

0 Generelt

01 Innhold

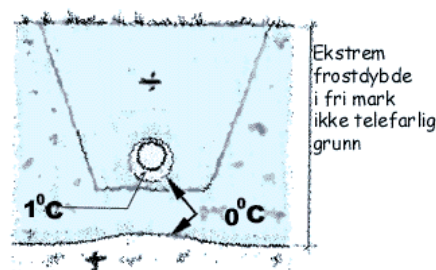
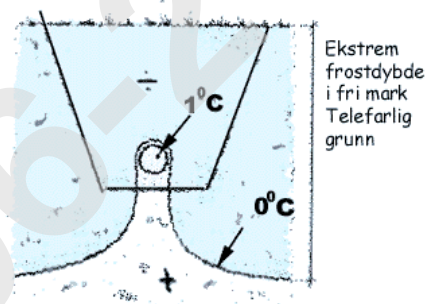
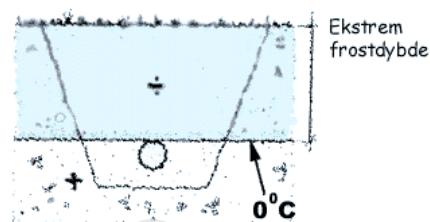
Dette bladet behandler frostsikring av vann- og avløpsledninger som ligger i frostsonen. Fordi det ikke forutsettes bruk av varmeisolasjon, er det egenvarmen, på grunn av vannføringen i ledningen, som besørger frostsikringen.

02 Frostsikring

Ved tradisjonell frostsikring legges vann- og avløpsledningene i såkalt frostsikker dybde. Denne dybden er basert på erfaringer, eller det brukes dimensjonerende frostdybde i sand og grus, som kan avleses i tabeller i Byggdetaljer G 451.021. Frostdybden er sterkt varierende innen ett og samme område. Med mindre man velger en relativt ekstrem leggedybde, det er vanskelig å unngå at ledningene stedvis blir liggende i frostsonen. Det behøver nødvendigvis ikke bety at frostfaren er overhengende, men at ledningene under uheldige omstendigheter kan fryse, gjerne ved en kombinasjon av sterk kulde og lengre driftstans. For større hovedledninger med relativt kontinuerlig vannføring kan man bevisst legge ledningene betydelig over frostgrensen uten at dette medfører noen større frostfare. Det gjøres også i praksis. Det er vanlig å legge hovedledninger noe grunnere enn dimensjonerende frostdybde i aktuelle masser. Da er det imidlertid viktig å kjenne nødvendige forutsetninger som må være oppfylt for at ledninger som stedvis ligger i frostsonen, skal være frostfrie slik at man unngår problemer med frost.

03 Henvisninger

- G 451.021 Data for frostsikring. Tabeller
- A 515.004 Lett kommunalteknikk. Hovedprinsipper
- A 515.008 Frostsikring av VA-ledninger. Frosttekniske grunnlagsdata
- A 515.012 Frostsikring av VA-ledninger med isolasjonsplater. Dimensjonering
- A 515.021 Hovedledninger for vann og avløp. Kostnadsbesparende framføring, forenklet frostdimensjonering
- A 515.034 Rasjonell utførelse av sekundær-/stikkledninger for vann og avløp. Forenklet frostdimensjonering
- A 515.071 Rør, ventiler og kummer for grunne vann- og avløpsledninger i fellesgrøfter



1 Frostdimensjonering

11 Innfrysingsforløp i en vannledning

Vannledninger som ligger i frostsonen, vil etter en tid fryse hvis vannstrømmen opphører. Tiden det tar før ledningen er frosset, avhenger av rørmaterialet, rørdimensjonen, jordtemperaturen, vanntemperaturen og om det brukes isolasjon. Innfrysingsforløpet i en vannledning er vist i fig. 11 a.

