



NaDim 4. des. 2014

Grunnleggende prinsipper i den norske frost- dimensjoneringsmetoden og konsekvensen av nylig innførte endringer

04.12.2014

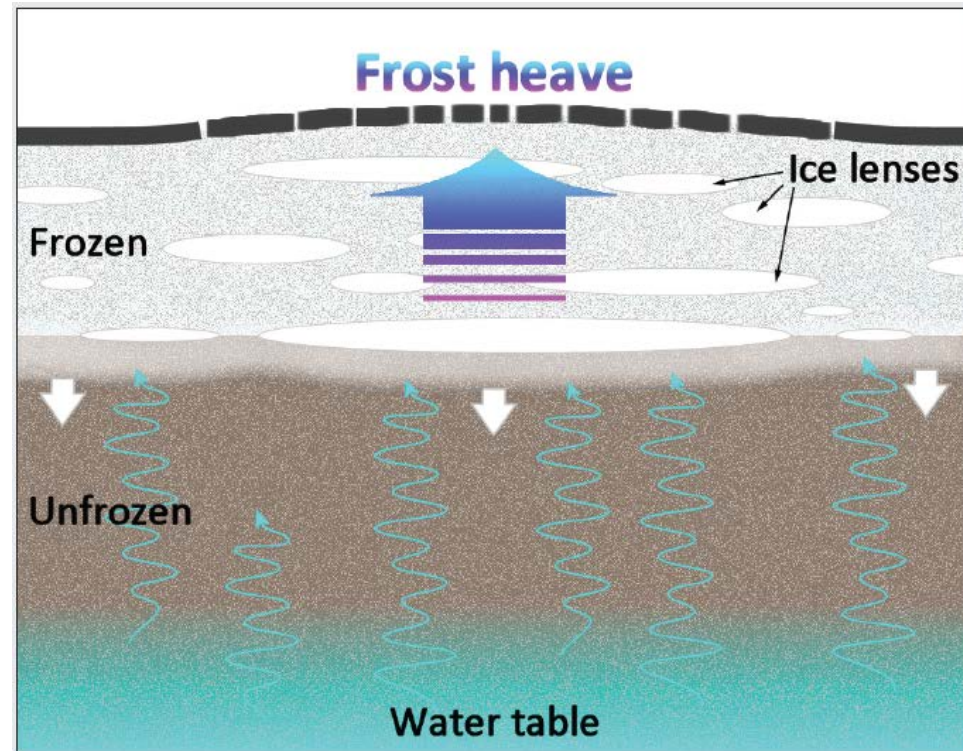
NaDim-seminar



Geir Berntsen
Statens vegvesen
Region Øst
Dekkeprosjektet

Telemekanismen

- Frost i telefarlige materialer medfører at vann trekkes opp til frysefronten og danner islinser.
- Medfører at terrenget over løfter seg og vi får telehiv og telesprekker.
- Dannelse av islinser gir overskudd på vann i jordmaterialene når islinsene tiner. Medfører reduksjon i materialenes bæreevnen.





Hvilke problemer medfører frysing og tining i vegsammenheng?

Ved frysing:

- telehiv
 - ujevnheter både langs etter og på tvers av vegen
- telesprekker – sprekker i asfaltdekket

Ved tining:

- redusert bæreevne og økt nedbrytning
- redusert fremkommelighet på grusveger

KRITISK!

Telehiv

- Reduserer kjørekomfort
- Ujevnheter i lengde- og tverretning



Telesprekker



Nedbrytningen av vegger med fast dekke



Fryse/tine-skader



Fremkommelighetsproblem i teleløsningen





"Grunnleggende prinsipper i den norske frostdimensjoneringsmetoden..."

- Forutsetninger for problem med frysing og tining
- Beregning av frostdybder og isolasjonstykkelser
- Krav til frostdimensjonering avhengig av trafikkmengde og vegtype



Tre forutsetninger for fryse- /teleproblem

- frost
- telefarlige jordarter
- vann

Unngår vi en av disse, får vi heller ingen fryse-/tineproblemer!



Frostmengde (og årsmiddeltemp.)

