



Ledninger i grunnen

Frostsikring av VA-ledninger med isolasjonsplater

Dimensjonering

Byggforskserien
Byggdetaljer
A 515.012
Høsten 1992

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler frostsikring av vann- og avløpsledninger ved hjelp av isolasjonsplater som legges over ledningene. Bladet gjør det mulig å bestemme nødvendig isolasjonsmengde når de frosttekniske grunnlagsdataene er kjent, se Byggdetaljer A 515.008.

02 Frostsikring

Både hovedledninger og mindre ledninger kan frostsikres ved å legge isolasjonsplater over ledningene. Når ledningene legges grunt i ikke telefarlige masser, er det tilstrekkelig å hindre frost i ledningene. I telefarlige masser må det i tillegg kreves at massen under ledningene skal være ufrosset. Dette er nødvendig for å unngå teleskader. Telehivning av ledningene kan føre til rørbrudd og driftsforstyrrelser for spillvannsledningen på grunn av motfall.

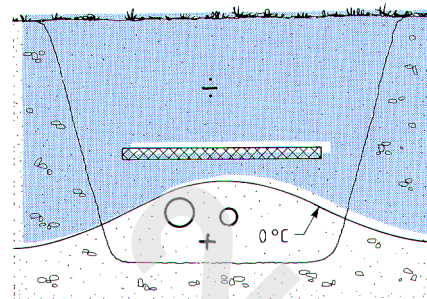
For ledninger med liten eller sterkt varierende vannføring, må jordvarmen stå for en vesentlig del av varmetilførselen til frostsikringen. Fordi jordvarmen er jevnt fordelt, krever det noe bredere isolasjon. For mindre ledninger begrenses derfor bruk av horisontal isolasjon til relativt mildt klima, eller når ledningene legges i telefarlige masser. Når jordvarmen spiller en vesentlig rolle for frostsikringen, vil massene under ledningene alltid være ufrosset. Det betyr at disse ledningene kan utsettes for lange perioder med driftsstans uten at det oppstår frostproblemer.

Nødvendig isolasjonsmengde (isolasjonsbredde og tykkelse) er avhengig av klimaforholdene, massene i grunnen og varmeavgivelsen fra ledningene. Grøftebredden kan reduseres ved å legge isolasjonen over og ned på begge sider av ledningene. Det er særlig aktuelt for større ledninger i ikke telefarlige masser og kan forhindre unødvendig fjellsprengning.

03 Henvisninger

Byggforskserien:

- G 451.021 Data for frostsikring. Tabeller
- A 515.004 Lett kommunalteknikk. Hovedprinsipper
- A 515.008 Frostsikring av VA-ledninger. Frosttekniske grunnlagsdata
- 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 Frostisolering

Tiltak som resulterer i redusert frostnedtrengning kaller man gjerne for frostisolering. Det vanlige er da å legge et varmeisolerende lag høyt i grunnen. Hvis isolasjonslaget er effektivt nok, vil det alene kunne forhindre at frosten trenger ned under isolasjonen, se fig. 11 a. For ikke å bruke for mye isolasjon tillates det vanligvis (f.eks. i veger) at frosten i kortere perioder med sterk kulde trenger noe ned i grus- eller pukklaget under isolasjonen. Dette frostlaget vil kunne tine opp i perioder med mildere klima uten at det oppstår problemer med telehiv. Ledninger som ligger grunt i frostisolerte veger, må derfor ha en grusoverdekning på 300 – 400 mm under isolasjonen som frostsikring.

