

1 FORMÅL

Frostisolering av VA-ledninger gir anleggsmessige store besparelser i form av mindre graving, sprengning og gjenfylling. I tillegg vil reparasjoner og utskiftninger bli vesentlig enklere. Bruk av isolasjon gir grunnere grøfter og åpner for en rasjonell, økonomisk samordning av alle tekniske anlegg i fellesgrøfter. Hvis man samtidig tar i bruk såkalt «lett kommunalteknikk» som omfatter en koordinert opparbeiding av alle tomtetekniske arbeider, vil både økonomi- og miljøgevinstene bli meget store. Sparepotensialet, når det gjelder opparbeidelsen, vil ligge i størrelsesorden 40 til 50 prosent. Besparelsene når det gjelder fremføring av tekniske hovedanlegg, sett i forhold til tradisjonell utførelse, bør kunne bli vesentlig større. Dette VA/Miljø-blad beskriver noen av de vanligste metodene og dimensjoneringen for frostisoleringen av VA-ledninger og kummer.

2 BEGRENSNINGER

Bladet begrenser seg til ledninger og kummer i konvensjonelle grøfter. Dimensjoneringsfigurerne begrenser seg til utvalgte grøfttversnitt og omgivende masser. Flere dimensjoneringsdiagrammer for ulike grøfttversnitt og omfyllingsmasser finnes i /2/.

3 FUNKSJONSKRAV

Overordnet funksjonskrav til ethvert ledningsnett forutsetter at dette skal være frostsikret. Frostsikkerhet i denne sammenhengen betyr at vannet i ledningene ikke skal fryse og at ledningene ikke utsettes for telehiv eller annen frostbetinget mekanisk påkjenning som kan føre til driftsproblemer. I tillegg til stopp i vannforsyning og avløp på grunn av isdannelse i rørene, kan frosten forårsake rørbrudd uten at ledningene først er frosset. En riktig utført frostsikring av ledninger og kummer skal være med på å tilfredsstille kravene til sikkerhet, økonomi, tetthet, styrke og bestandighet samt drift og vedlikehold av disse ledninger og kummer.

4 LØSNINGER

4.1 GENERELT

4.1.1 METODER FOR FROSTSIKRING

Metoden for frostsikringen av ledningene bestemmes av forholdene på stedet. Vannet i ledningen skal ikke fryse. Rørledninger må ikke

skades av telehiv og risikoen for ledningsbrudd på grunn av teleskader må elimineres.

Mange faktorer påvirker frostdybden, slik som klimafaktorer og jordartfaktorer, samt grunnvannsnivå og dreneringsforhold. Dessuten påvirker varmekilden som den lagrede jordvarmen byr på, samt egenvarmen i strømmende vann.

Vanlige metoder for frostsikring av ledningsanlegg er:

- Ledningsanlegg i frostsikker dybde
- Ledningsanlegg med isolasjon
- Ledningsanlegg med varme
- Ledningsanlegg med isolasjon og varme
- Styrt tapping

4.2 MATERIALER

4.2.1 OMFYLLINGSMASSE

Kravet til materialer i fundament og omfylling bør være at de er stabile ved vanngjennomgang. Det anbefales å bruke ensgradert singel eller finpukk (8-12 mm). Rundt rørene brukes samme type materiale med minst 100 mm over ledningene.

4.2.2 ISOLASJONSMATERIALER

Isolasjonsmaterialer som blir brukt i tilknytning til VA-ledninger i grunnen, må oppfylle visse krav til trykkstyrke og bestandighet. De bør kunne beholde isolasjonsevnen i et tidsrom som svarer til ledningens levetid (50-100 år). Det anbefales å bruke isolasjonsmaterialer med densitet på 30-40 kg/m³ og korttidstrykkstyrke 300-400 kN/m². På bakgrunn av trykkstyrke og fukttekniske egenskaper står ekstrudert polystyren i en særklasse når det gjelder bruk i VA-grøfter. Andre isolasjonsmaterialer som mineralull, ekspandert polystyren, polyetylen, polyuretan osv. må ha egen fuktbeskyttelse.

