

Intern rapport nr. 2301

Frostmengder i vegtunneler

22.10.2002

Vegteknisk avdeling

Intern rapport nr. 2301

Frostmengder i vegtunneler

Sammendrag

Temperaturforholdene i Norge varierer fra mildt kystklima uten særlig frost til svært kald vinter i innlandet.

Værobservasjoner til Meteorologisk institutt danner grunnlaget for klimabeskrivelsen for hele landet. Det normale klimaet i Norge regnes i henhold til de internasjonalt bestemte 30 års periodene.

Etter at meteorolog Georg Schou i samarbeid med overing. Skaven- Haug i NSB, utarbeidet frostmengdekart over den midlere frostmengde og den maksimale frostmengde (data fra perioden 1861-1920) foretok Veglaboratoriet nye beregninger for 70 stasjoner i perioden 1943-1972.

Dette la grunnlaget for utarbeidelse av fylkesvise kommunitabeller for frostmengdene F_2 , F_5 , F_{10} , og F_{100} .

Undertegnede og E. Iversen har målt frostmengder i ulike vegtunneler gjennom flere år og disse dataene er satt sammen til dimensjoneringsdiagrammer.

Frostinntrengningen i vegtunneler er klassifisert i 4 hovedgrupper:

- a) Horisontale tunneler
- b) Tunneler med stigning
- c) Undersjøiske tunneler
- d) Høgtrafikk-tunneler med mekanisk ventilasjon i trafikketningen.

Emneord: *Tunnel, frostmengde, vann-og frostsikring*

Kontor: *Geologi- og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Knut Borge Pedersen*

/ knutpe

Dato: *22.10.2002*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Vegteknisk avdeling

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

Innledning

Frostmengdebegrepet

Beregning av frostmengden

- A) Utenfor anlegget
- B) Inne i vegtunnelen
 - 1) Generelt
 - 2) Horisontale tunneler
 - 3) Tunneler med stigning
 - 4) Undersjøiske tunneler
 - 5) Høgtrafikk-tunneler

Diagrammer for frostmengder i vegtunneler

Litteratur

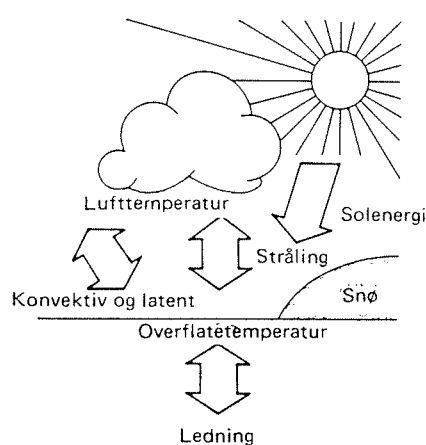
Vedlegg

Frostmengdetabeller (Frost i Jord nr 17)

Innledning

Temperaturforholdene i Norge varierer fra mildt kystklima uten særlig frost til svært kald vinter i innlandet.

Temperaturen i jordoverflaten styres av tilgangen på solenergi og av varmevekslingen med atmosfæren. Feltmålinger av klimaets virkning på veg og frimark viser at denne varmeomsetningen gir årtidsvarierende temperaturavvik mellom overflate og luft. Om vinteren når vi har liten soloppvarming forårsaker strålingstapet til atmosfæren at uisolerte flater kan bli 2-3 °C kaldere enn lufta. Inne i en vegtunnel er strålingsklimaet neglisjerbart, men den konvektive varmeovergang mellom berg og luft har betydning.



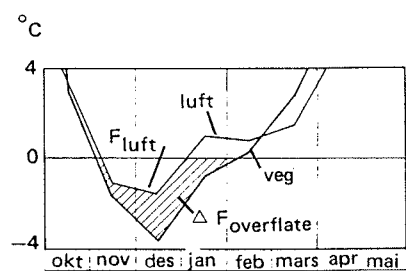
Varmeomsetningen i jordoverflaten.

| Bergart | Varmeledningsevne, W/mK |
|-------------------|-------------------------|
| Granitt | 3.5 ... 4 |
| Gabbro | 2.5 ... 3 |
| Basalt | 2.5 ... 3 |
| Sandstein | 3 ... 5 |
| Kvartsitt | 5 ... 7 |
| Leirskifer | ~2 |
| Kalkstein | ~2.5 |
| Grønnstein/skifer | 2.5 ... 3.5 |

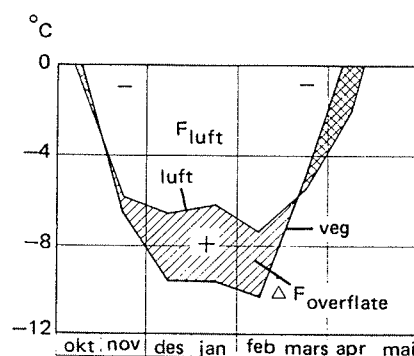
Varmeledningsevne av vanlige bergarter.

Varmetransport inne i ulike bergarter vil være influert av en rekke mekanismer i tillegg til ordinær varmeledning. Analyser av de ulike faktorene tyder imidlertid på at varmeledning er den dominerende mekanismen.

Teorien for varmeledning i faste stoffer utgjør grunnlaget for beregning av frostnedtrengning i berg, løsmasser og konstruksjoner.



Målt temperatur i veg og luft i Onsøy 1973 -74.



Målt temperatur i veg og luft i Os i Østerdalen 1974 -75.

Klimapåkjenning på en uisolert overflate vil resultere i en temperaturvariasjon på overflaten av konstruksjonen som i hovedtrekk vil være av periodisk karakter – både over døgnet og over året.

Døgnsvingningene i temperaturen på overflaten dempes raskt nedover i dybden, mens de årlige variasjonene forplanter seg til større dybder.

Ved dimensjonering av frostsikre konstruksjoner er man i første rekke interessert i hvor dypt frostfronten trenger ned i konstruksjonene.

Det vanlige har derfor vært at man har sett bort fra de kortvarige temperaturvariasjonene og basert seg på årsvariasjoner. Fra frostperiodens begynnelse vil berget under frostfronten bli avkjølt. Den varmemengden som frigjøres ved avkjøling må i løpet av frostperioden ledes ut gjennom overflaten sammen med eventuell varmemengde fra frosset vann i porer og sprekker, samt videre avkjøling av det frosne laget.

Avkjøling av det frosne laget utgjør vanligvis et beskjedent bidrag.

Lufttemperaturen vil derfor være grunnlaget i termisk frostsikring sammen med kjennskapet til ulike vann- og frostsikringskonstruksjoners varmeledningsevne.

Frostmengdebegrepet

Værobservasjoner til Meteorologisk institutt danner grunnlaget for klimabeskrivelsen for hele landet.

Det normale klimaet i Norge regnes i henhold til de internasjonalt bestemte 30 års periodene.

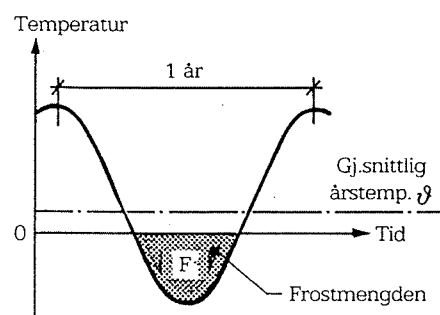
Årsmiddeltemperaturen opptrer med forskjeller fra $+8^{\circ}\text{C}$ til -6°C innenfor landet og indikerer at det er permafrostbetingelser i enkelte høg fjellsområder.

Ser man på temperaturforløpet gjennom året i de ulike landsdeler ser en at januar er kaldeste vintermåned på Østlandet og i Trøndelag. I indre Finnmark er januar og februar noenlunde jevnkalde, mens en langs kysten ofte har februar som kaldeste måned med overgang til mars måned langs ishavet.

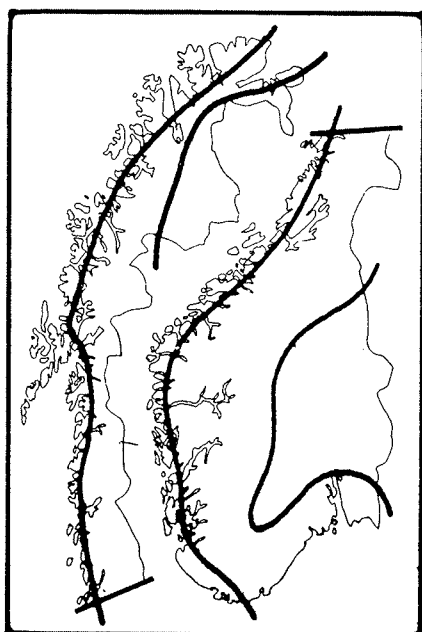
| Variasjon i vinterens varighet ¹ | |
|---|--------|
| Landsdel | ± døgn |
| Sørlandet | 44 |
| Østlandet | 26 |
| Høg fjellet | 26 |
| Vestlandet og Trøndelag | 54 |
| Kysten av Nord-Norge | 48 |
| Indre strøk i Nord-Norge | 30 |
| Finnmarksvidda | 22 |

¹⁾ Perioden 1901–30.

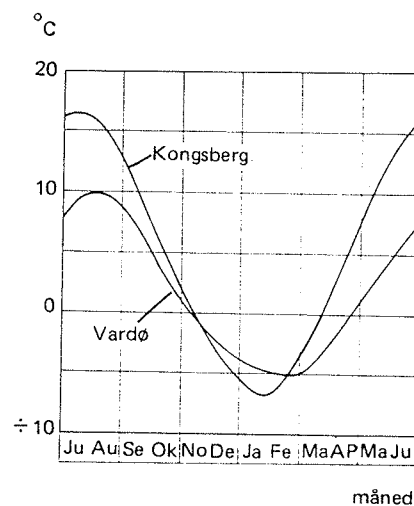
Frostmengde og gjennomsnittelig årstemperatur:



Disse midlere forhold viser at temperaturforløpet kulminerer senere på vinteren ute ved kysten enn i innlandet, og at det skjer en tidsforskyvning nordover. På grunn av de store forskjellene i årsmiddeltemperatur og vinteramplitude (temperaturutsving), har man derfor valgt å bruke begrepene "frostmengde" og årsmiddeltemperatur til termisk dimensjonering.



Frostmengdesoner



Normal lufttemperatur i Østlandet og på Finnmarkskysten som gir samme frostmengde, $F_N = 12\,800 \text{ h}^\circ\text{C}$.