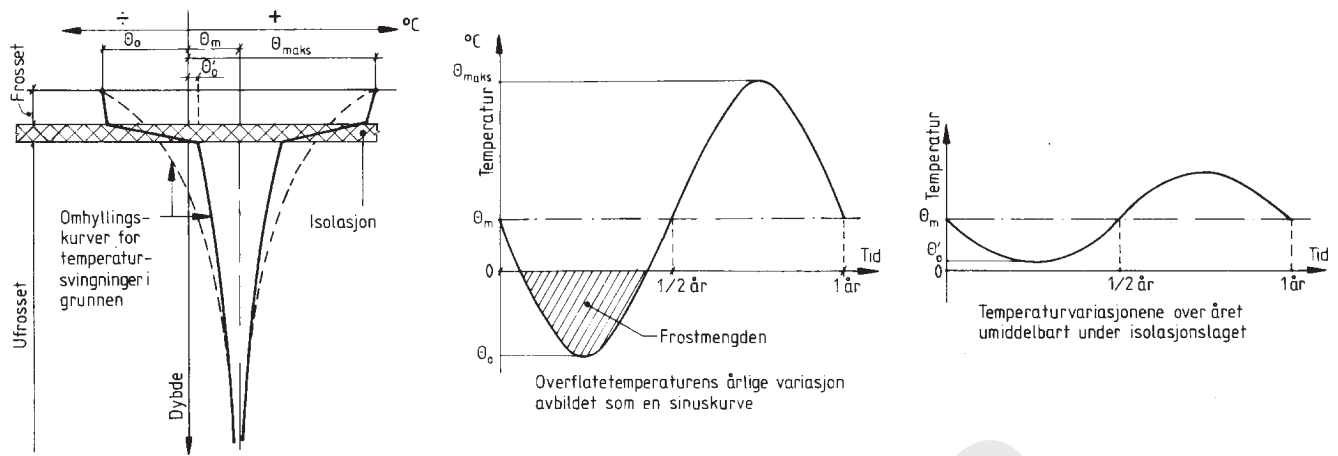
Figur 11 b viser frostnedtrengningen i isolert mark som funksjon av isolasjonens varmemotstand. Massene i grunnen består av sand og grus eller leire. Isolasjonen er lagt på eller like under overflaten, og det er forutsatt endimensjonale temperaturforhold. Tilnærmet endimensjonale temperaturforhold har man midt under et isolasjonslag, f.eks. snødekke som har en bredde på minst 3 – 4 m. For fuktbeskyttede mineralullplater (vintermatter) kan man regne med en varmeledningsevne på 0,036 W/mK, mens ekstrudert polystyren har en varmeledningsevne på 0,033 W/mK. For snødekke, se Byggdetaljer A 515.008. Isolasjonens varmemotstand, R, er:

$$R = d/\lambda \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

hvor

d = isolasjonstykkelsen (m)

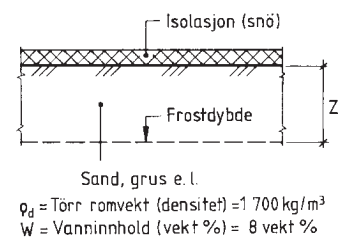
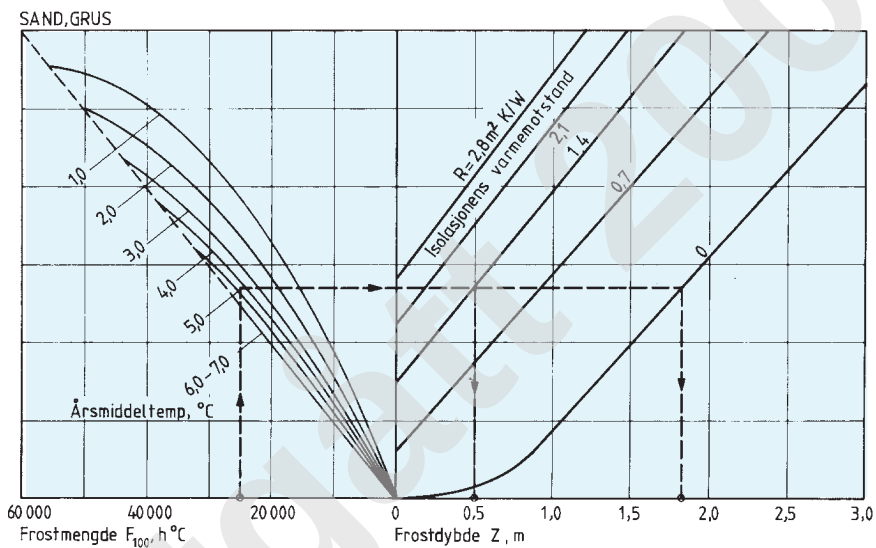
λ = isolasjonens varmeledningsevne (W/mK)



