

# Frostsikring av stikkledninger

Frost protection of pipe branches

Av Per Gundersen

Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1970

Norges byggforskningsinstitutt

# Frostsikring av stikkledninger

## Innledning.

For småhus generelt gjelder det at kostnadene ved grunnarbeidene er store i forhold til kostnadene ved resten av bygningen. En stor del av dette arbeidet består av ledningsarbeider som grøftegraving, sprengning og gjenfylling. For totalkostnadene er det derfor av særlig betydning å gjøre det ytre sanitæranlegg så enkelt som mulig.

Grunnforholdene på stedet vil som regel være avgjørende for valg av fundamenteringsmetode. Disse vil også være en viktig faktor når leggedybden for vann- og avløpsledninger skal fastlegges. Man må komme bort fra den skjematisk bestemmelse av det frostsikre dyp som ofte brukes i dag. Følgende eksempel belyser dette klart. Det kreves f. eks. generelt i en klimasone en overdekning på ledningene på 1,8 m. Dette svarer kanskje til ekstrem teledybde for sandig grus uten snedekke. Hvis ledningene innen den samme klimasone ligger i en fjellgrøft, der overdekningen i vesentlig grad består av stein, vil O-isotermen kunne trenge over 2,5 m ned. I en leirgrøft vil tilsvarende teledybde bare ligge i overkant av 1 m. Dette gjelder for snefri mark. Hvis ledningene ligger i snedekket mark, vil teledybden i vesentlig grad reduseres. Selv med en gjen-

nomsnittlig snedybde på 0,1 m under teledybden vil teledybden reduseres med en 0,3—0,5 m, avhengig av grunnmateriale og klimasone. Disse forhold er skjematisk vist i fig. 1, som fremstiller telegrensen for forskjellig terreng.

I tillegg til grunnforholdene kommer faktorer som vanntemperatur, vannhastighet og sirkulasjon i ledningene inn i bildet. Dette er særlig viktige faktorer for større distribusjons- og hovedledninger. For store ledninger med kontinuerlig vannstrømming kan varmetilførselen være så betydelig at det ikke lenger er teledypet som er den avgjørende faktor for bestemmelse av leggedybden.

Hvis det av tekniske eller økonomiske grunner er ønskelig å legge stikkledningene grunnere enn teledybden for jordarten på stedet, er det nødvendig å kompensere for ledningenes varmetap til omgivelsene med en varmetilførsel, eller benytte en eller annen form for en teleisolering.

## 1. Valg av ledningstraseer.

Det er av avgjørende økonomisk betydning at ledningene legges på gunstige steder i terrenget. Både av vedlikeholdsmessige og frosttekniske grunner bør man unngå å legge led-

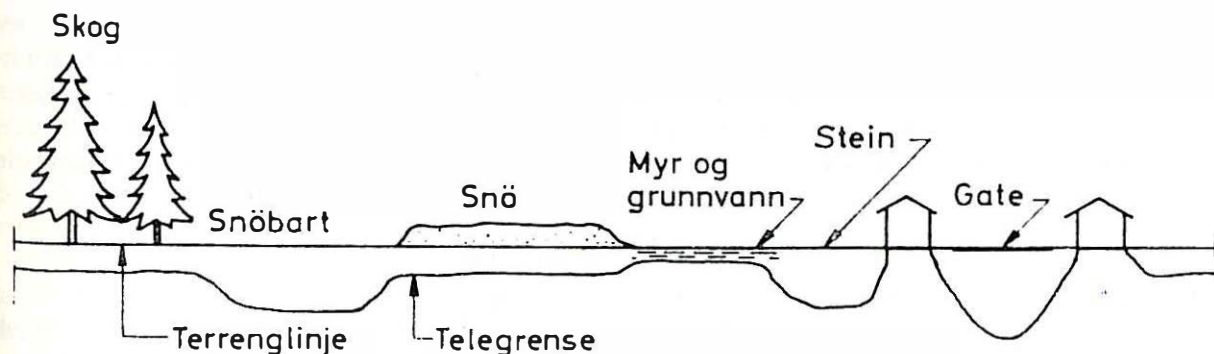


Fig. 1. Skjematisk fremstilling av telegrensen under forskjellige terreng.