4.2.3 LEDNINGSMATERIALER

For vann- og avløpsledninger som ligger i frostsonen er det en fordel å bruke plastledninger med lav varmeledningsevne. Kombinasjonen av lav varmeledningsevne og varmekapasitet er varmeteknisk meget gunstig. Det reduserer mulighetene for isdannelse i ledningen.

For større vann- og avløpsledninger med mer kontinuerlig vannføring vil ledningsmaterialene rent frostteknisk være av underordnet betydning. Det er imidlertid en fordel å bruke vannledninger som kan leveres med strekkfaste skjøter. Man slipper da å bruke forankringer som vil virke som kuldebroer i ledningsnettet.

4.3 Dimensjonering frostsikring av ledninger

Den metode som beskrives her for å beskytte ledninger mot frost og telehiv, bygger på en metode fra Norges byggforskningsinstitutt (NBI). Her vises det hvordan dimensjoneringen blir utført i fire trinn.

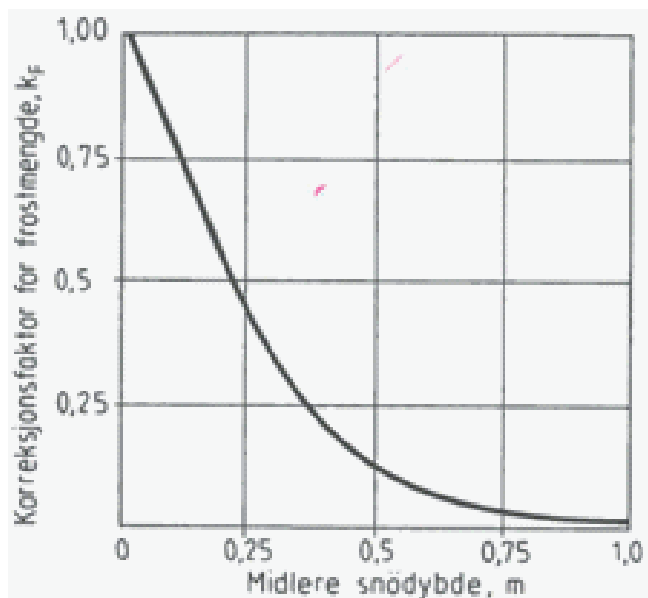
4.3.1 TRINN 1. STEDSFAKTORER

Hvor dypt telen går i bakken kommer an på ulike forhold som direkte eller indirekte inngår i bestemmelsen av teledybden. De er inndelt i to typer: klimaforhold og jordarter.

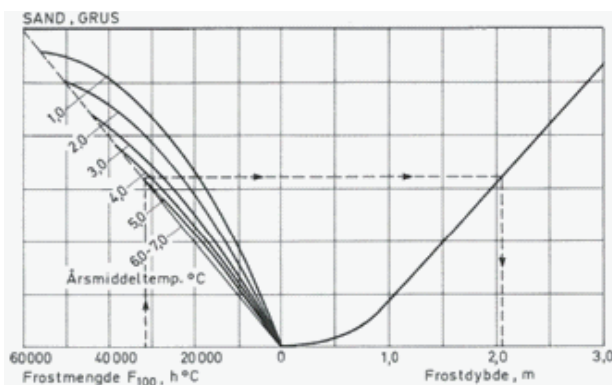
Klimaforhold

Tre faktorer brukes direkte for avgjørelsen av teledybden.

- Maksimal frostmengde i luft F100, som kan leses av i vedlegg 1\.
- Snødekket kan redusere kuldemengden, men er forbundet med usikkerhet, se figur 1. Snøfattige vintre og brøytede kjøre- og gangveier vil i praksis si at man ikke kan anbefale å ta hensyn til korreksjonsfaktor for snødybde.
- Årsmiddeltemperaturen. Inngår som parameter i frostdybde-diagrammet, se figur 2.