- Den dimensjonerende frostmengden F_d uttrykkes som F_n , frostmengden som statistisk overskrides én gang i løpet av n år for det aktuelle byggverket.
- F10 – frostmengden som statistisk overskrides én gang hver 10. år
- F100 – frostmengden som statistisk overskrides én gang hver 100. år

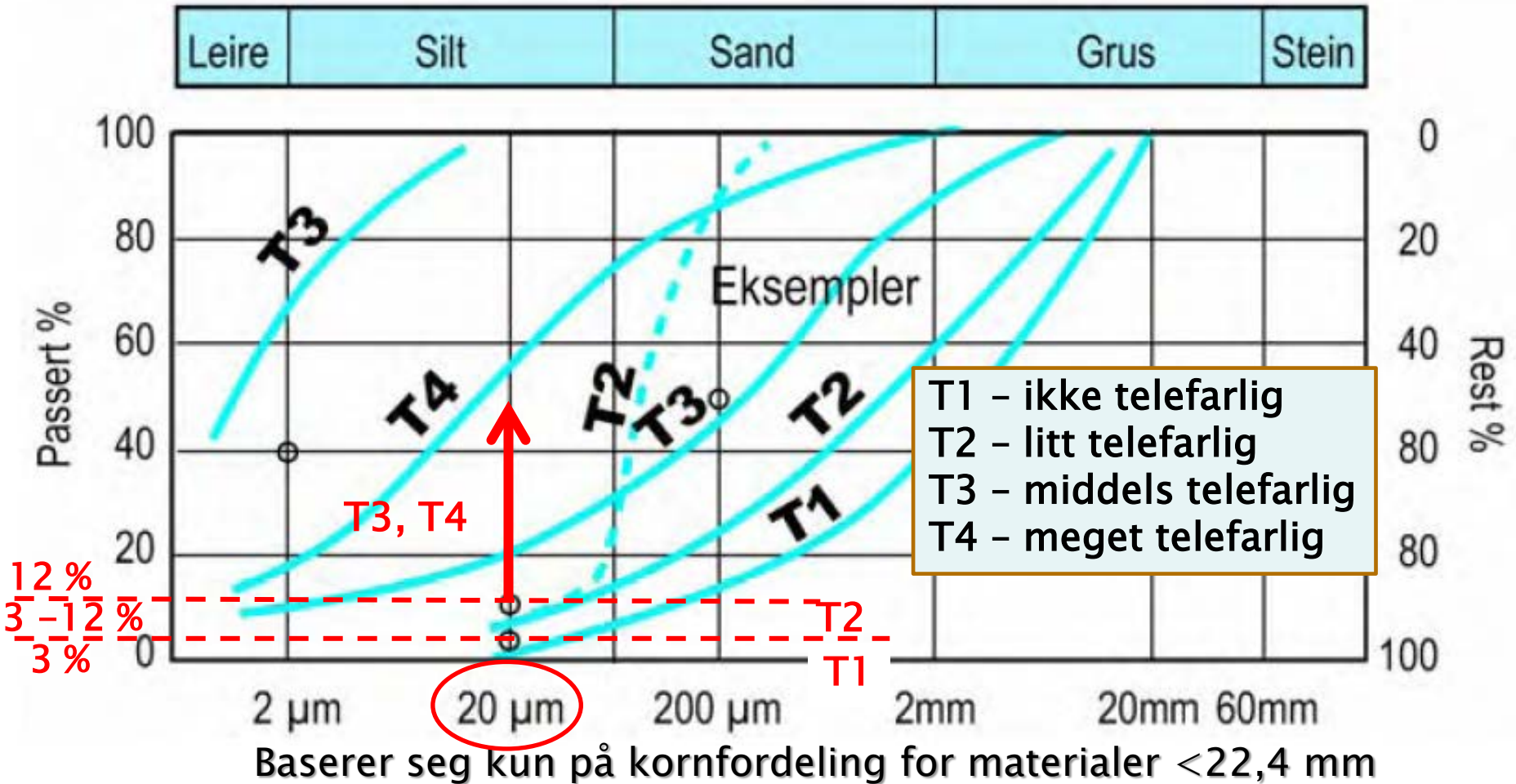
FROSTMENGDER

Vedlegg 2 i N200

Frostmengder for kommunesenterene og korreksjonsfaktorer som angir variasjonsområdet i hver kommune

KOMM	NAVN	Fylke	normal [°C]	Frostmengde				Korreksjonsfaktor for min og max frostmengde	
				F2	F5	F10	F100	Kmin	Kmax
101	Halden	Østfold	6,3	4000	9000	11000	20000	0,86	1,22
104	Moss	Østfold	6,4	4000	8000	11000	19000	0,93	1,15
105	Sarpsborg	Østfold	6,3	4000	9000	12000	21000	0,83	1,24
106	Fredrikstad	Østfold	6,7	3000	7000	10000	18000	0,84	1,21
111	Hvaler	Østfold	7,2	2000	6000	8000	14000	0,94	1,07
118	Aremark	Østfold	5,4	6000	12000	15000	26000	0,90	1,09
119	Marker	Østfold	5,0	8000	14000	18000	30000	0,89	1,14

Norsk telekriterium





Betydning av frostdybder

- Problem knyttet til frysing/tining er i hovedsak knyttet til frostdybden.
 - frostdybde mindre enn dybde til telefarlige materialer gir ingen problem
 - telehiv og påfølgende problemer øker som regel med økt frostdybde i telefarlige materialer
- Forløpet for innfrysing og tining i telefarlige materialer har stor betydning for problem knyttet til frysing/tining dersom telefarlige materialer ligger høyt i vegkonstruksjonen.