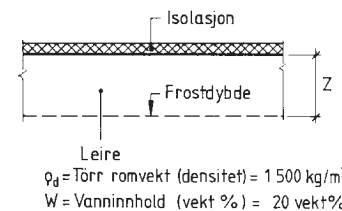
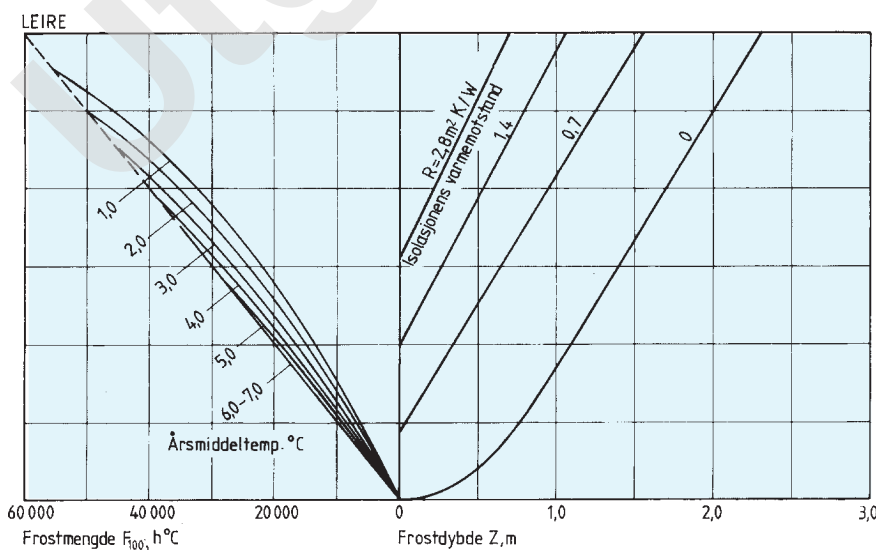
θ_m = Jordas årsmiddeltemperatur som tilnærmet kan settes lik med luftens årsmiddeltemperatur på stedet

Fig. 11 a

Omhyllingskurver for temperatursvingninger i grunnen, med og uten isolasjon. Isolasjonslaget demper temperatursvingningene i grunnen under isolasjonen, og hvis dette er tilstrekkelig effektivt, vil frosten forhindres i å trenge ned under isolasjonslaget.



Sand, grus e. l.
 ρ_d = Tørr romvekt (densitet) = 1 700 kg/m³
 W = Vanninnhold (vekt %) = 8 vekt %



Leire
 ρ_d = Tørr romvekt (densitet) = 1 500 kg/m³
 W = Vanninnhold (vekt %) = 20 vekt %

Fig. 11 b

Frostdetregning i isolert mark avhengig av isolasjonens varmemotstand, R. Grunnmaterialene er sand/grus eller leire, og temperaturforholdene er endimensjonale.

12 Rørgrøfter med og uten varmeavgivelse fra ledningene

Under endimensjonale temperaturforhold får man størst total reduksjon i frostdybden ved å plassere isolasjonen så høyt oppe i grunnen som mulig. I rene rørgrøfter der grøftebredden er begrenset, har man alltid todimensjonale temperaturforhold. Da lønner det seg å plassere isolasjonslaget noe dypere i grunnen. Man reduserer på den måten innfrysningen fra sidene og oppnår samtidig at varmetapet fra massene under isolasjonen blir mindre. Det skyldes at de fleste masser i grunnen har vesentlig høyere varmeledningsevne i frosset enn i ufrosset tilstand. Som regel kan isolasjonsmengden reduseres betydelig ved å øke bredden istedenfor tykkelsen på isolasjonslaget. Derimot vil grøftekostnadene øke med grøftebredden.

Istedenfor å øke bredden på isolasjonen og dermed også grøftebredden, kan isolasjonen trekkes ned på én eller begge sider av ledningene. Denne utførelsen er særlig effektiv for større VA-ledninger i ikke telefarlige masser.

Ved bruk av en horisontal isolasjonsplate i ledningsgrøfter besørger frostsikringen vanligvis ved en kombinasjon av jordvarme og varmeavgivelse fra VA-ledningene i drift. Varme fra VA-ledninger i drift er mer konsentrert enn jordvarmen og avgis nettopp der man har bruk for den. Å bestemme denne varmen

(se Byggdetaljer A 515.008) er en viktig faktor når det gjelder å begrense bredden på isolasjonen. Figur 12 a og b viser nødvendig isolasjonsbredde og tykkelse for å frostsikre VA-ledninger under et horisontalt isolasjonslag, avhengig av ledningsoverdekning, stedets frostmengde og VA-ledningenes varmeavgivelse.