Figur 1: Korreksjonsfaktor K_f for frostmengden F i snødekket mark $F_{overflate} = K_f \times F_{luft}$ [2/]



Figur 2: Frostdybde i sand og grus [2/]

Jordarter

Frostdybden varierer kraftig mellom de forskjellige massene i grunnen, hovedsakelig pga. vanninnhold og evne til å lede varme. Man har derfor delt inn jordartene i ulike grupper med en innbyrdes sammenheng. Frostdybden i jordarten "sand og grus" bestemmes ved hjelp av figur 2. Korriger deretter teledybden med hensyn på jordarten (tabell 1). Man får da en ny dimensjonerende frostmengde som man benytter for bestemmelse av isolasjonsbredde og – tykkelse (trinn 4).

	Korreksjonsfaktor
Stein (grov pukk, sprengstein)	1,40
Sand og grus	1,00
Silt	0,85
Leire og blandingsjord	0,70
Torv	0,30

Tabell 1: Korreksjonsfaktor for bestemmelse av frostdybden i forskjellige masser [2/].

I tillegg medvirker en god komprimering av fyllingsmaterialet også til mindre tele i bakken.

4.3.2 TRINN 2. FROSTDYBDE

Dimensjonerende frostdybde H_0 for uforstyrret, homogen, telefarlig grunn uten snødekke beregnes slik:

$$H_0 = \sqrt{\frac{7200 \times F_d \times \lambda_f}{L + C \times \theta_m}}$$

hvor:

- » F_d er dimensjonerende frostmengde ($h^\circ C$);
- » λ_f er varmekonduktiviteten ($W/(mK)$) for froset grunn;
- » L er latent varme ved frysing av vann i grunnen per volum av grunnen (J/m^3);
- » C er varmekapasitet i grunn;
- » θ_m er årsmiddeltemperatur.

Vanlig fremgangsmåte når frostdybden og di-

mensjonerende kuldemengde skal avgjøres:

1. Bestem nødvendige klimafaktorer.
2. Bestem riktig korrigeringsfaktor med hensyn på jordarter (tabell 2).
3. Korriger kuldemengden ved ledninger i snødekket jord (figur 1).
4. Bestem teledybden i jordarten "sand og grus" (figur 2). Korriger deretter frostdybden med hensyn på jordarten.
5. Bestem ny dimensjonert kuldemengde basert på den korrigerte frostdybden (figur 1).

4.3.3 TRINN 3. VARMESTRÅLING

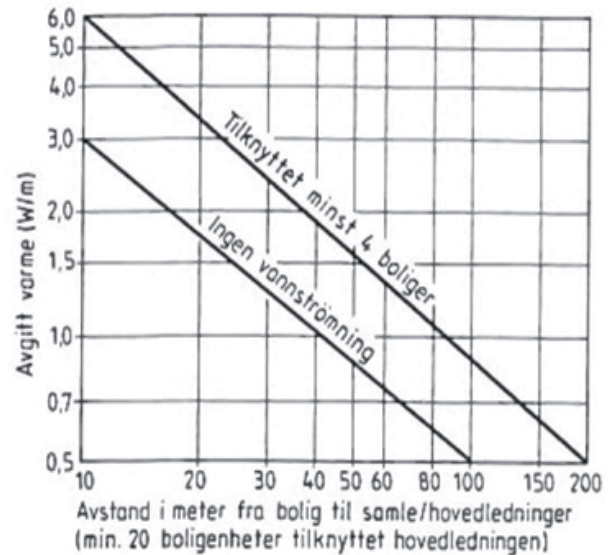
Varmestråling fra ledningene er av stor betydning for frostbeskyttelsen. Ettersom frostbeskyttelsen i første rekke er avsett for vannledningen og i annen rekke for en eventuell avløpsledning, er det naturlig i første rekke å bruke varmen fra slike ledninger.

Vannledninger

Dersom VA-ledningen mellom hovednettet til bolig skal isoleres kan man ikke regne med varmeavgivelsen fra vannledningen, men kun ta hensyn til varmeavgivelsen fra avløpsrøret. Selv om større hovedvannledninger i normal drift kan avgi betydelig varmemengder uten frostfare, bør man ved dimensjonering av isolasjonen legge til grunn en vesentlig mindre varmemengde. Dette er nødvendig for å sikre vannledningen under en anleggsperiode med beskjeden vannføring, eller ved reparasjonsarbeider der vannføringen kan opphøre i perioder. Hvis man ikke har nærmere data om hovedvann- og avløpsledningenes vannføring, kan man som en rimelig antagelse forutsette en minste varmeavgivelse på ca. 5,0 W/m. Når vannledningen som skal frostsikres er en del av et ringnett, vil man kunne regne for en 100 mm vannledning en varmeavgivelse i størrelsesorden 10,0 W/m.