Viktige inngangsparametre for beregning av frostdybde

- Frostmengde
- Årsmiddeltemperatur
- Fuktinnhold i materialene
- Varmeledningsevne
- Varmekapasitet



Frostdybde og vann

- Vannmengden i materialene har stor betydning for hvor dypt frosten går!
- Type materialer til bruk i bærelag og forsterkningslag har endret seg

Bærelag: knust grus ➡ stabiliserte materialer

Forsterkningslag: grus/sand ➡ pukk

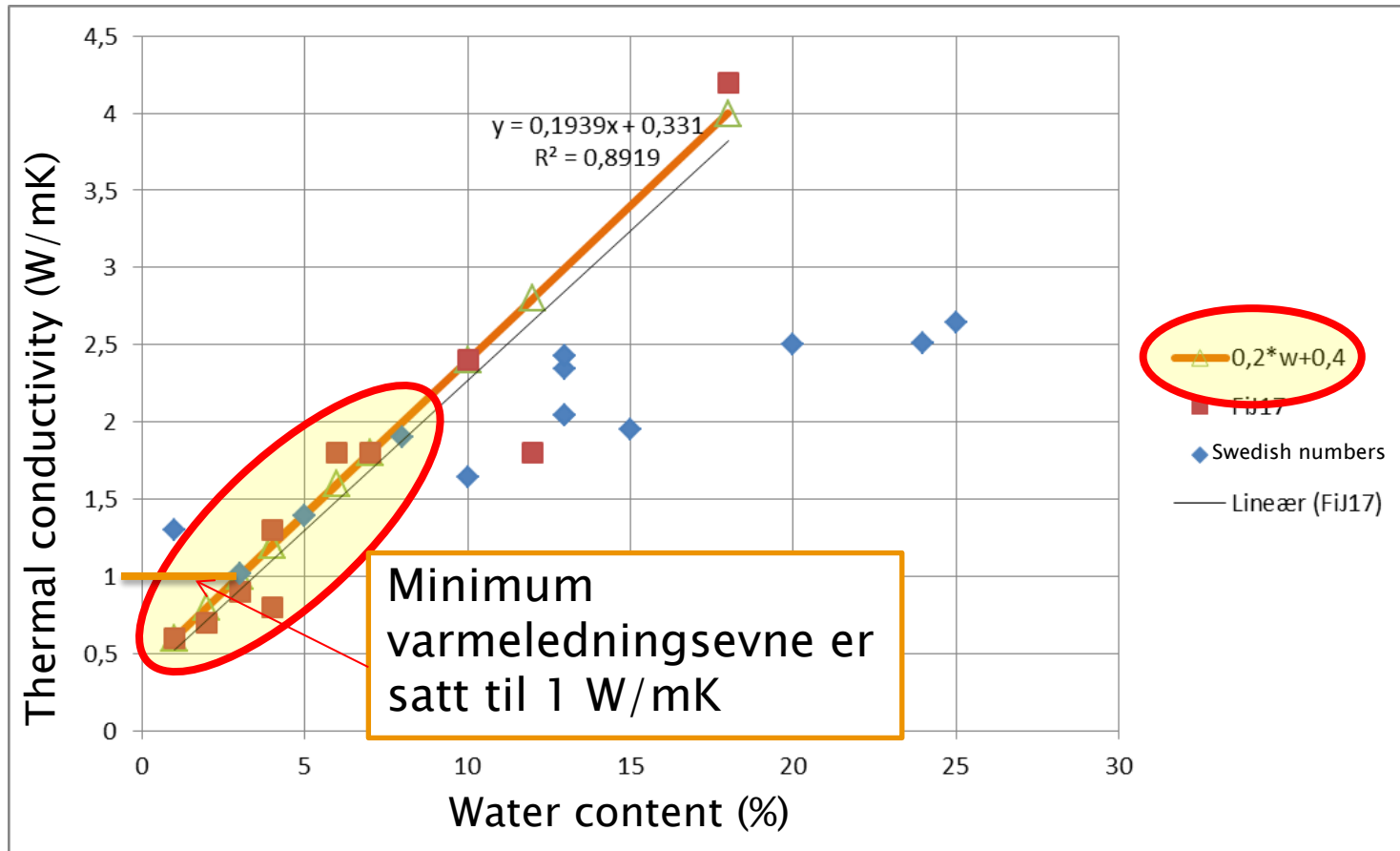
- Nye materialer inneholder svært lite vann og har dermed mindre frostmotstand
- Vann som suges opp til frysefronten, reduserer frostnedtrengningen