ningene i sneryddede veier og plasser der man erfaringsmessig vet at telen går dypest. Ledningene bør plasseres i områder som vanligvis er snedekket. For mest mulig å komme klar av fjell, dårlig grunn o. l. er det viktig å foreta grunnundersøkelser av det området der ledningene skal legges. Grunnundersøkelsene bør omfatte bestemmelse av grunnvannstand, dybde til fjell og analyse av grunnmaterialene. Dette betyr at det i praksis er av største betydning å samordne prosjektering og anlegg av veier, vann, avløp, elektriske kabler, fundamenter eller hele det tomtetekniske anlegg, for å oppnå en gunstig plasering av ledningsnettet.

I en rekkehusbebyggelse kan det f. eks. være en god løsning å legge distribusjonsledningene gjennom husrekken med oppstikk til hver leilighet. Distribusjonsledningen kan plasseres i kryperom e. l., der den ligger frostsikkert og kan gjøres lett tilgjengelig for inspeksjon.

Større elektriske kabler i grunnen avgir en god del varme som igjen kan benyttes til å frostsikre vann- og avløpsledninger. Derimot vil ofte overvannsledningen p.g.a. en ventilasjonseffekt gjennom sluk og brønner bevirke en avkjøling av grunnen. Rent generelt bør avstanden mellom vanlig vann- og overvannsledninger aldri være for liten.

## 2. Overdekning.

Det må tas hensyn til en rekke forhold når leggedyp for vann- og avløpsledninger skal fastlegges. Den dominerende faktor er vanligvis frostdybden eller den dybde O-isotermen ligger på under overflaten av terrenget. Det er imidlertid en rekke andre faktorer som kan være bestemmende for leggedybden. Dette kan være trafikkbelastning, kryssing av drengrofter og kabler, ustabile jordmasser o. l.

Da avløpsledningene må legges med fall, vil sanitærinstallasjonenes plasering i bygningen ofte være bestemmende for grøftedybden. For boligområder med normalt kjellerdyp vil det derfor som regel bare være mulig å redusere grøftedybden i de strøk av landet der teledybden er større enn ca. 2,5 m. For bebyggelse med fundamentløsninger uten kjeller vil det være mulig å minske grøftedybden overalt. For fundamentformer av den sistnevnte kategori vil det ofte være direkte uheldig å ha dype grøfter ut fra fundamentet. Dette kan skyldes rent økonomiske forhold hvis grunnen

i det vesentlige består av fjell. Hvis grunnen består av bløte jordarter, vil dype grøfter kunne føre til en senkning av grunnvannstanden — noe som igjen kan medføre uønskede setninger. Man skal imidlertid være forsiktig med å legge ledningene over telegrensen i jordsmonn som er utsatt for telehiving, idet rørene da lett kan bli utsatt for brekkasje og forskyvninger.

Hvis overdekningen for vannledningene i det vesentlige skal tjene som en mekanisk beskyttelse av rørledningene, vil det være tilstrekkelig med en overdekning på 20—60 cm avhengig av forholdene på stedet. Hvis rørene utsettes for trafikkbelastning, bør imidlertid overdekningen minst være 1,0—1,2 m.

En overdekning på 60 cm vil som regel være tilstrekkelig til å tilfredsstille ønsket om kaldt drikkevann om sommeren. Selv en overdekning på 20—30 cm vil kunne dempe lufttemperatur-amplityden med flere grader.

Ut fra et frostteknisk synspunkt er det en fordel at overdekningsmaterialet er fuktig når ledningene ligger i snedekket terreng. Torv er et ypperlig materiale i så måte. Også leire er gunstig, da denne kan inneholde en vannmengde på opptil en 50—60 % av tørrstoffvekten. For å sikre en omhyggelig ompakking av rørene er det viktig å stampe materialet godt i grøftene.