Som regel får man en underkjøling av vannet i røret før det dannes is. I den perioden vanntemperaturen ligger under frysepunktet, er vannet i en ustabil tilstand. Det kan plutselig dannes isnåler som kan blokkere hele eller deler av tverrsnittet. Vanntemperaturen stiger da samtidig til frysepunktet. Ved videre avkjøling av røret vil det foregå en ringformet is-

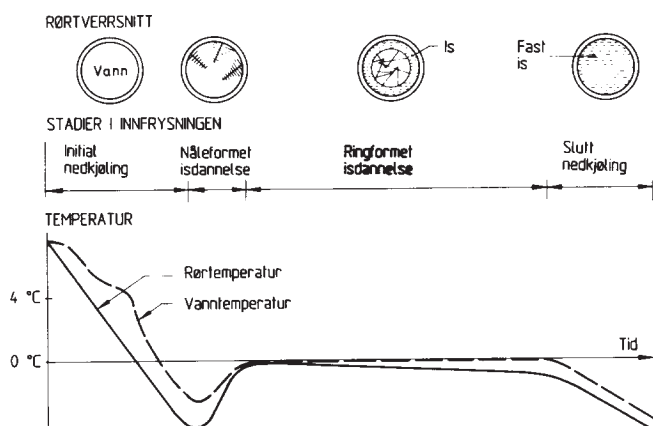


Fig. 11 a
Innfrysingsforløp i en vannledning

dannelse hvis varmetapet fra røret er tilnærmet likt over hele rørets omkrets. Vanligvis vil isdannelsen starte på spesielt frostutsatte steder, såkalte kuldebroer i ledningsnett. Dette kan være ved snørødde vegpasseringer, fjellskjæringer, uheldige kumløsninger osv. Vanntrykket vil normalt kunne bryte i stykker isnålene hvis de bare fins over en mindre del av ledningsstrekningen. Under disse forholdene er det den ringformede isdannelsen som bestemmer hvor lang driftsstans ledningen tåler. En ringformet isdannelse i røret isolerer ikke vesentlig fordi is ved 0 °C har relativt høy varmeledningsevne (2,2 W/mK). En vannledning med rørskålisolasjon har mindre varmetap enn en uisolert ledning og vil derfor i visse tilfeller tåle en lengre periode med driftsstans uten at det oppstår frostproblemer. På grunn av langsom avkjøling kan imidlertid en isolert ledning få noe større underkjøling. Det fører igjen til at det dannes mer isnåler når vannet først fryser. Man kan da risikere at vanntrykket ikke klarer å rense røret for isnåler. Dette kan skape driftsproblemer selv om bare mindre deler av rørtverrsnittet er frosset.

Et annet forhold er at en uisolert ledning, på grunn av egenvarmen under drift, vil kunne holde jordsmonnet rundt røret frostfritt. Det gjør at ledningsnettets totale varmekapasitet øker, utover varmekapasiteten til vannet i selve vannledningen. Også dette gjør røret bedre i stand til å tåle driftsstans. Man har derfor ingen garanti for at rør i grunnen med en rørskålisolasjon tåler lengre perioder med driftsstans enn uisolerte ledninger. Rørledninger som er isolert med rørskåler, er av den grunn ofte forsynt med elektriske varmekabler som kan settes på når vannet er kjølt ned mot frysepunktet. En effektiv måte å øke frostsikkerheten på og rørets evne til å tåle driftsstans er å legge en horisontal isolasjonsplate over ledningene, se Byggetaljer A 515.012.

12 Tillatt driftsstans

Rent generelt må det kreves at en vannledning kan tåle en viss periode med driftsstans uten å fryse. Hvis frostsikringen er basert på egenvarme fra vannledningen i drift, og at den automatisk tømmes ved driftsstans, som f.eks. en spillvannsledning, vil kravet til at ledningen skal tåle driftsstans uten videre

være oppfylt. Ved å anlegge ringledninger vil vannet alltid være i en viss bevegelse, og det er stort sett bare ved reparasjoner det er nødvendig å stoppe vannstrømmen. En hovedvannledning bør kunne tåle å stå avstengt f.eks. 15 – 20 timer under dimensjonerende forhold, uten å fryse. For mindre vannledninger som er en del av et ringnett, er det tilstrekkelig om ledningene tåler en driftsstans på 5 – 8 timer. Stikkledninger inn til enkeltboliger må kunne tåle driftsstans i flere døgn. Det betyr i praksis at disse vannledningene må få tilført varme fra andre varmekilder, se Byggetaljer A 515.008.

Figur 12 gir en indikasjon på hvor lang driftsstans i timer som en frostutsatt vannledning kan tåle, avhengig av ledningens varmetap. Det er forutsatt at 10 % av rørtverrsnittet kan fryse igjen uten at ledningens kapasitet reduseres for meget. Det er også forutsatt at vanntemperaturen i røret før driftsstansen og omfyllingsmassene rundt røret, er nær frysepunktet, og at vanntrykket er tilstrekkelig til å fjerne isdannelsen som oppstår på grunn av underkjølingen. I praksis betyr det at røret bare er frostutsatt over en relativt kort strekning.