Tabell i Fij, Pub. 17

Materiale	Sammensetning			Ledningsevne W/mK	
	Tørr romvekt $\rho_D, \text{kg/m}^3$	Vektprosent vann, w%	Metningsgrad $S_r, \%$	Frosset λ_f	Ufrosset λ_u
Grov pukk, kult	1 500 .. 1 800	1 .. 4	10 .. 30	0.6 .. 1.3	0.7 .. 1.5
Grus, middel	1 800 .. 2 100	2 .. 6	15 .. 40	0.7 .. 1.8	1.0 .. 2.0
Sand, middel	1 700 .. 2 000	4 .. 12	20 .. 60	0.8 .. 1.8	1.1 .. 2.2
Sand, på fylling	1 800 .. 2 100	3 .. 7	20 .. 40	0.9 .. 1.8	1.0 .. 2.0
Sand, under gr.v.st.	1 700 .. 2 100	10 .. 18	85 .. 100	2.4 .. 4.2	1.5 .. 2.7
Silt	1 400 .. 1 800	10 .. 30	70 .. 100	1.7 .. 2.8	1.0 .. 1.7
Leire	1 200 .. 1 600	20 .. 40	80 .. 100	1.6 .. 2.4	0.9 .. 1.4

Variasjoner i sammensetning og varmeledningsevne av mineralske jordarter.

Varmeledningsevne



Stefans formel for beregning av frostdybde i homogen undergrunn

- Ligningen tar kun hensyn til varme frigjort ved frysing av vann – L

- L (Wh/kg) => Frostdybde: $Z = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda_f \cdot F}{L}}$

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Ws} \Rightarrow 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Joule}$$

- L (J/kg) => Frostdybde: $Z = \sqrt{\frac{3600 \cdot 2 \cdot \lambda_f \cdot F}{L}} \Rightarrow$
 $Z = \sqrt{\frac{7600 \cdot \lambda_f \cdot F}{L}}$

Ligning for beregning av frostdybde i homogen undergrunn (SINTEF Byggforskserien 451.021)

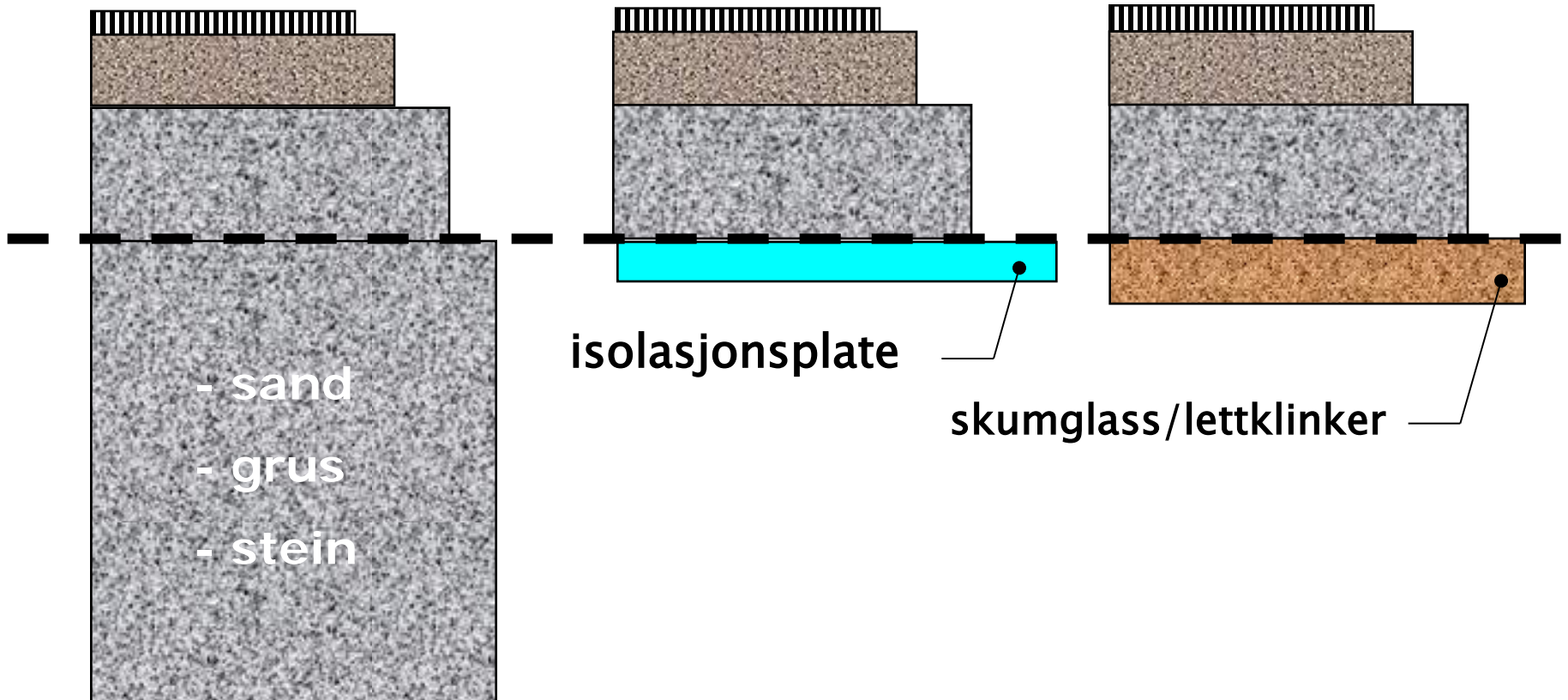
$$H_0 = \sqrt{\frac{7200 \cdot F_d \cdot \lambda_f}{L + C \cdot \theta_m}}$$