I leirmasser er det som regel mest hensiktsmessig å bruke et horisontalt isolasjonslag over ledningene. Ved å bruke diagrammet for leire er man alltid sikret at massen under ledningene er ufrosset. Plasseringen av isolasjonslaget i grøfta vil være noe avhengig av hvor meget av varmetilførselen som kommer fra ledningene. Hvis isolasjonslaget er relativt smalt og følgelig bidraget fra jordvarmen lite, bør isolasjonen ligge nær ledningene. Ledningene bør alltid ha en overdekning på 0,1 – 0,2 m før man legger isolasjonen. Hvis jordvarmen er hovedvarmekilden, som betyr at isolasjonslaget er relativt bredt, kan isolasjonen plasseres høyere i grøfta. Isolasjonen bør ha en minste overdekning på 0,2 – 0,3 m.

Skal man sikre generelt at massen under ledningene er ufrosset også i ikke telefarlig mark, bør isolasjonslaget dimensjoneres slik at nødvendig varmetilskudd fra ledningene er 2 – 3 W/m. Frost under ledningene forhindres også hvis varmeavgivelsen fra ledningene er 50 % høyere enn de minimumsverdiene som avleses i fig. 12 a.

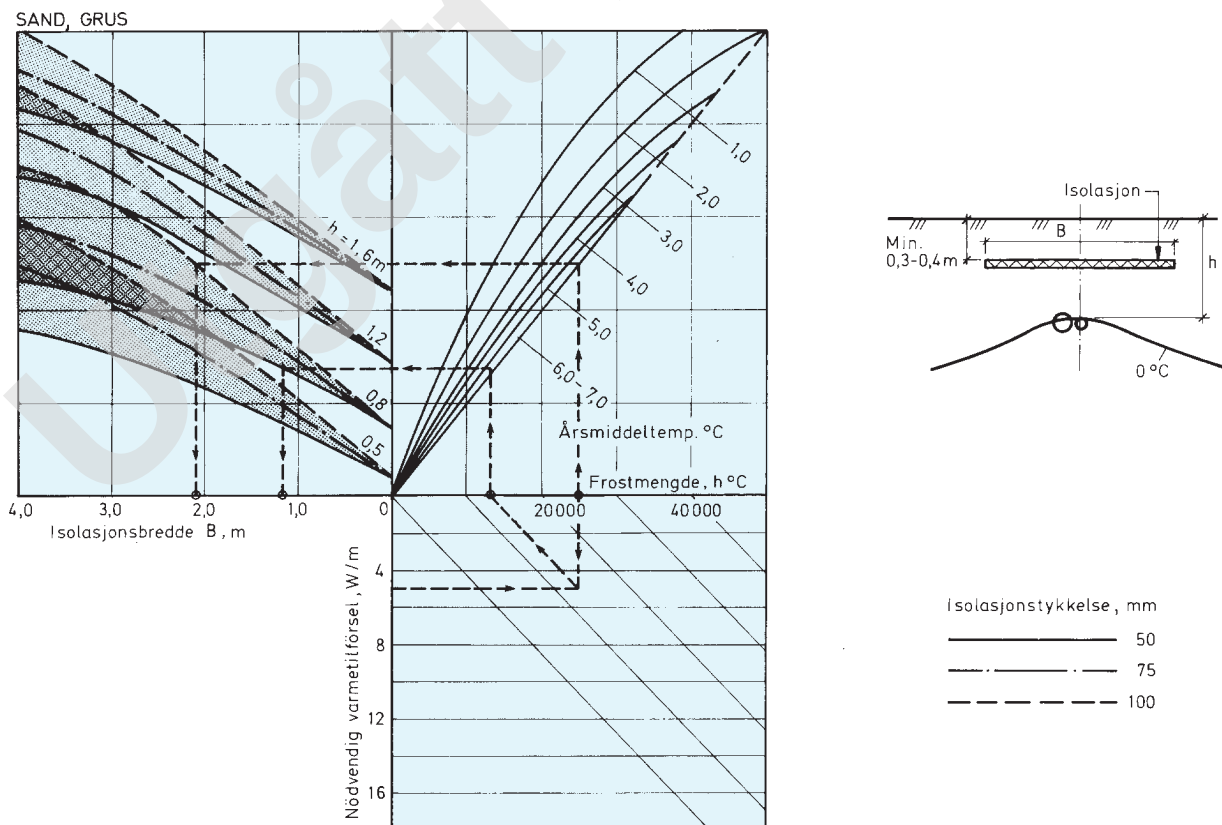


Fig. 12 a

Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger isolert med et horisontalt isolasjonslag (ekstrudert polystyren) med varierende bredde og tykkelse. Grunnmaterialene er sand og grus, og ledningsoverdekningen er hhv. 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m.