Disse forutsetningene er forholdsvis strenge for større ledninger (≥ 150 mm) uten isolasjon. Her vil massene som ligger nær ledningen, normalt være frostfrie når ledningen er i drift. Derimot er de mer dekkende for mindre uisolerte ledninger og ledninger med rørskålisolasjon.

Hvis det kreves at en vannledning må tåle å stå avstengt i f.eks. 20 timer, framgår det av fig. 12 at dette er vanskelig å oppnå for rør med innvendig diameter mindre enn 100 mm. For å være sikker på at vannrøret med innvendig diameter 100 mm skal tåle en driftsstansperiode på 20 timer, bør røret ikke ha større varmetap enn ca. 4,0 W/m. Et tilsvarende 200 mm vannrør vil kunne tåle et varmetap på ca. 15 W/m. Generelt er det derfor en fordel at man har et større varmemagasin til rådighet enn bare vannet i vannledningen. Dette varmemagasinet, f. eks. massene rundt røret, kan lades opp i perioder med stor vannføring. Størst frostsikkerhet ved driftsstans oppnås når vann- og avløpsledningen legges ved siden av hverandre og omgis av materialer som kan magasinere varme.

Avløpsledningen tilføres i perioder store varmemengder. Noe av dette varmeoverskuddet kan overføres til omgivelsene. Mindre vannrør som legges i fellesgrøft med spillvannsledningen, kan dermed tåle lengre perioder med driftsstans uten frostfare, enn avlest i fig. 12.

For hovedledninger er det enkelt å oppnå tilfredsstillende frostsikkerhet selv om ledningen legges betydelig høyere enn frostgrensen, dersom det tillates et varmetap fra vannledningen på 5 – 10 W/m, se Byggetaljer A 515.021. Med et varmetap på 5,0 W/m framgår det av fig. 12 at en hovedvannledning med innvendig diameter 150 mm tåler en driftsstans på minst 1 ½ døgn. Hvis eventuelle reparasjoner krever lengre tid, må vannledningen tømmes i de frostutsatte strekningene.

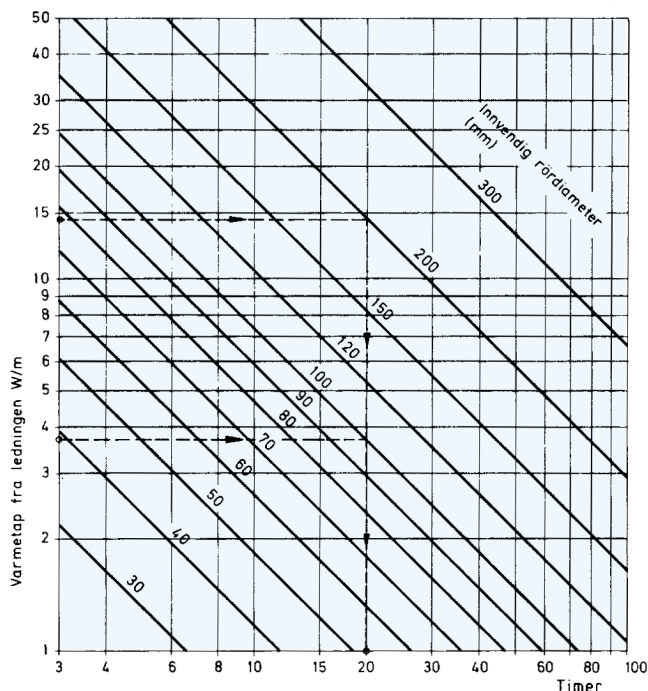


Fig. 12

Lengste driftstans i timer når det tillates at 10 % av røtvernsnittet fryser igjen

13 Vannledning i frostsonen uten isolasjon

131 Ikke telefarlige masser. Når ledningene legges med mindre overdekning enn dimensjonerende frostdybde i ikke telefarlig grunn, er det tilstrekkelig å hindre frost i ledningene. Det er ikke nødvendig at massene under ledningene skal være frostfrie selv om det kan være ønskelig for å øke ledningenes evne til å tåle driftstans. For hovedvann- og avløpsledninger med stor varmeavgivelse, vil som regel massen under rørene være frostfri.