Avløpsledninger

En avløpsledning er ofte hovedvarmekilden når VA-ledninger skal beskyttes mot frost og bør derfor plasseres nær vannledningene. Gjennomsnittstemperaturen for avløpsvann er rundt 15 til 25 °C og derfor er det normalt ingen risiko for at det skal fryse. Bare en liten del av varmeoverskuddet kan brukes, ettersom avløpsvannet kun er i ledningene en kortere tid. Hvis ca. 20 leiligheter er tilkoblet og tilskuddet av avløpsvann er relativt kontinuerlig, kan man regne med en avkjøling på 3 til 5 °C. Ved mindre avløpsledninger, dvs. hvis færre enn 20 leiligheter er tilkoblet, kan varmeavgivelsen bestemmes i følge figur 3. Observer at avløpsledning der vannet står stille allikevel avgir varme på grunn av at luft ventileres gjennom ledningene.



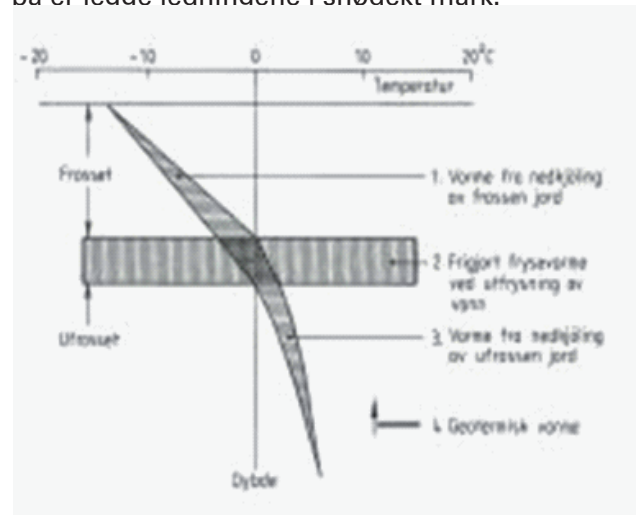
Figur 3: Varmeavgivelse fra mindre spillvannsledninger /2/.

Drensledninger

Drensledningen er en kald ledning og er derfor utsatt for frysningsrisiko. Kald luft som ventileres gjennom overvannsystemet har i mange tilfeller medvirket til teledannelse. Ved å bruke luftlås kan man forhindre den avkjøling som fremkommer når kald luft suges gjennom avløpsbrønner. En drensledning bør ikke plasseres nær en vannledning og definitivt ikke i en isoleringskasse siden drensledning taper området for varme.

Jordvarme

Jordvarmen er summen av de varmemengdene som er til rådighet i jorda, og som er tilført jorda i sommerhalvåret og avgitt i vinterhalvåret. Jordvarmen utnyttes mest effektivt ved en frostisoleringsring hvor det legges en horisontal isolasjonsplate over ledningene. Som vist i figur 4 er jordvarmen i fuktige masser særlig bundet som latent varme og avgis i form av frigjort frysevarme. Når jordvarmen brukes til frostsikring, vil massene under ledningene alltid være ufrosset. Det betyr at disse ledningene kan utsettes for lange perioder med driftsstans uten at det oppstår frostproblemer. Den mest effektive måten å utnytte jordvarmen på er leaae ledningene i snødekt mark.



Figur 4: Tilgjengelig jordvarme /2/

Varme fra oppvarmede hus

Vannledninger som passerer under oppvarmede bygninger, får tilført varme. I husets randsoner er temperaturen betydelig lavere enn midt på huset. Ledningene bør derfor frostsikres minst 0,5 m inn fra fundamentets ytterkanter. I middel i vinterhalvåret regnes med et varmetilskudd på ca. 4,0 W/m.