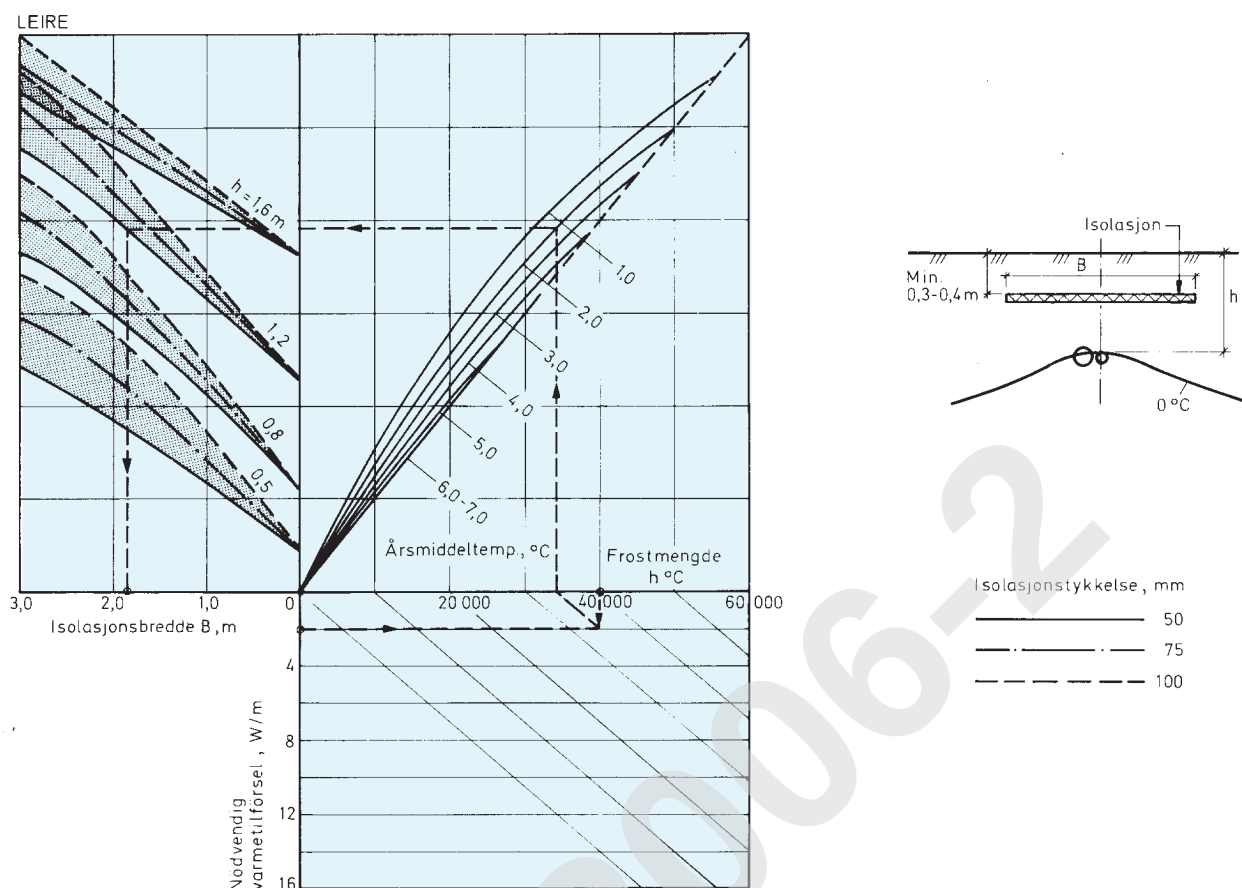


Fig. 12 b

Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger isolert med et horisontalt isolasjonslag (ekstrudert polystyren) med varierende bredde og tykkelse. Grunnmateriale er leire, og overdekningen er hhv. 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m.

Hovedledninger som har stor egenvarme på grunn av vannstrømmen i røret, kan generelt frostsikres ved å legge horisontale isolasjonsplater over ledningene. I fjellterreng kan man begrense grøftebredden ved å trekke isolasjonen ned på en eller begge sider av ledningene. Fordi det som regel er mer komplisert å legge isolasjonen på denne måten, kan det være hensiktsmessig å trekke isolasjonen ned på siden av rørene stedvis for å unngå bortsprenning av en fjellrabb i grøfta e.l., se fig. 12 c. Når man bruker finpukk i omfyllingen, som har relativt lav varmeledningsevne, er isolasjonsmengden omtrent den samme enten det brukes en horisontal plate eller isolasjonen trekkes ned på sidene av rørene, se fig. 12 d på side 5.