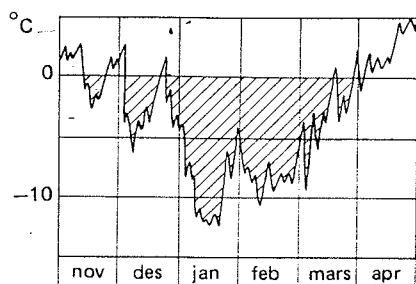
Frostmengden er definert som tidsintegralen av negativ temperatur gjennom vinteren. Den praktiske regnemåten er gjerne knyttet til summering av månedsmiddelverdiene:

$$1. \quad F = 730 * \sum (v_{\text{måned}}), \text{ h}^\circ\text{C} \quad \text{eller } 2)$$

$$2. \quad F = \int_0^{t_F} \vartheta_L dt, \text{ h}^\circ\text{C}$$

ϑ_L = lufttemperatur, $^\circ\text{C}$

t_F = antall timer med lufttemperatur under 0°C , h

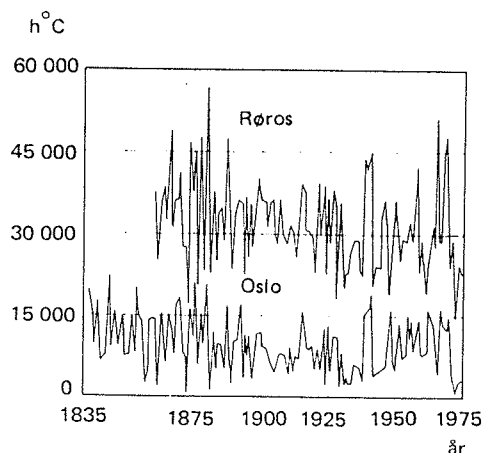


Virkelig lufttemperatur og frostmengde.

Betingelse: $v_{\text{måned}} \leq 0^\circ\text{C}$

F = frostmengde, h°C

$v_{\text{måned}}$ = månedsmiddeltemperatur, $^\circ\text{C}$



Målt frostmengde gjennom en årrekke.

Beregning av frostmengden fra månedmiddeltemperatur resulterer i at bare måneder med overveiende kuldegrader gir tellende frostmengde, mens måneder med bare korte kuldeperioder høst og vår ikke gir frostmengde.

De frostmengdekart og tabeller som er kopiert fra Frost i Jord nr 17 er derfor basert på denne regnemethoden.

I dag med databasert registreringsutstyr kan man få med alle frostperiodene. Mesteparten av målingene som er gjort i våre vegtunneler de siste årene har vært basert på moderne datautstyr.

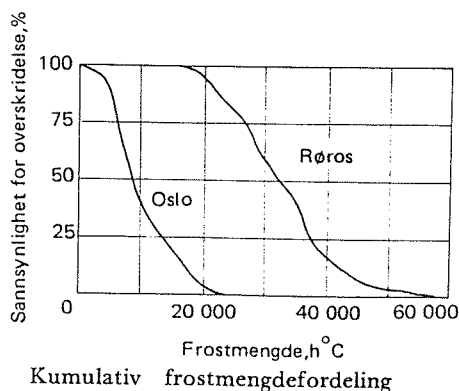
Beregning av frostmengden

A) Utenfor anlegget

Etter at meteorolog Georg Schou i samarbeid med overing. Skaven-Haug i NSB, utarbeidet frostmengdekart for den midlere frostmengde (den frostmengden som statistisk overskrides en gang hvert annet år) og den maksimale frostmengde (frostmengden som statistisk overskrides en gang hvert hundre år), basert på data fra meteorologiske stasjoner i perioden 1861-1920, ble det foretatt nye beregninger for 70 stasjoner i perioden 1943-1972.

For disse stasjonene ble det tegnet opp årsvariasjonsdiagrammer og hyppighetskurver slik at det ble mulig å lese av hvor stor sannsynligheten uttrykt i prosent det er for at frostmengden blir større enn en valgt frostmengde.

Dette la grunnlaget for utarbeidelsen av fylkesvise kommunetabeller for frostmengdene F_2 , F_5 , F_{10} og F_{100} .



| Frostmengde | Sannsynlighet for overskridelse i enkeltår | | Forventet antall overskridelser i gjentakperioden |
|-------------|--|-----|---|
| | 50% | 10% | |
| F_2 | 50% | 10% | 1 gang i 2 års perioden |
| F_5 | 20% | 10% | 1 gang i 5 års perioden |
| F_{10} | 10% | 10% | 1 gang i 10 års perioden |
| F_{100} | 1% | 10% | 1 gang i 100 års perioden |

Til vegbyggingsformål har man valgt F_{10} (frostmengden som statistisk overskrides en gang i tiårsperioden) som generell dimensjonerende frostmengde. Denne frostmengden er også basis for frostberegninger i norske vegtunneler. Frostmengden F_{10} kan finnes i tabeller for de enkelte kommunesentre, men den kan også beregnes ut fra et steds årsmiddeltemperatur.

Lufttemperaturen avtar vanligvis med høyden. Sammenhengen mellom høydeforskjeller og tilhørende temperaturavvik betegnes vertikale lufttemperaturgradient. Meteorologiske undersøkelser av den vertikale temperaturgradienten i Sør-Norge er utført med et utvalg av værstasjoner som er gruppert i henhold til geografisk og topografisk beliggenhet. Verdiene av temperaturgradienten for værstasjonene ble beregnet i en 30-års periode, og man fant markerte forskjeller mellom kyst og innland og mellom frittliggende strøk og daler i innlandet.

| Normal vertikal lufttemperatur i Sør-Norge, °C/100 m stigning | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Område | jan | feb | mars | apr | mai | juni | juli | aug | sept | okt | nov | des | år |
| Brattlendte kyststrøk, alle høydeforskjeller | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.70 |
| Frittliggende indre strøk, alle høydeforskjeller | -0.4 | -0.4 | -0.5 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.60 |
| Trange daler i innlandet, små høydeforskjeller | +0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | +0.2 | -0.30 |
| Åpne daler i innlandet, små høydeforskjeller | +0.6 | +0.3 | -0.1 | -0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | +0.1 | +0.5 | -0.14 |

Forandringer i lufttemperaturen med høyden er påvirket av vindforholdene. Ved kysten og i høyereliggende strøk avtar temperaturen med høyden året rundt. I rolige daler i innlandet er det derimot kaldest i dalbunnen opptil 4 måneder av vinteren.

I brattlendte kyststrøk er det ikke noen markert årlig variasjon i den vertikale temperaturgradienten. Dalstrøkene er derimot preget av inversjoner året rundt, også i sommerhalvåret, men da er disse ikke så markerte og heller ikke så langvarige som inversjonene om vinteren.

Den vertikale temperaturgradienten kan benyttes i teknisk sammenheng til omregning av midlere temperaturforhold fra meteorologisk målested til aktuelt høydenivå for anleggsvirksomhet. Det understrekes at gradientverdiene kun må betraktes som verdier for generelle topografiske forhold.

Hvis de klimatiske forholdene ansees for usikre, eller man ikke har mulighet til å foreta målinger en vinter nær anlegget så bør det legges inn en ekstra sikkerhet i beregningene.

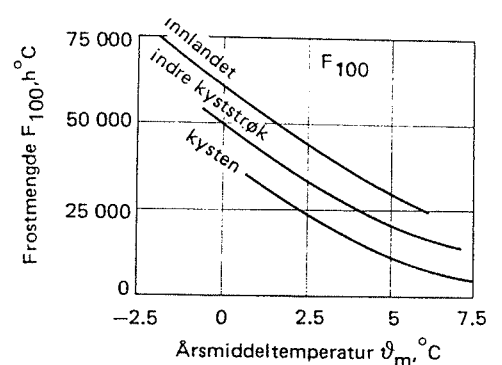
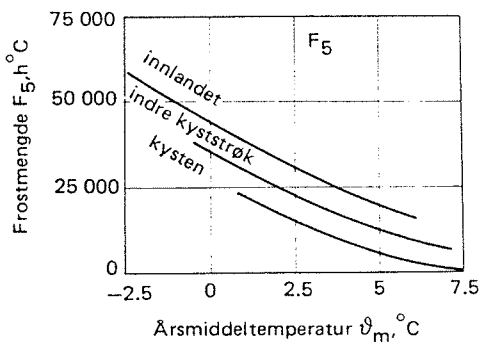
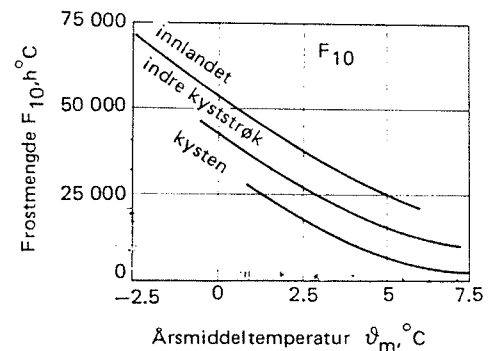
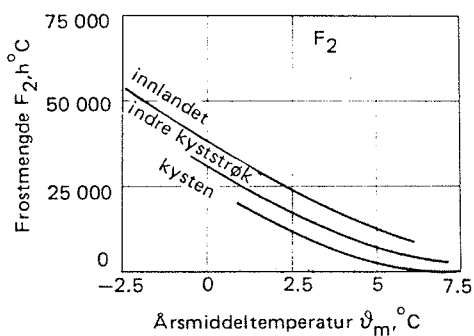
Beregningseksempel:

Det planlegges et tunnelanlegg som ikke ligger for langt unna værstasjonen Stryn. Anlegget vil ligge i 500 m høyde over havet.

De klimatiske forholdene på stedet vurderes (konferer Klimaavdelingen Det Norske Meteorologiske Institutt), og man fastslår at det ikke forekommer spesielle klimatiske forhold som vil påvirke stedets frostmengde.

Man er interessert i den forventede frostmengden F_{10} , og velger å benytte værstasjonen Stryn som ligger 6 m.o.h. Årsmiddeltemperaturen for denne stasjonen er $+6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Velger å bruke gradienten $-0.60\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

| Sted | Årsmiddeltemperatur, $^{\circ}\text{C}$ |
|--|--|
| Stryn 6 m.o.h. | $+6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Korreksjon for høydeforskjellen 494 m | $-3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Korrigert årsmiddeltemperatur | <u>$+3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$</u> |



Dimensjonerende frostmengde i
2, 5, 10 og 100 års gjentakperiodene.

Sammenhengen mellom årsmiddeltemperaturen og ulike statistiske frostmengder er plottet i diagrammer under (fra FiJ nr 17).

Ved å gå inn i diagrammet for F_{10} og lese av på kurven for indre kyststrøk finner man frostmengden $F_{10} = 25000\text{ h}^{\circ}\text{C}$.

Hvis de klimatiske forholdene imidlertid ansees som meget usikre i anleggsområdet, bør man vurdere å legge inn en sikkerhet ved å multiplisere frostmengden F_{10} med faktoren 1.2. I dette tilfellet vil man da få en modifisert frostmengde $F_{10} = 30000 \text{ h}^\circ\text{C}$.

Generelt bør man forsøke å beregne frostmengden ved begge tunnelpåhugg, og hvis det finnes flere nærliggende værstasjoner så bør disse benyttes.