Varme fra elektriske forsyningskabler

Fordelen ved å utnytte varmen som avgis fra elektriske forsyningskabler, er at denne varmen direkte følger belastningen på el-nettet. En stikk-kabel inn til et enkelthus avgir ca. 2,0 W/m ved en belastning på 10 kW. Samtidig er kablene sikret med sikringer slik at maksimal varmeavgivelse vil være 5-15 W/m, avhengig av sikringsstørrelsen.

Varme fra fjernvarmeledninger

Fordelingsledningene for fjernvarme i et boligfelt har et samlet varmetap fra 20 W/m og oppover. Større fjernvarmeledninger har samlet varmetap på 50-100 W/m, avhengig av energinivået.

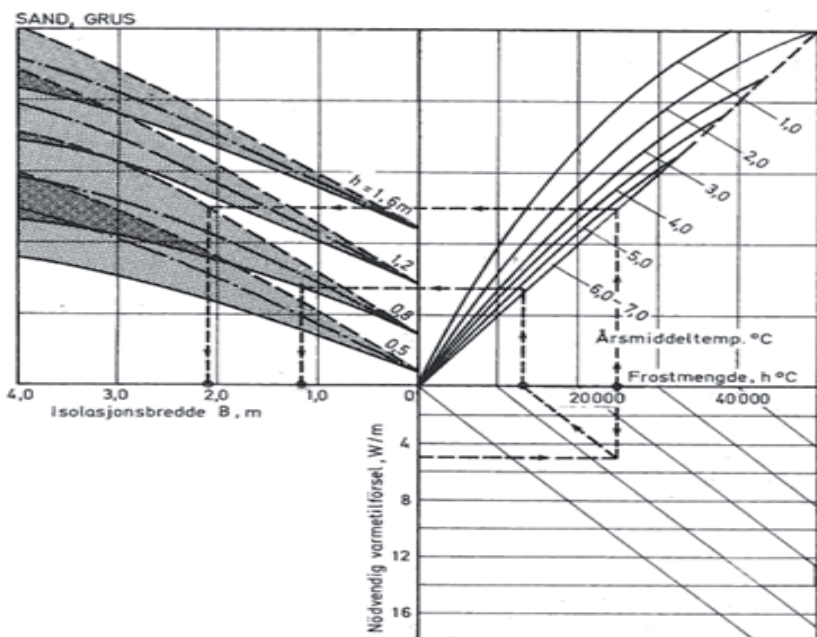
Varmekabel

Hvis den beregnede ledningsvarmen ikke er høy nok eller er usikker, f.eks. i et område med lav bosetning, er tilskuddsvarme fra en varmekabel et godt supplement. Eventuell termostat bør med hensyn til driftsøkonomien være veldig følsom og ha en minste toleranse på maks $\pm 0,5$ °C.

4.3.4 Trinn 4. Dimensjonering av frostsikring

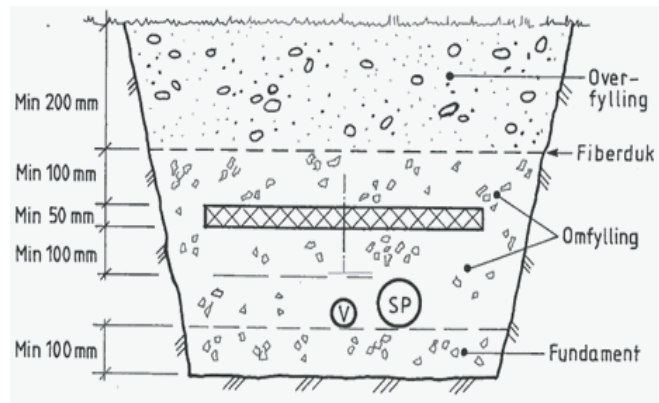
Frostsikring av VA-ledninger uten bruk av isolasjon

Ved tradisjonell frostsikring legges vann- og avløpsledningene i såkalte frostsikker dybde. Denne dybden er basert på erfaringer, eller det brukes dimensjonerende frostdybde i sand og grus, som kan avleses i figur 2.



