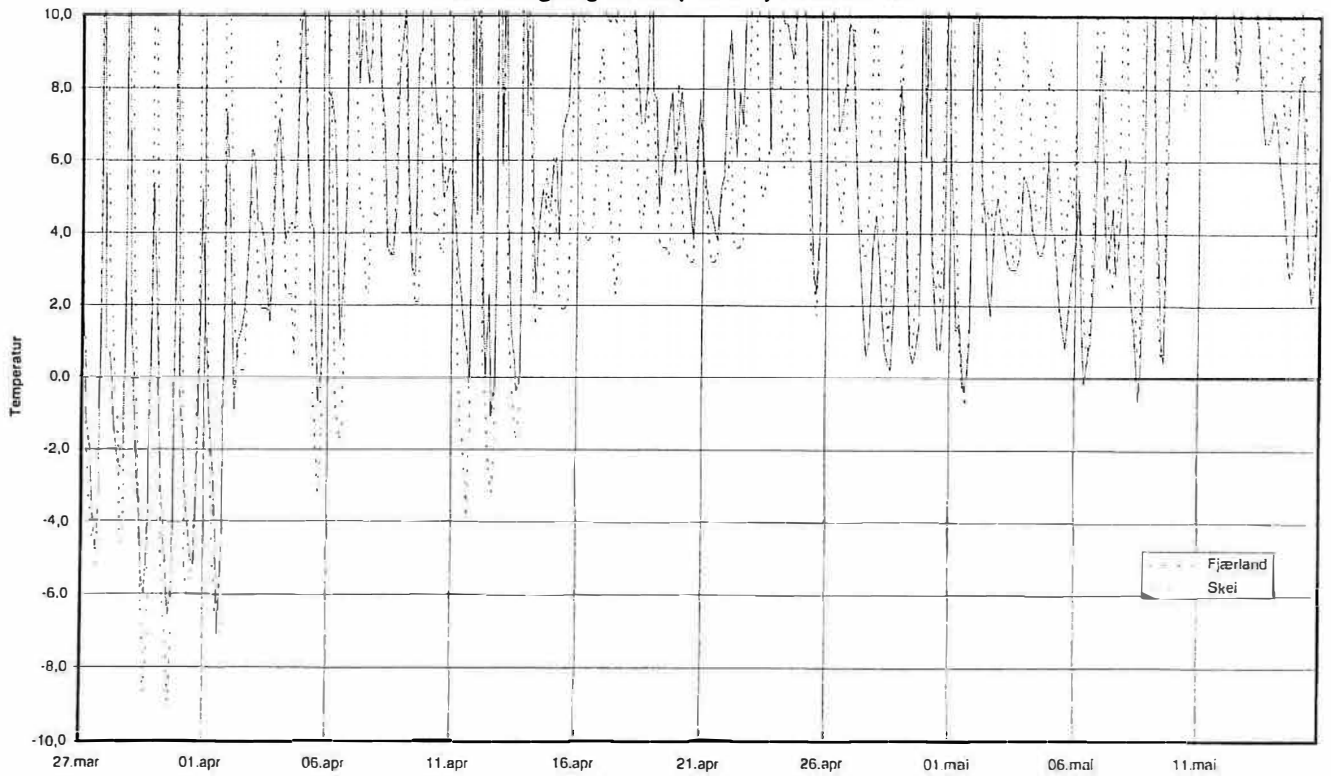
Sammenligning av temp ute : Fjærland - Skei



Sammenligning av temp ute : Fjærland - Skei



Sammenligning av temp ute : Fjærland - Skei



BILAG 5:

TEMPERATURKURVER FOR DEN ENKELTE TUNNEL OG MÅLER (4 utvalgte målere pr. tunnel)

Undersjøiske tunneler:

- Bilag 5A: Vardøtunnelen
- Bilag 5B: Kvalsundtunnelen
- Bilag 5C: Ellingsøytunnelen

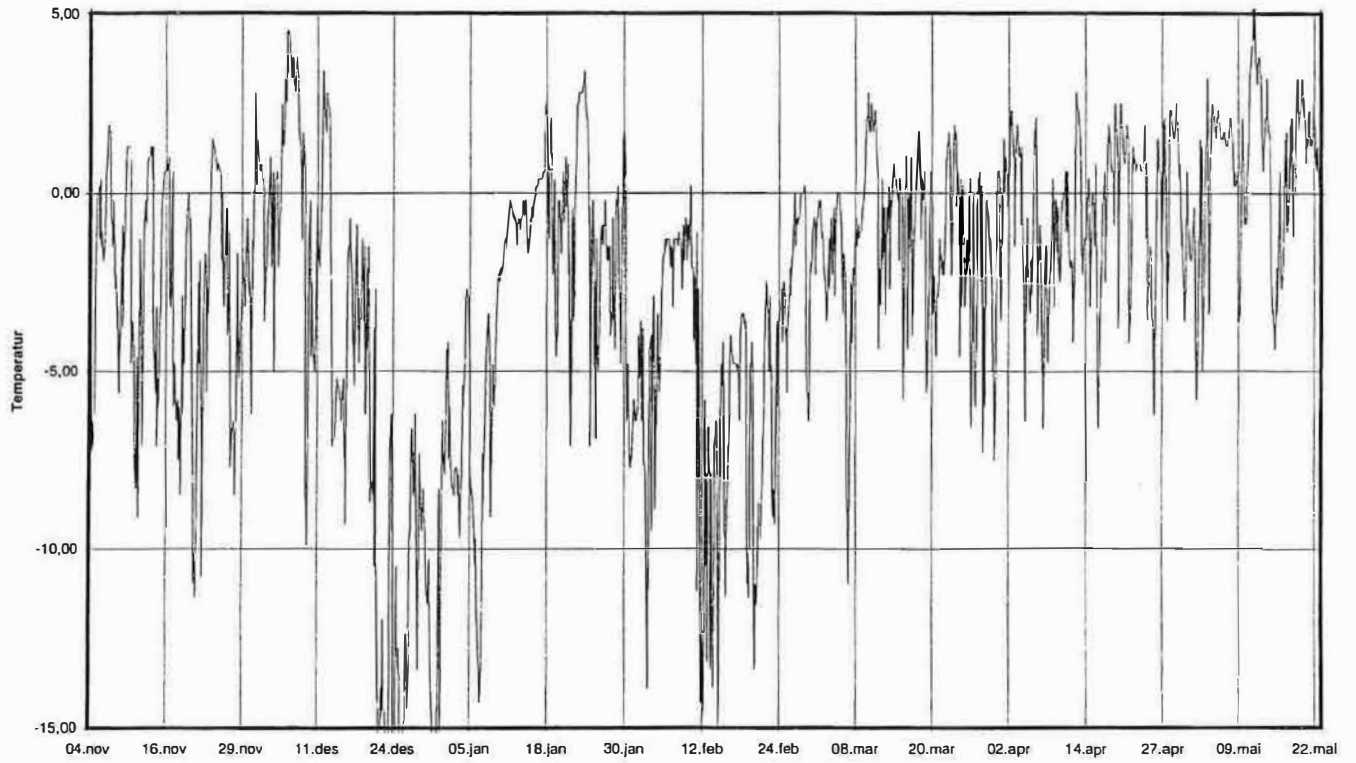
Lavtrafikk tunneler:

- Bilag 5C: Nesbøtunnelen
- Bilag 5D: Fjærlandstunnelen
- Bilag 5E: Bergstunnelen
- Bilag 5F: Byrebergstunnelen
- Bilag 5G: Vågslidtunnelen
- Bilag 5H: Røstetunnelen

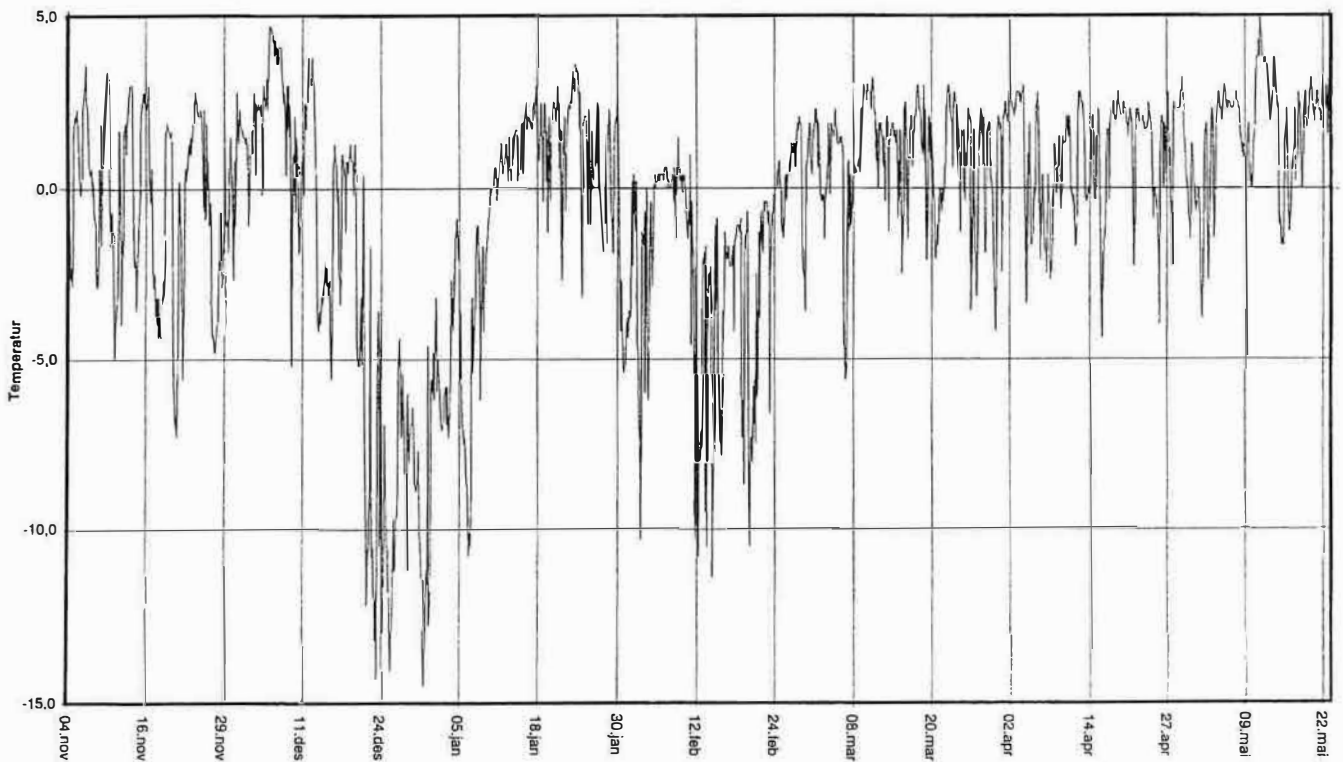
Høytrafikk tunneler:

- Bilag 5I: Nordbytunnelen
- Bilag 5J: Tromsøtunnelen
- Bilag 5K: Granfosstunnelen

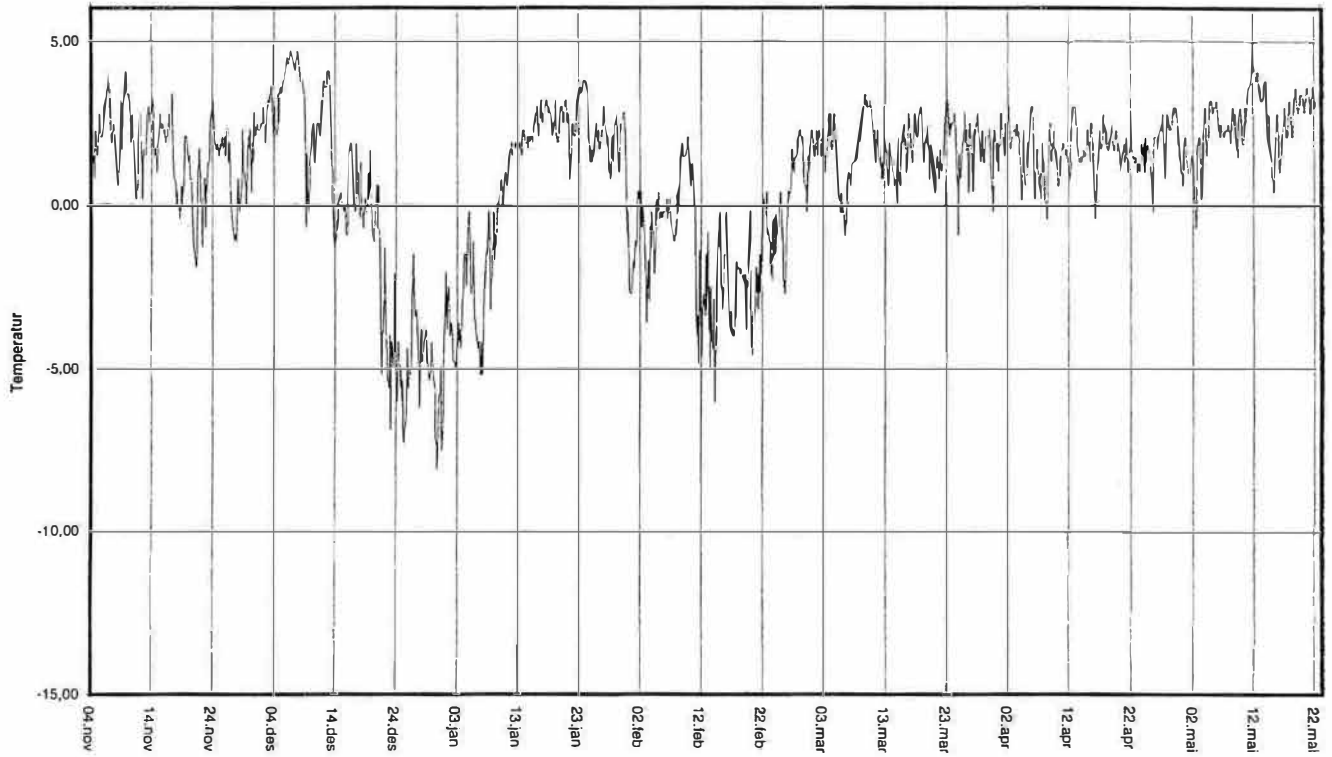
Temperaturoversikt Vardøtunnelen (Ute ved Svartnes) Kuldemengde = 14.683 t.gr.



Temperaturoversikt Vardøtunnelen 94/95 (300 m inn fra Svartnes) Frostmengden = 7.265 t.gr.



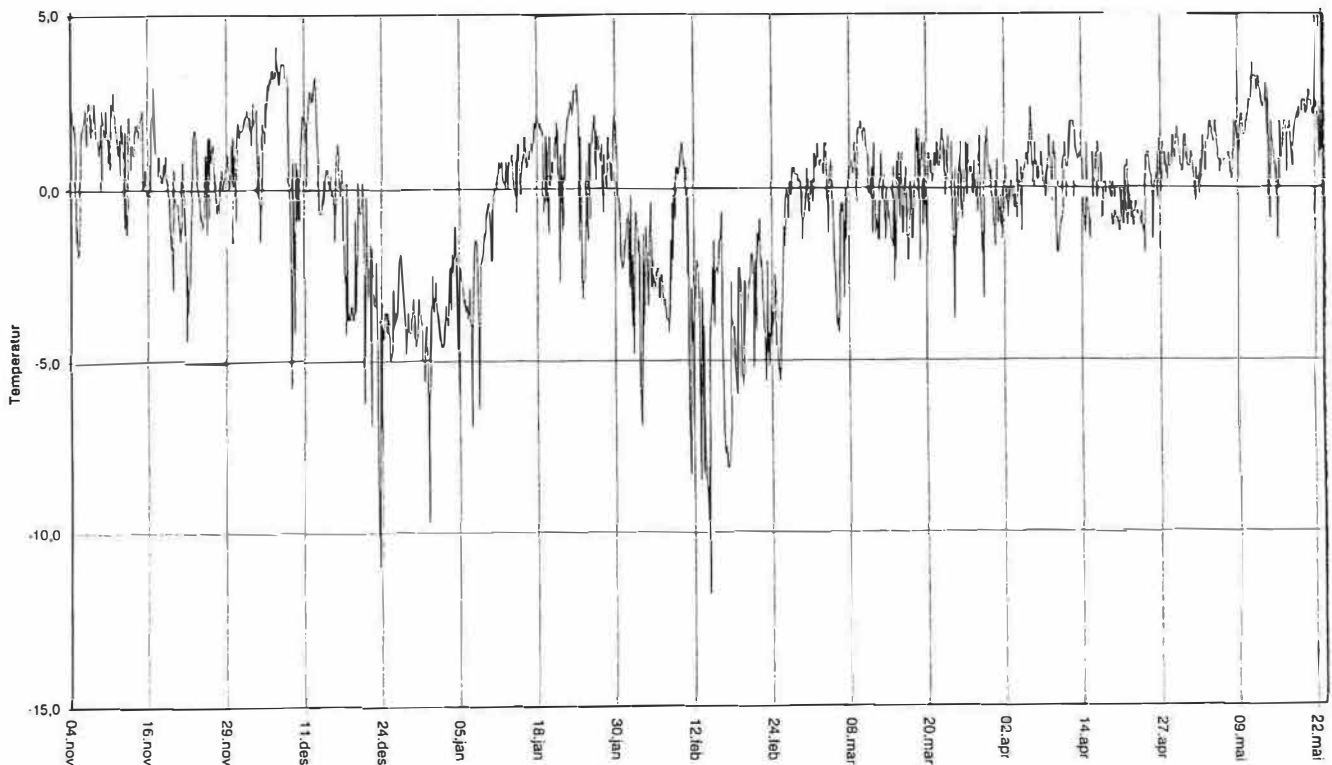
Temperaturoversikt vinteren 95/96 i Vardøtunnelen (Midt i tunnelen) Frostmengden = 3.962 t.gr.



Side 1

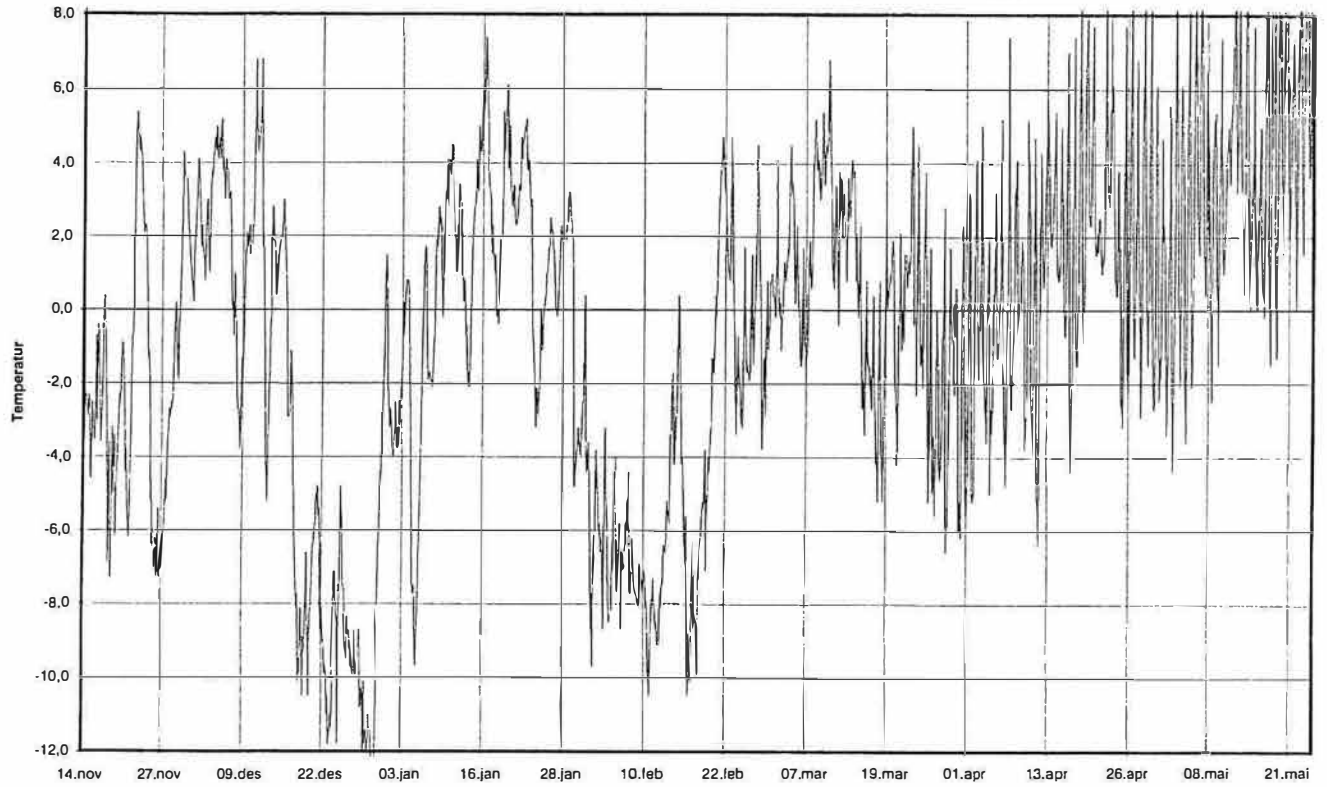
8089 Diagram 1

Temperaturoversikt vinter 95/96 i Vardøtunnelen (300 m inn fra Vardø) Frostmengden = 5.060 t.gr.