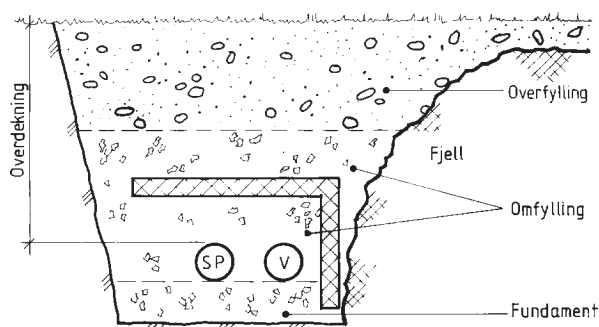


Fig. 12 c

Ved å trekke isolasjonen stedvis ned på én eller begge sider av VA-ledningene kan man unngå å sprengte bort bergrabber i grøftetraseen.

13 Dimensjoneringseksempel

131 Forutsetninger. Det skal legges 150 mm hovedvannsledning og 200 mm avløpsledning. For å unngå fjellsprengning begrenses overdekningen til 0,8 m. Grunnmassene over fjell er blandingsjord og steinholdig morene. Ledningene legges på samme fundament, og det skal brukes finpukk 8–12 mm i fundament og omfylling. Ledningene skal legges i Oppegård kommune der dimensjonerende frostmengde, F_{100} , er 25 000 h °C, årsmiddeltemperaturen er 5,5 °C og frostdybden i sand og grus er 1,8 m, se Byggetal G 451.021.

I byggeperioden, som vil strekke seg over to år, vil ledningen bare ha beskjedne vannføring før den tilknyttes et ringledningsnett. Under normale driftsforhold vil vannledningen ha en anslått midlere vannføring over døgnet på ca. 2,0 l/s. Laveste vanntemperatur i området er målt til 2,5 °C. Ledningsstrekket som er frostsatt, har en lengde på 1 000 m og ligger i det vesentlige i snøryddet mark.

132 Frostdimensjonering. Når man skal fastlegge nødvendig isolasjonsmengde, er det i dette tilfellet riktig å bruke diagrammet for sand og grusmasser, se fig. 12 a. Hvis man i første omgang ser bort fra at ledningene avgir varme til grunnen, må det etter fig. 12 a legges en isolasjonsplate over ledningene med bredde ca. 2,0 m og tykkelse 100 mm for å redusere frostnedtrengningen i grøfta fra 1,8 m til 0,8 m. Det vil da være jordvarmen som står for frostsikringen.