Figur 6: Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger isolert med et horisontalt isolasjonslag (ekstrudert polystyren) med varierende bredde og tykkelse. Grunnmaterialene er sand og grus. /2/

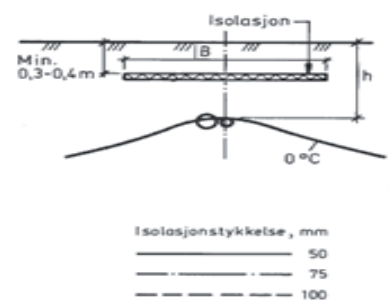
Frostsikring av VA-ledninger med isolasjonsplater



Figur 5: Frostsikring med isolasjonsplater /2/

Plateisolasjon er en form for frostsikring som egner seg godt i områder med telefarlige løsmasser og der ledningene ligger i snødekket naturmark med begrenset frostnedtrengning. I telefarlige masser må det i tillegg kreves at massen under ledningen skal være ufrosset. Dette er nødvendig for å unngå teleskader. For ledninger med liten eller sterkt varierende vannføring må jordvarmen stå for en vesentlig del av varmetilførselen til frostsikring. Fordi jordvarmen er jevnt fordelt, krever det noe bredere isolasjon. Ved å frostsikre vann- og avløpsledningen med horisontale isolasjonsplater, står man fritt til å velge leggedybde som muliggjør praktisk bruk av fellesgrøfter. Da varmeisoleringsmaterialer brukes for å oppnå stor varmeledningsmotstand med lite materialbruk, er det viktig å være nøye med utførelsen. For å hindre kuldebroer mellom plateskjøtene, som lett oppstår ved tilbakefylling av masse, anbefales bruk av isolasjonsplater med fals kombinert med platelås.

Nødvendig isolasjonsmengde (isolasjonsbredde og tykkelse) er avhengig av klimaforholdene, massene i grunnen og varmeavgivelsen fra ledningen og beregnes ved hjelp av figur 6.



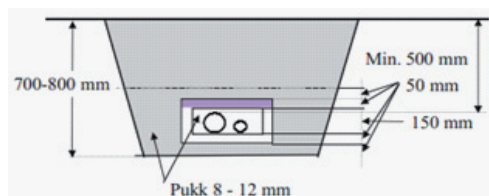
Hesteskoformet isolasjon

Man vil generelt få større nytte av en økt isolasjonstykkelse når isolasjonsbredden økes. For å unngå at grøfta blir for bred samtidig som man får redusert pukkmengden, kan isolasjonen trekkes ned på en eller begge sider av rørene (hesteskoformet isolasjon). Hesteskoformet isolasjon utnytter på en effektiv måte den varme som avgis fra ledningene, som innebærer at rørgrøftens bredde kan minskes. Høyere vertikale plater øker isolasjonens effekt. Rent praktisk foreslås en 300 respektiv 600 mm høy sideisolering. Hvis ledningen savner varmeavgivelse, blir isolasjonseffekten per enhet den samme som for horisontal isolasjon. For å hindre kuldebroer mellom plateskjøtene, som lett oppstår ved tilbakefylling av masse, anbefales bruk av isolasjonsplater med fals kombinert med platelås.

Kasseformet isolasjon

Kasseisolasjon egner seg godt for mindre sekundær- og stikkledninger i fjellterreng med stor frostbelastning. Frosten kan trenge betydelig dypere ned i grunnen enn ledningenes nivå. Det er derfor nødvendig å isolere ledningene helt fra de omliggende massene. Det kan oppnås ved å legge vannledningen inne i en isolasjonskasse fylt med finpukk som vil virke som et varmelager. Isolationskassa er vanligvis produsert av ekstrudert polystyren, som har stor mekanisk styrke og tåler å ligge i grunnen uten frostbeskyttelse.