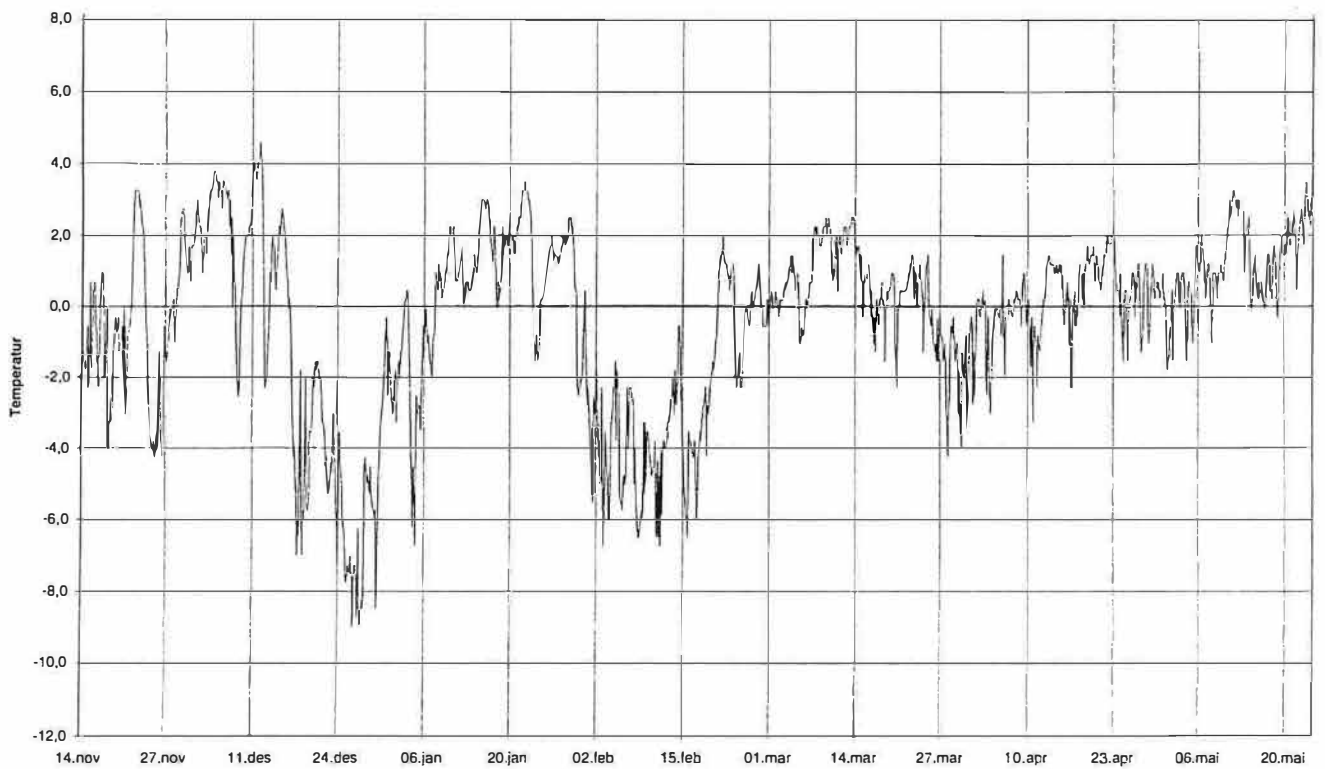
Side 1

Kvalsundtunnelen vinter 95/96 (Ute i syd) Frostmengde = 9.625 t.gr.



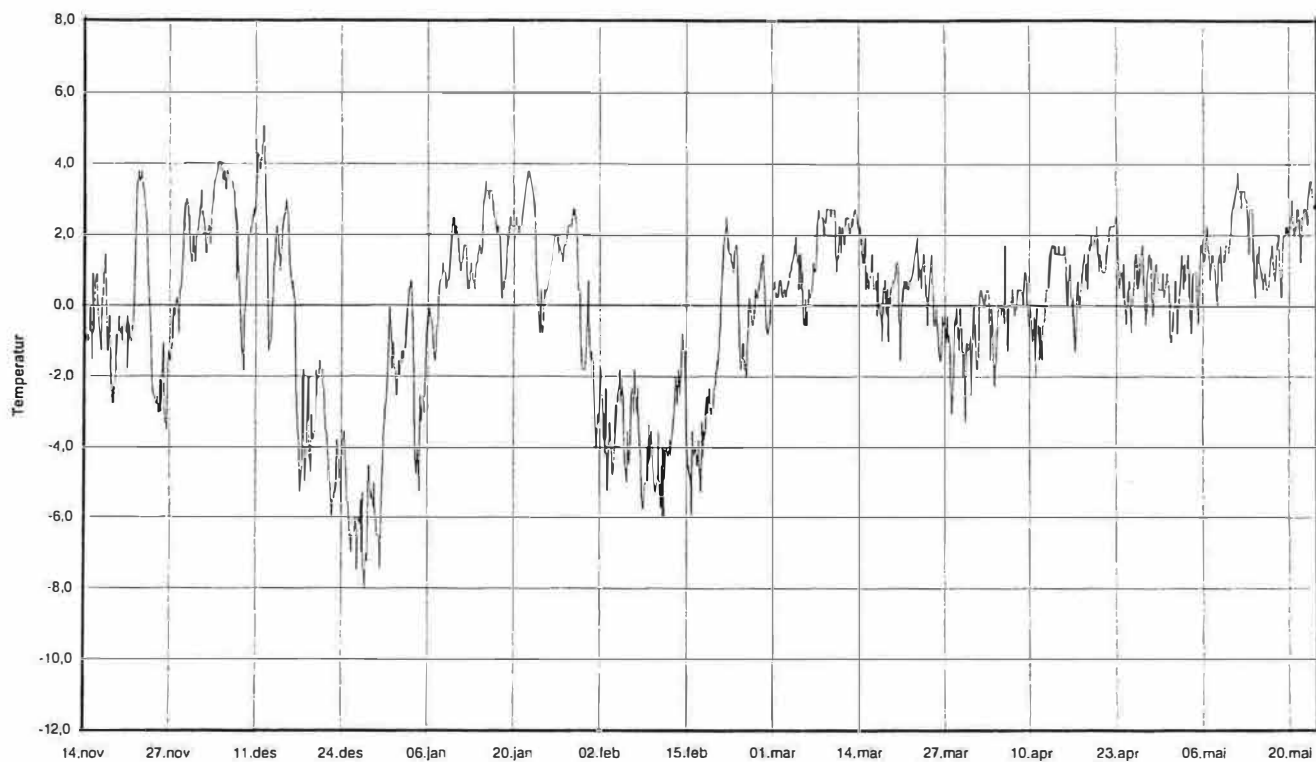
Side 1

Temperaturoversikt Kvalsundtunnelen vinteren 95/96 (300 m inn fra syd) Frostmengden = 5.272 t.gr.



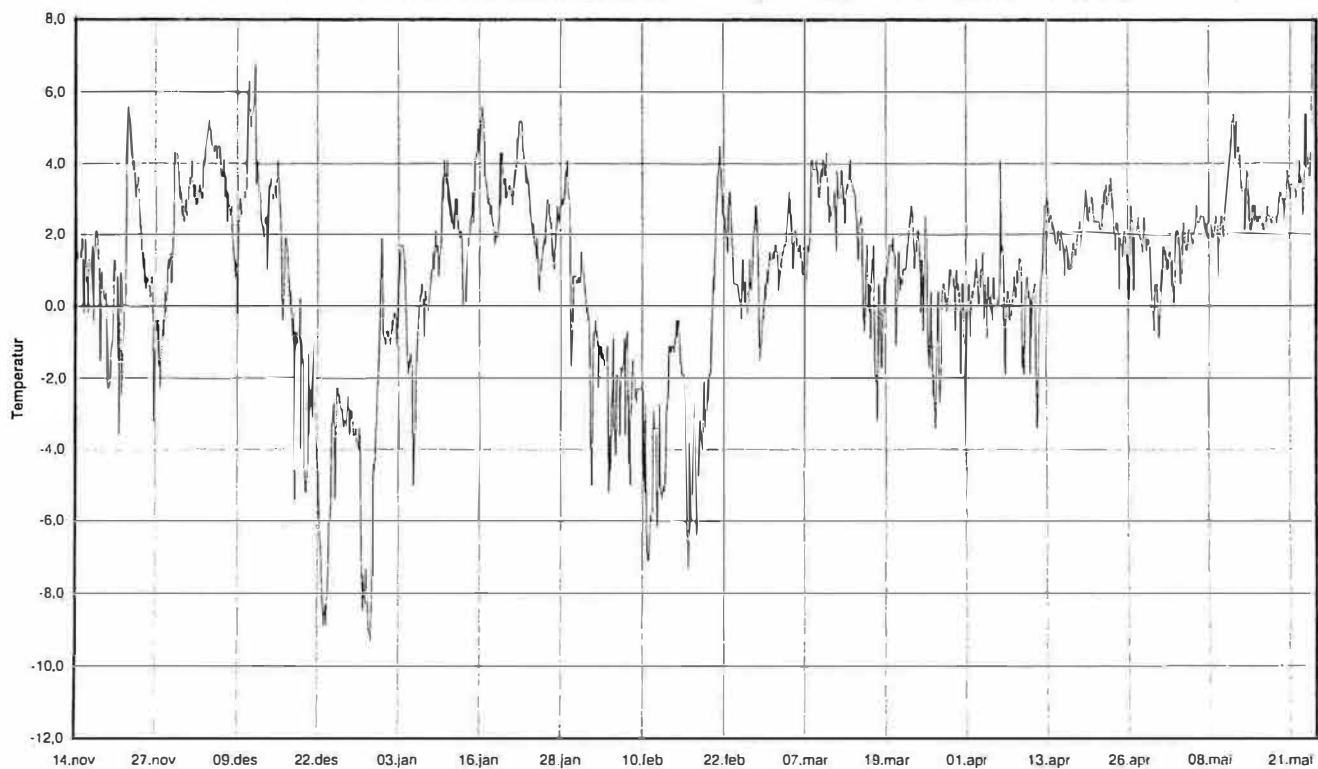
Side 1

Kvalsundtunnelen vinteren 95/96 (500 m inn fra syd) Frostmengden = 4.460 t.gr.



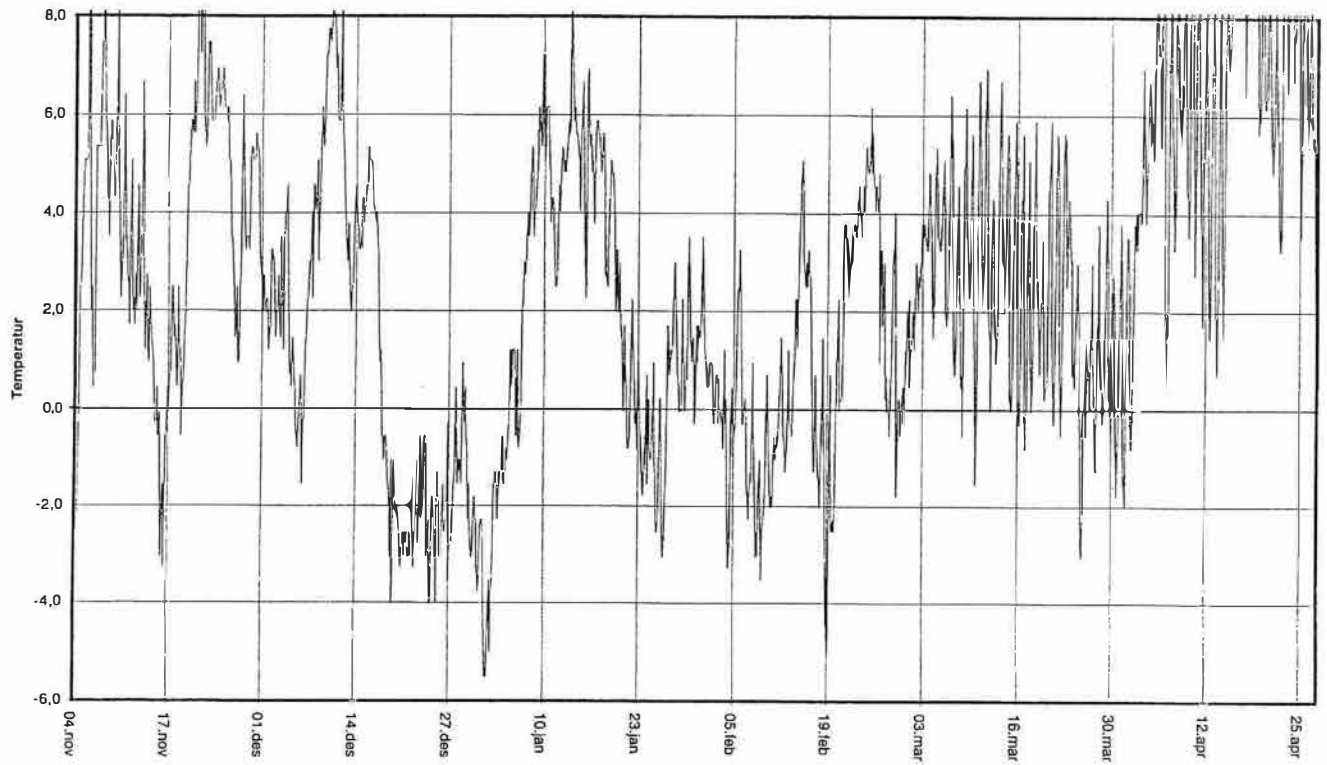
Side 1

Kvalsundtunnelen vinteren 95/96 (300 m inn fra Ringvassøy) Frostmengden = 3.313 t.gr



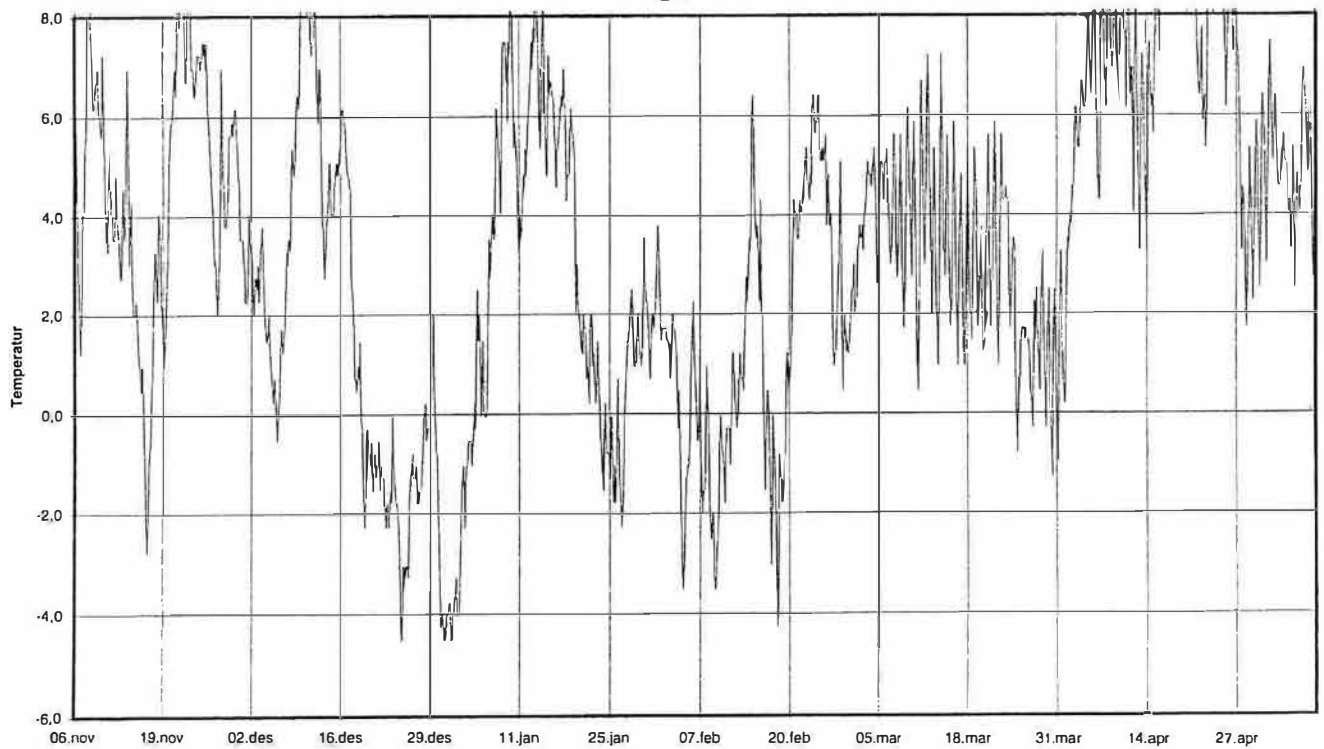
Side 1

Temperaturoversikt Ellingsøy-tunnelen vinteren 95/96 (Ute ved Ellingsøy) Frostmengden = 1.597 t.gr.



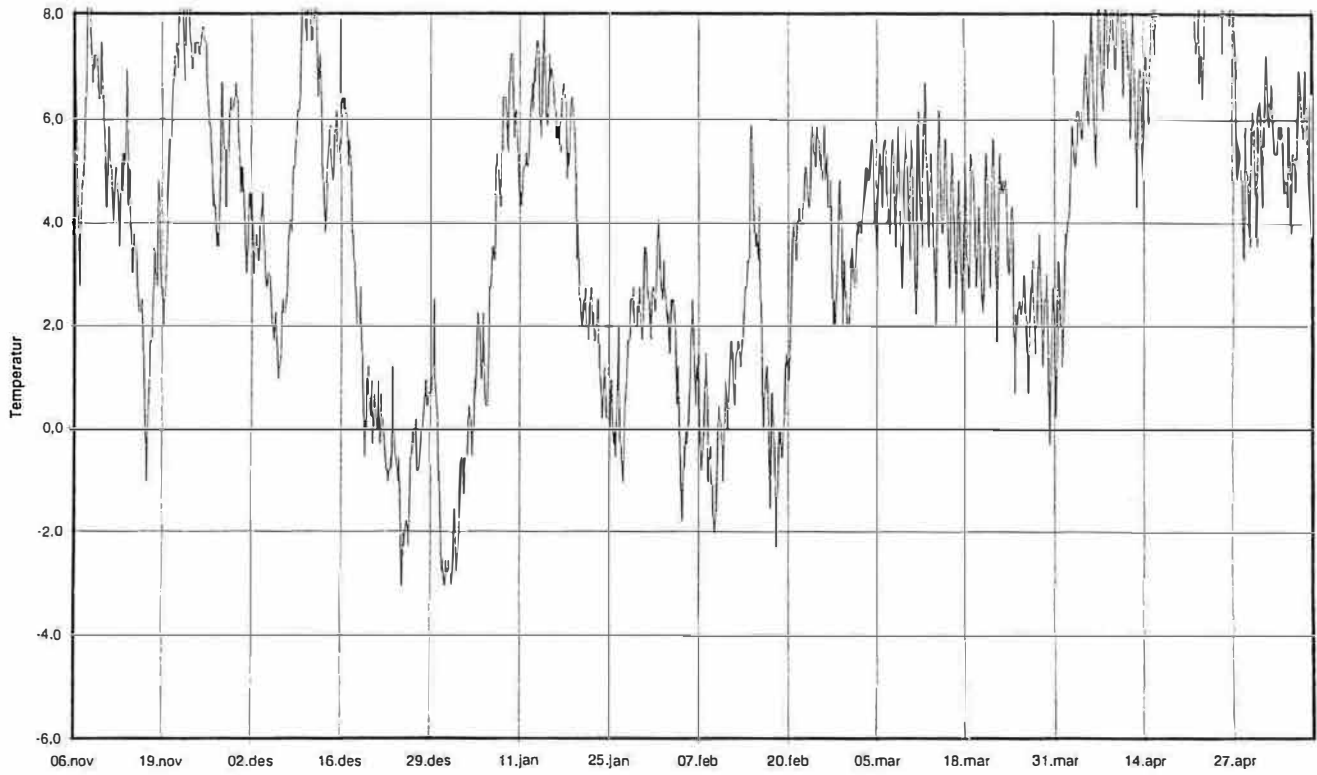
Side 1

Temperaturoversikt Ellingsøy-tunnelen vinteren 95/96 (300 m fra Ålesund) Frostmengden = 1.232 t.gr.



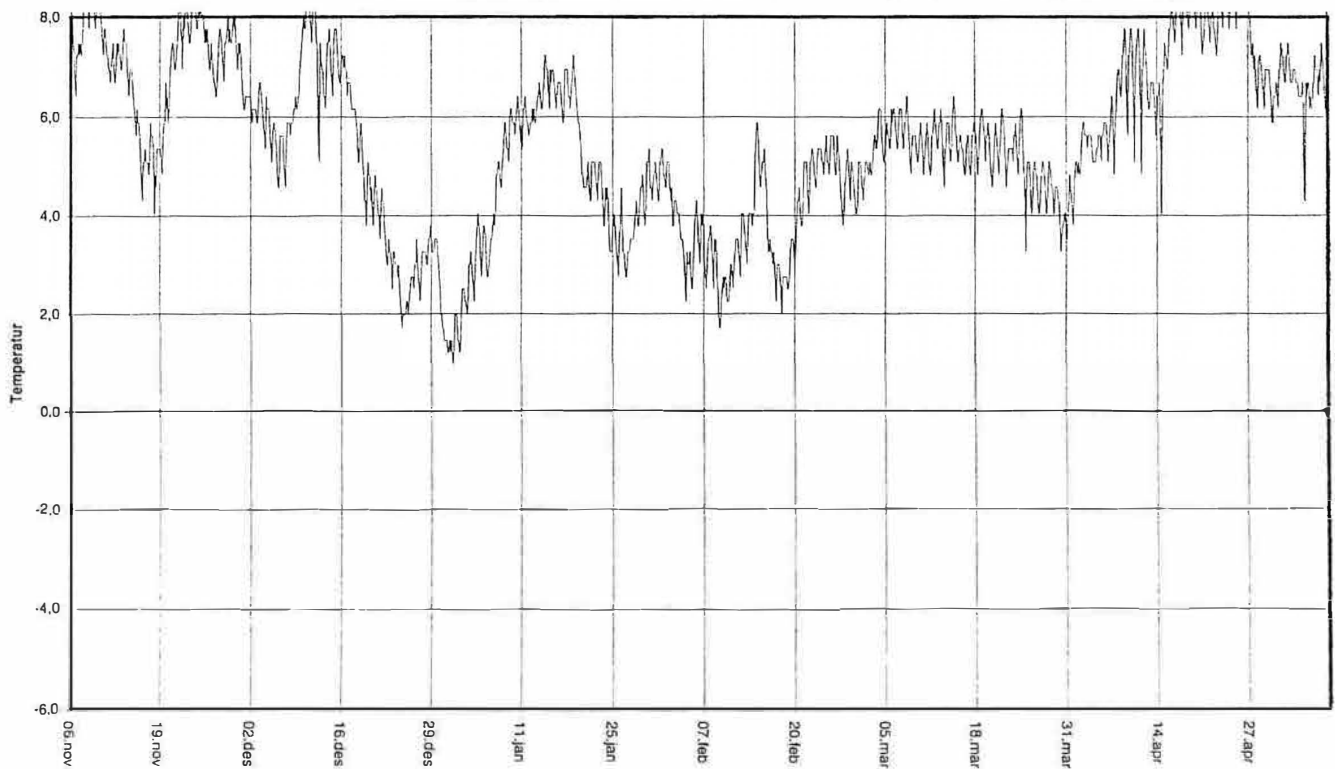
Side 1

Temperaturoversikt Ellingsøy-tunnelen vinteren 95/96 (600 m fra Ålesund) Frostmengden = 477 t.gr.