Hvis ledningene ligger betydelig over frostgrensen, kan også hovedledninger under ekstreme temperaturforhold være helt omsluttet av frosne masser. Det medfører igjen at ledningene bare tåler en relativt kort driftstans før de fryser.

Generelt tåler uisolerte vannrør en relativt beskjeden reduksjon i leggedybden i relasjon til dimensjonerende frostdybde. Erfaringer viser at man ofte velger en leggedybde for hovedledningene som er 10 – 20 % mindre enn dimensjonerende frostdybde i sand og grus.

Figur 131 a og b angir den varmemengden i W/m som må tilføres kontinuerlig til en uisolert vannledning som ligger i frostsonen i ikke telefarlig grunn.

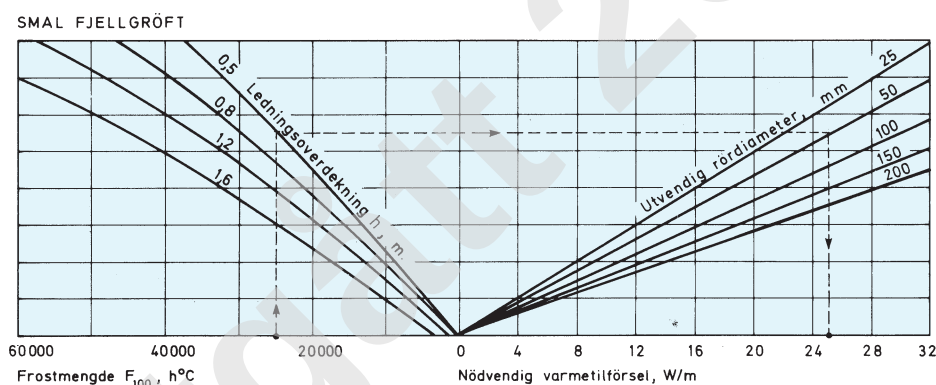


Fig. 131 a

Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre en uisolert vannledning. Vannledningen ligger grunt i en smal fjellgrøft og har en overdekning på henholdsvis 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m.

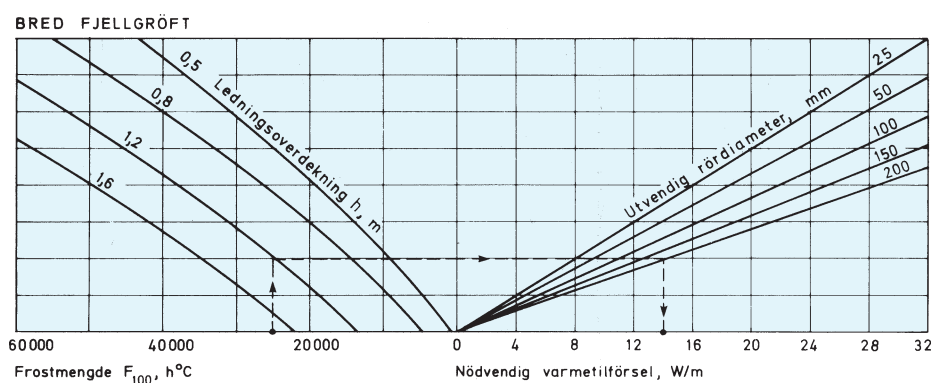
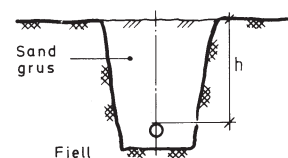
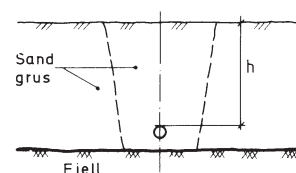


Fig. 131 b

Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre en uisolert vannledning. Vannledningen ligger i løsmasser over fjellgrunn og har en overdekning på henholdsvis 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m.



Denne varmemengden kan avgis internt fra vannledningen ved egenvarme, se Byggdetaljer A 515.008, eller tilføres eksternt ved hjelp av elektriske varmekabler, fortrinnsvis lagt inne i ledningen. Det er skilt mellom en smal fjellgrøft med fjell på begge grøftesider og en noe bredere fjellgrøft eller grøft i løsmasser over fjellgrunn. Forskjellen i jordtemperaturer i en smal og en bred fjellgrøft gir størst utslag når ledningene legges i større dybde enn minimumsdybden på ca. 0,5 m. Jordtemperaturene i de øvre jordlag er avhengig av overflatens beskaffenhet, om det er asfalt, vegetasjonsdekke, snødekke osv. I fig. 131 a og b er det forutsatt en grusoverflate uten snødekke. I en snøfri asfalterte overflate kan jordtemperaturene bli noe lavere, se Byggdetaljer A 515.008.