B) Inne i vegtunnelen

1) Generelt

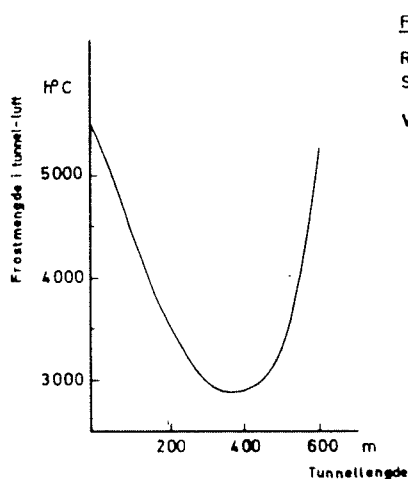
Frost trenger inn i tunneler ved at kald luft strømmer innover. Avkjøling av berget vil derfor først og fremst skje ved ledning og konveksjon.

De forskjellige effekter som følger med langbølget varmetstråling som vi kjenner fra vegen ute i friluft, vil ikke forekomme i en tunnel, f.eks. rim og isdannelser på isolerte strekninger.

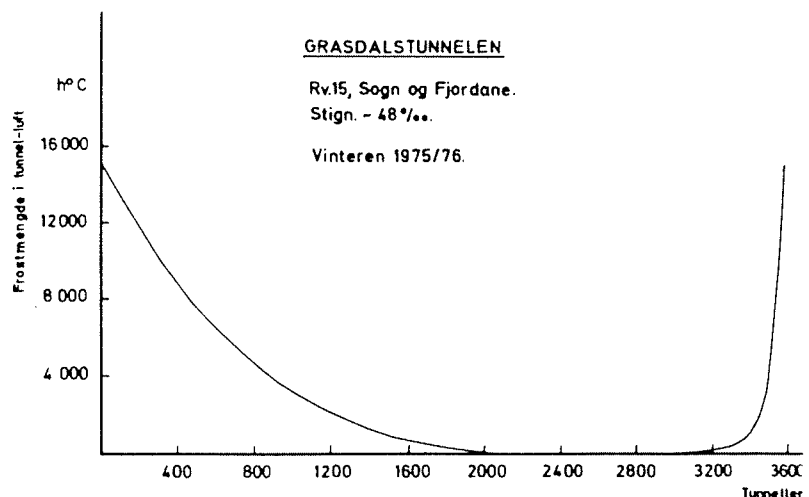
På vindstille dager vil trekken i horisontale tunneler være lik 0 når temperaturen ute og inne er noenlunde lik. Hvis berget har høyere temperatur enn luften, vil den kunne varme opp luftmassene slik at varm luft strømmer ut oppe i hvelvet i begge tunnelender, og kald luft strømmer inn langs vegbanen.

Vanligvis klassifiseres frostinntrengningen i vegtunneler i 4 hovedgrupper:

- Horisontale tunneler
- Tunneler med stigning
- Undersjøiske tunneler
- Høgtrafikk-tunneler med mekanisk ventilasjon i trafikkretingen



Frostmengdeprofil gjennom vegtunnel med liten stigning.



Frostmengdeprofil gjennom vegtunnel med midtels stigning.

Årsaken til dette er at hver gruppe har sitt karakteristiske frostmengdeprofil. Ved å plote frostmengden i tunnelluft mot frostmengden utenfor kan man få diagrammer for de ulike tunnelgruppene.

Tidligere brukte man ukes- og månedstermografer til temperaturregistreringer i tunneler. I dag har datateknologien overtatt slik at man mye lettere kan gjøre de målinger man ønsker.

Sammenligner man gamle frostdimensjoneringsdiagrammer med de nye, vil man se at det har blitt noe mer frost inne i tunneler i samme hovedgruppe. Dette har trolig sammenheng med økende trafikk samt krav til mer vann- og frostsikring.

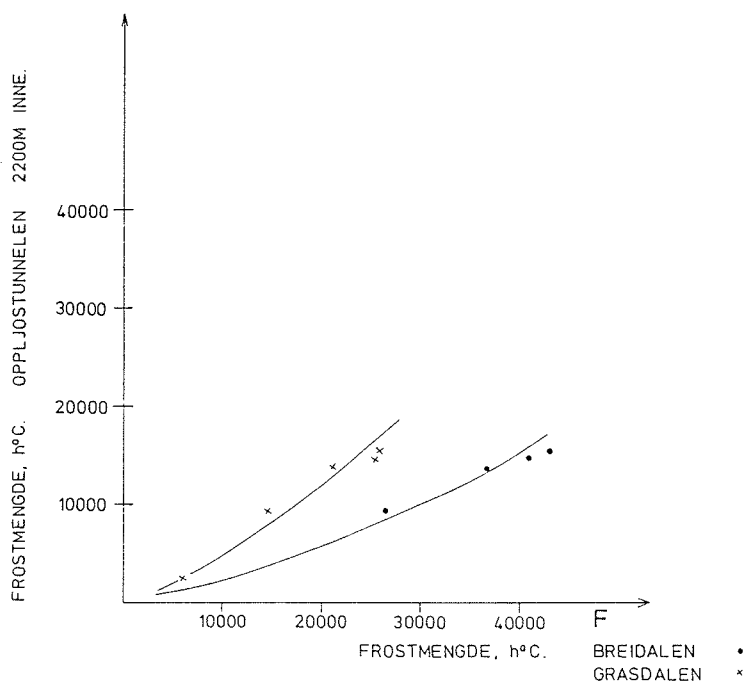
2) Horisontale tunneler

I korte tunneler (<500 m) vil frostinntrengningen være sterkt avhengig av de lokalklimatiske forholdene, der den dominerende vindretningen vil være utslagsgivende for frostinntrengningen.

I lengere tunneler i områder med lav frostmengde kan midten av tunnelen være en frostfri sone.

Frostinntrengningen er med andre ord avhengig av frostmengden og tunnellengden. Tunneler med mekanisk ventillasjon vil bli diskutert senere.

Lange tunneler som går fra kaldt innenlandsklima over til mildere kystklima vil få frostinntrengning fra innenlandssiden der kald og tung luft strømmer mot den varmere og lettere kystluften.



SAMMENHENG FROSTMENGDE LUFT UTE OG INNE I TUNNEL.

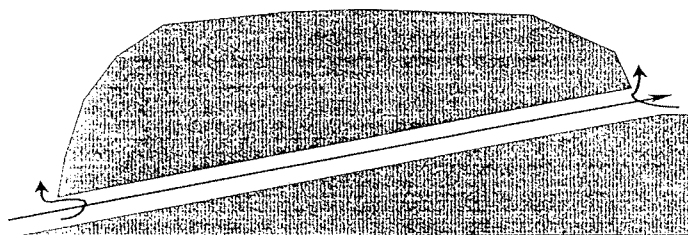
VINTEREN 1978 - 79, 2200M INNE I OPPLJOSTUNNELN.

3) Tunneler med stigning

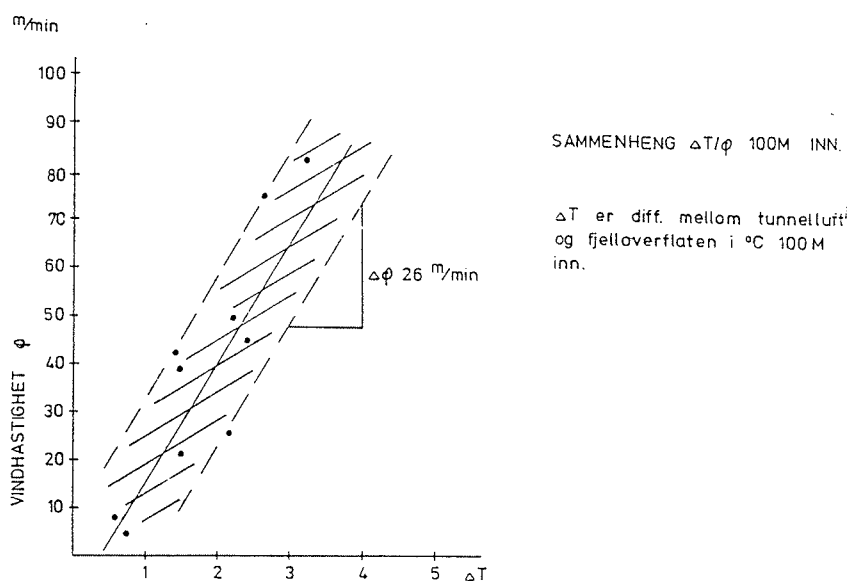
I tunneler med stigning vil trekkretningen være dominert av "pipeeffekten". Vanligvis ligger bergtemperaturen (målt 1 m inn i bergveggen) fra 1 til 7 °C i de lange tunnelene. Dette medfører at man vinterstid får en naturlig trekk av oppvarmet luft ut i tunnelens øvre ende, mens kald luft trekkes inn ved den nedre åpningen.

Frostinntrengningen i en tunnel med stigning vil derfor i hovedsak skje fra den nedre enden (det laveste påhugget).

Lokalklimatiske forhold kan i perioder forandre trekkbildet, men "pipeeffekten" vil i hovedsak være den dominerende drivkraften for frostinntrengning i tunneler med stigning.

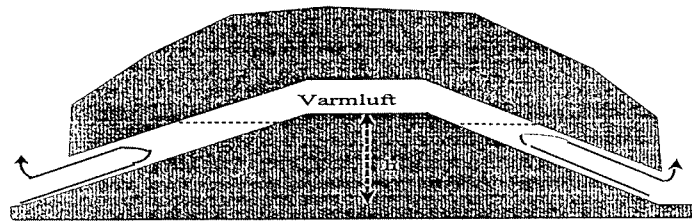


Luftstrømmen i en tunnel med stigning en stille vinterdag



Eksempel på vindhastighet i tunnel generert av temperaturdifferensen mellom tunneluft og fjelloverflate

Tunneler som går med stigning fra et mildt kystklima mot et kaldt innenlandsklima (f.eks. oppe i høgfjellet) kan få frostinntrengning fra øvre ende da tung kaldt luft kan presse den varmere lufta nedover i tunnelen.

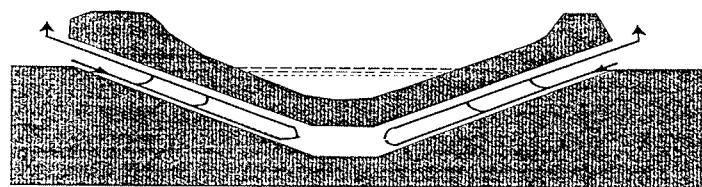


Luftstrømmen i en tunnel med høybrekk

Man bør være forsiktig med å legge inn høybrekk inne i tunneler med liten høgdeforskjell mellom åpningene. Dette kan medføre at man får en stillestående luftpropp som hindrer den naturlige ventilasjonen i tunnelen.

4) Undersjøiske tunneler

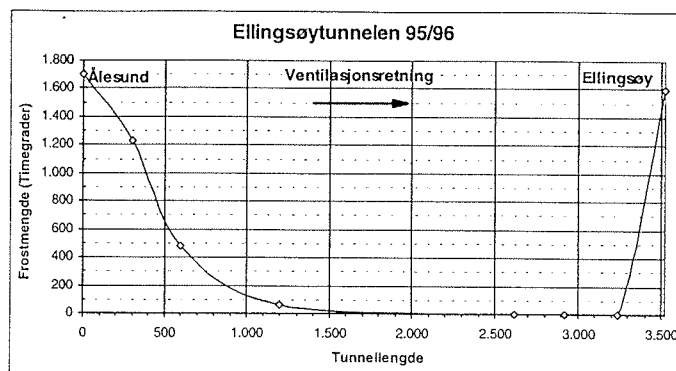
På grunn av vertikalprofilen i de undersjøiske tunnelene, lavbrekk med liten høgdeforskjell mellom påhuggene, vil frosten lett trenge inn i disse tunnelene. Litt forenklet kan man si at man får en tosidig ”pipeeffekt”.