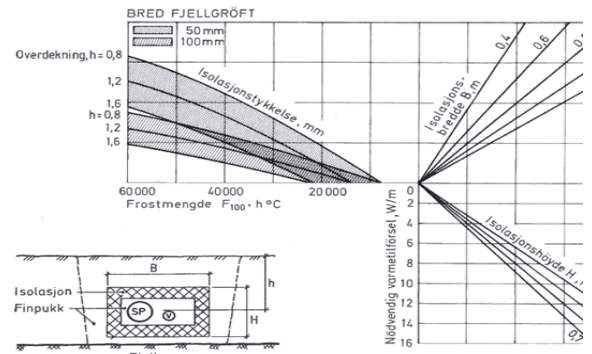
Kassestørrelse. Største rørdimensjoner på stikk- og fellesledninger er normalt 63 mm Ø for vannledningen og 110 mm Ø for spillvannsledningen. Minste innvendig bredde og høyde i kassen kan da henholdsvis være 200 mm og 150 mm, se figur 7. For de største rørdimensjonene kan det være hensiktsmessig å øke innvendig bredde og høyde til henholdsvis 340 mm og 220 mm.



Figur 7: Eksempel på vann- og avløpsledninger lagt i isolasjonskasse. /3/

Lokktykkelse. Lokket i isolasjonskassen ligger høyest i grøfta og er derfor utsatt for de største mekaniske belastningene og de laveste jordtemperaturene. For ikke å operere med for mange typer isolasjonskasser anbefales det standarddimensjoner hvor det kompenseres for økt varmetap ved å øke tykkelsen på lokket. Bredden på lokket er bestemt av kassedimensjon. Hvis det foreskrives en tykkelse på lokket på 100 mm kan man bruke to lokk på 50 mm. Minste isolasjonstykkelse er 50 mm. Bruk av isolasjonskasser i kaldt klima forutsetter ikke telefarlig grunn.

Av figur 8 kan man bestemme nødvendig varmetilførsel i bred fjellgrøft som funksjon av frostbelastningen, for å forhindre frost inne i kassa.



Figur 8: Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre ledninger i en isolasjonskasse i en bred fjellgrøft eller i løsmasser over fjell. /2/

For å hindre kuldebroer mellom plateskjøtene, som lett oppstår ved tilbakefylling av masse, må kasseelementene tilpasses godt, slik at sprekker ikke blir større enn maksimalt 2-3 mm.

Eksempel:

Forutsetninger:

- Vann- og spillvannsledning skal legges inne i en isolasjonskasse som har utvendig bredde på 450 mm, høyde på 400 mm og tykkelse på 50 mm.
- Grøftedybden er 1,0 m, som gir vannledningen en overdekning på 0,8 m.
- Isolationskassen legges i løsmasser over fjell i Råde i Østfold.

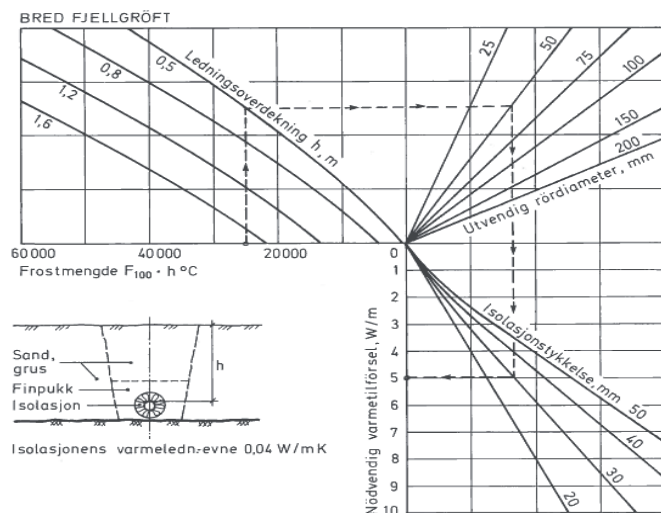
Dimensjonering:

- Frostmengden og årsmiddeltemperatur avleses i tabell 1 til:
 - » F_{100} er 25 000 h °C;
 - » årsmiddeltemperatur 5,8 °C.
- Nødvendig varmetilførsel for å hindre frost inne i kassa avleses i figur 8:
 - » 3 W/m.
 - » Denne effekten, som må tilføres kontinuerlig inne i kassa, kan avgis som egenvarme fra vannledningen, spillvannsledningen eller bidrag fra begge ledningene.