Tillegg til Stefans formel

hvor:

- F_d – frostmengde ($h^\circ C$)
- λ_f – varmeledningsevne for frossen undergrunn (W/mK)
- L – latent varme som frigjøres når vann i materialene fryser til is (J/m^3) $L = w \cdot \rho_d \cdot l$, w – vanninnhold, ρ_d – tørr romvekt, l – frysevarme av vann lik 93 Wh/kg
- C – volumetrisk varmekapasitet for ufrosset materiale (J/m^3K)
- θ_m – årsmiddeltemperatur ($^\circ C$)

Frostsikring med andre materialer

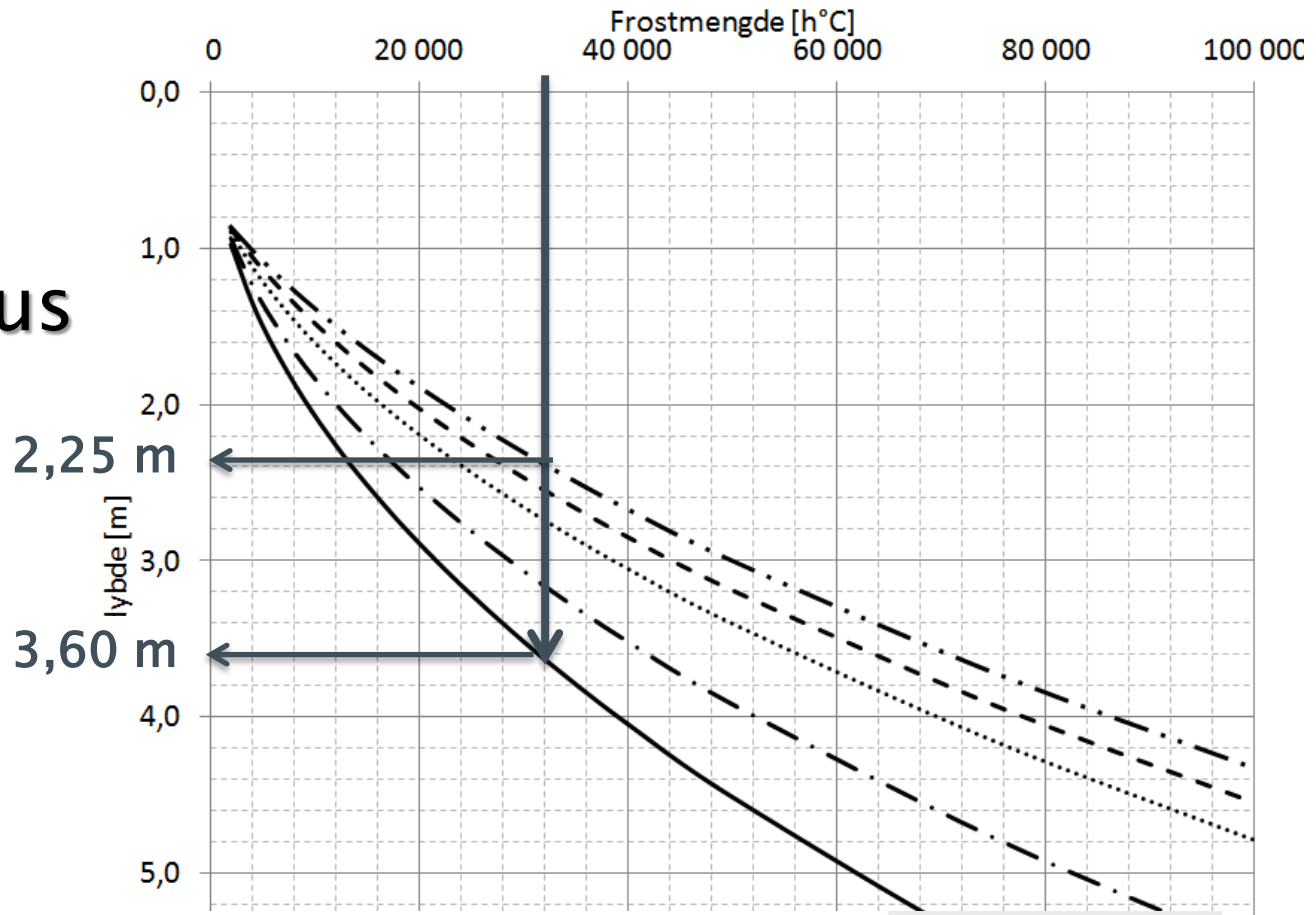




Frostsikring med sand, grus eller stein

Korreksjonsfaktor:

Frostdybder
ved årsmiddeltemperatur 4 °C