Hvis overdekningen ikke er dimensjonert for å klare en frostsikring av vannledningen, kan dette på en enkel måte ordnes ved hjelp av elektriske varmekabler. Disse vil også kunne brukes for spillvannsledningen. Nå er imidlertid spillvannsledningen vanligvis noe gunstigere stillet enn vannledningen i rent frostteknisk henseende. Spillvannsledningen vil i perioder ha store vannmengder med høye temperaturer. Stikkledningene vil også kunne stå tomme i lengre perioder. Det er meget vanskelig å gi en generell regel for hvor stor overdekning som er nødvendig for at disse ledningene skal funksjonere tilfredsstillende. Dette vil være meget avhengig av ledningenes lengde og fall samtidig som ledningsmateriale og driftsforhold spiller en betydelig rolle.

## 3. Isolasjon.

*Isolering av rørene.*

Ved å varmeisolere vannledninger i mark oppnår man ofte ikke den tilsktede virkning, nemlig å forhindre at ledningen fryser.

Dette kan skyldes flere forhold. En varmeisolasjon kan ikke hindre at en vannledning fryser hvis omgivelsene har temperatur under frysepunktet. Isolasjonen vil bare være effektiv i de tilfeller det tappes fra ledningen med ikke for lange mellomrom, eller det tilføres varme på annen måte. Det vil være vannets temperatur, omgivelsenes temperatur, vannrørets dimensjoner og isolasjonens effekt som er bestemmende for hvor ofte det må tappes fra ledningen. For stikkledninger med lengre driftsstansperioder må det derfor installeres en ekstra varmetilførsel. Hvis det ikke benyttes svært små leggedyp, vil den energitilførsel som kreves for å holde mindre stikkledninger frostfrie være liten.

Vanligvis vil det derfor bare komme på tale å isolere spesielt utsatte deler av disse vannledningene. Ved kjellerløse fundamenter der forholdene ellers ligger til rette for å legge ledningene meget grunt, vil det kunne være en god investering å isolere ledningene. Det tenkes da særlig på de tilfeller der grunnen består av veldrenerte masser, f. eks. fjellterreng, og varmetilførselen foregår ved hjelp av elektriske varmekabler som er plasert utenpå ledningene.

For den type fundamenter der grunnen ikke får noen varmetilførsel fra bygningen, d.v.s. temperaturen over grunnen ikke er høyere enn uteluften, må det foretas en spesiell frostsikring av den del av ledningene som ligger fra overkant av bjelkelag og ned til frostsikker dybde. Dette gjelder hus som står på pillarer eller frittstående støttemurer, og frostsikringen utføres enklest ved hjelp av elektriske varmekabler. I dette tilfelle vil det være gunstig å isolere vannledningen slik at denne kan tåle en driftsstans på 10—12 timer uten at den fryser under ekstreme temperaturforhold. For små rørdimensjoner svarer dette til en isolasjonstykkelse på ca. 100 mm, noe avhengig av klimasone og utførelse. Ved å isolere avløpsrøret sammen med vannrøret bidrar dette også positivt til å forhindre frysing av vannledningen. Det blir da bare nødvendig å benytte varmekabelen hvis huset står tomt i perioder av vinterhalvåret. Varmekabelen kan eventuelt også benyttes til å tine opp ledningen når denne igjen skal settes i drift. Det må da benyttes en type ledning og skjøter som tåler denne påkjenningen.

Ved å isolere spillvanns-stikkledningene kan disse legges grunt over lengre strekninger. På grunn av den store varmemengden som tilføres disse ledningene, vil et varmeisolerende rørmateriale ofte være tilstrekkelig isolering til å hindre frysing hvis ledningen ikke er for lang.

Hvis isolasjonen skal være effektiv, må en sikre seg mot at isolasjonsmaterialet blir stående fullt av vann. Dette gjøres best ved å legge isolasjonen i et godt drenert materiale. Tørre isolasjonsmaterialer mister som kjent isolasjonsevnen ved fuktopptak.