Diagrammene viser at vannledningen, selv med små frostbelastninger og reduksjoner i leggedybden, må avgi betydelige varmemengder for at den skal være frostfri. Det er derfor bare større vannledninger med relativt jevn vannføring som tåler å ligge uisolert i frostsonen. Spillvannsledninger er vanligvis ikke frostsatt, selv med en meget beskjeden overdekning.

Eksempel:

Med en frostmengde på 25 000 h°C (F_{100} , Oslo-klima) kreves det et varmetilskudd på 23 – 25 W/m, se fig. 131 a og b, avhengig av grøftbredden, for å holde en vannledning med utvendig diameter 50 mm frostfri. Overdekningen er 0,5 m. Skal dette oppnås ved vanntapping alene, krever det en relativt stor gjennomsnittlig vannføring, sett i boligsammenheng, se Byggdetaljer A 515.008. Hvis man tillater 2,0 °C avkjøling av vannet i vannledningen over et rørstrekk på 50 m, må gjennomsnittlig vannføring være 0,14 l/s. Med slikt varmetap tåler ikke vannledningen driftstans av noen varighet. Ledningen må derfor tømmes når den ikke er i bruk.

Hvis man derimot for samme klimaforhold har en hovedvannledning med utvendig diameter 200 mm og reduserer overdekningen fra 1,8 m til 1,2 m, vil nødvendig varmetilskudd være 14 W/m. Det er da forutsatt at ledningen ligger i løsmasser over fjell, se fig. 131 b. Dette svarer til en gjennomsnittlig vannføring på 0,8 l/s når rørstrekket, der ledningen har redusert overdekning, er 500 m, og det tillates en avkjøling av vannet på 2,0 °C, se Byggdetaljer A 515.008. Denne ledningen vil kunne tåle en driftstans på ca. et døgn uten at det er fare for frost. Det viser at man løper en relativt liten risiko for frost ved å redusere leggedybden for denne vannledningen fra 1,8 m til 1,2 m. Fjellsprengning kan kanskje helt forhindres.

I eksemplet har vi som utgangspunkt brukt dimensjonerende frostmengde for Oslo. Hvis vi bruker den frostmengden som statistisk sett inntreffer i Oslo én gang i en tiårsperiode (F_{10}), vil frostmengden reduseres til 17 000 h°C. Denne frostmengden vil man også ha hvis ledningen ligger i snødekket terreng med gjennomsnittlig snødybde i frostperioden på ca. 150 mm. Nødvendig varmetilførsel reduseres dermed til 4,0 W/m, se Byggdetaljer A 515.008. Med et slikt

varmetap kan ledningen stå uten vannføring i ca. tre døgn uten frostfare. Hvis man ønsker ytterligere sikkerhet mot frost, kan man legge en horisontal isolasjonsplate over ledningen. En isolasjonsplate med bredde 0,6 m og tykkelse 50 mm gir i dette tilfellet ledningen en nær absolutt frostsikkerhet, se Byggdetaljer A 515.012.

- 132 *Telefarlige masser.* Det kan være flere årsaker til at man ønsker å legge ledningsnett over frostgrensen i telefarlig grunn. F.eks. kan det være nødvendig å forbedre fallforholdene for spillvannsledningen eller hindre at ledningene blir liggende under grunnvannstanden. Når vannledningen skal legges over frostgrensen i telefarlig grunn, må det, i tillegg til å sikre vannledningen mot frost, kreves at massen under ledningen skal være ufrosset. For å oppnå dette må vannledningen avgi noe større varmemengde enn det som er nødvendig for å sikre vannledningen mot frost. Av fig. 132 a og b kan man bestemme den varmen som da må avgis fra en vannledning for å sikre frostfrie masser under røret.