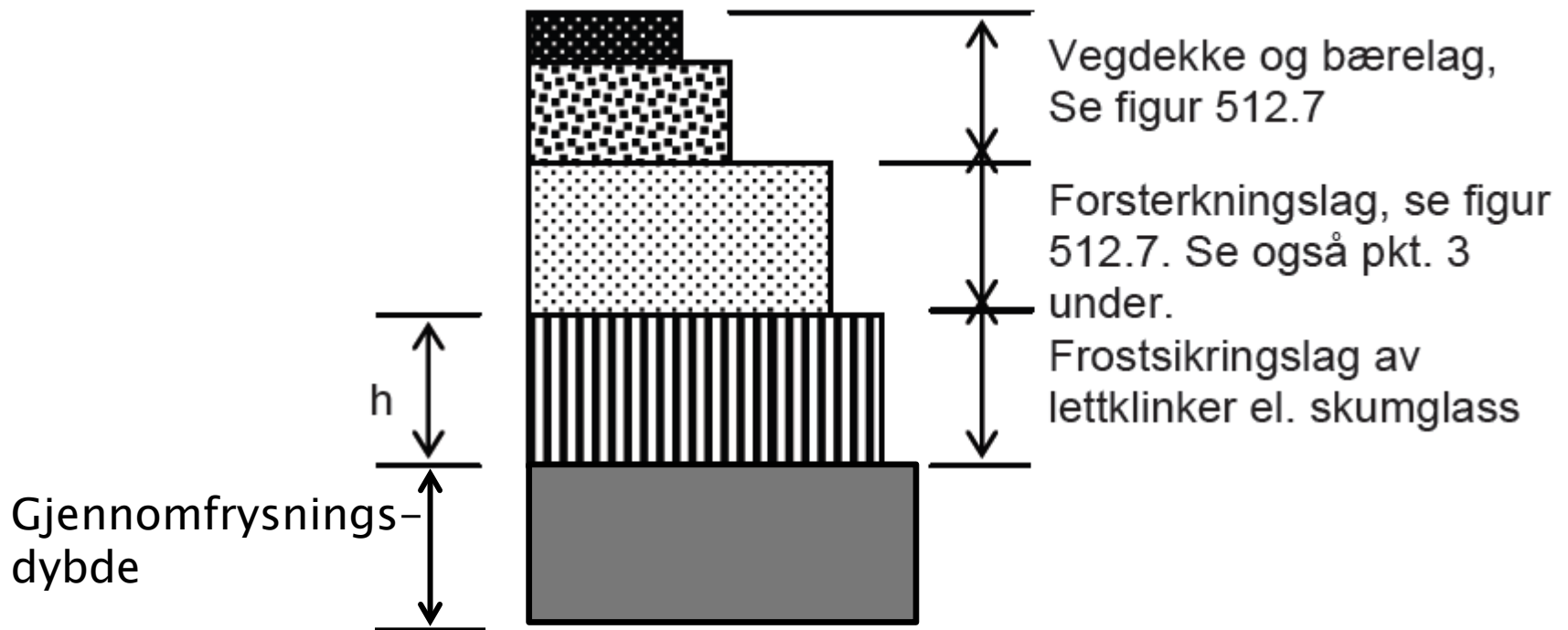
Frostsikringslag	Antatt vanninnhold i frostsikringslag	Årsmiddeltemperatur °C					
		-2	0	2	4	6	8
Kult, drenert	1,0 %	-	1,66	1,21	1,00	0,87	0,79
Knust fjell, lite finstoff, drenert	2,0 %	1,92	1,40	1,15	1,00	0,90	0,82
Kult, udrenert	4,0 %	1,43	1,23	1,10	1,00	0,92	0,86
Sand, grus, knust fjell, ikke telefarlig, drenert	6,0 %	1,29	1,17	1,08	1,00	0,94	0,89
Sand, grus, knust fjell, ikke telefarlig, udrenert	8,0 %	1,22	1,13	1,06	1,00	0,95	0,90
Noe telefarlig materiale, drenert							
Noe telefarlig materiale, udrenert							