#### *Teleisolering.*

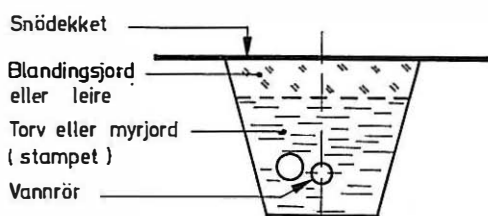
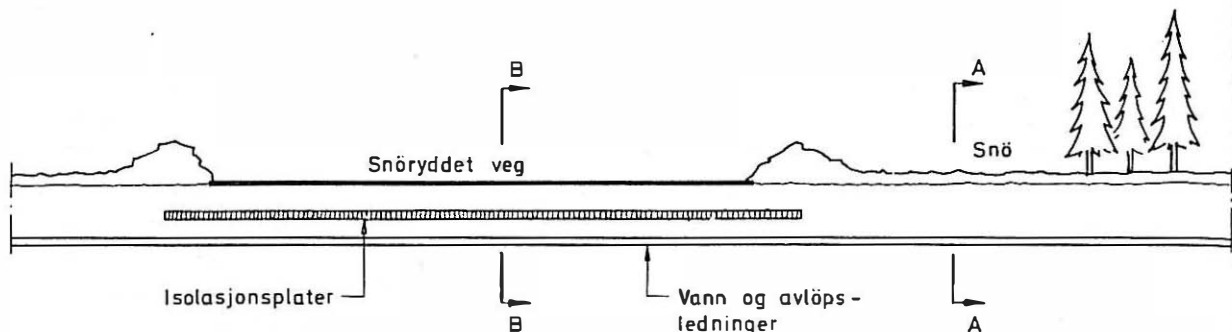
Den tradisjonelle måten å isolere ledningene på, ved å legge isolasjonen rundt røret, har den svakhet at det til stadighet må tilføres varme for å forhindre frysing. Når man først er klar over hvilke faktorer som er bestemmende for teledybden, har man imidlertid muligheter for å redusere denne.

Man kaller gjerne tiltak som resulterer i redusert teledybde for en teleisolering. Som tidligere nevnt er grunnens fuktinnhold av avgjørende betydning for teledybden p.g.a. vannets store innfrysingsvarme. Det er derfor en fordel å benytte materialer i rørgrøftene som kan holde på fuktigheten. Nå vil imidlertid de fleste fuktige materialers spesifikke varmeledningsevne øke i frosset tilstand. Man vil derfor få en langt større effekt av dette materiale i frostteknisk henseende, hvis det kombineres med et overliggende varmeisolerende lag. Denne metoden er derfor særlig egnet når ledningene ligger i snedekket terreng, se *fig. 2*.

Hvis ledningen legges i en fjellgrøft, kan man oppnå en vesentlig reduksjon av leggedybden hvis grøften fylles igjen med et fuktig materiale. Det er imidlertid viktig å isolere ledningene fra grøftebunn og sider som vist i NBI byggetaljblad (53).201.

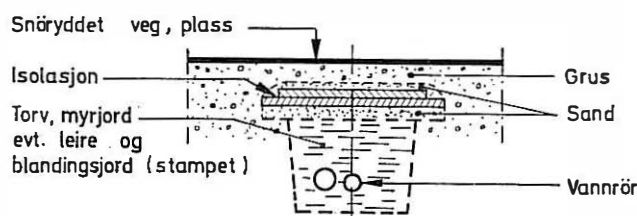
En annen metode til å forhindre telens nedtrengning er å benytte tørre isolasjonsmaterialer som legges som vist i *fig. 3*. Dette er en metode som kan benyttes når ledningen passerer sneryddede veier, plasser e. l. eller en stikkledning skal tilknyttes en grunn hovedledning.

Foreløbige undersøkelser viser at isolasjonen ikke bør gjøres smalere enn 1,5 m og at den bør legges relativt dypt i grøften, d.v.s. med en min. overdekning på 40—50 cm. Det siste



SNITT A-A

Fig. 2. Rørgroft teleisolert med fuktige materialer.



SNITT B-B

Fig. 3. Rørgroft teleisolert med isolasjonsmatter.

er nødvendig for å begrense innfrysingen fra sidene. Samtidig vil det overliggende lag p.g.a. økt varmekapasitet dempe temperaturamplitydene mer effektivt. Isolasjonens tykkelse bør være 8—15 cm, avhengig av bl. a. klima, isolasjonsmaterialet og leggedybden for rørene.