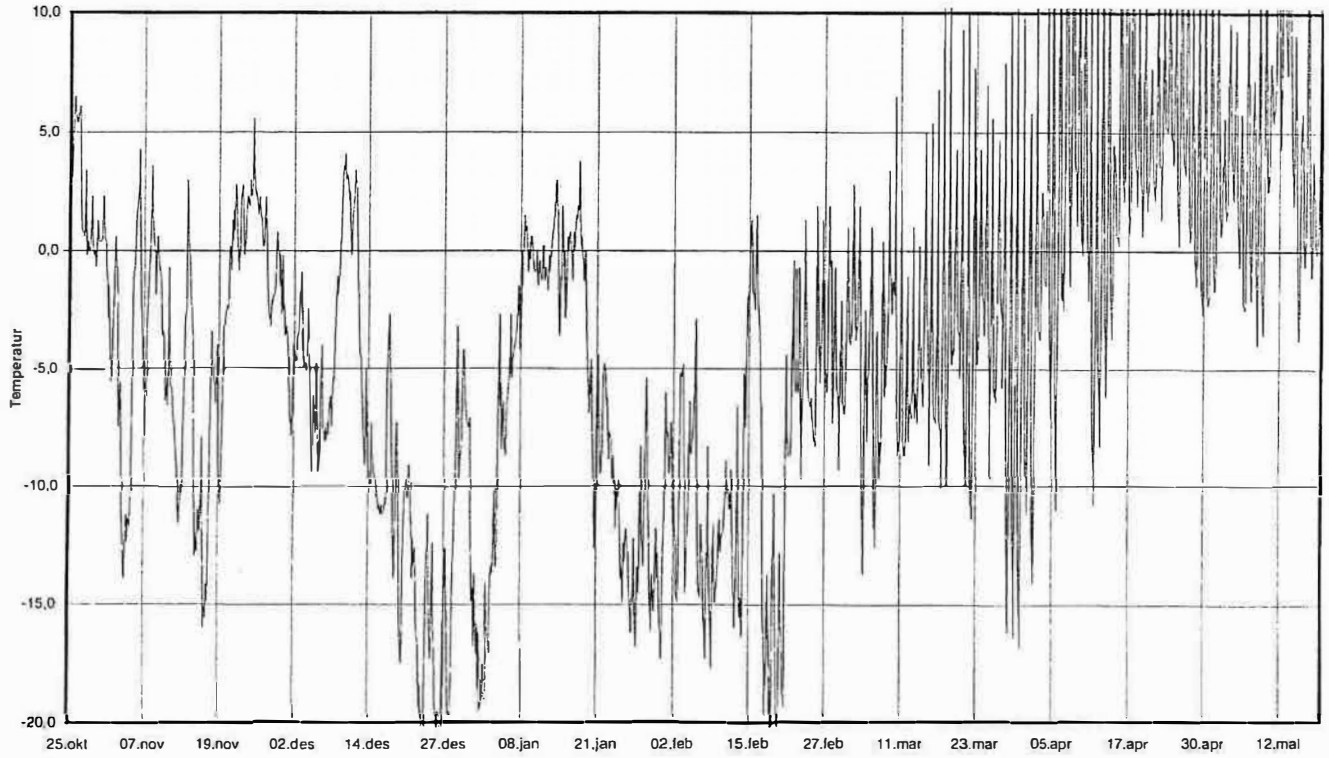


Side 1

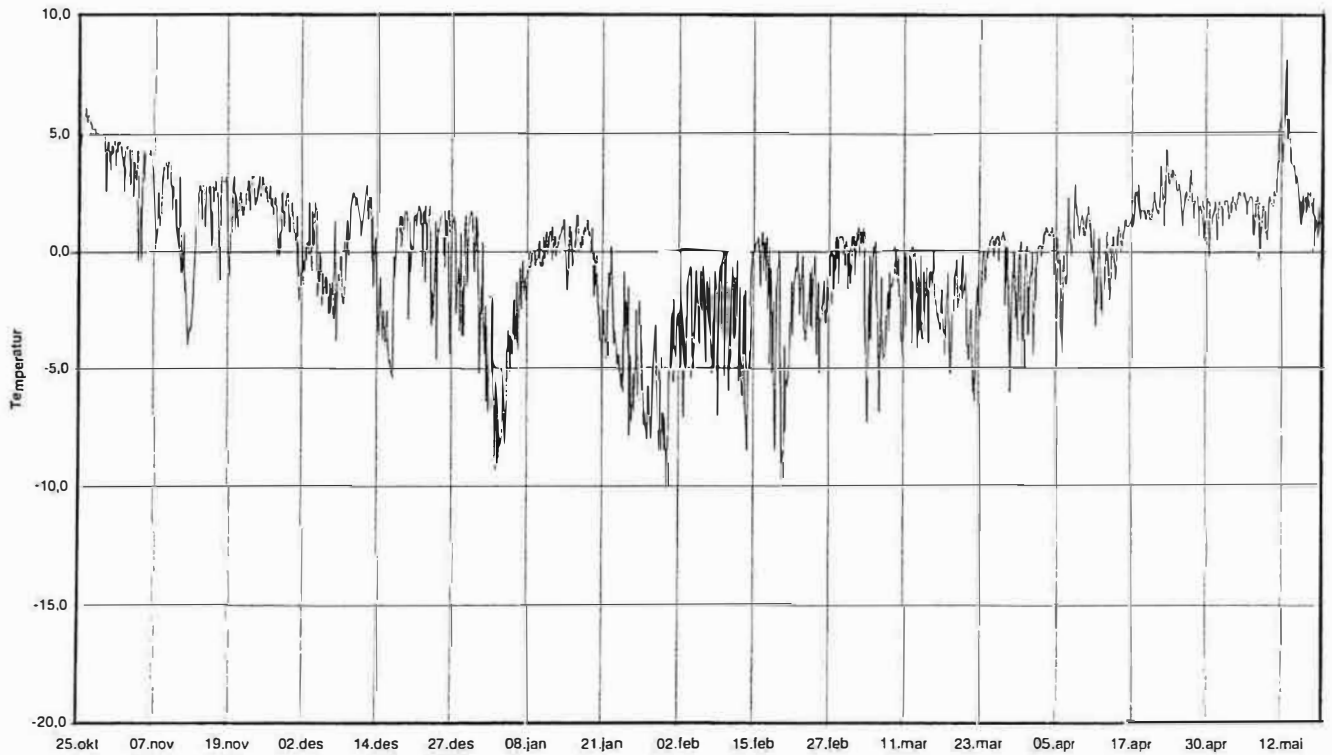
Temperaturoversikt vinteren 96/96 i Ellingsøy-tunnelen (600 m fra Ellingsøy) Frostmengden = 0 t.gr.



Side 1

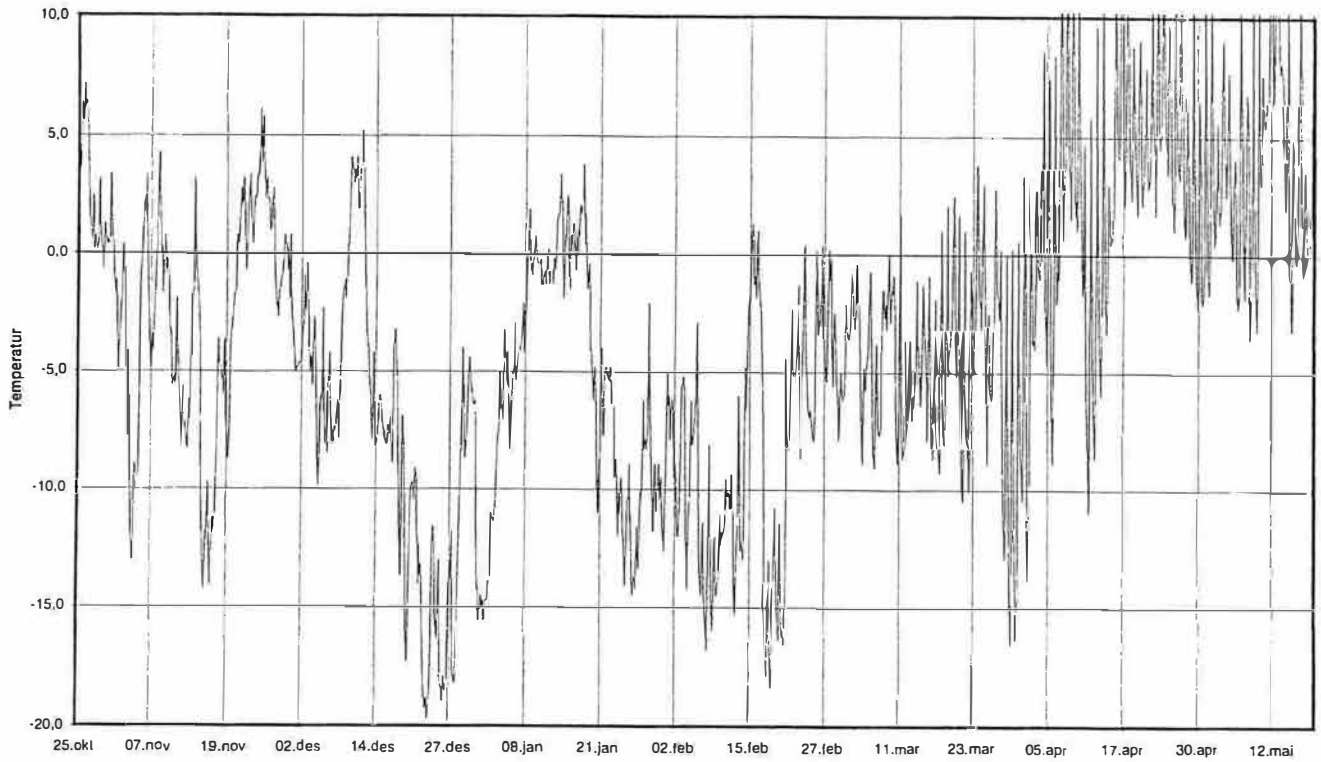
Nesbøtunnelen vinteren 95/96 (Ute på Hol-siden) Frostmengde = 25.717 t.gr.

Side 1

Nesbøtunnelen vinter 95/96 (250 m inn fra Hol) Frostmengde = 6.486 t.gr.

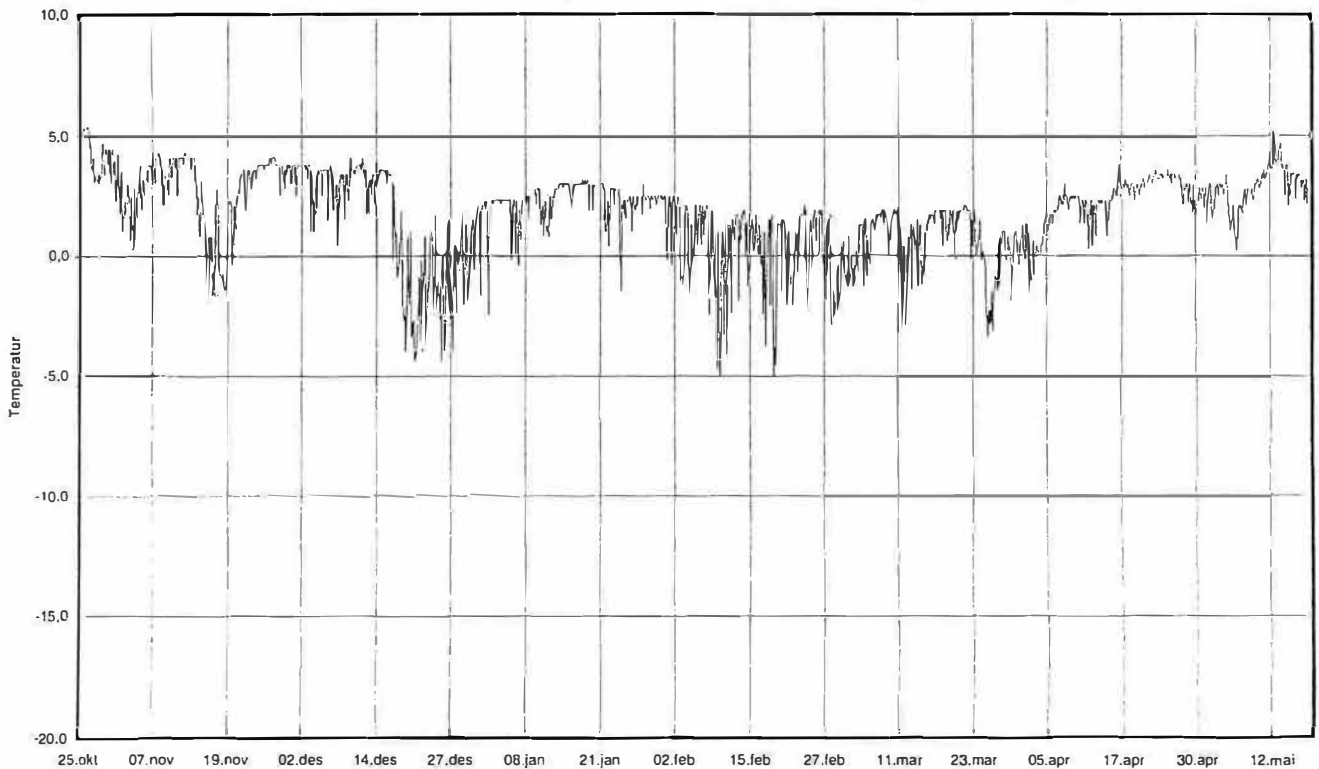
Side 1

Nesbøtunnelen vinter 95/96 (Ute på Aurlandssiden) Frostmengde = 23.533 t.gr.

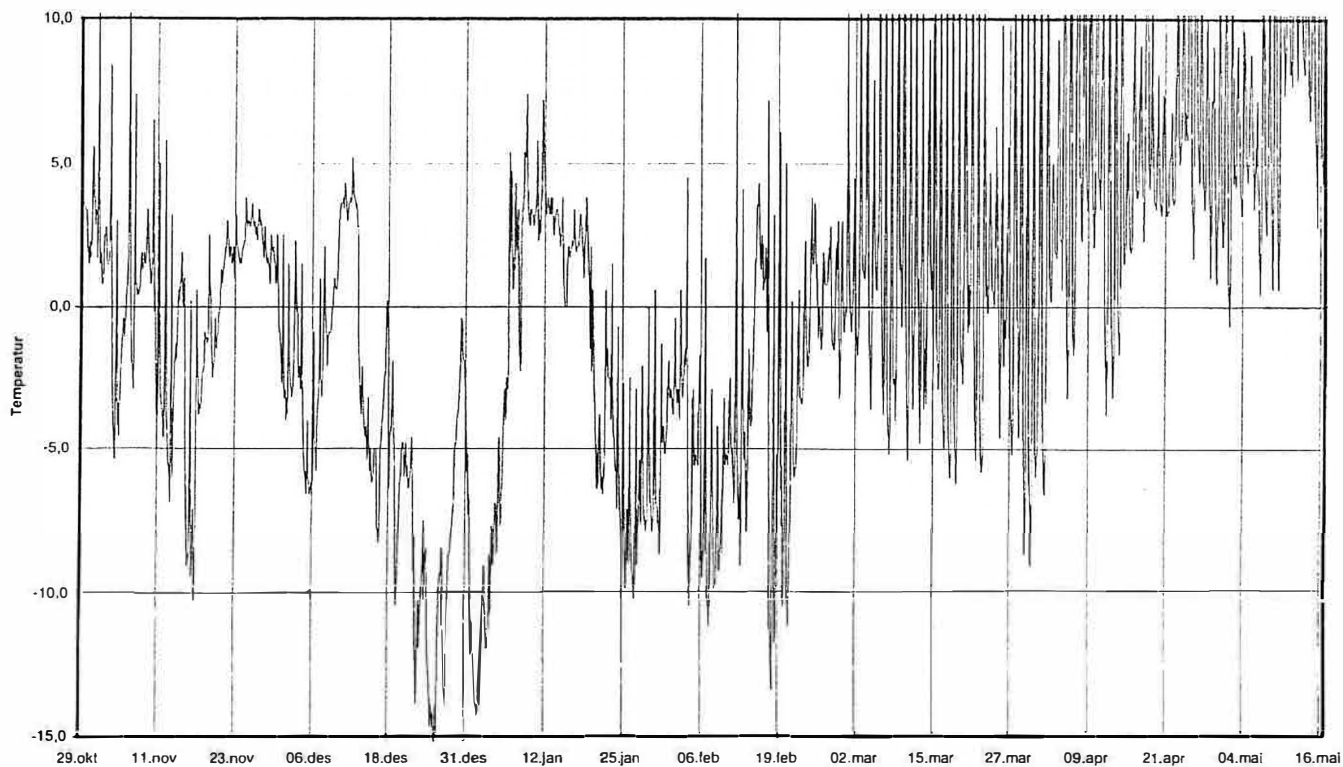


7946 Chart 1

Nesbøtunnelen vinteren 95/96 (350 m inn fra Aurland) Frostmengden = 1.247 t.gr.

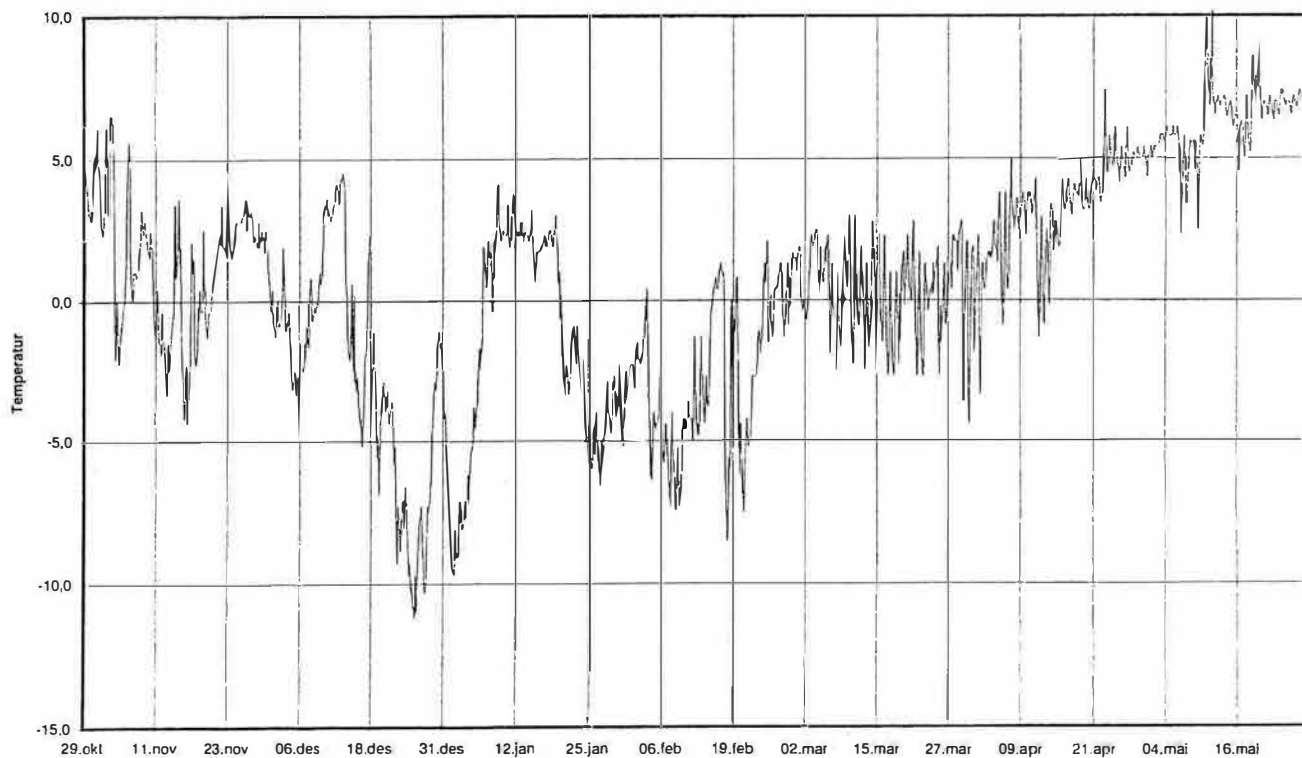


Fjærlandstunnelen vinter 95/96 (Ute på Fjærlandssiden) Frostmengden = 11.369 t.gr.