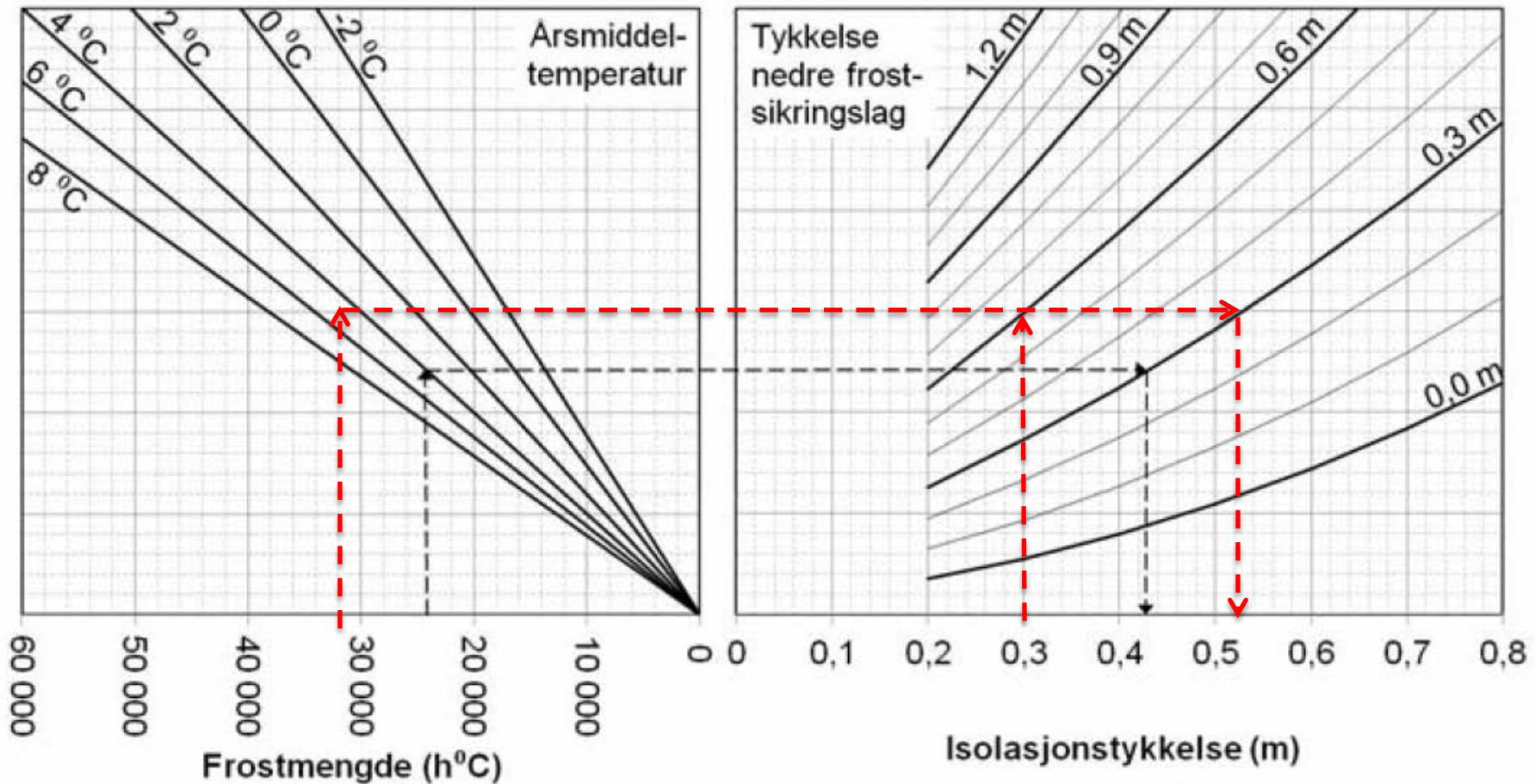
Hvorfor isolerer vi?