Luftstrømmen i en undersjøisk tunnel en stille vinterdag

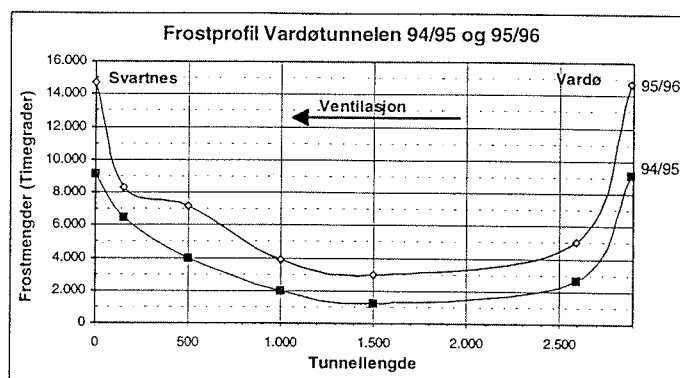
Lokalklimatiske forhold kan også ha stor betydning for frostinntrengningen i undersjøiske tunneler.

Mange av de undersjøiske tunnelene går fra fastlandssiden ut til en øy. Normalt er det kaldest inne på fastlandet, mens klimaet ute på øya er mildere. Dette medfører at den kalde luften renner inn fra fastlandssiden, og frostinntrengningen blir størst her.



Frostprofil fra Ellingsøytunnelen 1995/96

I lavtrafikk tuneller med tvangsturt mekanisk ventilasjon kan denne effekten medføre at man får dominerende frostinntrengning mot ventilasjonsretningen. Vardøtunnelen er et eksempel i denne kategorien.

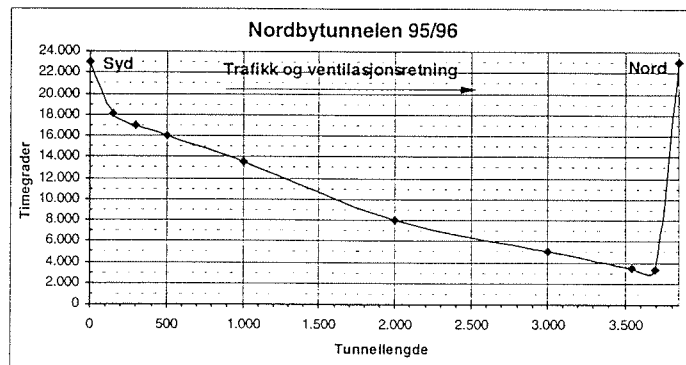


Eksempel på variasjoner fra år til år i Vardøtunnelen (undersjøisk)

Langs kysten vil vinterens temperaturamplitude (temperaturutsving) være betydelig mindre enn f. eks på indre Østlandet. Langs hele kysten fra Lindesnes til Nordkapp vil utsvinget fra årsmiddeltemperaturen ligge på rundt 5 °C. Dette gjør at variasjonen i frostinntrengningen fra år til år er liten i våre undersjøiske tunneler.

5) Høgtrafikk tunneler med mekanisk ventilasjon.

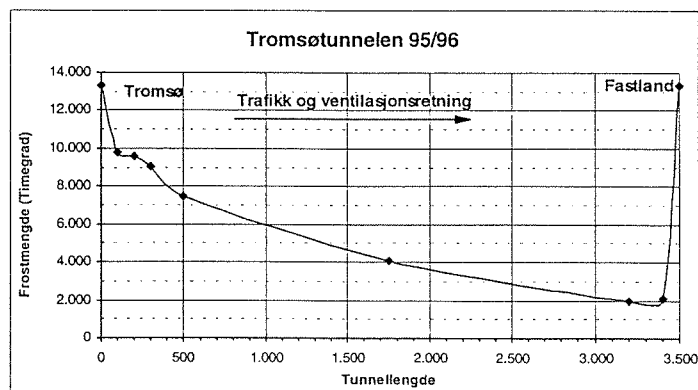
I høgtrafikk tunneler med to løp og ventilasjon i trafikkretningen vil frosten trenge langt inn. Kjøretøyene skyver kaldluften foran seg i ventilasjonsretningen. I kalde strøk er det ikke uvanlig at man får stor frostmengde i hele tunnallengden. Man må derfor ofte regne med å måtte frostsikre slike tunneler tvers igjennom. På grunn av all isolasjonen man bruker i slike tunneler vil tunnellufta få lite varmetilførsel ved ledning og konveksjon.



Frostprofil fra Nordbyttunnelen 1995/96

I høgtrafikk tunneler med mekanisk ventilasjon og tovegstrafikk ($\text{ÅDT} > 10000$) avviker ikke frostinntrengningen vesentlig fra tunneler med envegstrafikk. Som enkel regel kan man si at en høgtrafikk tunnel med tovegstrafikk har en frostmengde fra 1000 – 2000 h^oC lavere de første 1000 m ved et utendørs frostklime < 15000 h^oC.

Etter de nye vegnormalene (Håndbok 021) skal man bygge to løps- tunneler når $\text{ÅDT} > 10000$.

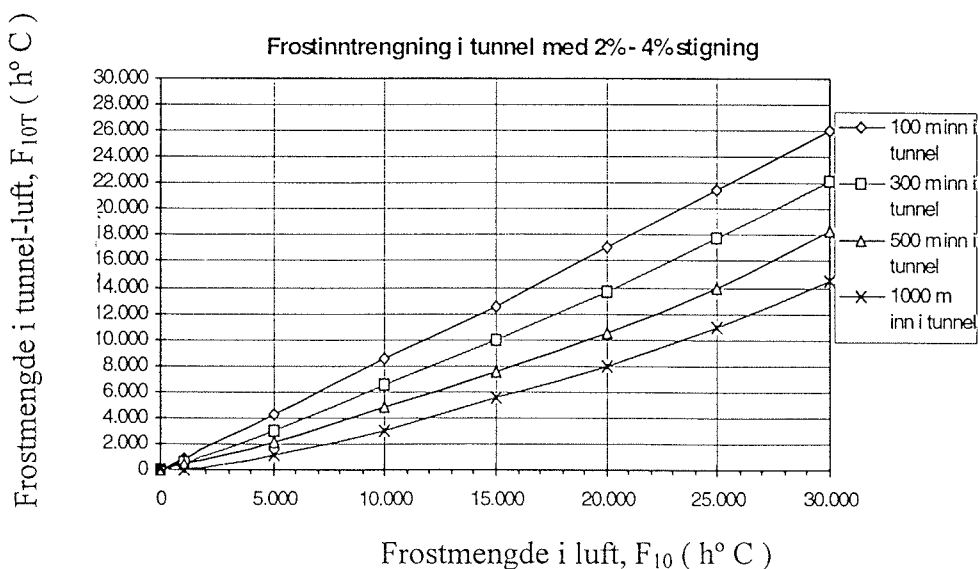
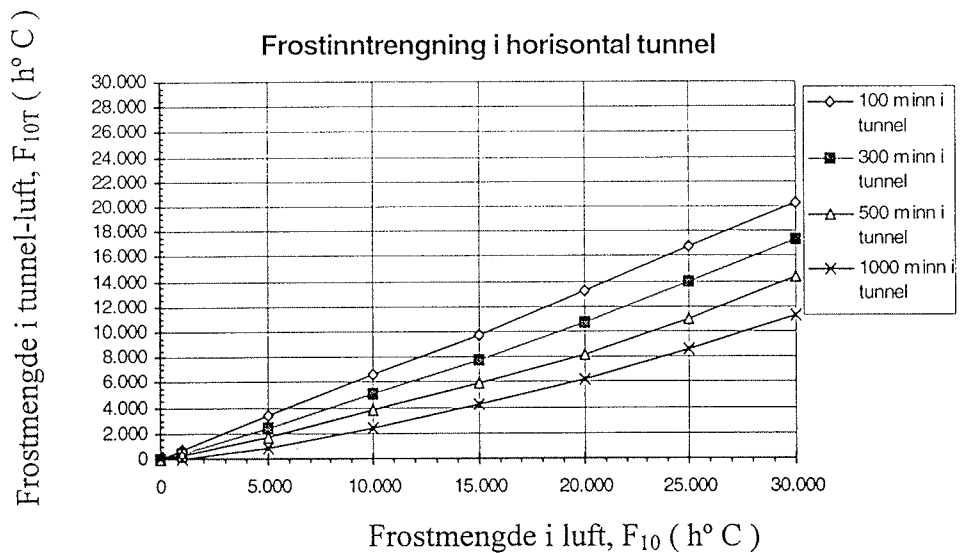


Frostprofil fra Tromsøttunnelen 1995/96

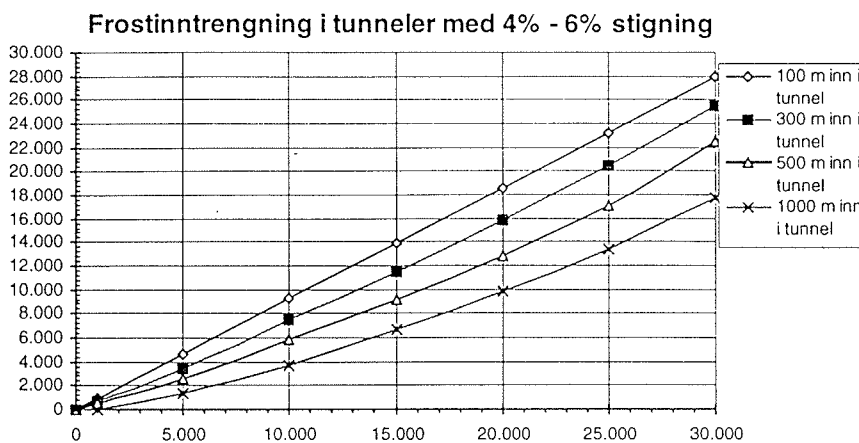
Diagrammer for frostmengder i vegtunneler

I diagrammene under kan man anslå frostinntrengningen i de 4 tunnelgruppene. Forutsetningen er at man enten har målt frostmengden i luft utenfor anlegget, eller at man ved hjelp av årsmiddeltemperaturen ved en nærliggende meteorologisk stasjon beregner årsmiddeltemperaturen ved anlegget, og deretter går inn i diagrammene side 6 og finner den aktuelle frostmengden. Hvis anlegget ligger i nærheten av et kommunesenter kan man bruke de vedlagte frostmengdetabellene fra Frost i Jord nr 17.

I vegbygging har man valgt F_{10} som generell dimensjonerende frostmengde. Denne frostmengden har også vært basis for frostberegninger i norske vegtunneler.