Hvis det benyttes lette isolasjonsmaterialer, f. eks. polystyren, bør dette innsveises i plastfolie eller tildekkes på oversiden med et diffusjonstett lag. Metoden er f. t. under utprøving ved NBI, og vil bli utredet nærmere når det foreligger data fra planlagte og utførte forsøksanlegg.

#### 4. Varmekabler.

Når varme skal tilføres røret ved hjelp av elektriske varmekabler, kan dette foregå på to forskjellige måter. Man kan legge varmekabelen inne i eller utenpå røret. Ved å legge varmekabelen utenpå røret har man mulighet for å tilføre tilleggsvarme til spesielt utsatte deler av anlegget som ventiler, skjøter, ved veggpasseringer o. l. Dette oppnår man ved å vikle varmekabelen tettere på disse stedene. Man må da sørge for å få en varmekabel som tåler å bøyes med den ønskede krumningsradius.

Når varmekabelen ligger utenpå røret, vil en stor del av kabelens varmeavgivelse tilføres jorda rundt kabelen. Det kreves derfor for-

holdsvis store effekter for hurtig å kunne tine opp frose vannrør. Ved større rørdimensjoner kreves ofte så store effekter at det må benyttes flere varmekabler parallelt. Disse fordeles da likt rundt rørets omkrets.

Når varmekabelen skal benyttes til å frostsikre vannrør, skal den bare kompensere for ledningens varmetap til omgivelsene. Vanligvis dimensjoneres varmekabelen med en effekt som sikrer at ledningen ikke fryser under ekstreme temperaturforhold. Dette betyr at effekten i perioder vil være noe større enn nødvendig. Denne overskuddseffekt behøver nødvendigvis ikke gå tapt idet den oppvarmede sone rundt røret vil virke som et varmereservoar. Dette kan ofte være tilstrekkelig til å holde ledningen frostfri om dagen, slik at varmekabelen kan være i drift om natten eller i andre perioder hvor vannet en tid er stillestående. Varmekabelen kan beskyttes mot mekanisk skade på grunn av graving e. l. med f. eks. impregnerte trebord.

Den type varmekabel som tillates lagt inne i ledninger, har kobbermantel. Denne kabelen har den fordelen at den kan trekkes inne i allerede nedlagte rør. Videre kan man hurtig få tinet opp selv større ledninger.

Ved å plasere varmekabelen inne i røret, benytter man rørmaterialets eventuelle isolerende egenskaper fullt ut. Man kan også til-

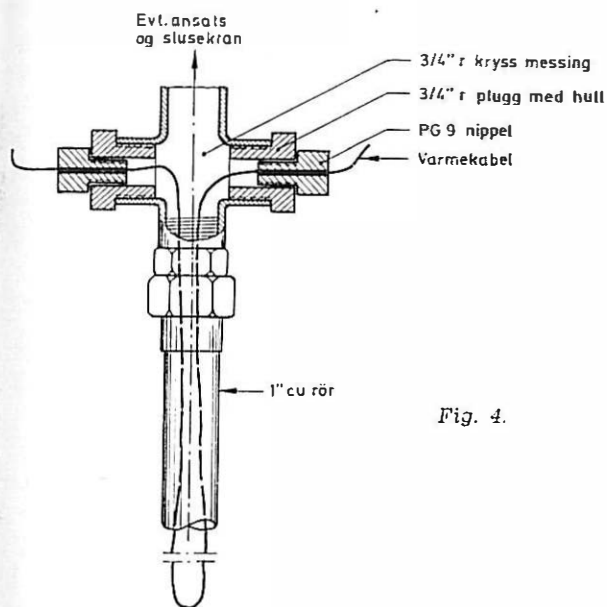


Fig. 4.

late seg å benytte store effekter under tining uten at det skulle være noen fare for overoppheting. Dette krever imidlertid at ledningen ikke er tom. Den innvendige varmekabelen er meget godt beskyttet mot mekaniske påkjenninger. Denne typen varmekabel vil imidlertid falle noe dyrere i anlegg enn de utvendige. Fig. 4 viser et eksempel på hvordan en kan føre varmekabelen inn i vannrøret. Begge typer varmekabler kan tilknyttes lysnettet direkte.