Jo større vann- og avløpsledninger desto større vannføring og dermed varmeavgivelse. For de minste rørdimensjonene og isolasjonskassene, er det lagt til grunn en gjennomsnittlig varmeavgivelse fra ledningene over døgnet på ca. 4,0 W/m. For større sekundærledninger, og dermed isolasjonskasser der man er sikret en mer kontinuerlig vannføring, er det forutsett en varmeavgivelse på ca. 5,0 W/m. En effekt på 4-5 W/m er for liten til å sikre en hurtig tining av vannledningen hvis denne er frosset. Det kreves da som tidligere nevnt effekter på 10 – 15 W/m.

Pre-isolert ledning og bruk av elektriske varmekabler

Varmetapet fra en vannledning kan reduseres betydelig ved å isolere ledningen. Pre-isolerte ledninger består av medieledning, en rørskålisolering og en yttermantel. Yttermantel kan være en polyetylenledning, som beskytter isolasjonsmaterialene mot fukt og mekaniske påkjenninger. Isolasjonsmaterialene kan være mineralull, polyuretan, polyetylen osv. Figur 9 viser nødvendig varmetilførsel for å frostsikre en enkel vannledning i en bred fjellgrøft.



Figur 9: Nødvendig varmetilførsel for å frostsikre en vannledning i en bred fjellgrøft. /2/

Mindre, pre-isolerte vannledninger har beskjeden varmekapasitet og tåler derfor bare korte driftstopp før de fryser. Ledningene styres derfor med varmekabel. Pre-isolerte ledninger egner seg best i fjellterreng med ikke telefarlige masser. Pre-isolerte ledninger i telefarlige masser må beskyttes mot skadelige telehiv. Det kan gjøres ved å legge en horisontal isolasjonsplate over ledningen.

Styrt tapping

For å forhindre at en vannledning fryser under en kald periode er styrt tapping en mulighet. Det bør installeres temperaturfølere, ventiler og vannmengdeovervåking, og et egnet tappested etableres. Nødvendig vannføring beregnes slik:

$$q = \frac{\div \frac{2\pi r m U}{c\rho} \times L}{\ln \left(\frac{T_o - T_u}{T_i - T_o} \right)}$$

hvor:

- » T_o er lufttemperaturen ($^{\circ}\text{C}$);
- » T_i er vanntemperaturen i magasinet ($^{\circ}\text{C}$);
- » r_m er rørets midlere radius;
- » s er tykkelse av rørvegg (m);
- » U er varmeoverføringskoeffisient:
 $U = (\lambda/s)(\text{W}/^{\circ}\text{C m}^2)$;
- » c er vannets spesifikke varmekapasitet ($\text{W s}/^{\circ}\text{C kg}$);
- » ρ er vannets tetthet (kg/m^3);
- » q er vannføringen (m^3/s);
- » λ er rørmaterialets termiske konduktivitet ($\text{W}/^{\circ}\text{C m}$).

Dimensjonen på røret i tappepunktet kan beregnes tilnærmet av:

$$\Delta h = f \frac{L}{D_i} \frac{v_1^2}{2g} + K \frac{v_2^2}{2g}$$

hvor:

- » v_1 er hastigheten i hovedledningen (m/s);
- » v_2 er hastigheten i tappeledningen/ventil (m/s);
- » $f \sim 0,02$;
- » D_i er innvendig diameter (mm);
- » L er ledningslengden;
- » Δh er høydeforskjellen;
- » $K \sim 2$.

4.4 FROSTSIKRING AV KUMMER

For at kumpunkter ikke skal utgjøre kuldebroer i ledningsnett, bør en bruke nedgravde ventiler og forenklede kumløsninger. Kummen kan frostsikres på følgende måter:

- pre-isolerte kummer,
- isolasjon langs kumvegg,
- plateisolasjon - må isolere langt utenfor kum,
- isolering av kumlokk (pre-isolert eventuelt iso-lokk),
- oppvarming av kummer,
- føre varmekabel inn i kum for oppvarming av kum.

Henvisninger:		Utarbeidet:	Nov 2013	Cowi AS
/1/	Byggforskserien 451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring	Revidert:		
/2/	Lett kommunalteknikk, Per Gundersen	/4/	Jackon.no: Praktisk veiledning Frostisolering	
/3/	Byggforskserien 521.811 Telesikring av uoppvarmede bygninger og konstruksjoner			