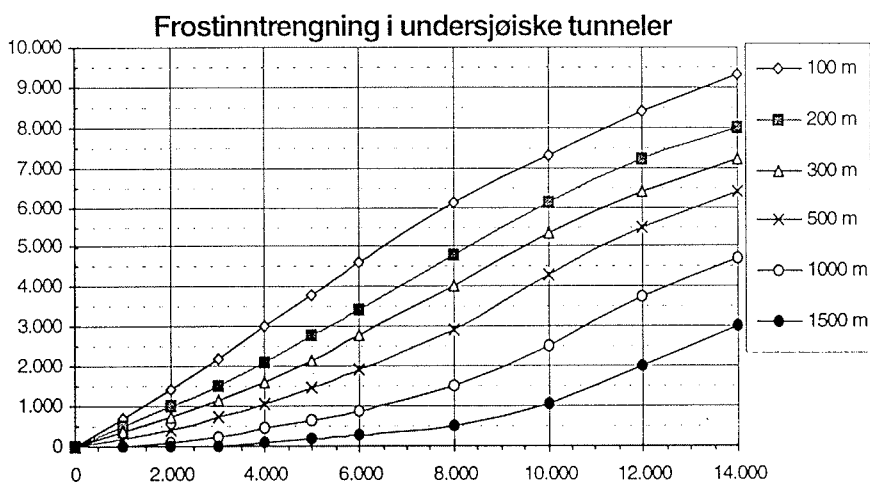


Frostmengde i tunnel-luft, F_{10T} (h° C)



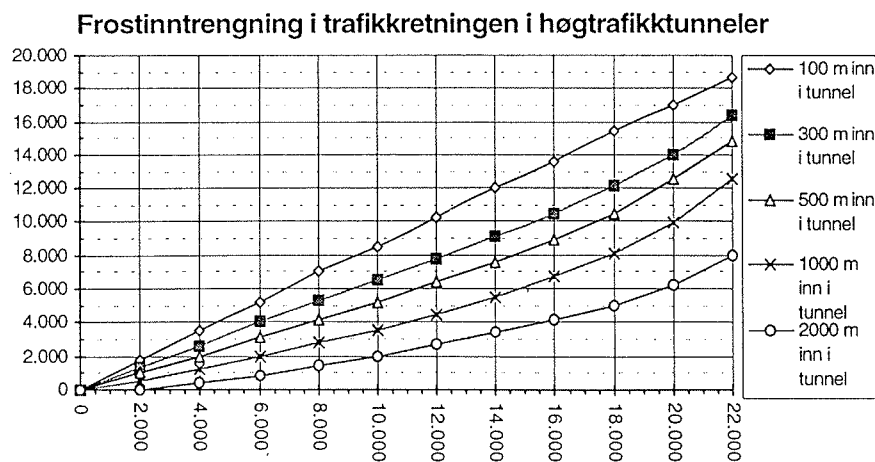
Frostmengde i luft, F_{10} (h° C)

Frostmengde i tunnel-luft, F_{10T} (h° C)



Frostmengde i luft, F_{10} (h° C)

Frostmengde i tunnel-luft, F_{10T} (h° C)



Frostmengde i luft, F_{10} (h° C)

Litteratur

- Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd og Statens vegvesen:
Frost i Jord nr 17
- Skaven-Haug S. (1944) Frostmengdekart over Norge. Meddelelser fra Vegdirektøren nr 5.
- Pedersen K.B. (1975) : Midlere frostmengdekart 1943-72. Diagram over dimensjonerende frostmengde. Internrapport nr 596. Veglaboratoriet , Oslo.
- Refsdal G. (1973): The Use of Thermal Insulating Materials in Highway Engineering. Frost i Jord nr 9
- Skogseid A. (1971): Frost i tunneler. Intern rapport nr 258, Veglaboratoriet
- Skogseid A. (1971) : Frostsikring i tunneler. Intern rapport nr 331, Veglaboratoriet
- Larsen T.L. (1975): Tunneltemperaturer (36 tunneler 1971- 75). Intern rapport nr 660, Veglaboratoriet.
- Pedersen K.B. (1977) Litt om frostsikring av norske vegtunneler. Frost i Jord nr 19
- Pedersen K.B. (1980): Frostinntrengning i vegtunneler – Kort beskrivelse med regneeksempel, Intern rapport nr 948, Veglaboratoriet.
- Pedersen K.B. (1994): Måling av frostmengder i 8 tunneler vinteren 93/94. Datarapport med kommentarer, Intern rapport nr 1699, Veglaboratoriet.
- Iversen E. (1995): Måling av frostmengder i 8 utvalgte tunneler vinteren 94/95, Intern rapport nr 1802, Veglaboratoriet.
- Iversen E. (1996): Måling av frostmengder i 12 utvalgte tunneler vinteren 95/96, Intern rapport nr 1915, Veglaboratoriet.
- Iversen E.(1997): Frostinntrengning i tunneler, Intern rapport nr 1946, Veglaboratoriet.

Vedlegg

Frostmengdetabeller (Frost i Jord nr 17)

TABELL 5. Årsmiddeltemperatur og frostmengdene F_2 , F_5 , F_{10} og F_{100} i landets kommuner.