Til å tine opp plastledninger kan det også benyttes en blank kobbertråd som legges inne i rørledningen. Når det brukes tinetråd, må nettspenningen nedtransformeres til ufarlig spenning, som er satt til maks. 42 volt.

## 5. Effektbehov.

Effektbehovet er avhengig av en rekke faktorer som luft- og vanntemperatur, snedybde, overdekning, jordart, rørdimensjon, rørmateriale, isolasjon, varmekabelens plassering, driftsforhold m. m. Dette betyr at en fastsettelse av effektbehovet nødvendigvis må bli noe skjønnsmessig. Her vil imidlertid driftsforholdene komme sterkt inn i bildet.

I mange tilfeller der vannledningen ikke er i drift store deler av vinteren, er det viktig å gjøre varmekabel-installasjonen så enkel og rimelig som mulig. Dette kan oppnås ved at varmekabelen kun påtrykkes en konstant spenning, nettspenningen, som sikrer en hurtig opp-

ting av ledningen. Effektforbruket vil som regel ikke spille noen rolle p.g.a. den korte brukstiden. Strømmen kan f. eks. tilkobles med en urbryter 1 time før ledningen skal tas i bruk. Når røret først er helt opptint, vil vanttappingen om dagen ofte kunne holde ledningen frostfri. Hvis varmekabelen er anbragt inne i røret, vil en effekt på 15—20 Watt/m rør være tilstrekkelig i de fleste tilfeller til å sikre en brukbar vannstrømming i løpet av en time. Når varmekabelen er anbragt utenpå uisolerte rør, er virkningsgraden av varmekabelen mer usikker, og effektbehovet må ansettes skjønnsmessig på basis av erfaring.

Når varmekabelen skal benyttes til å frostsikre en vannledning som er i mer permanent bruk, er det av stor økonomisk betydning at ledningen tilføres en effekt som nettopp kompenserer ledningens varmetap til omgivelsene. I dette tilfelle ville det være ønskelig med en mer trinnvis regulering eller termostatstyring av effekten.

En trinnvis regulering av effekten egner seg særlig godt i de tilfeller der vanntemperaturen i lengre perioder bare ligger ubetydelig over 0° C. Det laveste trinn kan passende velges til 3—5 Watt/m rør.

En varmekabels avgitte effekt  $P$  i Watt bestemmes av følgende uttrykk når  $E$  er spenningen i volt og  $R$  er varmekabelens ledningsmotstand i Ohm:

$$P = \frac{E^2}{R} \quad (1)$$

eller hvis vi regner avgitt effekt pr. meter varmekabel:

$$P = \frac{E^2}{L^2 r} \quad (2)$$

Her er  $r$  varmekabelens motstand pr. meter og  $L$  er kabelens lengde i meter.

Effekten kan man variere ved å endre spenningen eller motstanden. For en varmekabel som er anbragt inne i vannrøret, er kabellengden vanligvis gitt. Ved å legge kabelen som en sløyfe inne i ledningen, kan man oppnå å få tilkoblingen på ett sted. Man har da mulighet for å tilpasse motstanden til de forskjellige effektbehov ved valg av kabeltype. Man kan få varmekabler med motstand fra ca. 2,5 ohm/m til ca. 0,002 ohm/m.

Den førstnevnte egner seg best til kortere ledningsstrekk. Kablene med lavere motstand

benyttes til lengre ledninger. Hvis en f. eks. ønsker å benytte nettspenningen 220 volt direkte og krever en effekt på 10 Watt/m rør, får vi rørlengder på henholdsvis ca. 45 m og 1,5 km, når vi benytter de ovennevnte kabeltyper og legger disse i ett strekk. Hvis kabelen med motstand 2,5 ohm/m legges som en sløyfe i røret under ellers samme betingelser som over, blir rørlengden ca. 30 m. Det antall punkter som kabelen må tilsluttes nettet, øker med belastningen og kabelens motstand pr. lengdeenhet.