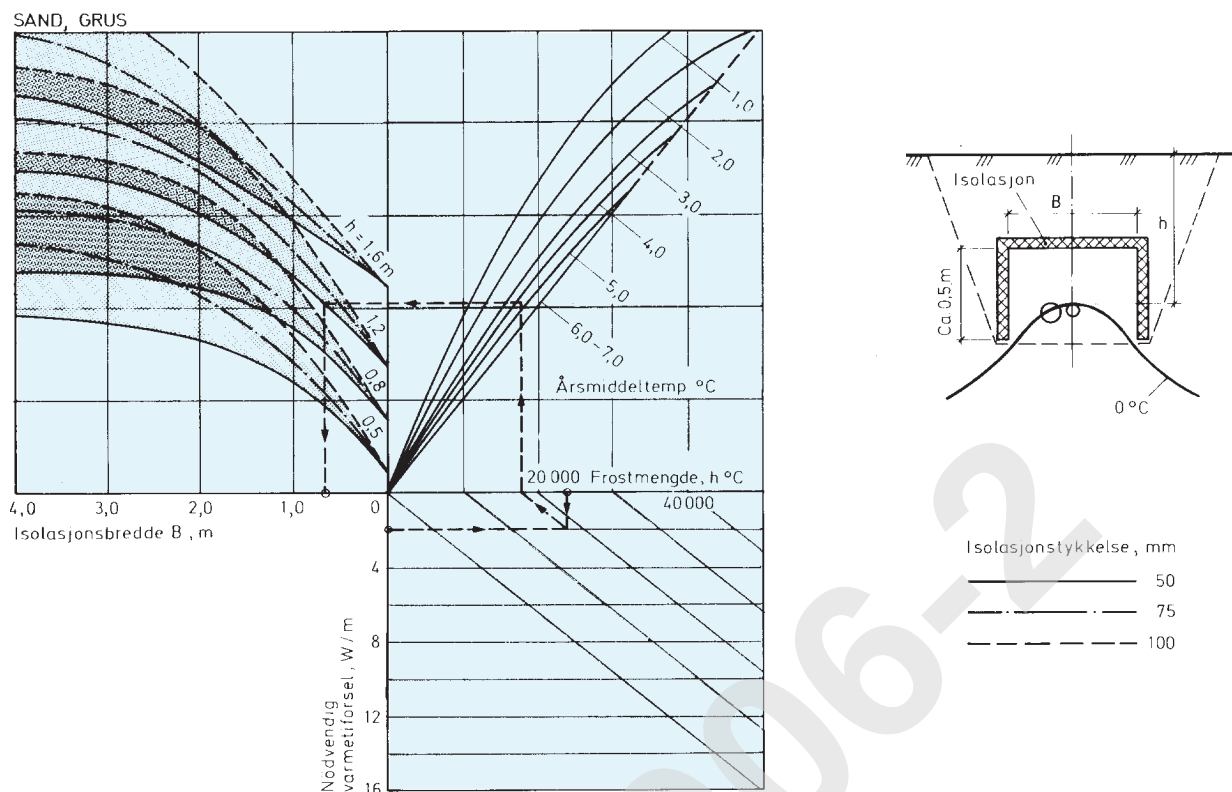


Fig. 12 d

Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger isolert med et isolasjonslag over og på begge sider av ledningene med varierende bredde og tykkelse. Grunnmaterialene er sand og grus, og ledningsoverdekningen er hhv. 0,5 m, 0,8 m, 1,2 m og 1,6 m.

Dette er en uakseptabel stor isolasjonsmengde. Hvis vi antar at vannledningen i gjennomsnitt kan avgi 5,0 W/m ved egenvarme fra vannstrømmen, kan tilstrekkelig isolasjonsbredde etter fig. 12 a reduseres til 1,2 m og tykkelse 50 mm. Dette er en mer akseptabel isolasjonsmengde som vil gi ledningene en meget god frostsikkerhet når ledningsnettsettes i ordinær drift.

Med en vannføring over døgnet på 2,0 l/s og temperatursenkning over rørstrekket på 1,0 °C kan vannledningen i gjennomsnitt over rørstrekket avgi ca. 8 W/m. Varmedavgivelsen fra vannledningen, q , kan bestemmes av (1) eller avleses fra diagram i fig. 32 b i Byggetal A 515.008.

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

$$q = 2,0 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1000} = 8,4 \text{ W/m}$$

q	= varmeavgivelse fra vannrøret	= W/m
v	= vannføring i vannrøret	= kg/s = l/s
c	= vannets spesifikke varmekapasitet	= 4,2 kJ/kgK = 4,2 · 10 ³ Ws/kg°C
L	= rørlengden	= m
Δt	= tillatt temperaturfall	= °C

Når ledningsnettet er i ordinær drift, kan man i tillegg regne med en tilsvarende varmeavgivelse fra spillvannsledningen.

Det framgår av diagram 12 a at en isolasjonsplate med bredde 1,2 m og tykkelse 50 mm vil tåle en frostmengde på ca. 13 000 h°C uten varmeavgivelse fra ledningene. En normalvinter i Oppegård kommune har en frostmengde på 8 000 h°C, se Byggetal G 451.021. Vannledningen har derfor en rimelig frostsikring også under anleggsperioden. Det er derfor i utgangspunktet ikke nødvendig å la vannet renne for å unngå frysing (frosttapping) med mindre vinteren viser seg å bli vesentlig kaldere enn normalt. Ved frosttapping kan vannmengden reduseres til et minimum hvis man tillater at vannet kjøles ned mot frysepunktet. Dette kan kontrolleres f.eks. ved å måle temperaturen på vannet som tappes fra vannledningen. Vannet kan tilføres pukklaget under ledningene som er ufrosset, og ikke spillvannsledningen hvis det i anleggsfasen utgjør den eneste vannføringen i ledningen.

Ved å tillate at vannet kjøles ned mot frysepunktet (2,5 °C) vil det være tilstrekkelig med en gjennomsnittlig vannføring på 0,5 l/s (1). Som regel er det bare nødvendig med en beskjeden vanntapping når man har total driftsstans i en lengre periode.