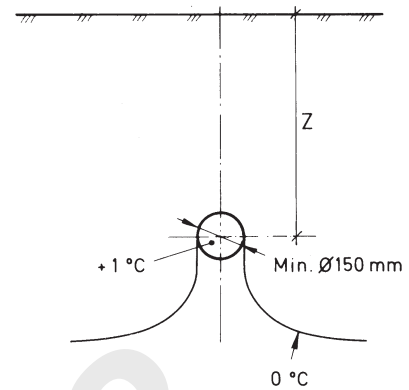
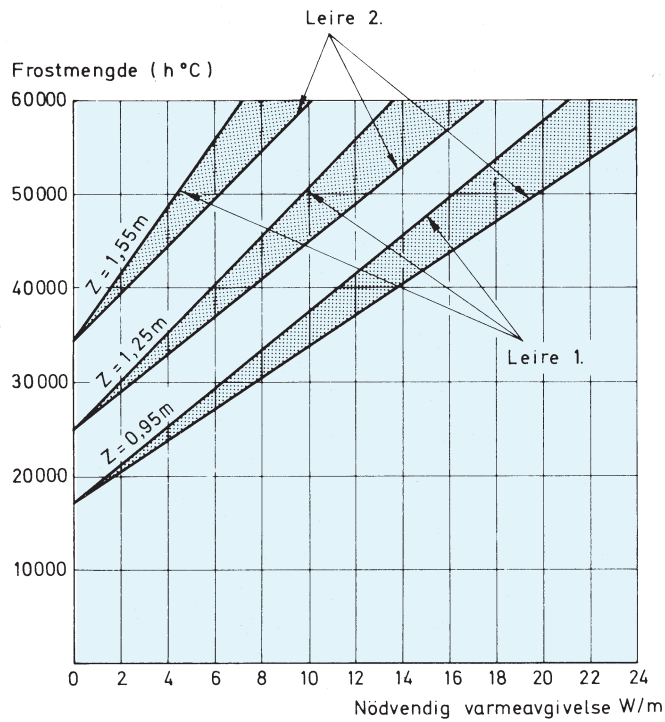
Varmetapet fra en uisolert vannledning i grunnen er avhengig av jordtemperaturen på rørets nivå, som igjen er bestemt bl.a. av klima og grunnmaterialenes varmeledningsevne. Også omfyllingsmassene har betydning for varmetapet. I diagrammene er det forutsatt brukt stedlige masser i grøftene. Hvis det er brukt finpukk som omfylling for vannledningen, gir dette noe lavere varmetap fra ledningen.

I fig. 132 a er det angitt to typer leire: en tørrskorpeleire og en vannmettet leire med høy varmeledningsevne i frosset tilstand. Figur 132 b kan benyttes for meget telefarlige, siltige materialer. Det karakteristiske for siltmaterialer er relativt høy varmeledningsevne i frosset tilstand. For å sikre at massen under vannledningen er ufrosset, er det forutsatt en minste utvendig rørdimensjon på 150 mm. Det er også forutsatt at vanntemperaturen for denne rørdimensjonen ikke må være lavere enn 1,0 °C. For større rørdimensjoner er det tilstrekkelig med en laveste vanntemperatur på 0,5 °C.

Diagrammene gjelder også for spillvannsledninger med relativt kontinuerlig vannføring. Slike ledninger er ikke helt vannfylte, men vanntemperaturen vil være betydelig høyere.

Spillvannsledninger med lange driftstans eller vannledninger med rørskålisolasjon sikres mot skadelig telehiv ved å legge horisontal isolasjon over ledningene, se Byggdetaljer A 515.012.

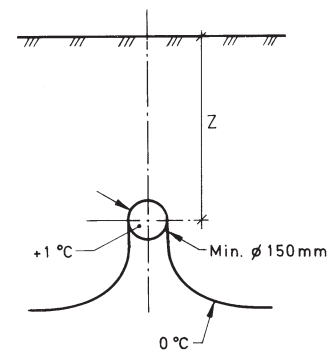
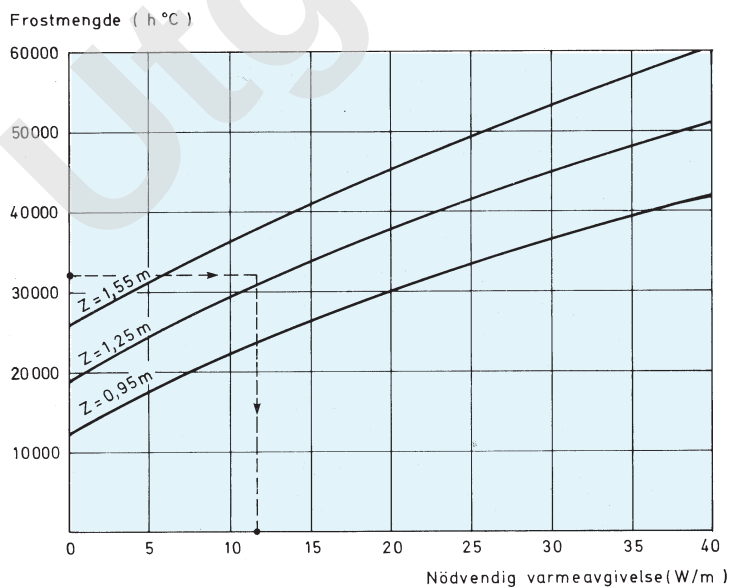
Det framgår av diagrammene at siltige masser i grunnen kreve mer varme fra ledningene enn leire for å sikre frostfrihet under ledningene. Årsaken er at siltmasser har høyere varmeledningsevne, spesielt i frosset tilstand. Siltige masser er også betydelig mer telefarlige enn leire, se Byggdetaljer A 515.008.