Hvis varmekabelen legges utenpå røret, kan man ved å vikle kabelen rundt røret tilpasse en på forhånd fastlagt kabellengde.

Ved å benytte en flerledet varmekabel, eller ved å legge flere strekk med enledere, kan man oppnå en god regulering, idet det kan velges forskjellige koblingsmåter.

Da det ofte er tale om små effekter samtidig som ledningsstrekket er kort, vil det i mange tilfeller ikke være mulig å oppnå tilstrekkelig motstand i kabelen til en direkte nett-tilkobling. Et eksempel er frostsikring av oppstikk til hus med pillarfundament. Det er da nødvendig å benytte en transformator for å redusere spenningen. Denne kan lages med flere forskjellige spenningsuttak så man har mulighet for en trinnsvis regulering av effekten.

Vi skal her ikke gå nærmere i detalj om hvorledes varmekabelanlegg skal utføres, idet disse anlegg må utføres av en autorisert installatør i henhold til «Forskrifter for elektriske anlegg».

Ved å henvende seg til varmekabelforhandlerne kan man få alle de opplysninger som kreves for å kunne prosjektere et frostsikringsanlegg.

## 6. Rørmaterialer.

Når det skal velges rørmaterialer for grunne ledninger, er det viktig at både rør og skjøter må kunne tåle de påkjenninger som følger av at vannet fryser. Grunne ledninger bør også kunne tåle noe telehiving. I meget telefarlige materialer bør imidlertid ledningene legges i frostsikker dybde. Teledybden i disse materialene vil som tidligere nevnt være betydelig mindre enn i materialer som sand og grus.

Av det ovenfor nevnte fremgår det at enkelte typer plastrør skulle være meget vel-

egnet. For vannrørens vedkommende kan disse legges ut i store lengder uten noen metalliske forbindelser. Metalliske forbindelser vil virke som kuldebroer. Disse kan forhindres ved hjelp av en ekstra varmeisolering. Når det legges innvendige varmekabler, er det av stor betydning at ledningen har omtrent samme varmetap på hele den strekningen som skal frostsikres.

## Konklusjon.

Den tradisjonelle måten å frostsikre vann- og avløpsledninger er å grave disse ned i såkalt frostfri dybde. Større besparelser kan imidlertid oppnås hvis man gjennom økt kunnskap om teleforholdene kan minske grøftedybden. Det må tas større hensyn til jordart, sneforhold, sirkulasjon i ledningene m. m., istedenfor å bestemme frostsikkert dyp skjematisk slik det ofte gjøres i dag.

De nye fundamenteringsformer vil også fremtvinge andre måter å frostsikre ledningsnett på. Det vil mer være grunnforholdene som blir avgjørende for frostsikringsmetoden. Man kan vel tenke seg at overdekningen bare tjener som en mekanisk beskyttelse av rørlledningene, mens frostsikringen f. eks. ivaretas av elektriske varmekabler.

Energiforbruket vil vanligvis være lite da det bare skal kompenseres for ledningens varmetap til omgivelsene. Selv i de ekstreme tilfeller der ledningene ligger meget grunt eller i dagen, kan energiforbruket holdes på et akseptabelt nivå ved hjelp av effektive isolasjonsmaterialer. Hvis man skal oppnå et gunstig resultat, er det av avgjørende betydning å samordne prosjektering og anlegg av veier, vann, avløp, el.-kabler og fundamenter.

For å komme frem til komplette leggeanvisninger for alle former for ledninger i grunnen, er det en rekke problemer som må løses. Et av problemene ved enhver termisk dimensjonering i jord er å bestemme de forskjellige materialers varmetekniske egenskaper. Det må også utvikles EDB-programmer for termiske dimensjoneringsmetoder. Den teletekniske forskning i Norge er imidlertid blitt koordinert og intensivert i de senere år. Det er satt i gang en rekke forskningsprosjekter som forhåpentligvis vil bidra til en snarlig løsning av problemene. ■