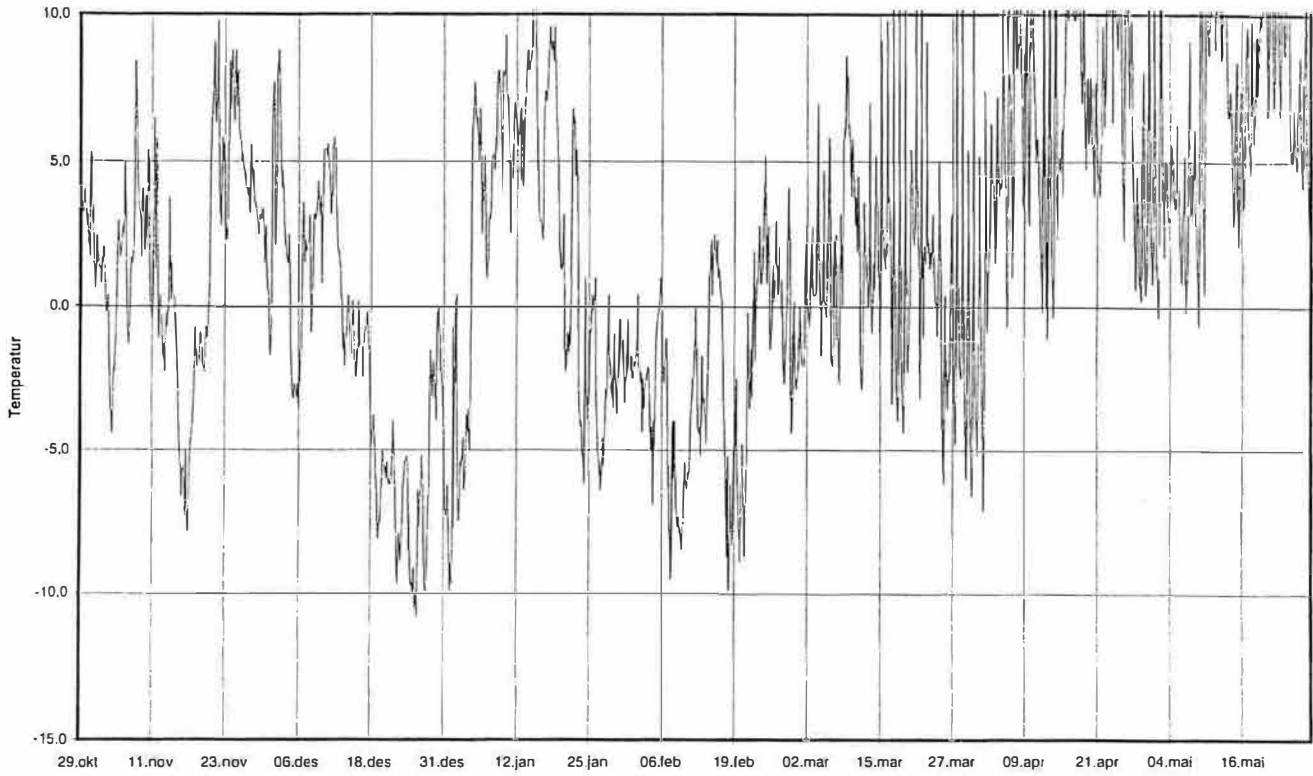
Side 1

Fjærlandstunnelen vinter95/96 (600 m inn fra Fjærland) Frostmengden = 7.067 t.gr.



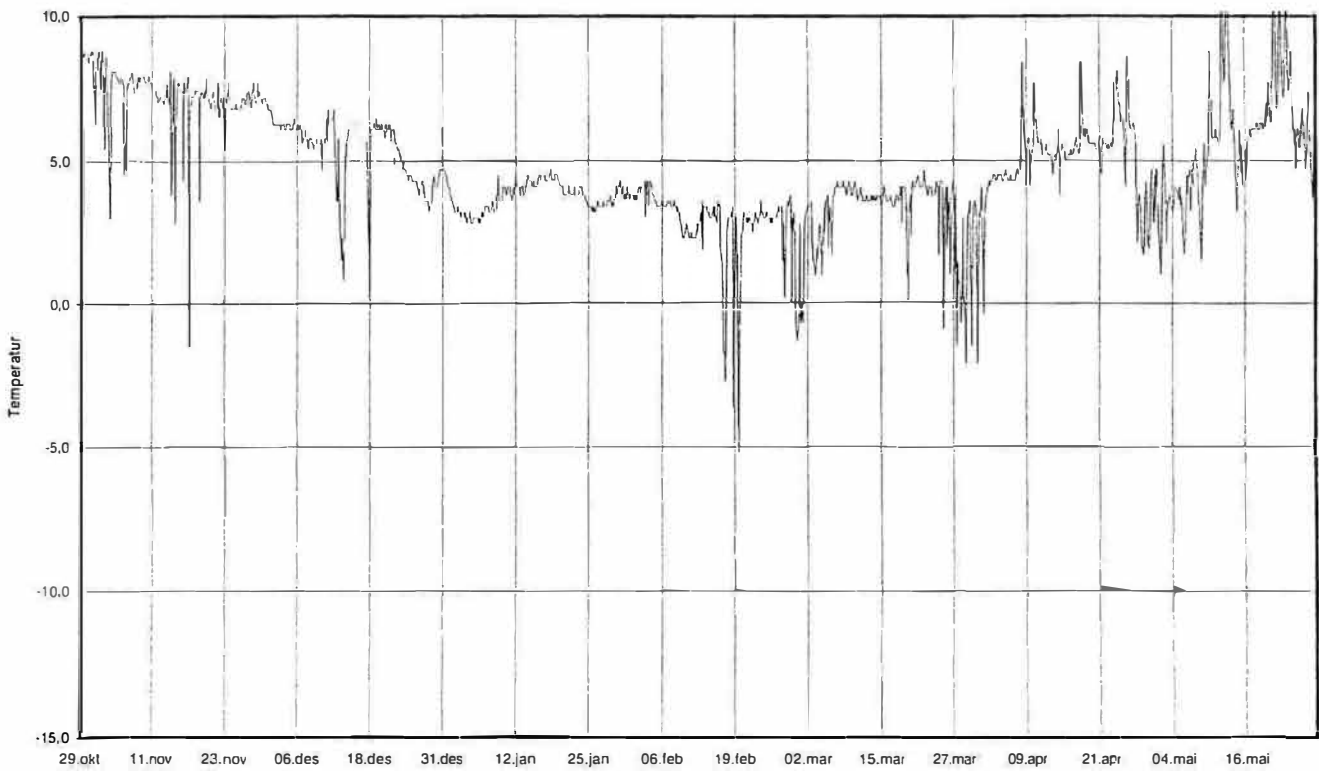
Side 1

Fjærlandstunnelen vinter 95/96 (Ute på Skei-siden) Frostmengden = 6.768 t.gr.



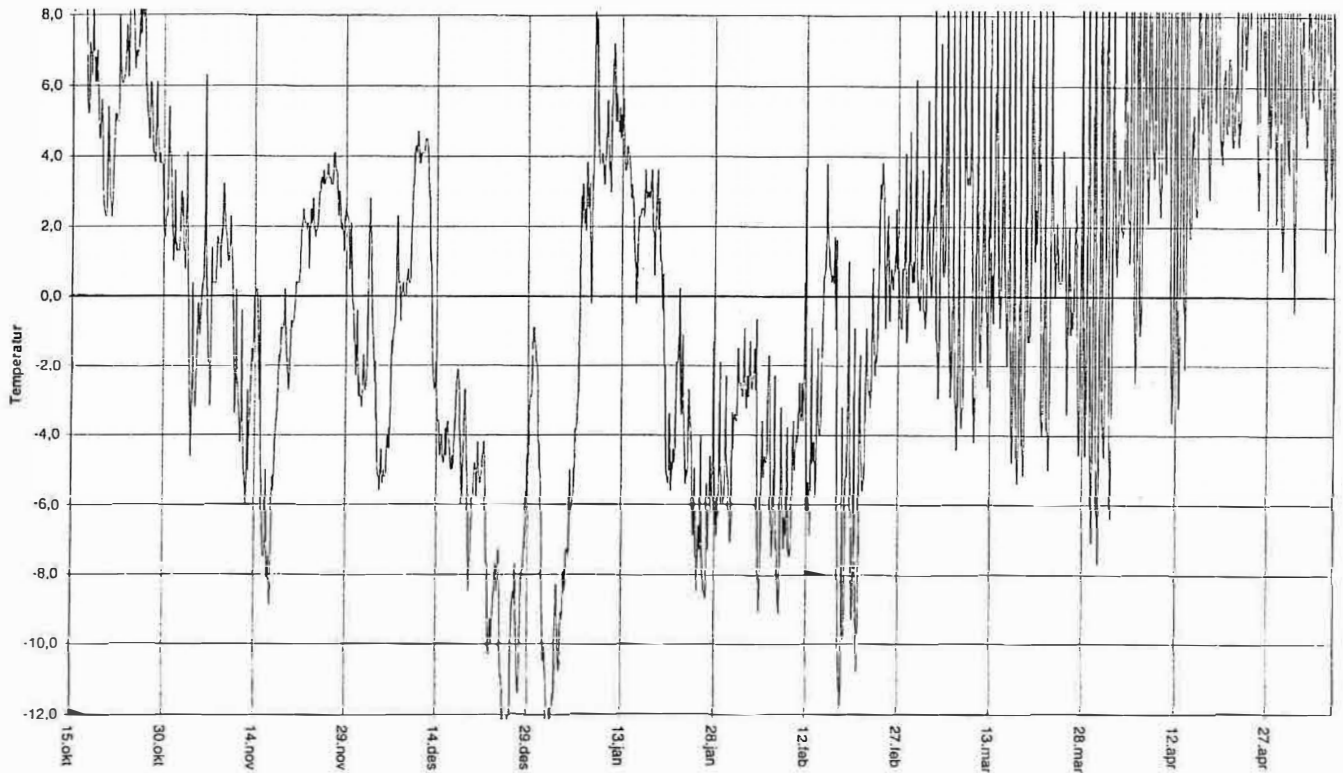
Side 1

Fjærlandstunnelen vinter 95/96 (150 m inn fra Skei) Frostmengden = 138 t.gr.

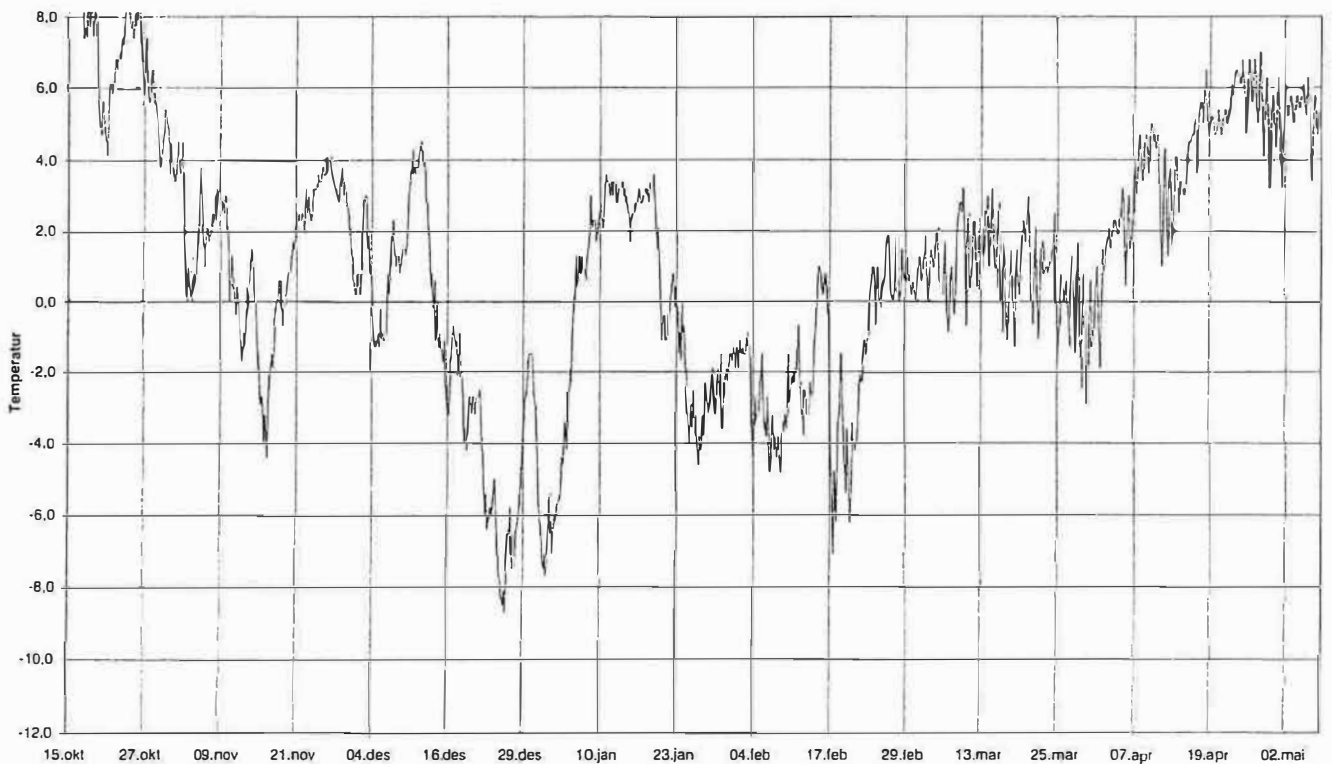


Side 1

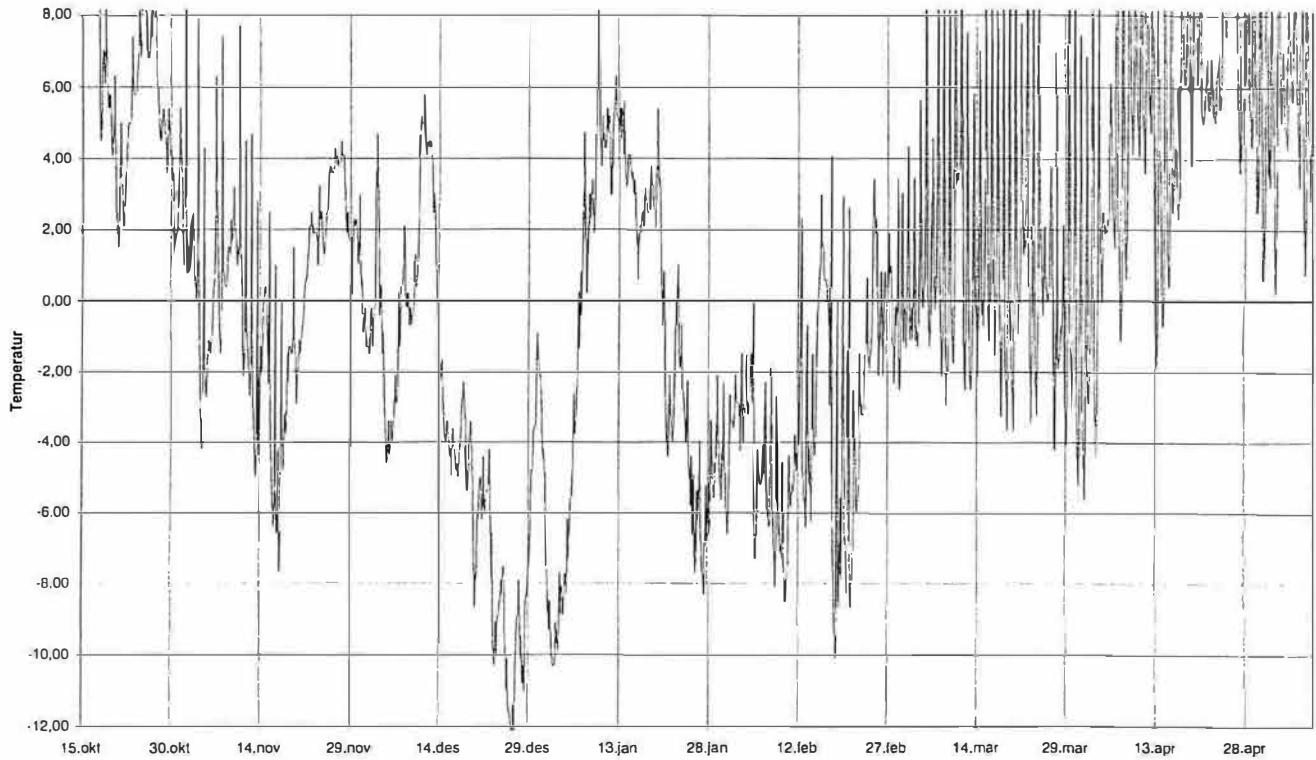
Temperaturoversikt 95/96 i Bergtunnelen (Ute på Fjærlandssiden Frostmengden = 9.940 t.gr.



Frostmålinger vinteren 95/96 i Bergstunnelen 312 m inn fra Fjærland Timegrader = 4.854

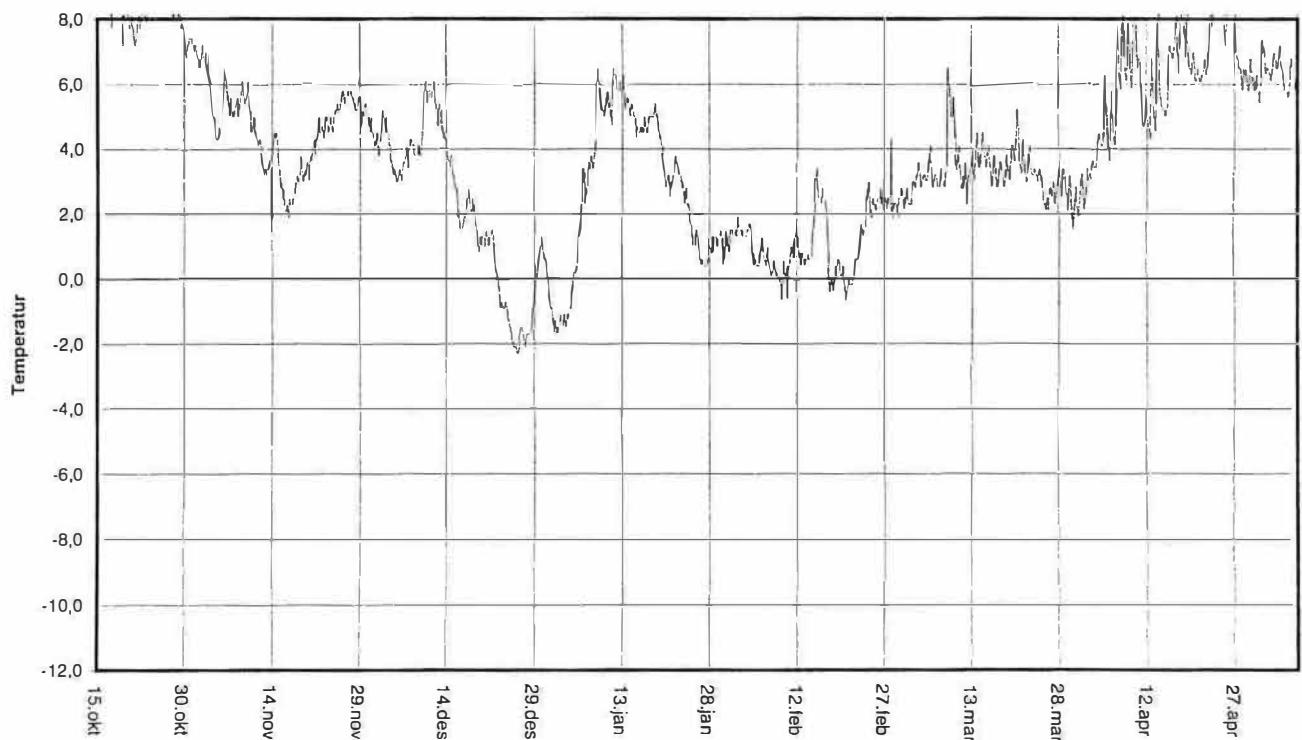


Temperaturoversikt Bergtunnelen vinter 95/96 (Ute på Bergsiden) Frostmengde = 8.817 t.gr.



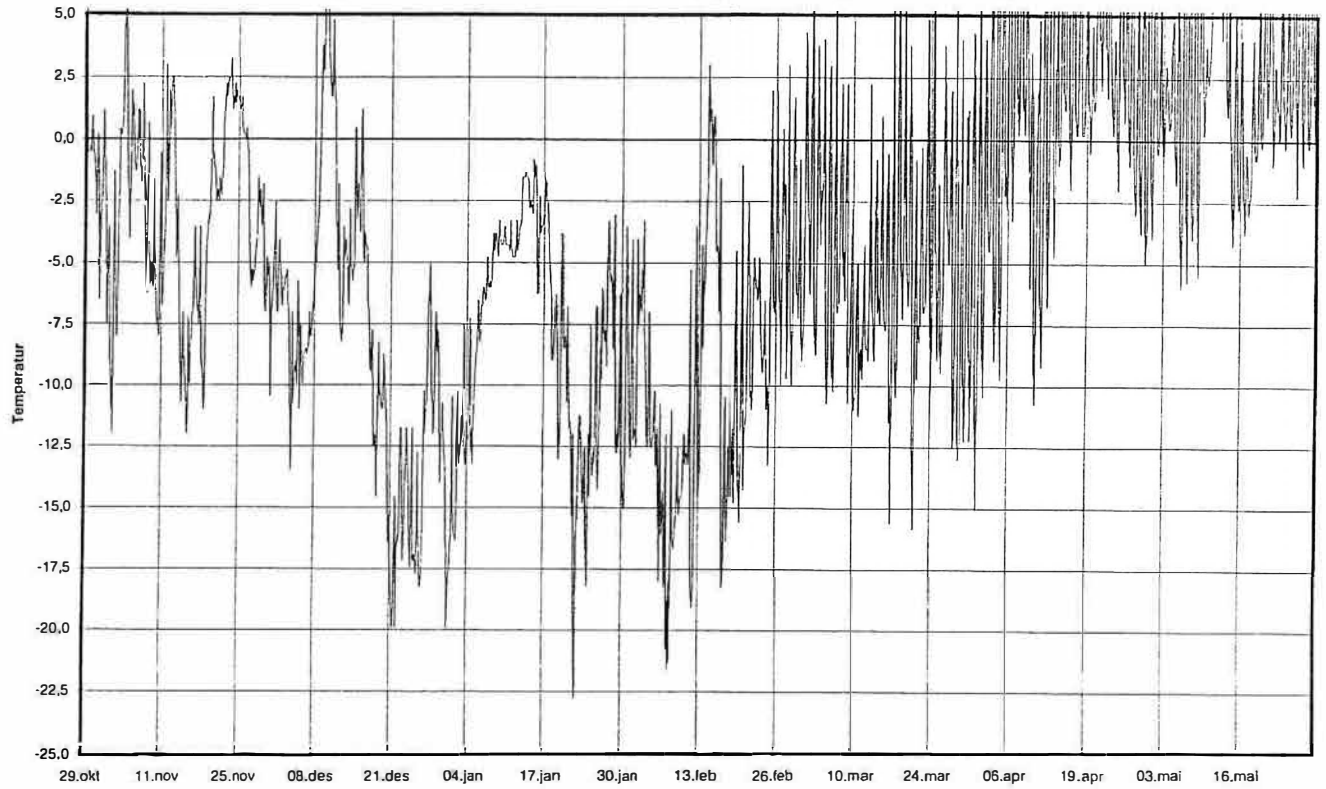
Side 1

Temperaturoversikt Bergtunnelen vinteren 95/96 (300 m inn fra Berg) Frostmengde = 347 t.gr.