| KOMMUNE | TEMP. | | | | | FROSTMENGDE | | | | |
|---|--------------------|----------------------------|--------|----------|-----------|--------------------|----------------------------|-------|----------|-----------|
| | $\bar{\theta}_m$ | F_2 | F_5 | F_{10} | F_{100} | $\bar{\theta}_m$ | F_2 | F_5 | F_{10} | F_{100} |
| | $^{\circ}\text{C}$ | h°C | | | | $^{\circ}\text{C}$ | h°C | | | |
| Fylkesvis ordnet med offisiell nummerering. Ajourført 1975. | | | | | | | | | | |
| 01 ØSTFOLD | | | | | | | | | | |
| 0101 Halden | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0102 Sarpsborg | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0103 Fredrikstad | 6.5 | 5 000 | 11 000 | 16 000 | 24 000 | | | | | |
| 0104 Moss | 6.0 | 6 000 | 12 000 | 17 000 | 21 000 | | | | | |
| 0111 Hvaler | 7.0 | 3 000 | 7 000 | 11 000 | 15 000 | | | | | |
| 0113 Borge | 6.5 | 5 000 | 11 000 | 16 000 | 20 000 | | | | | |
| 0114 Varteig | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0115 Skjeberg | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0118 Aremark | 5.0 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0119 Marker | 5.0 | 12 000 | 18 000 | 23 000 | 28 000 | | | | | |
| 0121 Rømskog | 4.5 | 14 000 | 20 000 | 25 000 | 30 000 | | | | | |
| 0122 Trøgstad | 5.0 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0123 Spydeberg | 5.0 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0124 Askim | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0125 Eidsberg | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0127 Skiptvet | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0128 Rakkestad | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 26 000 | | | | | |
| 0130 Tune | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0131 Rolvsøy | 6.0 | 8 000 | 14 000 | 19 000 | 23 000 | | | | | |
| 0133 Kråkerøy | 7.0 | 4 000 | 9 000 | 13 000 | 18 000 | | | | | |
| 0134 Onsjø | 6.5 | 5 000 | 7 000 | 16 000 | 20 000 | | | | | |
| 0135 Råde | 6.0 | 6 000 | 12 000 | 17 000 | 21 000 | | | | | |
| 0136 Rygge | 6.0 | 5 000 | 11 000 | 16 000 | 20 000 | | | | | |
| 0137 Våler | 6.0 | 7 000 | 14 000 | 20 000 | 24 000 | | | | | |
| 0138 Hobøl | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 02 AKERSHUS | | | | | | | | | | |
| 0211 Vestby | 5.5 | 7 000 | 14 000 | 20 000 | | | | | | |
| 0213 Ski | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0214 Ås | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0215 Frogn | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0216 Nesodden | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0217 Oppegård | 5.5 | 8 000 | 15 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0219 Bærum | 6.0 | 11 000 | 15 000 | 18 000 | 26 000 | | | | | |
| 0220 Asker | 5.5 | 11 000 | 15 000 | 18 000 | 26 000 | | | | | |
| 0221 Aurskog-Høland | 4.5 | 12 000 | 18 000 | 24 000 | 29 000 | | | | | |
| 0226 Sarum | 4.5 | 12 000 | 18 000 | 25 000 | 29 000 | | | | | |
| 0227 Fet | 5.0 | 11 000 | 18 000 | 24 000 | 28 000 | | | | | |
| 0228 Rælingen | 5.0 | 11 000 | 18 000 | 24 000 | 28 000 | | | | | |
| 0229 Enebakk | 5.0 | 11 000 | 18 000 | 24 000 | 28 000 | | | | | |
| 0230 Lørenskog | 5.0 | 11 000 | 18 000 | 24 000 | 28 000 | | | | | |
| 0231 Skedsmo | 4.5 | 12 000 | 19 000 | 25 000 | 29 000 | | | | | |
| 0233 Nittedal | 4.0 | 14 000 | 21 000 | 27 000 | 31 000 | | | | | |
| 0234 Gjerdrum | 4.0 | 15 000 | 22 000 | 28 000 | 32 000 | | | | | |
| 0235 Ullensaker | 4.5 | 15 000 | 22 000 | 28 000 | 32 000 | | | | | |
| 0236 Nes | 4.0 | 15 000 | 22 000 | 31 000 | 36 000 | | | | | |
| 0237 Eidsvoll | 4.0 | 17 000 | 23 000 | 30 000 | 35 000 | | | | | |
| 0238 Nannestad | 4.0 | 16 000 | 22 000 | 29 000 | 34 000 | | | | | |
| 0239 Hurdal | 4.0 | 16 000 | 22 000 | 29 000 | 34 000 | | | | | |
| 03 OSLO | | | | | | | | | | |
| Indre byområder | 6.0 | 10 000 | 14 000 | 17 000 | 24 000 | | | | | |
| Ytre byområder | 5.0 | 12 000 | 16 000 | 19 000 | 26 000 | | | | | |
| 04 HEDMARK | | | | | | | | | | |
| 0401 Hamar | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 32 000 | 39 000 | | | | | |
| 0402 Kongsvinger | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 34 000 | 39 000 | | | | | |
| 0412 Ringsaker | 4.0 | 20 000 | 27 000 | 33 000 | 41 000 | | | | | |
| 0414 Vang | 3.0 | 20 000 | 27 000 | 33 000 | 41 000 | | | | | |
| 0415 Løten | 3.5 | 20 000 | 27 000 | 34 000 | 41 000 | | | | | |
| 0417 Stange | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 32 000 | 39 000 | | | | | |
| 0418 Nord-Odal | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 34 000 | 39 000 | | | | | |
| 0419 Sør-Odal | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 34 000 | 39 000 | | | | | |
| 0420 Eidskog | 4.0 | 15 000 | 22 000 | 31 000 | 36 000 | | | | | |
| 0423 Grue | 3.5 | 20 000 | 27 000 | 36 000 | 41 000 | | | | | |
| 0425 Åsnes | 3.5 | 21 000 | 28 000 | 37 000 | 42 000 | | | | | |
| 0426 Våler | 3.5 | 21 000 | 28 000 | 37 000 | 42 000 | | | | | |
| 0427 Elverum | 3.0 | 23 000 | 30 000 | 39 000 | 44 000 | | | | | |
| 0428 Trysil | 2.0 | 27 000 | 34 000 | 43 000 | 48 000 | | | | | |
| 0429 Amot | 2.5 | 26 000 | 32 000 | 42 000 | 47 000 | | | | | |
| 0430 Stor-Elvdal | 2.0 | 26 000 | 32 000 | 43 000 | 49 000 | | | | | |
| 0432 Rendalen | 2.5 | 25 000 | 30 000 | 42 000 | 48 000 | | | | | |
| 0434 Engerdal | 1.0 | 29 000 | 34 000 | 46 000 | 52 000 | | | | | |
| 0435 Os | 0.5 | 31 000 | 36 000 | 48 000 | 54 000 | | | | | |
| 0436 Tolga | 0.5 | 31 000 | 36 000 | 48 000 | 54 000 | | | | | |
| 0437 Tynset | 0.5 | 32 000 | 37 000 | 49 000 | 55 000 | | | | | |
| 0438 Alvdal | 1.0 | 28 000 | 33 000 | 45 000 | 51 000 | | | | | |
| 0439 Folldal | 0.5 | 30 000 | 36 000 | 45 000 | 53 000 | | | | | |
| 05 OPPLAND | | | | | | | | | | |
| 0501 Lillehammer | 4.0 | 23 000 | 30 000 | 36 000 | 44 000 | | | | | |
| 0502 Gjøvik | 4.0 | 18 000 | 25 000 | 30 000 | 36 000 | | | | | |
| 0511 Dovre | 1.5 | 30 000 | 37 000 | 42 000 | 53 000 | | | | | |
| 0512 Lesja | 1.5 | 25 000 | 32 000 | 37 000 | 48 000 | | | | | |
| 0513 Skjåk | 1.0 | 24 000 | 31 000 | 36 000 | 42 000 | | | | | |
| 06 BUSKERUD | | | | | | | | | | |
| 0601 Ringerike | 4.5 | 16 000 | 23 000 | 29 000 | 34 000 | | | | | |
| 0602 Drammen | 5.5 | 13 000 | 20 000 | 25 000 | 29 000 | | | | | |
| 0604 Kongsberg | 4.5 | 15 000 | 23 000 | 28 000 | 31 000 | | | | | |
| 0615 Flå | 2.0 | 21 000 | 30 000 | 36 000 | 41 000 | | | | | |
| 0616 Nes | 2.0 | 26 000 | 35 000 | 41 000 | 46 000 | | | | | |
| 0617 Gol | 1.5 | 25 000 | 34 000 | 40 000 | 45 000 | | | | | |
| 0618 Hemsedal | 1.5 | 20 000 | 29 000 | 34 000 | 42 000 | | | | | |
| 0619 Ål | 2.0 | 20 000 | 27 000 | 33 000 | 42 000 | | | | | |
| 0620 Hol | 1.0 | 25 000 | 32 000 | 38 000 | 47 000 | | | | | |
| 0621 Sigdal | 3.0 | 18 000 | 27 000 | 33 000 | 38 000 | | | | | |
| 0622 Krødsherad | 3.5 | 17 000 | 25 000 | 31 000 | 35 000 | | | | | |
| 0623 Modum | 5.0 | 16 000 | 23 000 | 28 000 | 31 000 | | | | | |
| 0624 Øvre Eiker | 4.5 | 15 000 | 22 000 | 28 000 | 31 000 | | | | | |
| 0625 Nedre Eiker | 5.0 | 14 000 | 21 000 | 27 000 | 30 000 | | | | | |
| 0626 Lier | 5.5 | 13 000 | 19 000 | 23 000 | 29 000 | | | | | |
| 0627 Røyken | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 20 000 | 26 000 | | | | | |
| 0628 Hurum | 6.0 | 8 000 | 14 000 | 18 000 | 24 000 | | | | | |
| 0631 Flesberg | 3.5 | 20 000 | 27 000 | 32 000 | 36 000 | | | | | |
| 0632 Rollag | 3.0 | 20 000 | 27 000 | 32 000 | 36 000 | | | | | |
| 0633 Nore og Ulvdal | 1.5 | 24 000 | 32 000 | 38 000 | 44 000 | | | | | |
| 07 VESTFOLD | | | | | | | | | | |
| 0702 Holmestrand | 6.0 | 7 000 | 13 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0703 Horten | 6.5 | 5 000 | 10 000 | 15 000 | 20 000 | | | | | |
| 0705 Tønsberg | 6.5 | 4 000 | 9 000 | 14 000 | 19 000 | | | | | |
| 0706 Sandefjord | 6.5 | 4 000 | 10 000 | 15 000 | 19 000 | | | | | |
| 0707 Larvik | 6.5 | 4 000 | 9 000 | 14 000 | 17 000 | | | | | |
| 0708 Stavern | 7.0 | 4 000 | 8 000 | 12 000 | 16 000 | | | | | |
| 0711 Svelvik | 6.0 | 10 000 | 17 000 | 22 000 | 26 000 | | | | | |
| 0713 Sande | 6.0 | 9 000 | 16 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0714 Hof | 6.0 | 10 000 | 17 000 | 22 000 | 26 000 | | | | | |
| 0716 Våle | 6.0 | 6 000 | 12 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0717 Borre | 6.0 | 6 000 | 12 000 | 17 000 | 21 000 | | | | | |
| 0718 Ramnes | 5.5 | 7 000 | 14 000 | 19 000 | 23 000 | | | | | |
| 0719 Andebu | 5.5 | 7 000 | 13 000 | 19 000 | 23 000 | | | | | |
| 0720 Stokke | 6.0 | 5 000 | 11 000 | 16 000 | 20 000 | | | | | |
| 0721 Sem | 6.0 | 5 000 | 11 000 | 16 000 | 20 000 | | | | | |
| 0722 Nøtterøy | 6.5 | 4 000 | 9 000 | 14 000 | 19 000 | | | | | |
| 0723 Tjære | 7.0 | 3 000 | 7 000 | 11 000 | 15 000 | | | | | |
| 0725 Tjølling | 6.5 | 4 000 | 8 000 | 12 000 | 16 000 | | | | | |
| 0726 Brunlanes | 6.0 | 5 000 | 10 000 | 13 000 | 17 000 | | | | | |
| 0727 Hedrum | 6.0 | 6 000 | 12 000 | 17 000 | 21 000 | | | | | |
| 0728 Lardal | 5.5 | 7 000 | 14 000 | 19 000 | 23 000 | | | | | |
| 08 TELEMARK | | | | | | | | | | |
| 0805 Porsgrunn | 6.0 | 10 000 | 15 000 | 18 000 | 22 000 | | | | | |
| 0806 Skien | 5.0 | 11 000 | 16 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0807 Notodden | 4.5 | 13 000 | 19 000 | 27 000 | 29 000 | | | | | |
| 0811 Siljan | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0814 Bamle | 6.0 | 6 000 | 10 000 | 13 000 | 17 000 | | | | | |
| 0815 Kragerø | 6.0 | 4 000 | 8 000 | 11 000 | 15 000 | | | | | |
| 0817 Drangedal | 5.5 | 10 000 | 16 000 | 20 000 | 25 000 | | | | | |
| 0819 Nome | 5.0 | 11 000 | 16 000 | 22 000 | 25 000 | | | | | |
| 0821 Bø | 4.0 | 12 000 | 17 000 | 23 000 | 26 000 | | | | | |
| 0822 Sunherad | 4.5 | 13 000 | 18 000 | 25 000 | 27 000 | | | | | |
| 0826 Tinn | 2.0 | 25 000 | 31 000 | 37 000 | 41 000 | | | | | |
| 0827 Hjartrå | 2.5 | 15 000 | 21 000 | 27 000 | 31 000 | | | | | |
| 0828 Seljord | 3.5 | 13 000 | 18 000 | 24 000 | 27 000 | | | | | |
| 0829 Kviteseid | 5.0 | 12 000 | 17 000 | 21 000 | 25 000 | | | | | |
| 0830 Nissedal | 5.5 | 10 000 | 15 000 | 20 000 | 25 000 | | | | | |

TABELL 5 forts.

| KOMMUNE | TEMP. | FROSTMENGD | | | |
|---|------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | $\bar{\theta}_m$ | F ₂ | F ₅ | F ₁₀ | F ₁₀₀ |
| | °C | h°C | | | |
| Fylkesvis ordnet med offisiell nummerering. Årburført 1975. | | | | | |
| 0904 Grimstad | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 0911 Gjerstad | 6.0 | 5 000 | 10 000 | 14 000 | 19 000 |
| 0912 Vegårshei | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 12 000 | 16 000 |
| 0914 Tvedestrand | 6.5 | 2 000 | 6 000 | 9 000 | 13 000 |
| 0918 Moland | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 0919 Froland | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 13 000 | 16 000 |
| 0920 Øvestad | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 0921 Tromøy | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 0922 Hisøy | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 0923 Fjære | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 0924 Landvik | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 0926 Lillesand | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 0928 Birkenes | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 13 000 | 16 000 |
| 0929 Åmli | 5.0 | 7 000 | 11 000 | 14 000 | 18 000 |
| 0935 Iveland | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 13 000 | 16 000 |
| 0937 Evje og Hornnes | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 13 000 | 16 000 |
| 0938 Bygland | 5.0 | 7 000 | 10 000 | 14 000 | 18 000 |
| 0940 Valle | 4.0 | 9 000 | 13 000 | 17 000 | 21 000 |
| 0941 Bykle | 4.0 | 10 000 | 15 000 | 19 000 | 23 000 |
| 10 VEST-AGDER | | | | | |
| 1001 Kristiansand | 7.0 | 2 000 | 7 000 | 10 000 | 13 000 |
| 1002 Mandal | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1003 Farsund | 7.5 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1004 Flekkefjord | 7.5 | 1 000 | 5 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1014 Vennesla | 6.0 | 6 000 | 10 000 | 14 000 | 17 000 |
| 1017 Sogndalen | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 13 000 | 16 000 |
| 1018 Søgne | 7.0 | 1 000 | 6 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1021 Mannardal | 6.5 | 4 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1026 Åseral | 5.0 | 6 000 | 10 000 | 14 000 | 17 000 |
| 1027 Audnedal | 5.0 | 5 000 | 10 000 | 13 000 | 16 000 |
| 1029 Lindesnes | 7.0 | 1 000 | 6 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1032 Lyngdal | 6.5 | 1 000 | 6 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1034 Hægebostad | 5.5 | 4 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1037 Kvinesdal | 5.5 | 4 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1046 Sirdal | 4.5 | 4 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 11 ROGALAND | | | | | |
| 1101 Eigersund | 7.5 | 0 | 3 000 | 6 000 | 11 000 |
| 1102 Sandnes | 7.5 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1103 Stavanger | 7.5 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1106 Haugesund | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1111 Sokndal | 7.0 | 0 | 3 000 | 6 000 | 11 000 |
| 1112 Lund | 6.5 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 1114 Bjerkreim | 6.5 | 1 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 1119 Hå | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1120 Klepp | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1121 Time | 7.0 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1122 Gjesdal | 6.0 | 1 000 | 4 000 | 7 000 | 12 000 |
| 1124 Sola | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1127 Randaberg | 7.5 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1129 Forsand | 7.0 | 1 000 | 5 000 | 7 000 | 12 000 |
| 1130 Strand | 7.5 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1133 Hjelmealand | 6.5 | 1 000 | 4 000 | 7 000 | 12 000 |
| 1134 Suldal | 5.0 | 5 000 | 9 000 | 12 000 | 16 000 |
| 1135 Sauda | 6.0 | 4 000 | 8 000 | 11 000 | 15 000 |
| 1141 Finnøy | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 7 000 |
| 1142 Rennesøy | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1144 Kvitsøy | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 6 000 |
| 1145 Bøkn | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1146 Tysvær | 7.5 | 0 | 2 000 | 4 000 | 7 000 |
| 1149 Karmøy | 7.5 | 0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1151 Utsira | 7.5 | 0 | 0 | 1 000 | 2 000 |
| 1154 Vindafjord | 7.5 | 0 | 2 000 | 3 000 | 7 000 |
| 12 HORDALAND | | | | | |
| 1211 Etne | 6.0 | 2 000 | 5 000 | 8 000 | 13 000 |
| 1214 Ølen | 7.0 | 0 | 2 000 | 4 000 | 7 000 |
| 1216 Sveio | 7.5 | 0 | 2 000 | 4 000 | 7 000 |
| 1219 Bømle | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1221 Stord | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1222 Fitjar | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1223 Tysnes | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1224 Kvinnherad | 6.5 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 11 000 |
| 1227 Jondal | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 11 000 |
| 1228 Odda | 5.5 | 5 000 | 8 000 | 11 000 | 16 000 |
| 1230 Ullensvang | 5.0 | 6 000 | 8 000 | 11 000 | 17 000 |
| 1233 Ulvik | 5.0 | 9 000 | 11 000 | 14 000 | 20 000 |
| 1234 Granvin | 5.0 | 8 000 | 10 000 | 13 000 | 19 000 |
| 1235 Voss | 4.5 | 10 000 | 14 000 | 18 000 | 24 000 |
| 1238 Kvam | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 11 000 |
| 1241 Fusa | 6.0 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 1242 Samnanger | 5.5 | 5 000 | 7 000 | 10 000 | 15 000 |
| 1243 Os | 6.5 | 1 000 | 2 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1244 Austevoll | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1245 Sund | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |

| KOMMUNE | TEMP. | FROSTMENGD | | | |
|---|------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | $\bar{\theta}_m$ | F ₂ | F ₅ | F ₁₀ | F ₁₀₀ |
| | °C | h°C | | | |
| Fylkesvis ordnet med offisiell nummerering. Årburført 1975. | | | | | |
| 1246 Fjell | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1247 Askøy | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1248 Laksevåg | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1249 Fana | 7.0 | 0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1250 Arna | 5.0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 8 000 |
| 1251 Vaksdal | 4.5 | 8 000 | 12 000 | 16 000 | 22 000 |
| 1252 Modalen | 5.0 | 5 000 | 8 000 | 13 000 | 19 000 |
| 1253 Osterøy | 7.0 | 2 000 | 4 000 | 6 000 | 9 000 |
| 1255 Åsane | 7.0 | 0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1256 Meland | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1259 Øygarden | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1260 Radøy | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1263 Lindås | 6.5 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 7 000 |
| 1264 Austrheim | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1265 Fedje | 7.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1266 Masfjorden | 6.0 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 7 000 |
| 13 BERGEN | | | | | |
| 14 SOGN OG FJORDANE | | | | | |
| 1401 Florø | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1411 Gulen | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1412 Solund | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1413 Hyllestad | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1416 Høyanger | 7.0 | 0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1417 Vik | 6.5 | 1 000 | 3 000 | 4 000 | 6 000 |
| 1418 Balestrand | 6.0 | 3 000 | 6 000 | 9 000 | 12 000 |
| 1419 Leikanger | 6.5 | 1 000 | 4 000 | 7 000 | 10 000 |
| 1420 Sogndal | 6.0 | 4 000 | 7 000 | 10 000 | 13 000 |
| 1421 Aurland | 6.0 | 8 000 | 11 000 | 14 000 | 18 000 |
| 1422 Lærdal | 6.0 | 5 000 | 9 000 | 11 000 | 15 000 |
| 1424 Årdal | 4.5 | 8 000 | 12 000 | 14 000 | 18 000 |
| 1426 Luster | 4.0 | 10 000 | 14 000 | 16 000 | 19 000 |
| 1428 Askvoll | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1429 Fjaler | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1430 Gauler | 5.5 | 4 000 | 7 000 | 10 000 | 13 000 |
| 1431 Jølster | 4.0 | 5 000 | 8 000 | 11 000 | 14 000 |
| 1432 Førde | 5.5 | 4 000 | 7 000 | 10 000 | 13 000 |
| 1433 Naustdal | 5.5 | 4 000 | 7 000 | 10 000 | 13 000 |
| 1438 Bremanger | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1439 Vågsøy | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1441 Selje | 7.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1443 Eid | 6.0 | 3 000 | 4 000 | 6 000 | 8 000 |
| 1445 Gløppen | 6.0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 | 7 000 |
| 1448 Stryn | 5.5 | 4 000 | 6 000 | 9 000 | 13 000 |
| 15 MØRE OG ROMSDAL | | | | | |
| 1501 Ålesund | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1502 Molde | 6.0 | 0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1503 Kristiansund | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1511 Vanylven | 6.0 | 0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 |
| 1514 Sande | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1515 Herøy | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1516 Ulstein | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1517 Hareid | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1519 Volda | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1520 Ørsta | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1524 Nördal | 6.0 | 2 000 | 3 000 | 5 000 | 9 000 |
| 1525 Stranda | 6.0 | 2 000 | 4 000 | 6 000 | 9 000 |
| 1527 Ørskog | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1528 Sykkylven | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1532 Giske | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1534 Haram | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1535 Vestnes | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 8 000 |
| 1539 Rauma | 6.0 | 3 000 | 5 000 | 8 000 | 10 000 |
| 1543 Nesset | 6.0 | 3 000 | 5 000 | 8 000 | 10 000 |
| 1545 Midsund | 6.5 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1546 Sandøy | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1547 Aukra | 7.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 1548 Fræna | 6.5 | 1 000 | 3 000 | 4 000 | 6 000 |
| 1551 Eide | 6.5 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1554 Averøy | 6.5 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1556 Frei | 6.5 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1557 Gjemnes | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1360 Tingvoll | 6.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 8 000 |
| 1563 Sunndal | 5.5 | 4 000 | 7 000 | 11 000 | 14 000 |
| 1566 Surnadal | 5.0 | 5 000 | 8 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1567 Rindal | 4.5 | 7 000 | 12 000 | 15 000 | 18 000 |
| 1569 Aure | 5.5 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 8 000 |
| 1571 Halså | 5.5 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 8 000 |
| 1572 Tustna | 5.5 | 1 000 | 3 000 | 4 000 | 6 000 |
| 1573 Smøla | 5.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 5 000 |
| 16 SØR-TRØNDELAG | | | | | |
| 1601 Trondheim | 5.0 | 7 000 | 12 000 | 14 000 | 16 000 |
| 1612 Hemne | 5.5 | 5 000 | 7 000 | 10 000 | 12 000 |
| 1613 Snillfjord | 5.5 | 4 000 | 6 000 | 9 000 | 11 000 |
| 1617 Hitra | 6.0 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |
| 1620 Freya | 6.0 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 6 000 |

TABELL 5 forts.