	ρ_d	w	λ_U	λ_F
	kg/m ³	vekt %	W/mK	
Leire 1. (tørrskorpe)	1500	20	1,3	1,6
Leire 2. (vannmettet)	1500	30	1,5	2,2

Fig. 132 a

Uisolert hovedvannledning i telefarlig leire. For å sikre frostfrie masser under røret bør rørdiameteren være minst 150 mm.



	ρ_d	w	λ_U	λ_F
	kg/m ³	vekt %	W/mK	
Grunnmaterialer.				
Silt	1500	20	1,6	2,8

Fig. 132 b

Uisolert hovedvannledning i telefarlig silt. For å sikre frostfrie masser under røret bør rørdiameterne ikke være mindre enn 150 mm.

Eksempel:

En 200 mm hovedvannledning skal passere et område med siltig finsand der grunnvannstanden i gjennomsnitt over året er 1,3 m. Man ønsker derfor å begrense ledningens overdekning til ca. 1,2 m. Området ligger i Ullensaker kommune med dimensjonerende frostmengde $F_{100} = 32\,000\text{ h}^\circ\text{C}$. Spørsmålet er om ledningen med akseptabel frostsikkerhet kan legges med denne overdekningen uten bruk av isolasjon.

Frostdybden i sand og grus kan avleses til 2,1 m i tabeller i Byggetal G 451.021. I siltige materialer reduseres frostdybden med en faktor på 0,85 til 1,8 m, se Byggetal A 515.008. Av fig. 132 b framgår det at nødvendig varmeavgivelse fra vannledningen er ca. 12 W/m. En 200 mm vannledning vil med dette varmetapet kunne tåle en driftsstans på ca. et døgn, se fig. 12. Hvis rørstrekket som er frostsatt, har en lengde på 200 m og det tillates en avkjøling på 1,0 °C over rørstrekket, vil dette kreve en gjennomsnittlig vannstrømning på 0,6 l/s, bestemt av (1) eller avlest fra diagram i fig. 32 b i Byggetal A 515.008.

$$v = q \cdot \frac{L}{c \cdot \Delta t} \quad (1)$$

v = gjennomsnittlig vannføring i varmerøret,
kg/s = l/s

q = varmeavgivelse fra røret, W/m

c = vannets spesifikke varmekapasitet = 4,2 kJ/kgK
= $4,2 \cdot 10^3\text{ Ws/kg } ^\circ\text{C}$

L = rørlengden, m

Δt = tillatt temperaturfall, °C

$$v = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \frac{200\text{m}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{Ws}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 1^\circ\text{C}} \approx 0,6\text{ l/s}$$

Dette burde i de fleste tilfeller kunne gi en tilfredsstillende frostsikring. Hvis vannledningen blir lagt i snødekket mark, kan frostsikkerheten økes vesentlig. Med et snødekke på 100 mm kan dimensjonerende frostmengde reduseres til $32\,000\text{ h}^\circ\text{C} \cdot 0,8 = 26\,000\text{ h}^\circ\text{C}$, se Byggetal A 515.008. Med denne frostmengden reduseres nødvendig varmeavgivelse fra vannrøret til ca. 5,0 W/m, se fig. 132 b. Røret kan da tåle en driftsstans på ca. 2 1/2 døgn, se fig. 12.

2 Referanser

21 Forfatter og redaksjon

Bladet er skrevet av Per Gundersen. Saksbehandler har vært Jan Chr. Krohn. Redaksjonen ble avsluttet i september 1992.