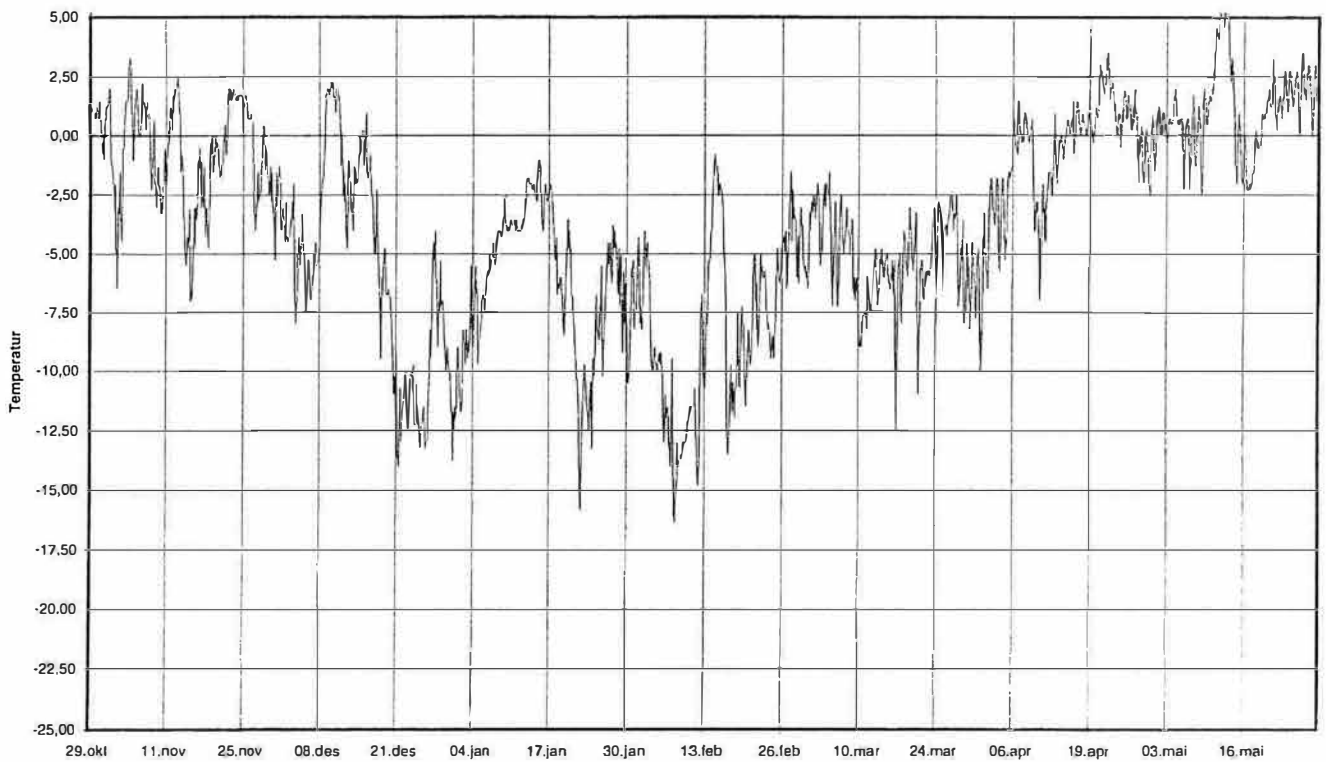
Side 1

Vågslid tunnelen vinter 95/96 (Ute i syd) Frostmengden = 27.126 t.gr.



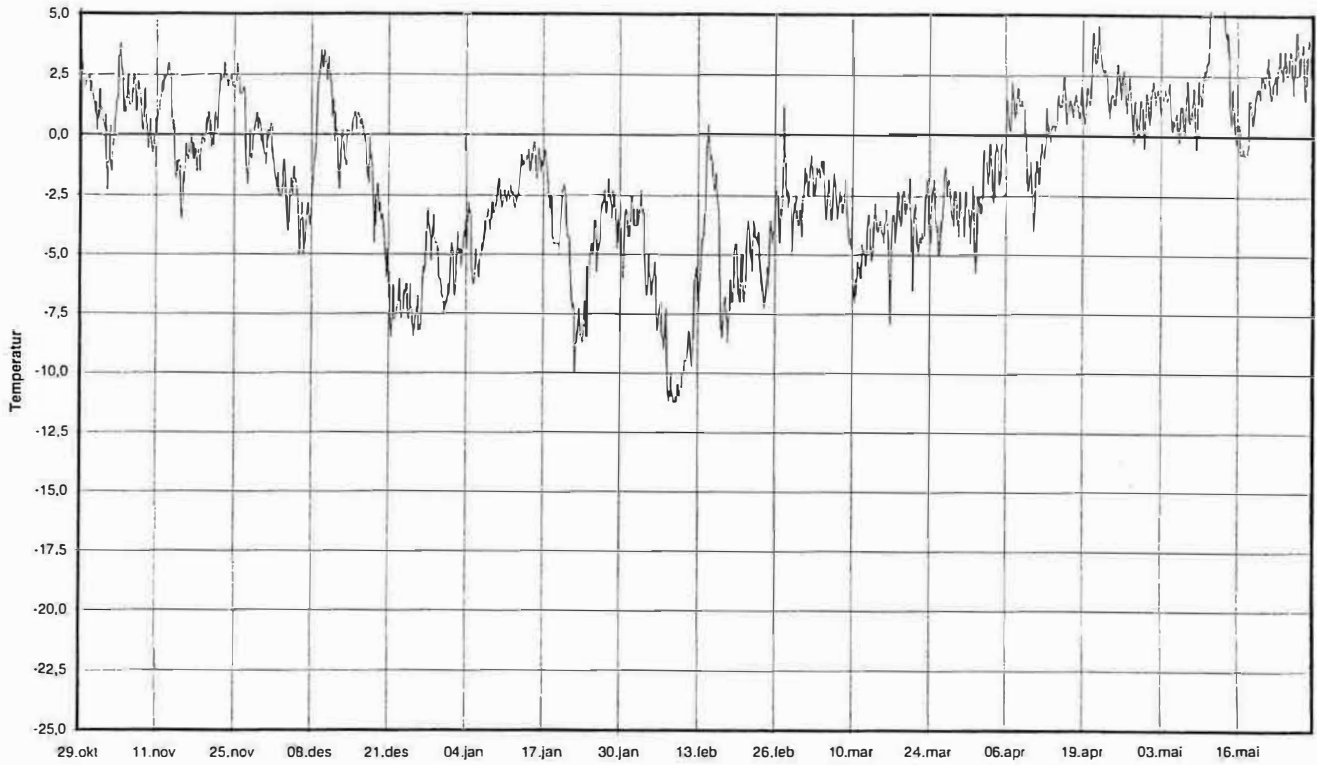
Side 1

Vågslid tunnelen vinteren 95/96 (350 m inn fra Vågslid) Frostmengden = 20.801 t.gr.



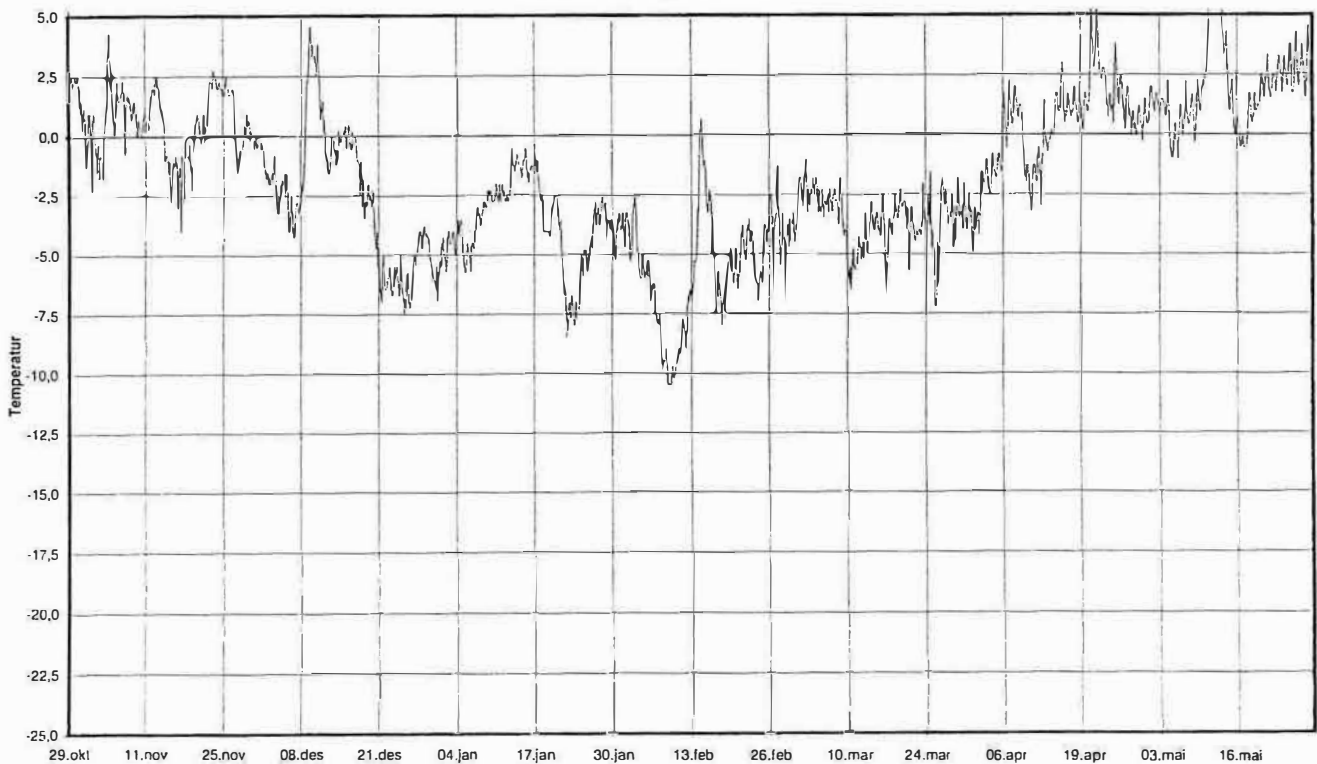
Side 1

Vågslidtunnelen vinter 95/96 (905 m inn fra syd) Frostmengden = 12.279 t.gr.



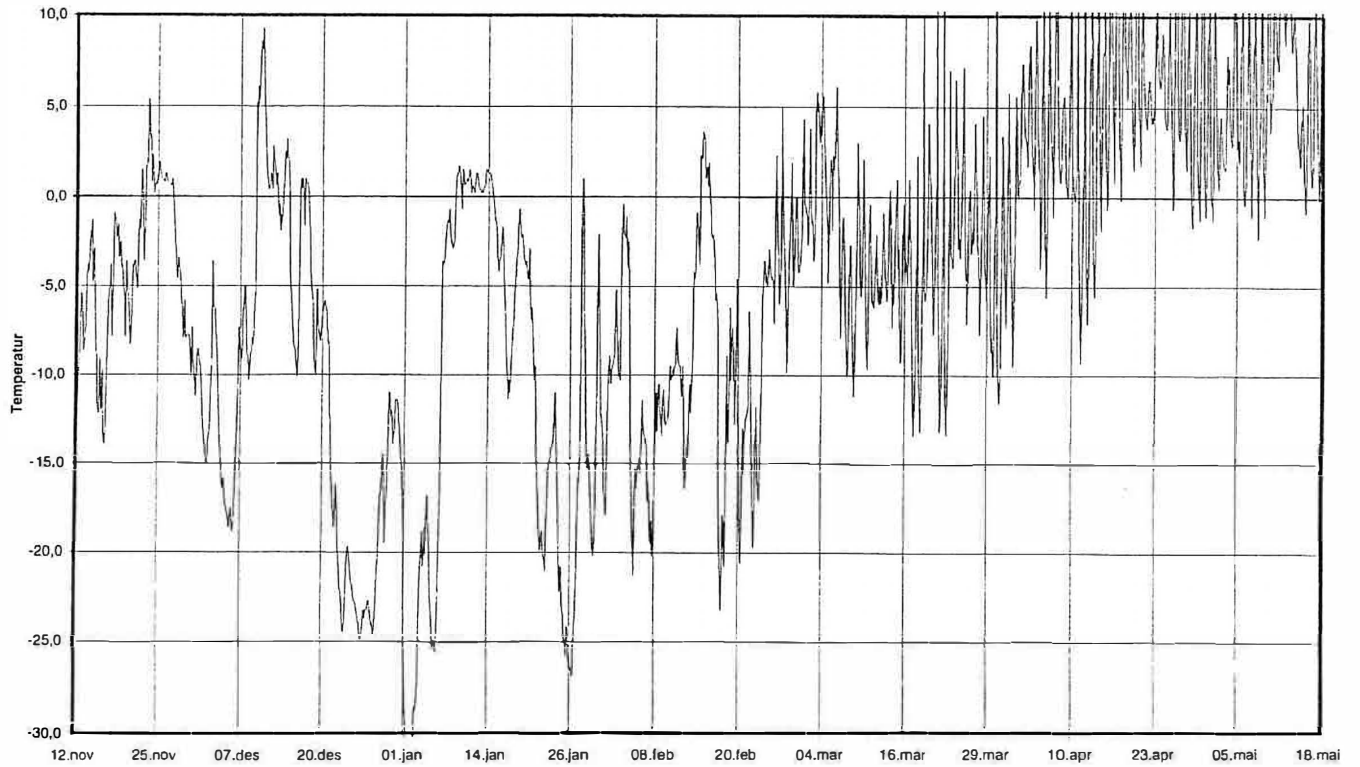
Side 1

Vågslidtunnelen vinter 95/96 (1337 m inn fra syd) Frostmengden = 12.196 t.gr.

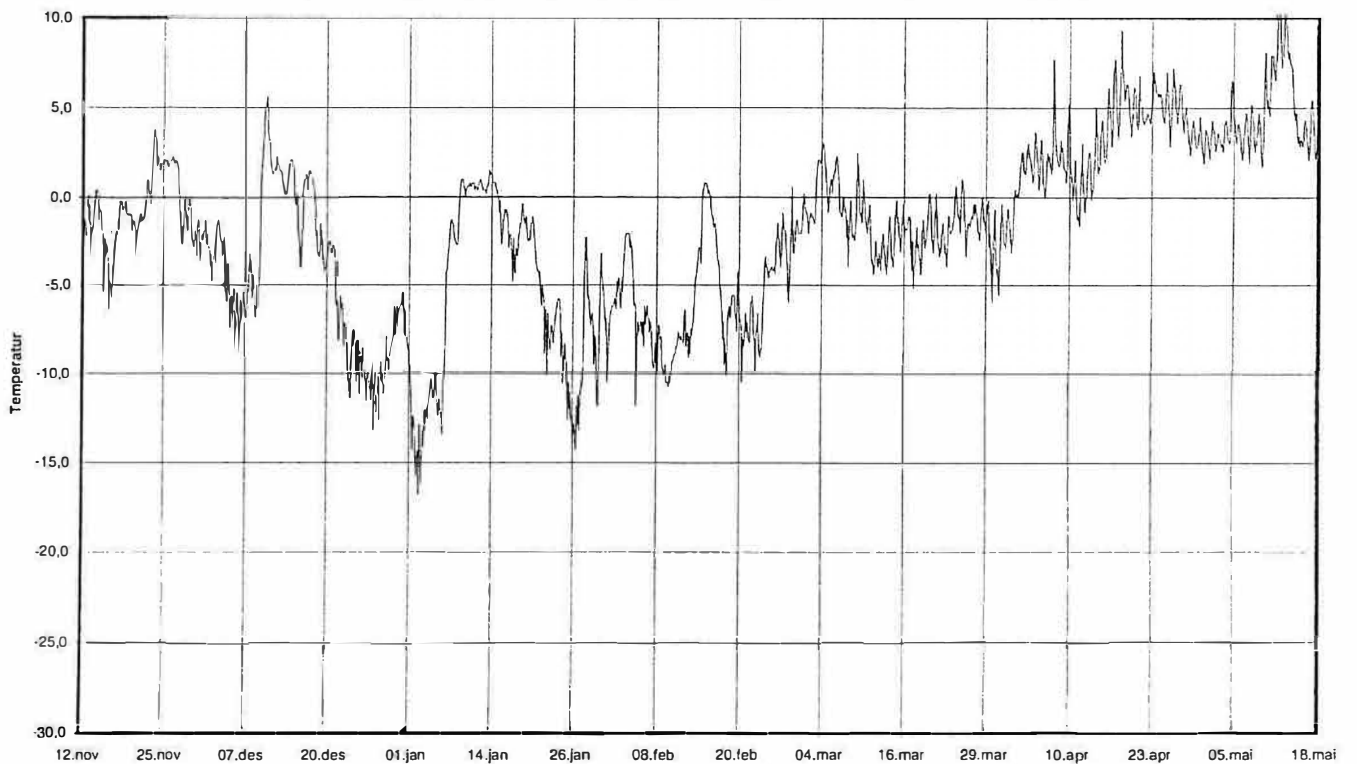


Side 1

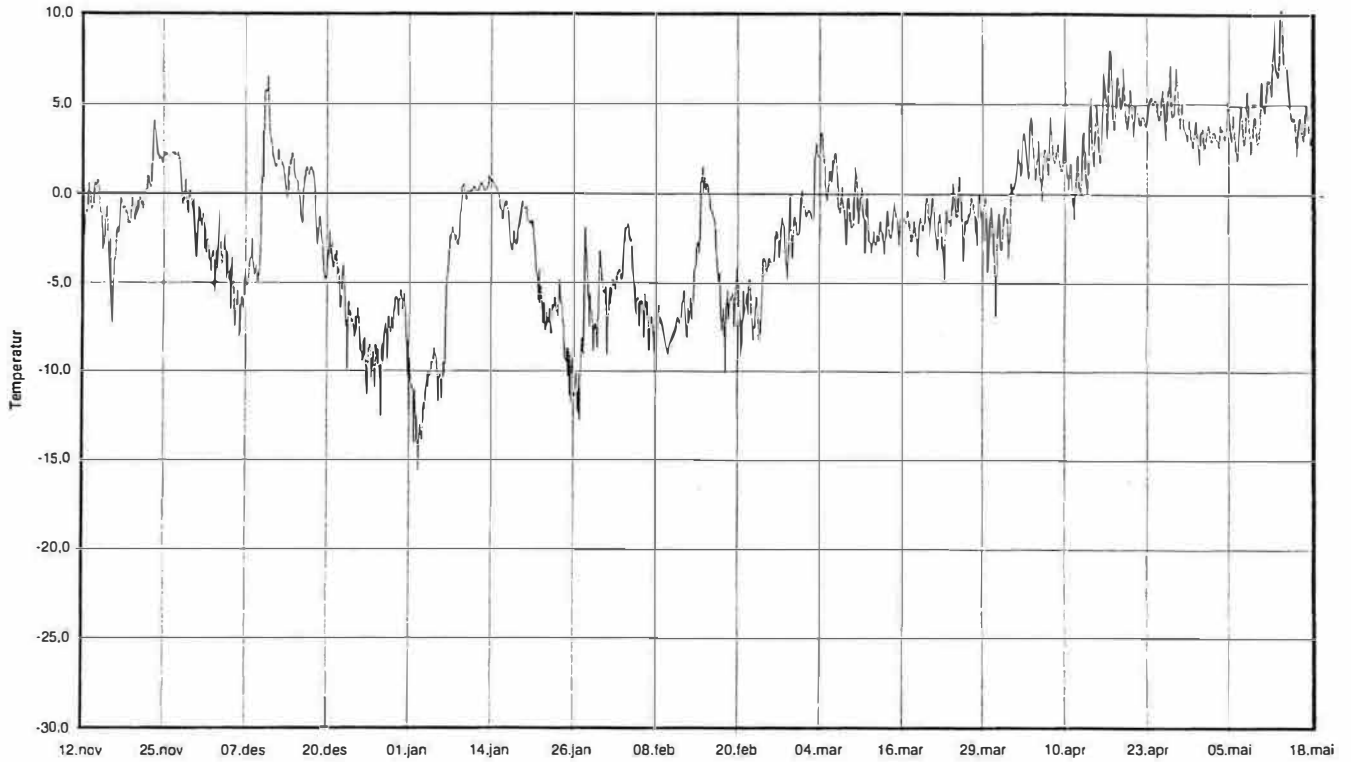
Byrebergtunnelen vinter 95/96 (Ute) Frostmengden = 28.700 t.gr.