| KOMMUNE | FROSTMENGDE | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | TEMP. | F ₂ | F ₅ | F ₁₀ | F ₁₀₀ |
| | θ _m | | | | |
| Fylkesvis ordnet med offisiell nummerering. Ajourført 1975. | °C | h°C | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 1621 Ørland | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 5 000 | 7 000 |
| 1622 Agdenes | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 5 000 | 7 000 |
| 1624 Rissa | 5.5 | 4 000 | 7 000 | 9 000 | 11 000 |
| 1627 Bjugn | 6.0 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 9 000 |
| 1630 Åfjord | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 9 000 |
| 1632 Roan | 5.5 | 2 000 | 5 000 | 7 000 | 9 000 |
| 1633 Osen | 5.5 | 2 000 | 5 000 | 7 000 | 9 000 |
| 1634 Oppdal | 2.0 | 15 000 | 20 000 | 23 000 | 26 000 |
| 1635 Rennebu | 2.5 | 14 000 | 20 000 | 23 000 | 25 000 |
| 1636 Meldal | 4.0 | 10 000 | 16 000 | 19 000 | 21 000 |
| 1638 Orkdal | 5.0 | 6 000 | 11 000 | 13 000 | 15 000 |
| 1640 Røros | 0.5 | 30 000 | 38 000 | 45 000 | 55 000 |
| 1644 Ålen | 1.5 | 14 000 | 21 000 | 23 000 | 27 000 |
| 1645 Hattidalen | 1.5 | 14 000 | 21 000 | 23 000 | 27 000 |
| 1648 Midtre Gauldal | 4.0 | 11 000 | 17 000 | 20 000 | 22 000 |
| 1653 Melhus | 4.5 | 7 000 | 12 000 | 16 000 | 18 000 |
| 1657 Skaun | 5.0 | 6 000 | 11 000 | 15 000 | 17 000 |
| 1662 Klæbu | 4.5 | 7 000 | 12 000 | 16 000 | 18 000 |
| 1663 Malvik | 5.0 | 6 000 | 11 000 | 13 000 | 15 000 |
| 1664 Selbu | 4.0 | 10 000 | 15 000 | 19 000 | 21 000 |
| 1665 Tydal | 2.0 | 14 000 | 19 000 | 23 000 | 27 000 |
| 17 NORD-TRØNDELAG | | | | | |
| 1702 Steinkjer | 5.0 | 8 000 | 12 000 | 15 000 | 19 000 |
| 1703 Namsos | 5.0 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1711 Meråker | 3.0 | 10 000 | 15 000 | 20 000 | 23 000 |
| 1714 Stjørdal | 5.0 | 6 000 | 10 000 | 13 000 | 17 000 |
| 1717 Frosta | 5.5 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1718 Leksvik | 5.5 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1719 Levanger | 5.0 | 6 000 | 10 000 | 13 000 | 17 000 |
| 1721 Verdal | 5.0 | 6 000 | 10 000 | 13 000 | 17 000 |
| 1723 Masvik | 5.5 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1724 Verran | 5.0 | 7 000 | 11 000 | 14 000 | 18 000 |
| 1725 Namdalseid | 5.0 | 7 000 | 11 000 | 14 000 | 18 000 |
| 1729 Inderøy | 5.0 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 15 000 |
| 1736 Snåsa | 4.0 | 13 000 | 19 000 | 23 000 | 27 000 |
| 1738 Lierne | 1.0 | 25 000 | 29 000 | 36 000 | 41 000 |
| 1739 Røyrvik | 1.5 | 25 000 | 29 000 | 36 000 | 41 000 |
| 1740 Namsskogan | 3.0 | 14 000 | 19 000 | 24 000 | 28 000 |
| 1742 Grong | 4.0 | 12 000 | 17 000 | 22 000 | 26 000 |
| 1743 Høylandet | 3.5 | 10 000 | 15 000 | 20 000 | 24 000 |
| 1744 Overhella | 4.5 | 10 000 | 15 000 | 20 000 | 24 000 |
| 1748 Fosnes | 5.0 | 5 000 | 8 000 | 11 000 | 16 000 |
| 1749 Flatanger | 5.5 | 2 000 | 5 000 | 8 000 | 11 000 |
| 1750 Vikne | 5.5 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 10 000 |
| 1751 Nærøy | 5.5 | 2 000 | 5 000 | 8 000 | 13 000 |
| 1755 Leka | 5.5 | 1 000 | 3 000 | 6 000 | 10 000 |
| 18 NORDLAND | | | | | |
| 1804 Bøde | 4.5 | 6 000 | 9 000 | 12 000 | 17 000 |
| 1805 Narvik | 3.5 | 11 000 | 13 000 | 17 000 | 25 000 |
| 1811 Bindal | 4.5 | 5 000 | 8 000 | 12 000 | 18 000 |
| 1814 Brønnøvd | 5.0 | 3 000 | 5 000 | 8 000 | 12 000 |
| 1815 Vega | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 11 000 |
| 1816 Vivelstad | 5.5 | 1 000 | 4 000 | 7 000 | 13 000 |
| 1818 Herøy | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 11 000 |
| 1820 Alstahaug | 5.5 | 1 000 | 4 000 | 7 000 | 13 000 |
| 1822 Leirfjord | 5.0 | 3 000 | 6 000 | 9 000 | 15 000 |
| 1824 Vefsn | 3.5 | 13 000 | 16 000 | 21 000 | 27 000 |
| 1825 Grane | 2.5 | 18 000 | 23 000 | 28 000 | 32 000 |
| 1826 Hattfjelldal | 1.5 | 26 000 | 32 000 | 37 000 | 42 000 |
| 1827 Dynna | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 11 000 |
| 1828 Nesna | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 7 000 | 11 000 |
| 1832 Hemnes | 3.0 | 18 000 | 23 000 | 29 000 | 37 000 |
| 1833 Rana | 3.0 | 16 000 | 18 000 | 25 000 | 35 000 |
| 1834 Lurøy | 5.5 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | 13 000 |
| 1835 Træna | 6.0 | 0 | 1 000 | 2 000 | 6 000 |
| 1836 Redøy | 5.0 | 3 000 | 5 000 | 10 000 | 15 000 |
| 1837 Meøy | 5.0 | 3 000 | 5 000 | 10 000 | 15 000 |
| 1838 Gildeeskål | 5.0 | 2 000 | 4 000 | 9 000 | 14 000 |
| 1839 Beiarn | 3.5 | 10 000 | 13 000 | 18 000 | 24 000 |
| 1840 Saltdal | 2.0 | 18 000 | 22 000 | 28 000 | 37 000 |
| 1841 Fauske | 3.5 | 14 000 | 17 000 | 22 000 | 28 000 |
| 1842 Skjerstad | 4.0 | 10 000 | 13 000 | 18 000 | 24 000 |
| 1845 Sørfold | 4.0 | 10 000 | 13 000 | 18 000 | 24 000 |
| 1848 Steigen | 4.5 | 4 000 | 6 000 | 10 000 | 15 000 |
| 1849 Hamarøy | 4.0 | 7 000 | 9 000 | 13 000 | 18 000 |
| 1850 Tysfjord | 3.5 | 10 000 | 13 000 | 18 000 | 24 000 |
| 1851 Lødingen | 4.0 | 7 000 | 10 000 | 13 000 | 18 000 |
| 1852 Tjeldsund | 4.0 | 8 000 | 11 000 | 14 000 | 19 000 |
| 1853 Evenes | 3.5 | 9 000 | 11 000 | 15 000 | 21 000 |
| 1854 Ballangen | 3.5 | 10 000 | 13 000 | 17 000 | 24 000 |
| 1856 Rost | 5.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 6 000 |
| 1857 Værøy | 5.5 | 0 | 1 000 | 2 000 | 6 000 |
| 1858 Moskenes | 5.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 12 000 |
| 1859 Flakstad | 5.0 | 1 000 | 3 000 | 5 000 | 12 000 |
| 1860 Vestvågøy | 5.0 | 3 000 | 5 000 | 8 000 | 14 000 |
| 1865 Vågan | 5.0 | 3 000 | 5 000 | 8 000 | 14 000 |

| KOMMUNE | FROSTMENGDE | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | TEMP. | F ₂ | F ₅ | F ₁₀ | F ₁₀₀ |
| | θ _m | | | | |
| Fylkesvis ordnet med offisiell nummerering. Ajourført 1975. | °C | h°C | | | |

| | | | | | |
|--------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| 1866 Hadsel | 4.5 | 4 000 | 6 000 | 9 000 | 15 000 |
| 1867 Bø | 4.5 | 3 000 | 4 000 | 7 000 | 14 000 |
| 1868 Øksnes | 4.5 | 3 000 | 4 000 | 7 000 | 15 000 |
| 1870 Sortland | 4.5 | 4 000 | 6 000 | 9 000 | 16 000 |
| 1871 Andøy | 4.0 | 4 000 | 5 000 | 8 000 | 16 000 |
| 19 TROMS | | | | | |
| 1901 Harstad | 4.5 | 5 000 | 7 000 | 10 000 | 16 000 |
| 1902 Tromsø | 3.5 | 10 000 | 13 000 | 16 000 | 21 000 |
| 1911 Kvæfjord | 4.5 | 7 000 | 9 000 | 12 000 | 18 000 |
| 1913 Skånland | 4.0 | 8 000 | 10 000 | 13 000 | 19 000 |
| 1915 Bjarkøy | 4.5 | 6 000 | 8 000 | 10 000 | 16 000 |
| 1917 Ibestad | 4.5 | 7 000 | 9 000 | 12 000 | 18 000 |
| 1919 Gratangen | 3.5 | 11 000 | 14 000 | 18 000 | 25 000 |
| 1921 Salangen | 3.5 | 12 000 | 15 000 | 19 000 | 26 000 |
| 1922 Bardu | 2.0 | 27 000 | 29 000 | 36 000 | 47 000 |
| 1924 Målselv | 2.0 | 27 000 | 29 000 | 36 000 | 47 000 |
| 1925 Sørreisa | 3.0 | 12 000 | 16 000 | 19 000 | 26 000 |
| 1926 Dyrøy | 3.5 | 11 000 | 15 000 | 18 000 | 25 000 |
| 1927 Tranøy | 3.5 | 10 000 | 14 000 | 17 000 | 24 000 |
| 1928 Torsken | 3.5 | 8 000 | 11 000 | 14 000 | 20 000 |
| 1929 Berg | 3.5 | 10 000 | 13 000 | 16 000 | 21 000 |
| 1931 Lenvik | 3.5 | 11 000 | 15 000 | 18 000 | 25 000 |
| 1933 Balsfjord | 3.0 | 15 000 | 18 000 | 22 000 | 29 000 |
| 1936 Karlsøy | 4.0 | 8 000 | 11 000 | 15 000 | 19 000 |
| 1938 Lyngen | 3.0 | 17 000 | 21 000 | 25 000 | 31 000 |
| 1939 Storfjord | 2.0 | 23 000 | 26 000 | 30 000 | 42 000 |
| 1940 Kåfjord | 2.0 | 23 000 | 26 000 | 30 000 | 42 000 |
| 1941 Skjervøy | 3.5 | 10 000 | 14 000 | 19 000 | 24 000 |
| 1942 Nordreisa | 2.0 | 23 000 | 26 000 | 30 000 | 42 000 |
| 1943 Kvænangen | 2.0 | 25 000 | 28 000 | 32 000 | 44 000 |
| 20 FINNMARK | | | | | |
| 2001 Hammerfest | 2.0 | 15 000 | 18 000 | 21 000 | 32 000 |
| 2002 Vardø | 1.0 | 17 000 | 23 000 | 26 000 | 33 000 |
| 2003 Vadsø | 1.0 | 18 000 | 25 000 | 29 000 | 37 000 |
| 2011 Kautokeino | -2.0 | 51 000 | 56 000 | 65 000 | 76 000 |
| 2012 Alta | 1.5 | 25 000 | 28 000 | 32 000 | 44 000 |
| 2014 Loppa | 2.5 | 10 000 | 13 000 | 16 000 | 27 000 |
| 2015 Hasvik | 3.0 | 8 000 | 11 000 | 14 000 | 25 000 |
| 2016 Serøysund | 3.0 | 9 000 | 12 000 | 15 000 | 26 000 |
| 2017 Kvalsund | 2.0 | 18 000 | 21 000 | 26 000 | 37 000 |
| 2018 Måsoy | 2.0 | 13 000 | 16 000 | 20 000 | 30 000 |
| 2019 Nordkapp | 2.5 | 12 000 | 15 000 | 19 000 | 29 000 |
| 2020 Porsanger | 1.5 | 30 000 | 33 000 | 37 000 | 49 000 |
| 2021 Karasjok | -1.5 | 52 000 | 57 000 | 69 000 | 78 000 |
| 2022 Lebesby | 1.5 | 25 000 | 28 000 | 33 000 | 44 000 |
| 2023 Gamvik | 1.5 | 17 000 | 20 000 | 24 000 | 34 000 |
| 2024 Berlevåg | 1.5 | 18 000 | 24 000 | 28 000 | 35 000 |
| 2025 Tana | 0.5 | 30 000 | 33 000 | 38 000 | 49 000 |
| 2027 Nesseby | 1.0 | 30 000 | 35 000 | 40 000 | 49 000 |
| 2028 Båtsfjord | 1.0 | 18 000 | 25 000 | 28 000 | 36 000 |
| 2030 Sør-Varanger | 0.5 | 31 000 | 35 000 | 43 000 | 50 000 |

TABELL 5.

Årsmiddeltemperatur og frostmengdene F₂, F₅, F₁₀ og F₁₀₀ i landets kommuner.

Det klimatiske grunnlaget for kommunetabellen er den statistiske undersøkelsen av dimensjonerende frostmengder ved 69 værstasjoner (TABELL 3 s. 384), og årsmiddeltemperatur og normal frostmengde ved 360 værstasjoner i perioden 1931-60.

θ_m : årsmiddeltemperatur
F₂ : frostmengden overskrides 1 gang i 2 års perioden
F₅ : frostmengden overskrides 1 gang i 5 års perioden
F₁₀ : frostmengden overskrides 1 gang i 10 års perioden
F₁₀₀ : frostmengden overskrides 1 gang i 100 års perioden.