NB! Hensikt med isolasjonslag er å øke varme-
strømsmotstanden. Derfor vil frosten gå gjennom
isolasjonslaget!



Frostmessig dimensjonering skumglass/lettklinker



Figur 511.4 Frostmessig dimensjonering med lettklinker eller skumglass



Frostsikring i HB-018

512.41 Behov for frostsikring

Riksveger med skiltet hastighet større enn 60 km/t skal frostsikres etter bestemmelser gitt i figur 512.8. Riksveger med skiltet hastighet lik eller mindre enn 60 km/t bør frostsikres etter bestemmelsene i figur 512.8.

Viktige fylkesveger, uansett skiltet hastighet, bør frostsikres etter bestemmelsene gitt i figur 512.8.

Frostsikring i HB-018

Figur 512.8 omfatter ikke vegger med ÅDT mindre enn 1500. For disse vegene vil det likevel være behov for å vurdere frostsikring på strekninger der spesielle problemer knyttet til ujevne telehiv er ventet.

Omtrent som før!

ÅDT	Grunnforhold *)	Frostsikring		
		Sand, grus, stein	Lettklinker og skumglass	Isolasjonsplater (XPS)
1500 - 5 000	3	h_5 (maks. 1,5 m)	h_5	h_{10}
≥ 5 000	1	h_5 (maks. 1,2 m)	h_{10}	h_{10}
	2	h_5 (maks. 1,5 m)	h_{10}	h_{10}
	3	h_{10} (maks. 1,8 m)	h_{10}	h_{10}

Endret.

*) Grunnforhold, variasjonsklasser:

- 1 = homogene grunnforhold hvor bare små ujevne telehiv er ventet. Ensartede grunnforhold med leire, sand eller grus og med generelt stabile fuktforhold. Grunnforholdene skal bekreftes gjennom grunnundersøkelser (se pkt. 510.2).
- 2 = noe varierende, en del ujevne telehiv er ventet
- 3 = sterkt varierende, store, ujevne telehiv er ventet. Særlig utsatte områder
 - med (typisk) leirig silt, siltige masser, eller sandig silt og med store variasjoner
 - med vannførende lag i slike masser som kan gi opphav til iskjøving og ujevnheter langt utover det normale.
 - der det er usikkerhet om grunnundersøkelsene (se pkt. 510.2) har fanget opp lokale variasjoner.

Krav til frostsikring i N200

ÅDT	Ant. kjørefelt	Telefarlighetsklasse	Frostsikring	
			Dim. frostmengde	Maks ¹⁾ tykkelse overbygning
> 8000	4 eller flere	T3, T4	F ₁₀₀	2,4 m
> 8000	< 4	T3, T4	F ₁₀	2,4 m
1501 - 8 000		T3, T4	F ₁₀	1,8 m
≤ 1500		T3, T4	Risiko for ujevnt telehiv skal vurderes	1,8 m

1) Begrepet «maks» betyr i denne sammenheng at den angitte tykkelse er tilstrekkelig til å unngå skadelig telehiv selv om frostdybden er større

Antall km innenfor ÅDT-klassene mht. frost

Vegstatus	<1500	1500-8000	>8000
Rv	1993	6343	2004
Fv	35334	6726	460
SUM	37327	13069	2464

70,6 %

24,7 %

4,6 %

Frostdimensjonering
som tidligere.
F10 i stede for F5.

Maks. overbygning-
tykkelse 1,8 m.
F10.

Maks. overbygning-
tykkelse 2,4 m.
F100 og F10.



Oppsummering – Konsekvenser med ny frostdimensjonering

- Høytrafikkveger krever frostsikringslag som gir total vegoverbygning på opptil 2,4 m når undergrunnen består av T3- og T4-materialer.
- Middels trafikkerte veger krever frostsikringslag som gir total vegoverbygning på opptil 2,4 m når undergrunnen består av T3- og T4-materialer.
- For lavtrafikkvegnettet er det i praksis relativt små endringer (70 % av vegnettet=)
- Frostsikringslaget kan gjerne inneholde litt finstoff da dette vil øke vanninnhold og frostmotstand. HOMOGENITET!!!
- Et nedre frostsikringslag er påkrevd der isolasjon benyttes.



Takk for oppmerksomheten!