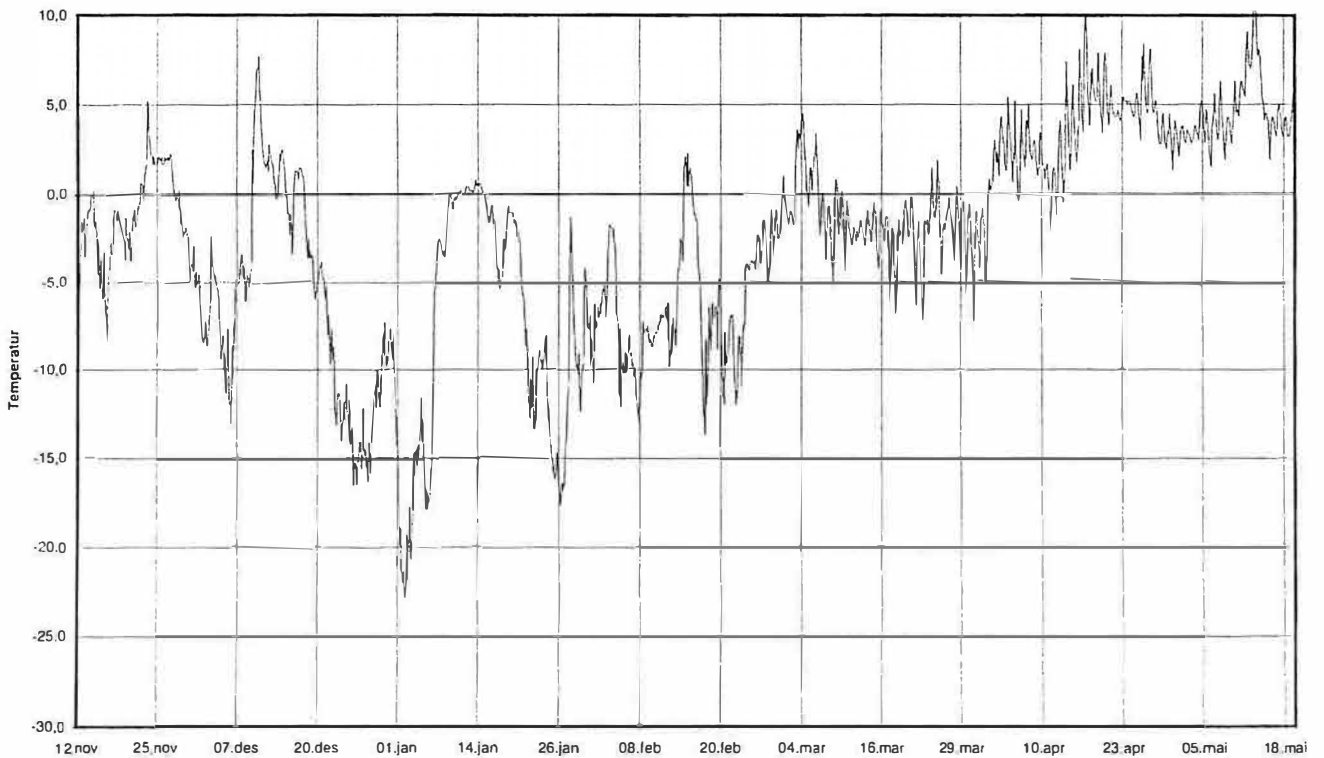
Byrebergtunnelen vinter 95/96 (75 m inn fra Vågå) Frostmengden = 13.682 t.gr.



Byrebergtunnelen 95/96 (Midt i tunnelen) Frostmengden = 12.051 t.gr.



Byrebergtunnelen vinter 95/96 (75 m inn fra Lom) Frostmengden = 17.327 t.gr

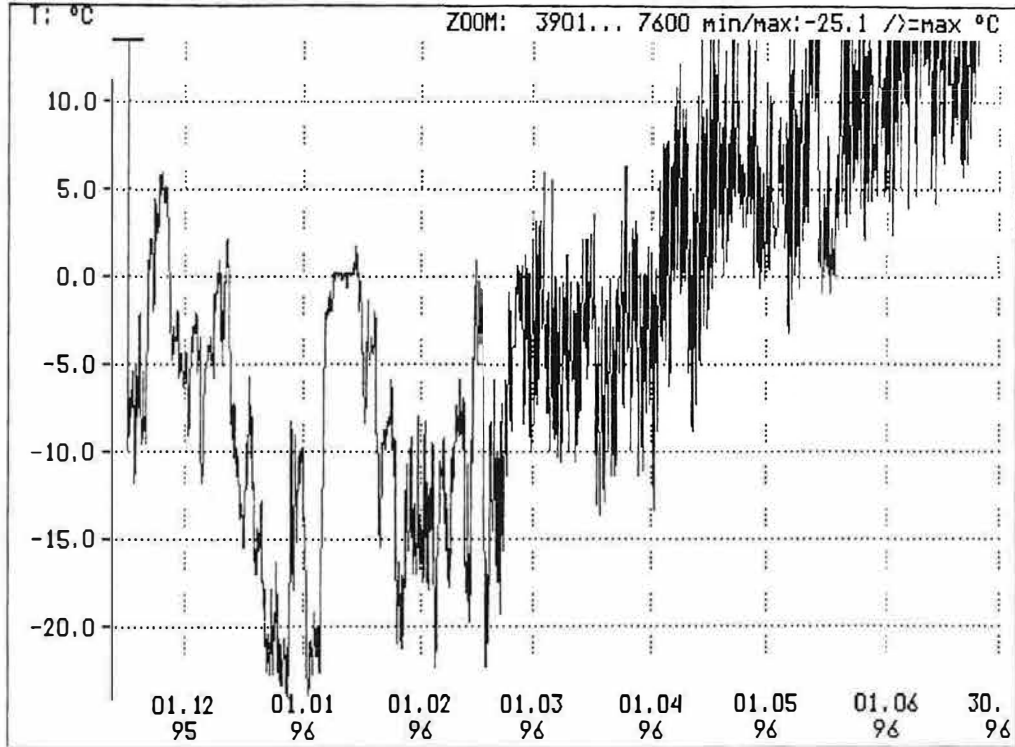


H A M S T E R Module No:10178 Date of reading DMY25.07.96 Time 12:10:24

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

Programming info: P-447 MCB

Evaluation info.: Tunnel Roa: Ute nord. Nr. 10.178

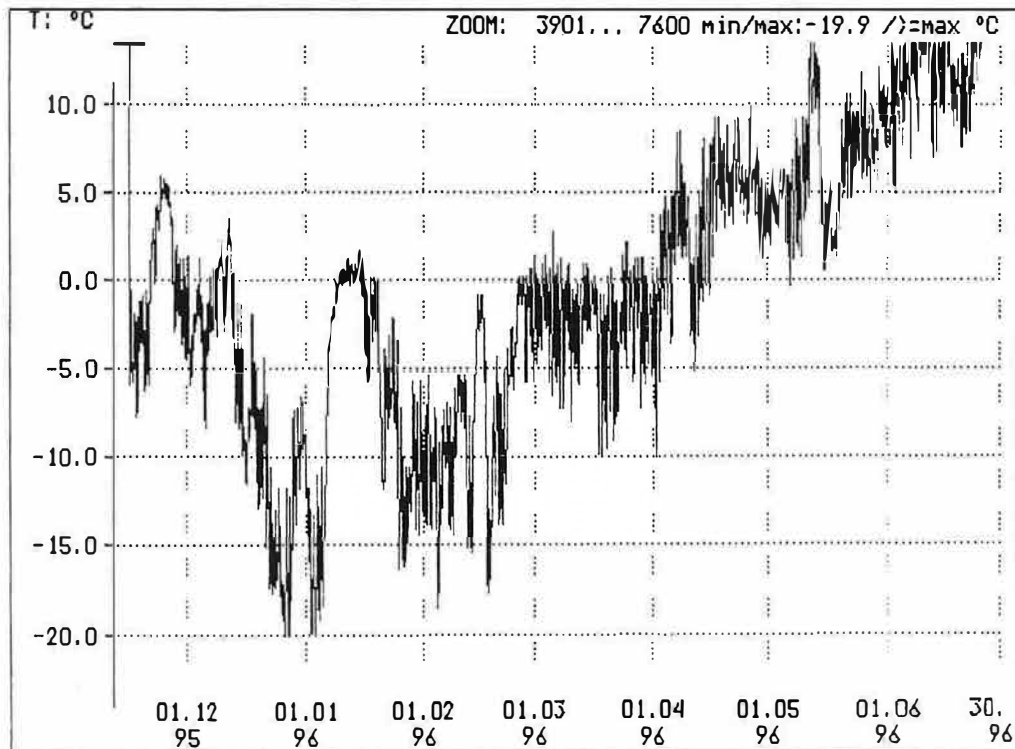


H A M S T E R Module No:11117 Date of reading DMY25.07.96 Time 12:05:06

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

Programming info: P-447 MCB

Evaluation info.: Tunnel Roa. 150m inn fra nord. Nr.11117

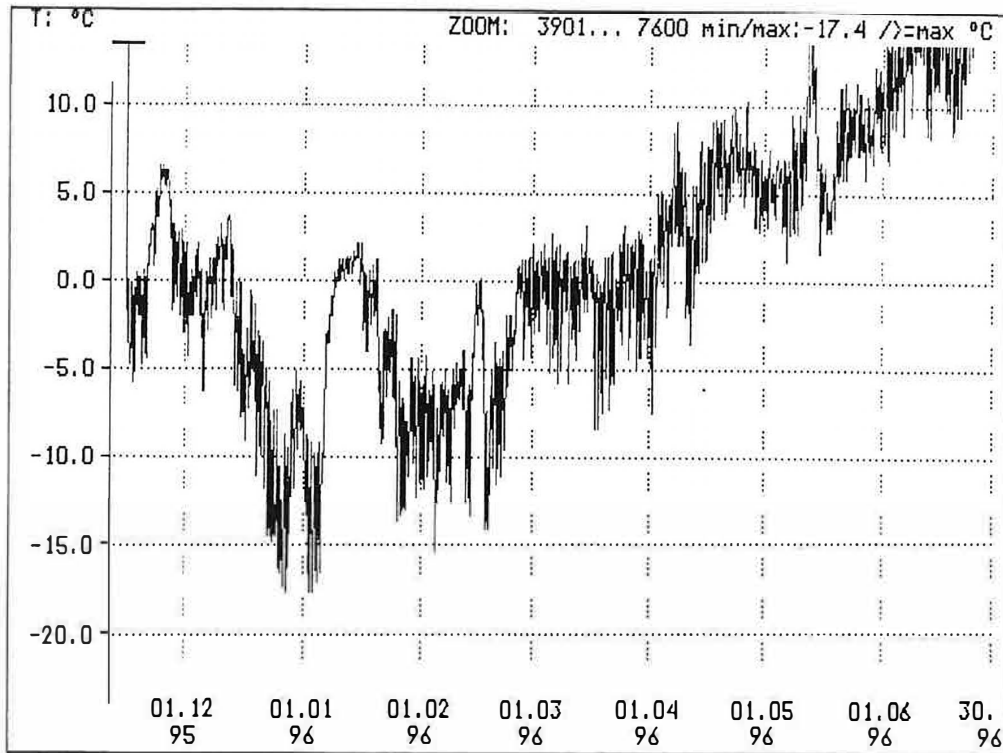


H A M S T E R Module No: 9423 Date of reading DMY25.07.96 Time 11:41:37

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

Programming info: P-447 MCB

Evaluation info.: Tunnel Roa-Grua:Midt:nr. 9.423

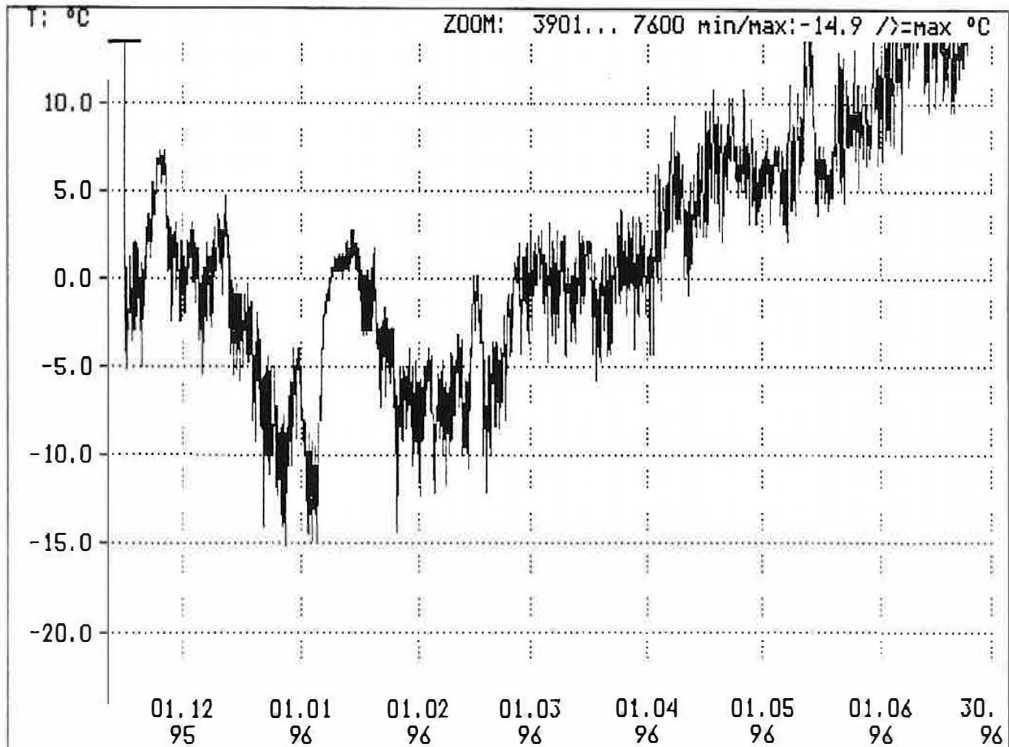


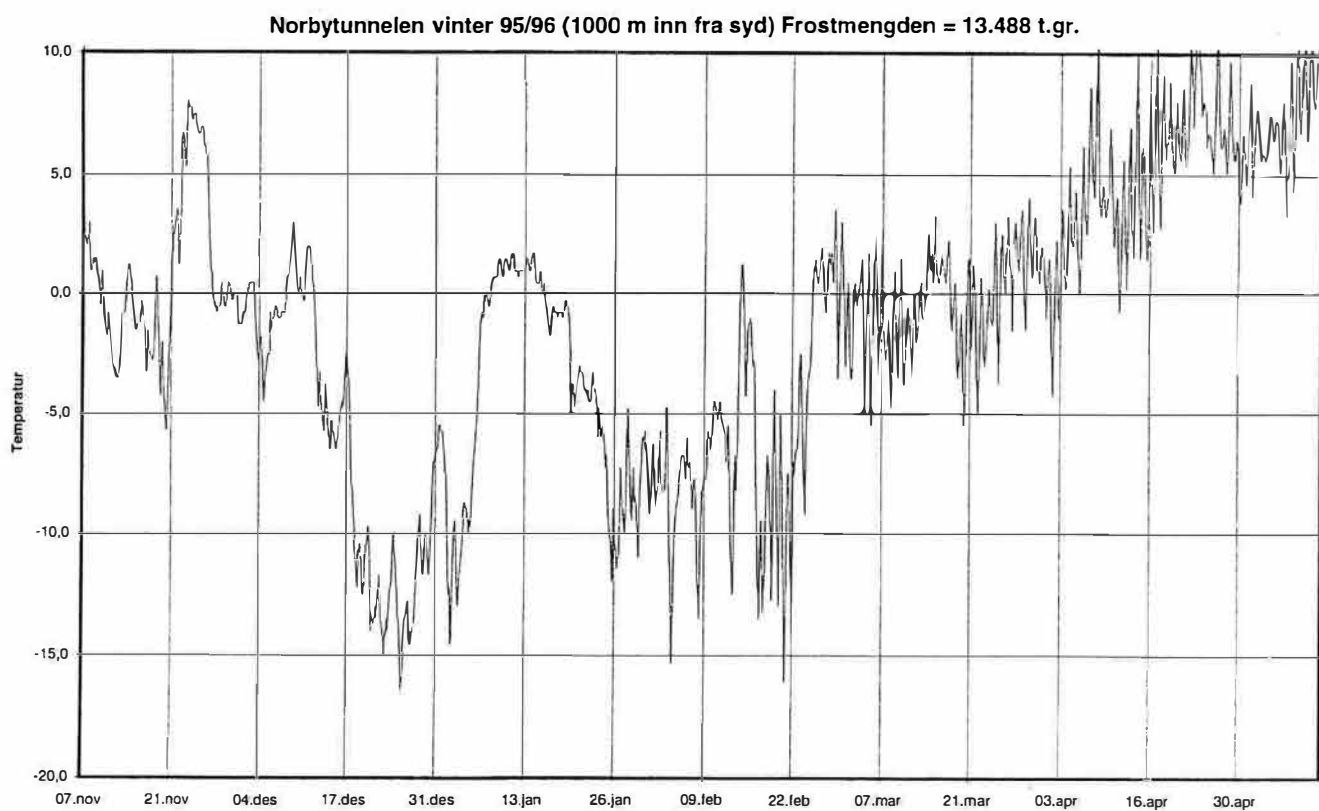
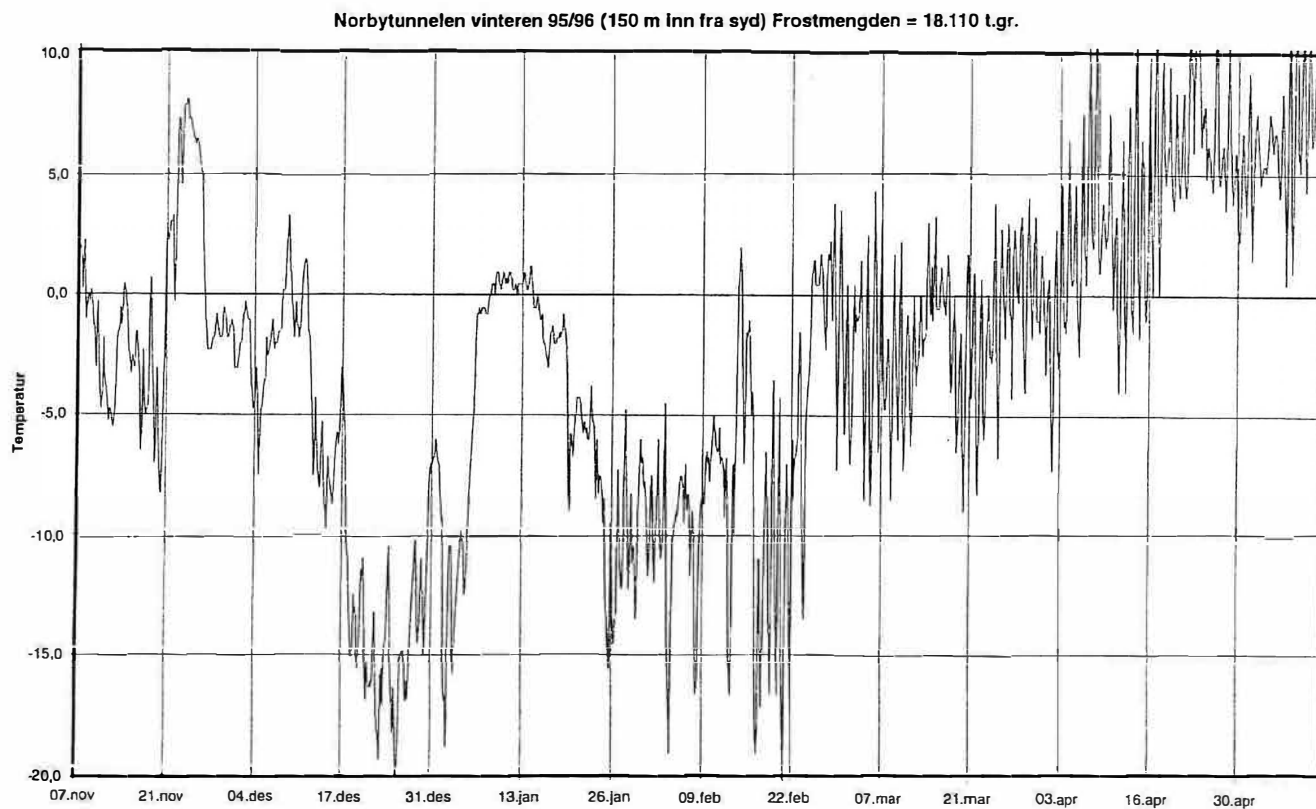
H A M S T E R Module No: 9426 Date of reading DMY25.07.96 Time 11:59:02

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

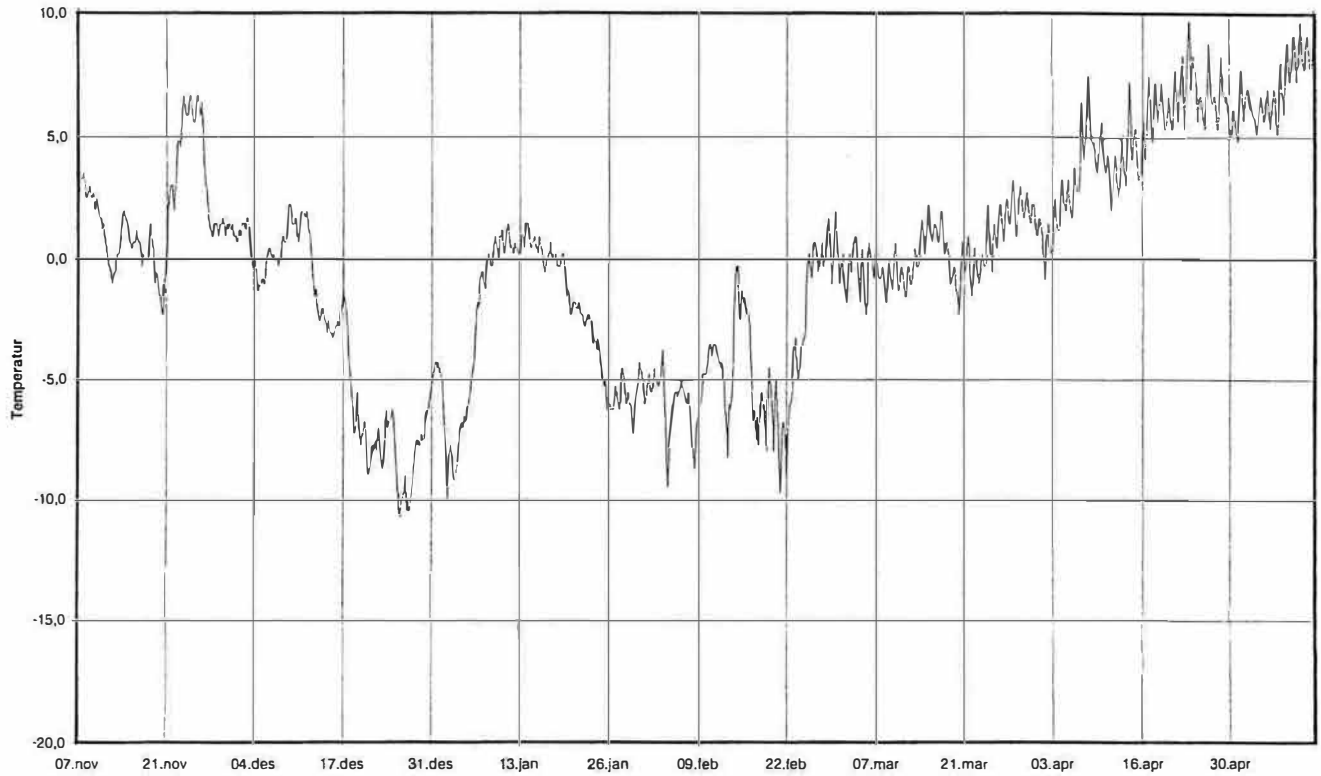
Programming info:

Evaluation info.: Tunnel Roa: 170 m inn fra ^{syd} nord.Nr.9.426



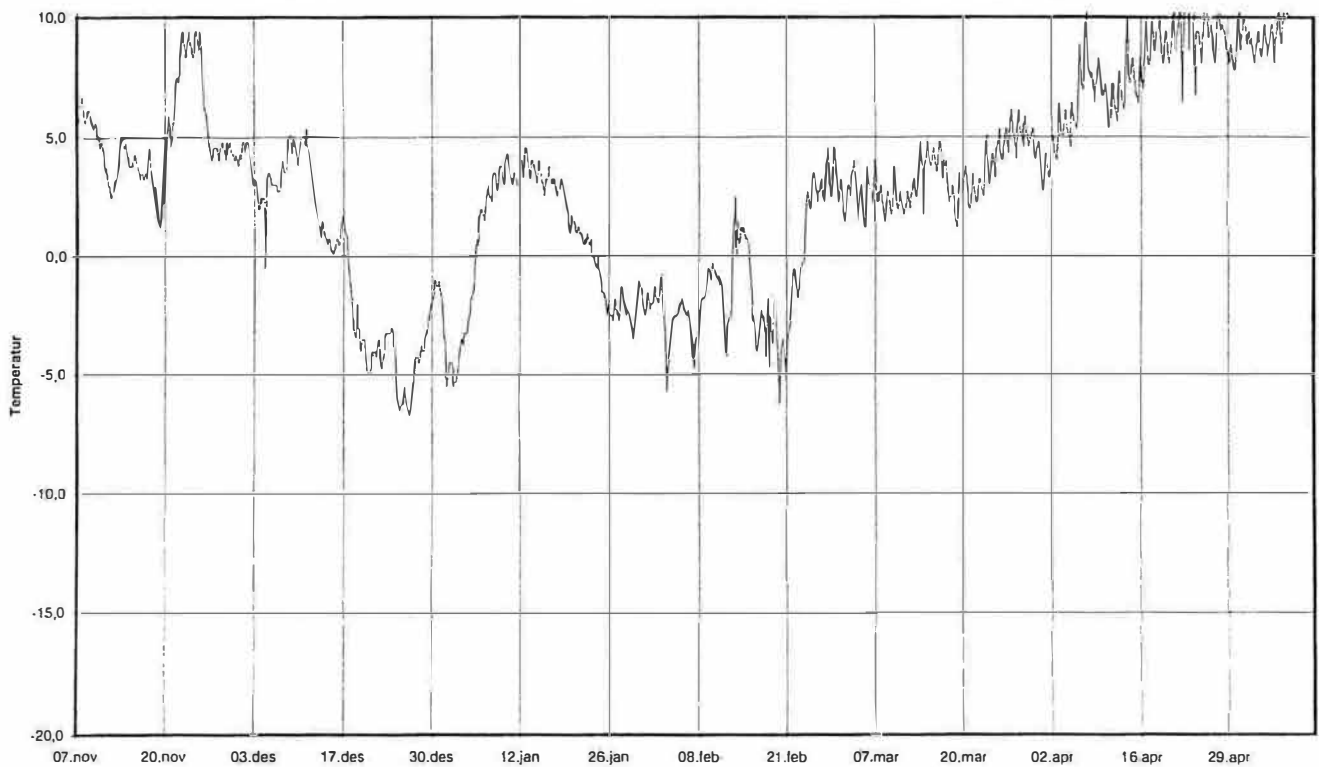


Norbytunnelen vinteren 95/96 (3000 m inn fra syd) Frostmengden = 8.382 t.gr.



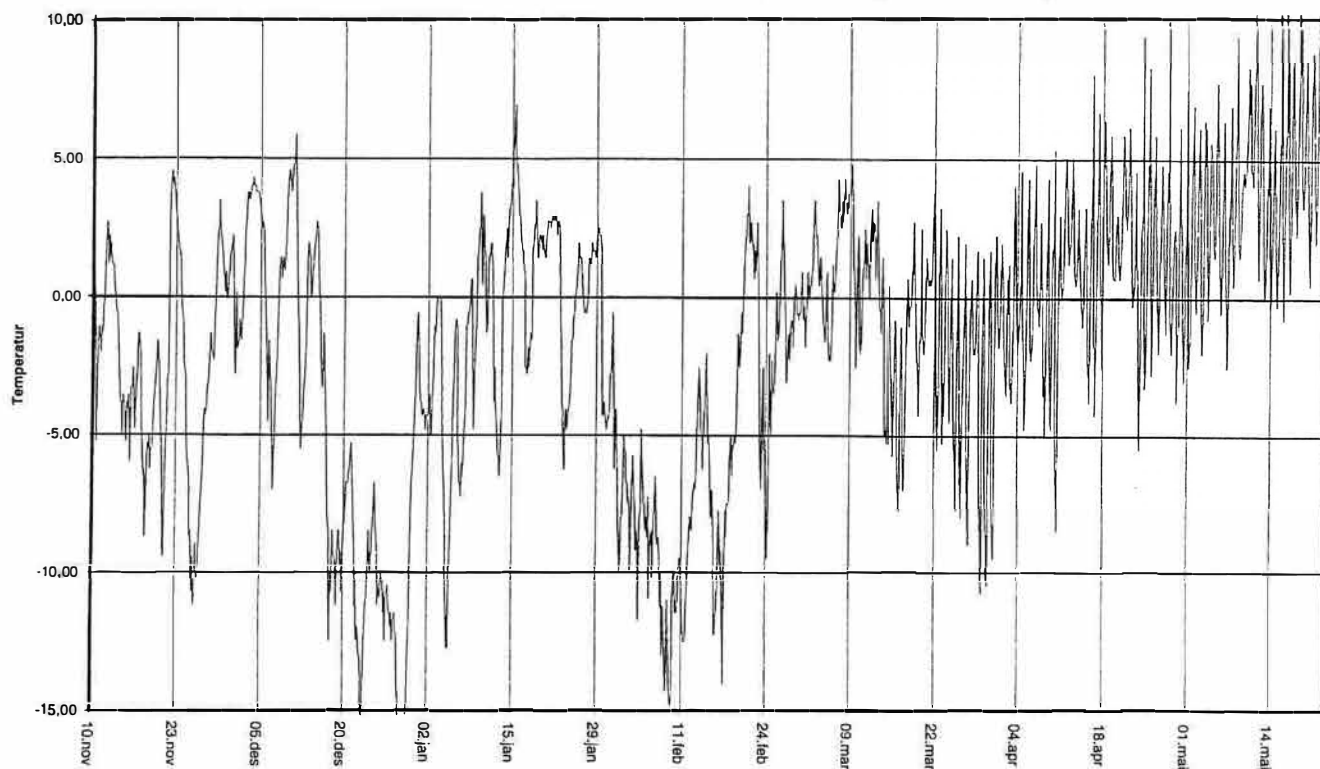
Side 1

Norbytunnelen vinteren 95/96 (150 m inn fra nord) Frostmengden = 3.376 t.gr.



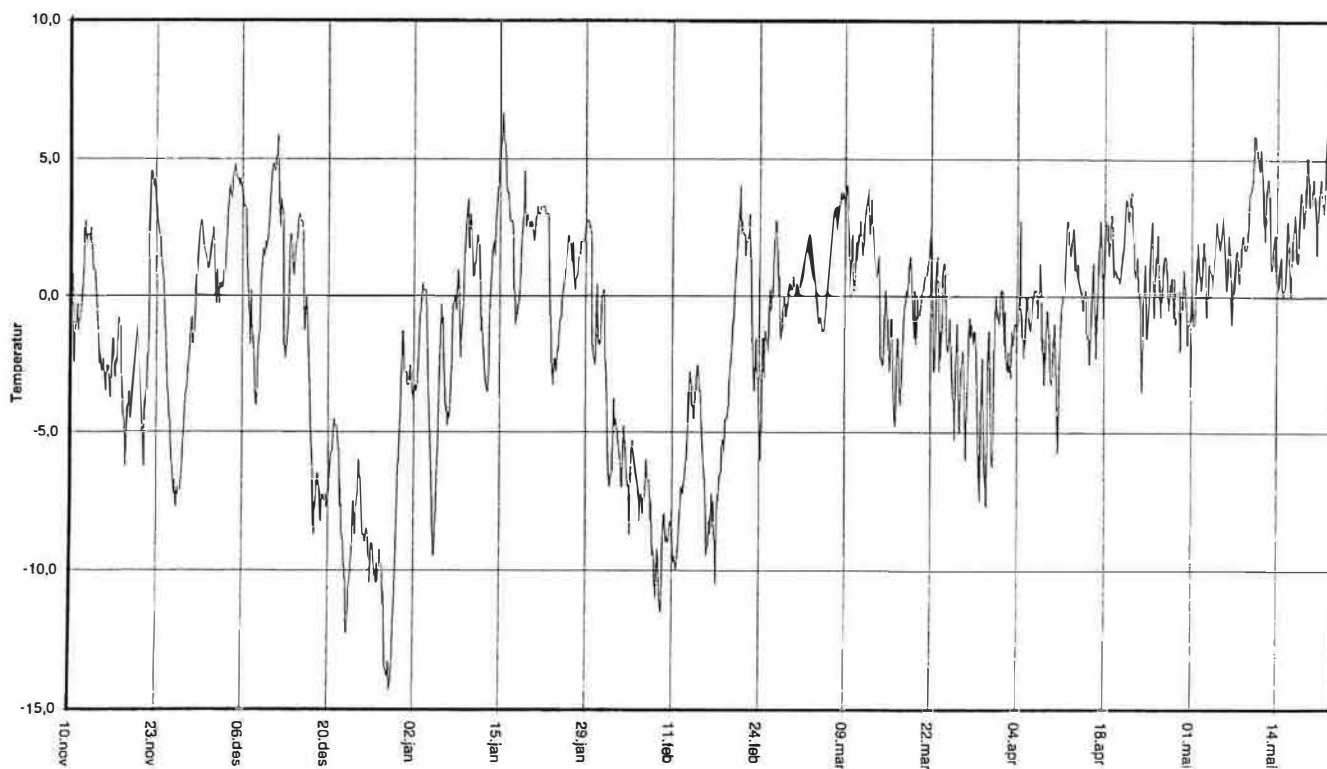
Side 1

Tromsøtunnelen vinter 95/96 (Ute ved Tromsø) Frostmengden = 13.318 t.gr.



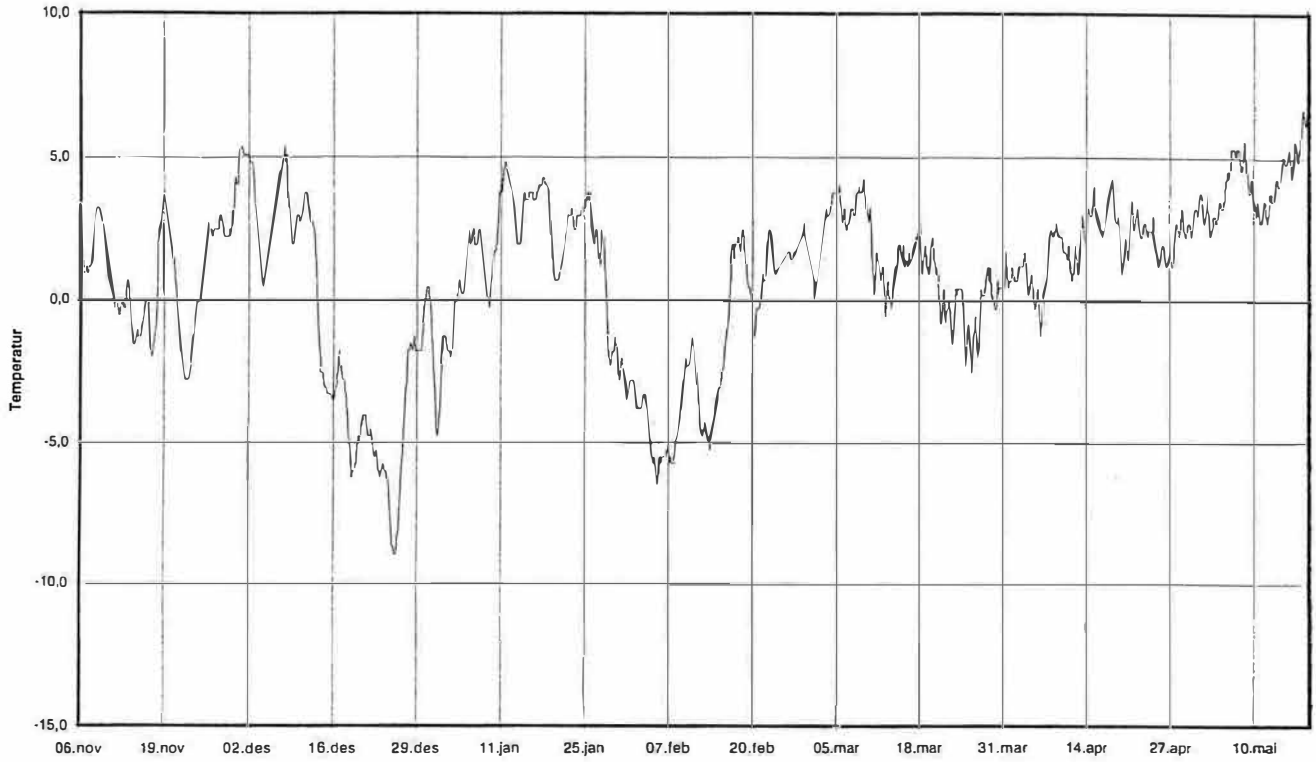
Side 1

Tromsøtunnelen vinter 95/96 (100 m inn fra Tromsø) Frostmengde = 9.818 t.gr.



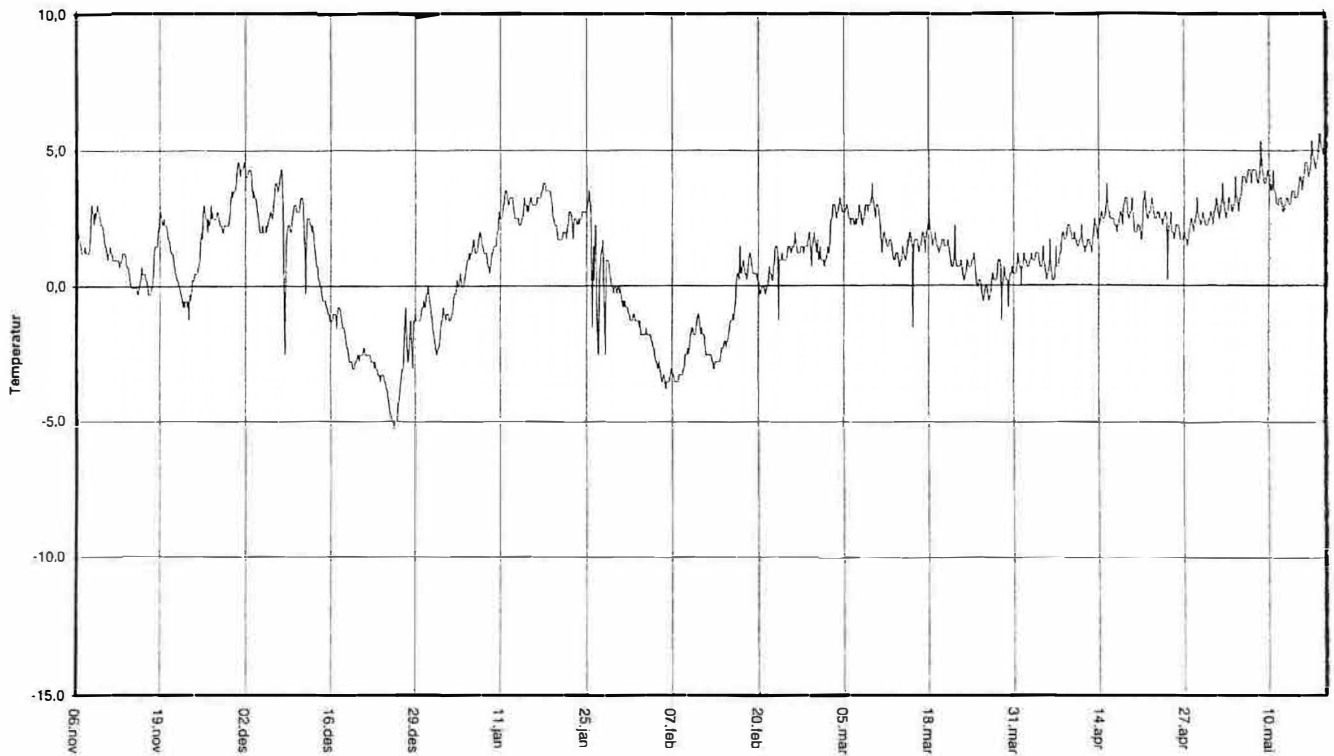
Side 1

Tromsøtunnelen vinter 95/96 (Midt i tunnelen) Frostmengden = 4.064 t.gr.



Side 1

Tromsøtunnelen vinteren 95/96 (100 m inn fra fastlandet) Frostmengden = 2.128 t.gr.



Side 1

BILAG 6:

NESBØTUNNELEN:

A: Sammenlignende frostkurver for måling foran og bak tunnelduken

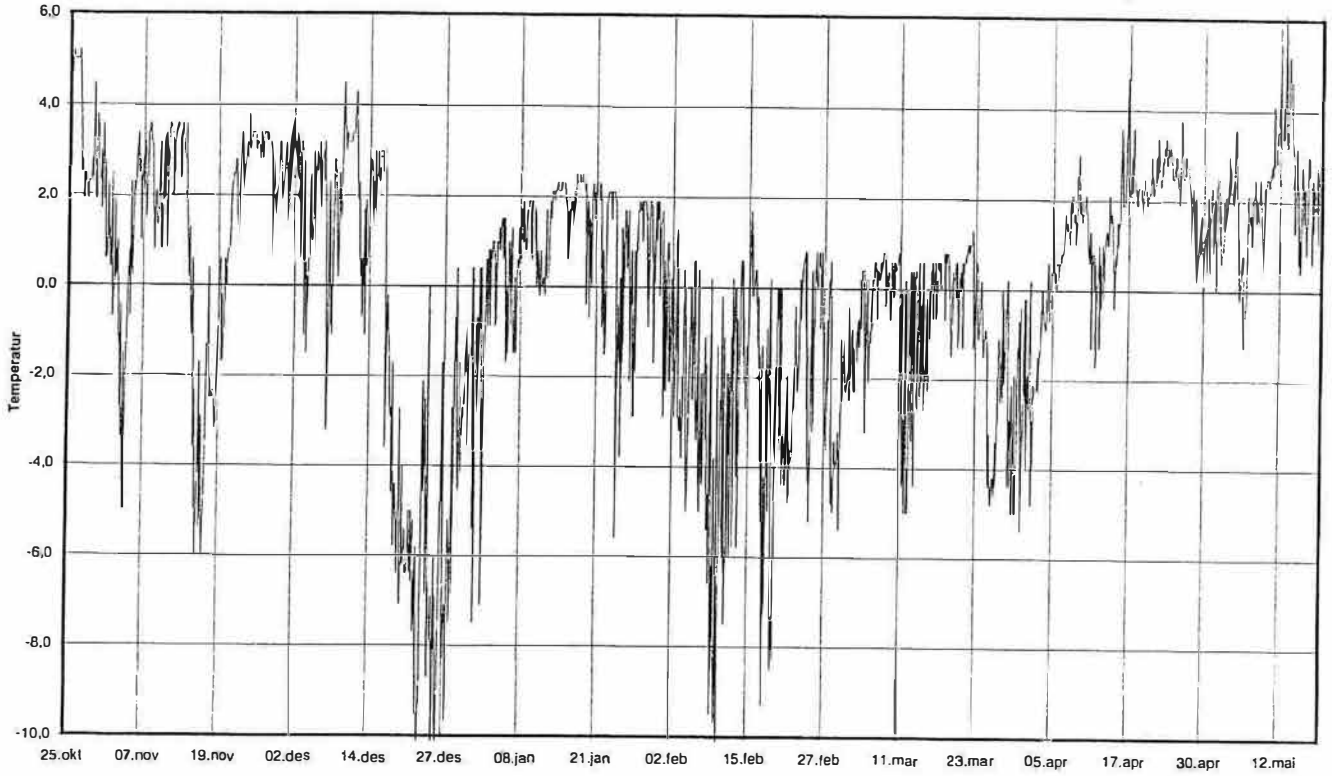
VÅGSLIDTUNNELEN

B: Sammenlignende temperaturkurver foran og bak PE - skum

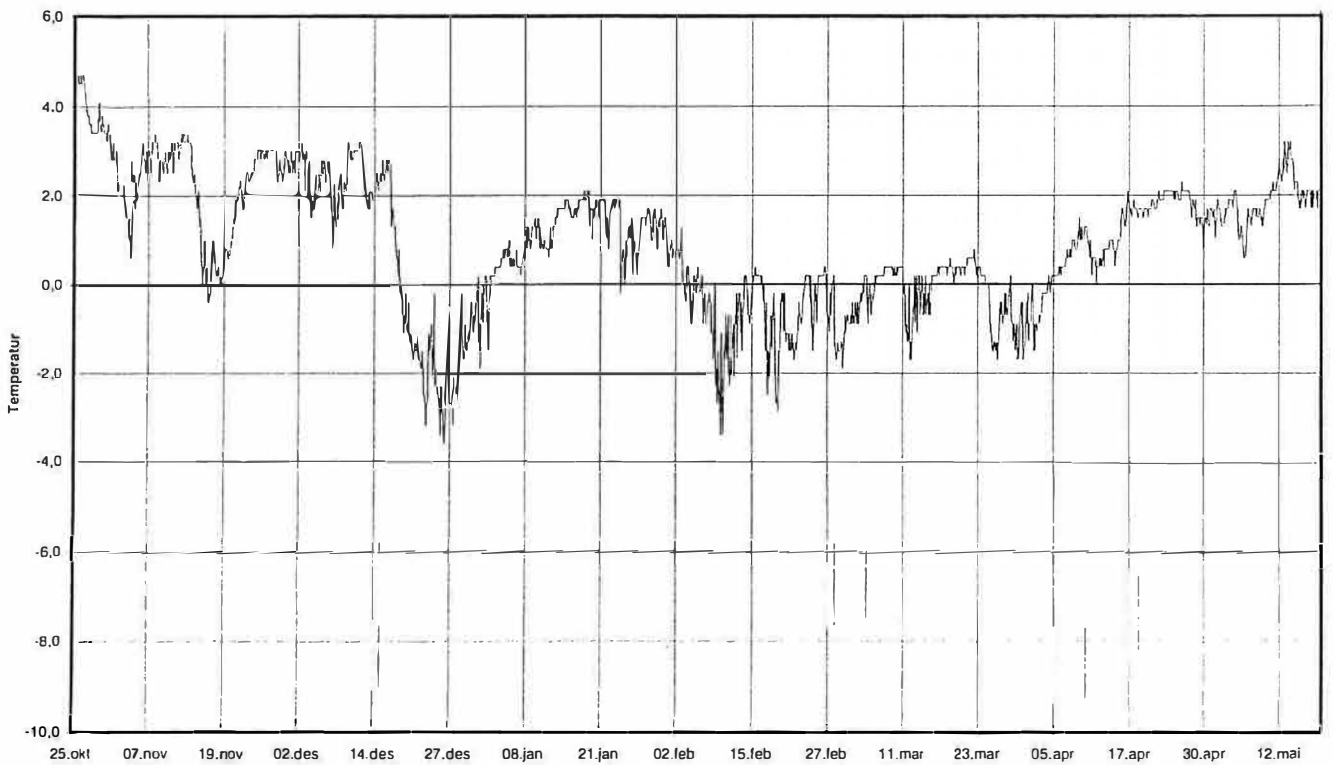
RØSTETUNNELEN

C: Sammenlignende temperaturkurver foran og bak lettbetonghvelv

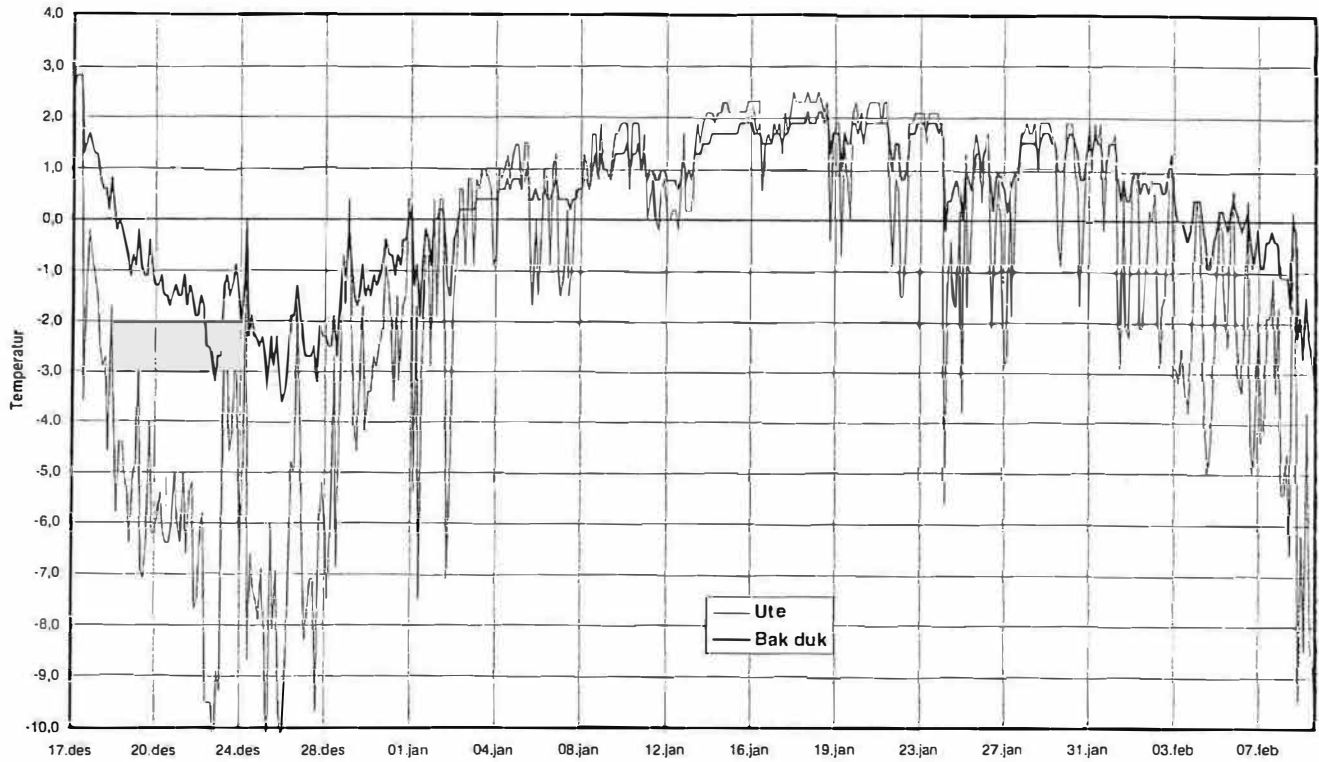
Nesbøtunnelen vinter 95/96 (40 m inn fra Aurland, foran duk) Frostmengden = 5.328 t.gr.



Nesbøtunnelen vinteren 95/96 (40 m inn fra Aurland, bak duk) Frostmengden = 1.355 t.gr.

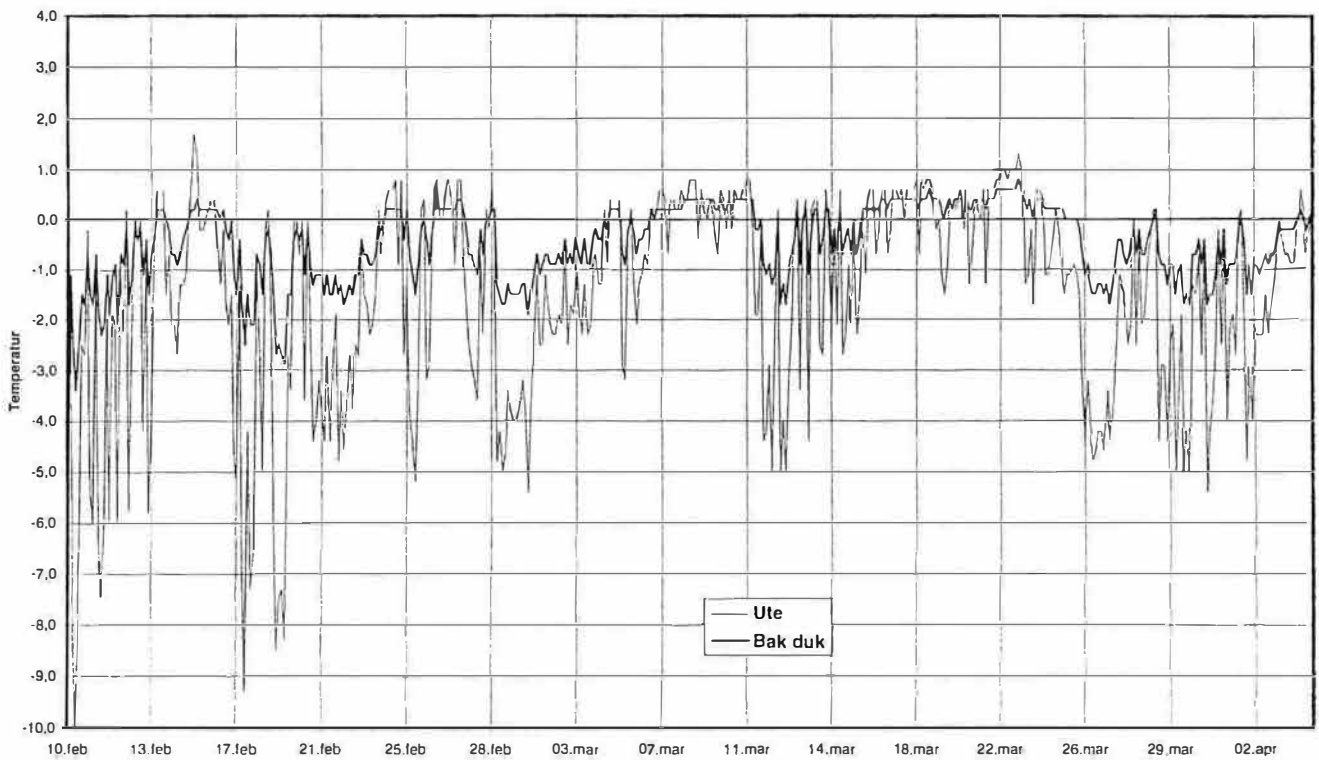


Temperaturforskjell mellom tunnel og bak WG-duk i Nesbøtunnelen
95/96



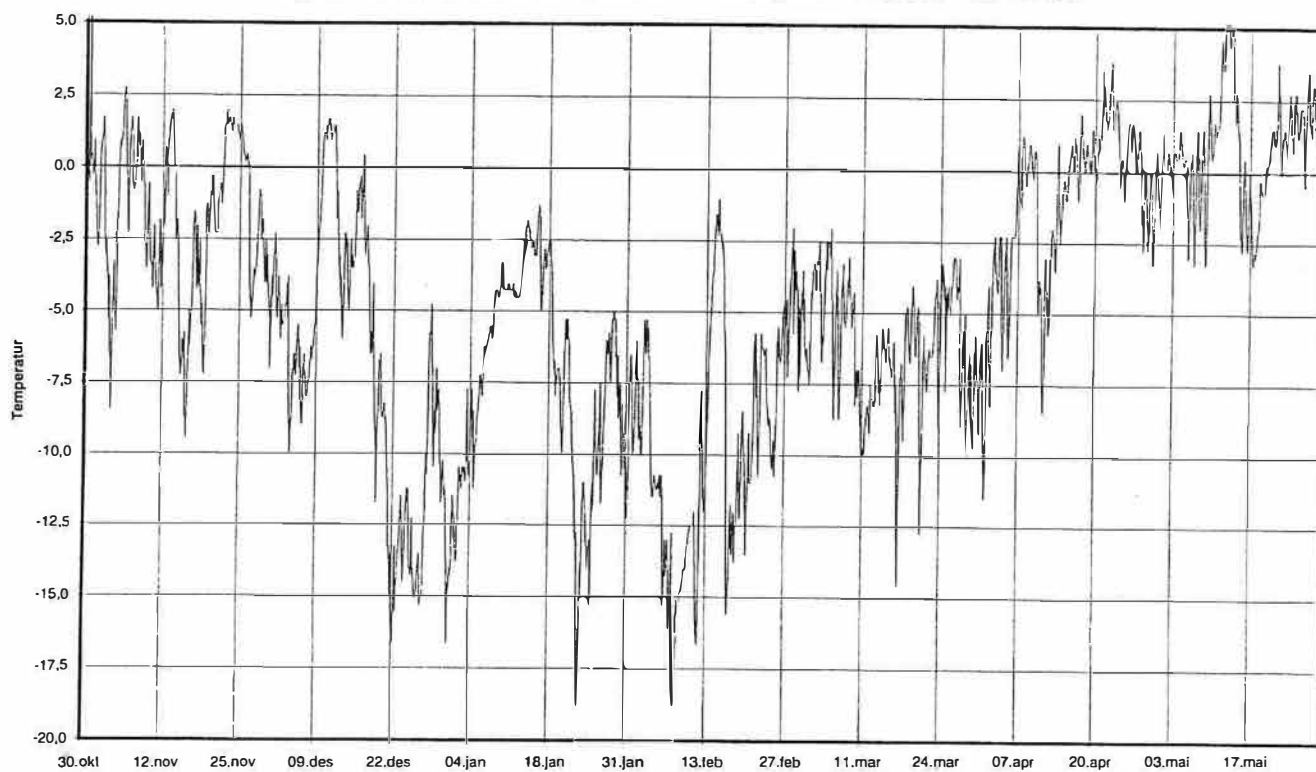
Side 1

Temperaturforskjell mellom tunnel og bak WG-duk i Nesbøtunnelen
95/96



Side 1

Vågslidtunnelen vinter 95/96 (101 m inn fra syd) Frostmengden = 25.270 t.gr.



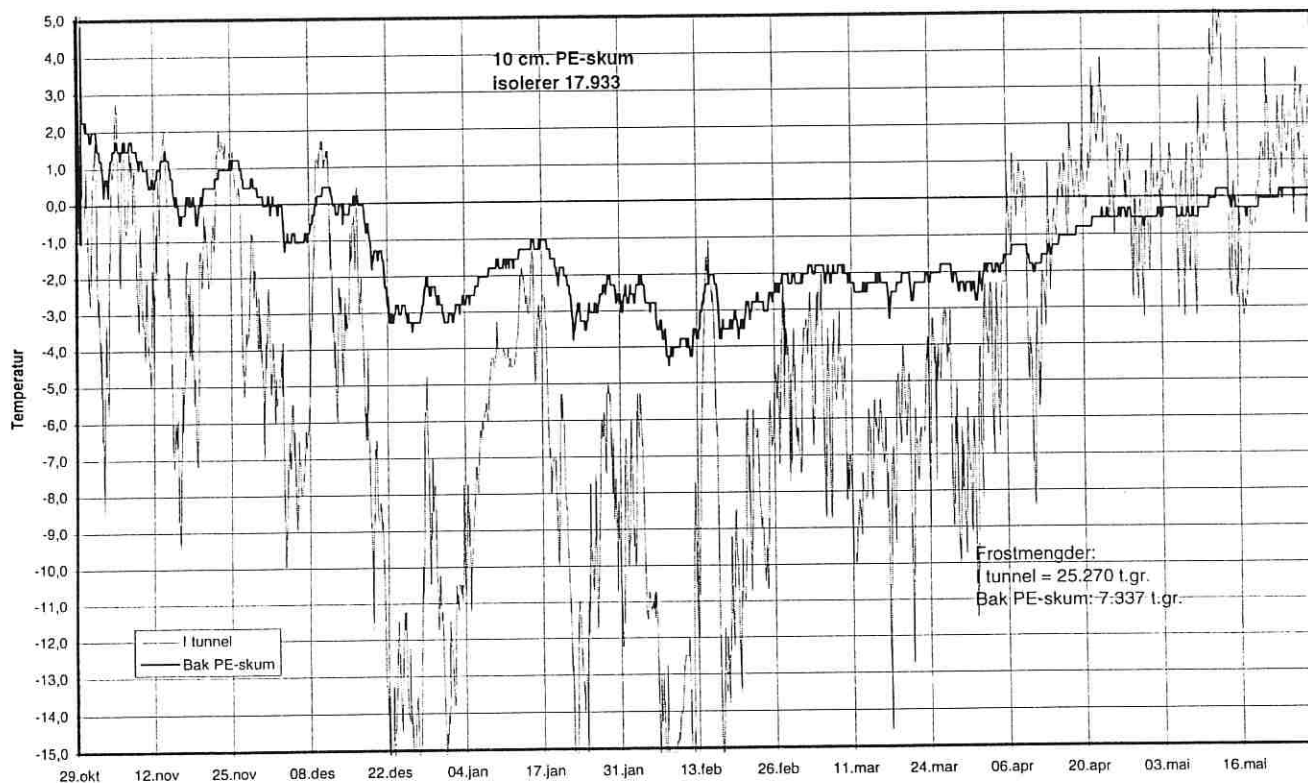
Side 1

Vågslidtunnelen vinter 95/96 (101 m inn fra syd, bak 10 cm PE-skum) Frostmengden = 7.337 t.gr.



Side 1

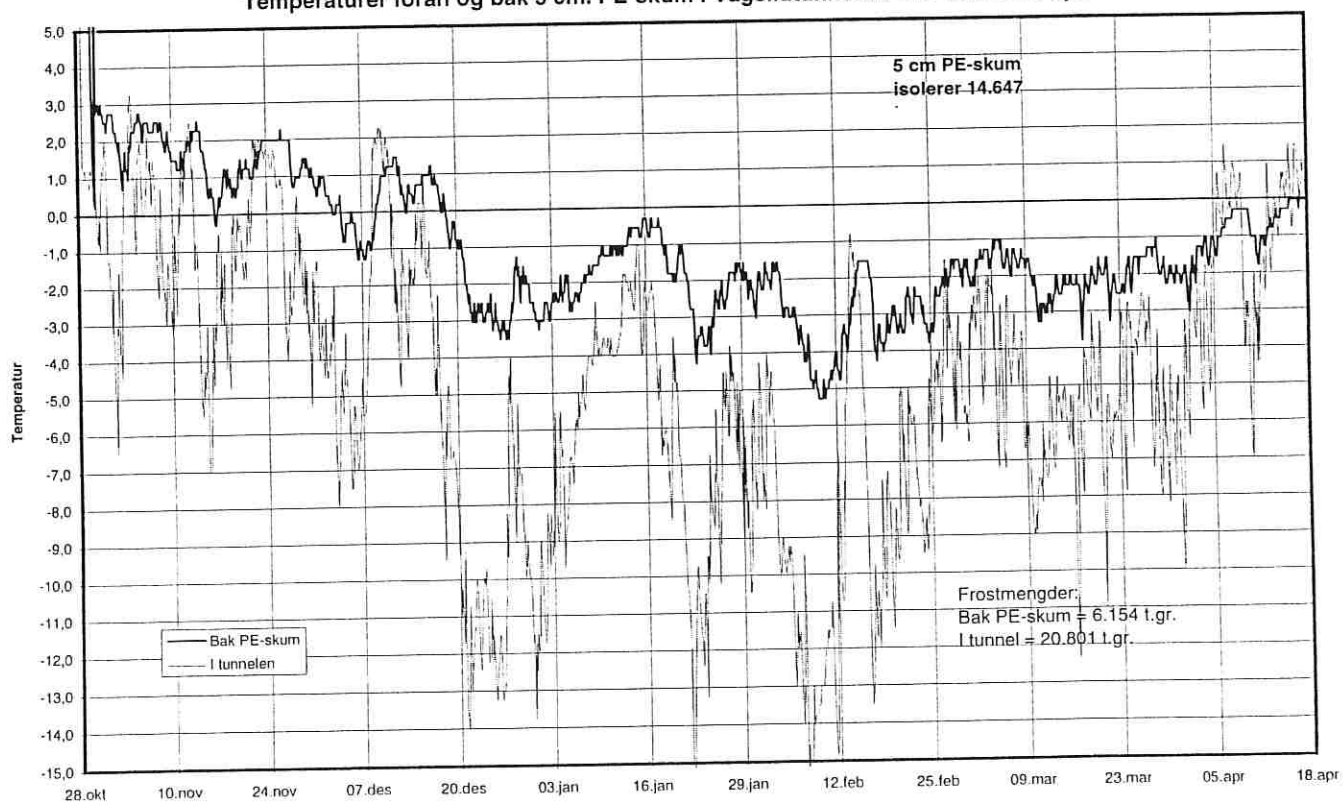
Vågslidtunnelen vinter 95/96 (101 m inn fra syd, foran og bak 10 cm PE-skum)



Side 1

4459 Chart 5

Temperaturer foran og bak 5 cm. PE-skum i Vågslidtunnelen. 305 m. inn fra syd



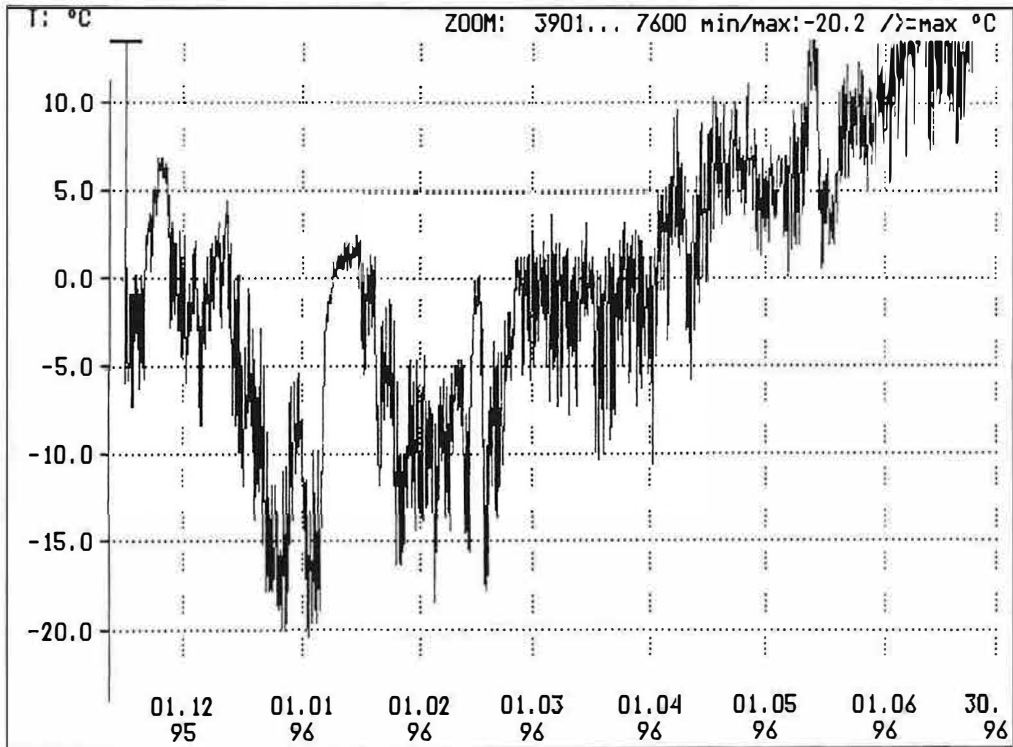
Side 1

H A M S T E R Module No: 9427 Date of reading DMY25.07.96 Time 11:30:12

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

Programming info: P-447 MCB

Evaluation info.: Tunnel:Roa-Grua,213 m inn fra Roa,9.427



H A M S T E R Module No: 9421 Date of reading DMY25.07.96 Time 11:14:57

Module setup: Temp. A: -40 C..+24 C Time 5: 500 days

Programming info: P-447 MCB

Evaluation info.: Tunnel:Roa-Grua, Bak hvelv, 213 m. 9.421