Vi har i eksemplet forutsatt at ledningen over hele ledningsstrekket ligger i snøryddet mark. Hvis dette ikke er tilfellet, bør man under dimensjoneringen bare

ta med den rørstrekningen som er frostsatt eller vurdere om man i stedet for maksimal frostmengde F_{100} kan bruke F_{10} eller F_5 . I Oppegård kommune er det henholdsvis 21 000 h°C og 15 000 h°C. Vannledningens frostsikkerhet økes betydelig når ledningene passerer snødekte områder, se Byggdetaljer A 515.008.

Når nødvendig isolasjonsbredde bare er 1,2 m, vil man ikke oppnå noen fordeler ved å redusere isolasjonsbredden ved å trekke isolasjonen ned på siden av ledningene. Dette er bare hensiktsmessig ved større frostmengder der det kreves bredere isolasjon enn 1,2 m, eller i smale fjellgrøfter, f.eks. i fjellskjæringer der man ønsker å unngå fjellsprenning.

2 Utførelse

21 Generelt

Da varmeisolasjonsmaterialer brukes for å oppnå stor varmeledningsmotstand med lite materialbruk, er det viktig å være nøye med utførelsen. Unøyaktigheter i utleggingen av isolasjonsplatene eller utilstrekkelig isolasjon ved kumpunkter, avgreninger osv., kan føre til kuldebroer som reduserer anleggets evne til å tåle driftsstans.

22 Legging av isolasjonsplater

Det er viktig med en god tilpassing mellom isolasjonsplatene. Dette betyr at det er nødvendig å skråskjære platene ved retningsendringer. Spalteåpningen mellom platene bør ikke overskride 1 – 2 mm, se fig. 22 a. For å oppnå dette må platene legges på et avrettet pukklunderlag.

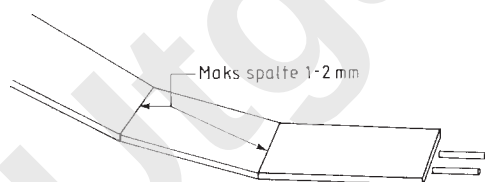


Fig. 22 a
En maksimal utnyttelse av isolasjonsplatenes isolasjonsevne forutsetter god tilpassing mellom platene.

Overdekningen på isolasjonen bør ikke være mindre enn 300 mm i områder med trafikklast. I frimark kan overdekning i spesielle tilfeller reduseres til 200 mm. Det forutsettes da at isolasjonen ikke ligger på steder der den kan skades ved graving e.l. Over isolasjonen er det vanlig med et pukklag på ca. 100 mm før man legger overfyllingen som kan være stedlige masser. Hvis grøfta tjener som magasin og vannveg for overvannet, bør det legges en fiberduk over pukklaget. Avstanden mellom topp vannrør og isolasjonen bør være minst 100 mm, se fig. 22 b. Dette er viktig for å

kunne tillate noe gjennomfrysning av isolasjonen før frosten når vannledningen. Massen under isolasjonen og over ledningene vil da virke som en ekstra buffert som vil bidra til å øke ledningenes evne til å tåle driftsstans.

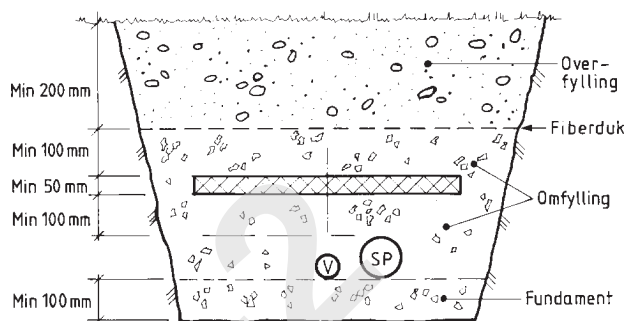


Fig. 22 b
Isolasjonens plassering i grøfta i tilknytning til VA-ledningene. Vannledningen bør ligge tilnærmet midt under isolasjonsplaten. For å forhindre infiltrasjon av finstoffer i pukklaget bør det legges en fiberduk over pukklaget før overfylling. Det kan være nødvendig med noe fottrækking for å sikre at pukken fyller godt ut mot grøftesidene og rundt rørene.

Normalt kreves det ingen komprimering av omfyllingen når det brukes ensgradert finpukk, f.eks. 8 – 12 mm, men det er viktig at pukken fyller godt ut mot grøftesidene og rundt rørene. Her kan det være nødvendig med noe fottrækking.

3 Referanser

31 Forfatter og redaksjon

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