

Lämmön- ja lujuudenkehityskoulutus

8.9.2020 Espoo, Sola

Sini Ruokonen Finnsementti



FINNSEMENTTI

A CRH COMPANY

Betonin lämmön- ja lujuudenkehitys erilaisilla rakenteilla,
sementeillä, lujuusluokilla ja ympäristön lämpötiloilla

Ympäristön lämpötilat: -10 °C, 0 °C, +10 °C

Lujuusluokat: C25/30, C30/37, C35/45

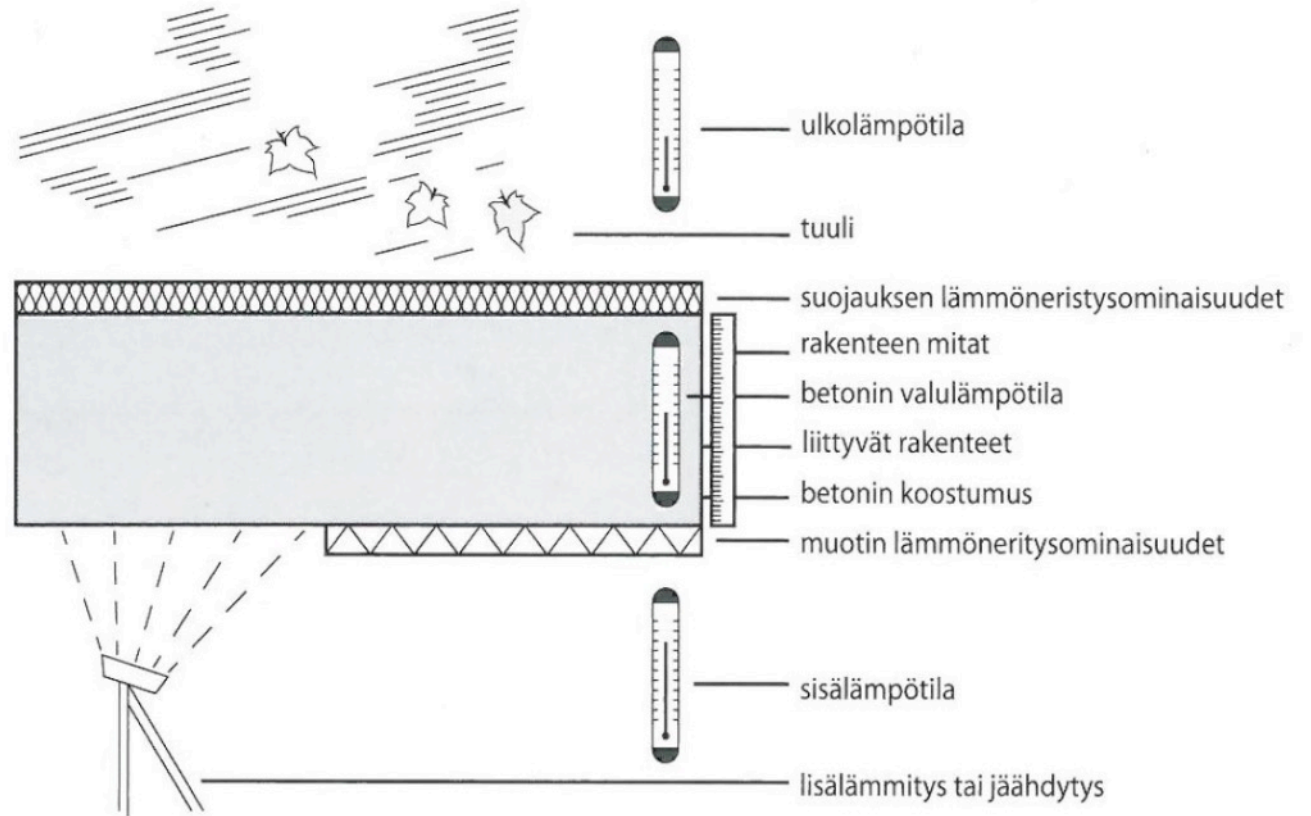
Rakenteet: seinä, holvi, antura

Sementit: Plus/Oiva, Rapid



Betonin lujuuteen vaikuttavat tekijät

- Betonin ja ympäristön lämpötila
- Betonin v/s-suhde
- Sementtityyppi ja seosaineet
- Ilmamäärä



Jäätymislujuus ja muotin purkulujuus

Betoninormi BY65 3.7.4. Betonityöt

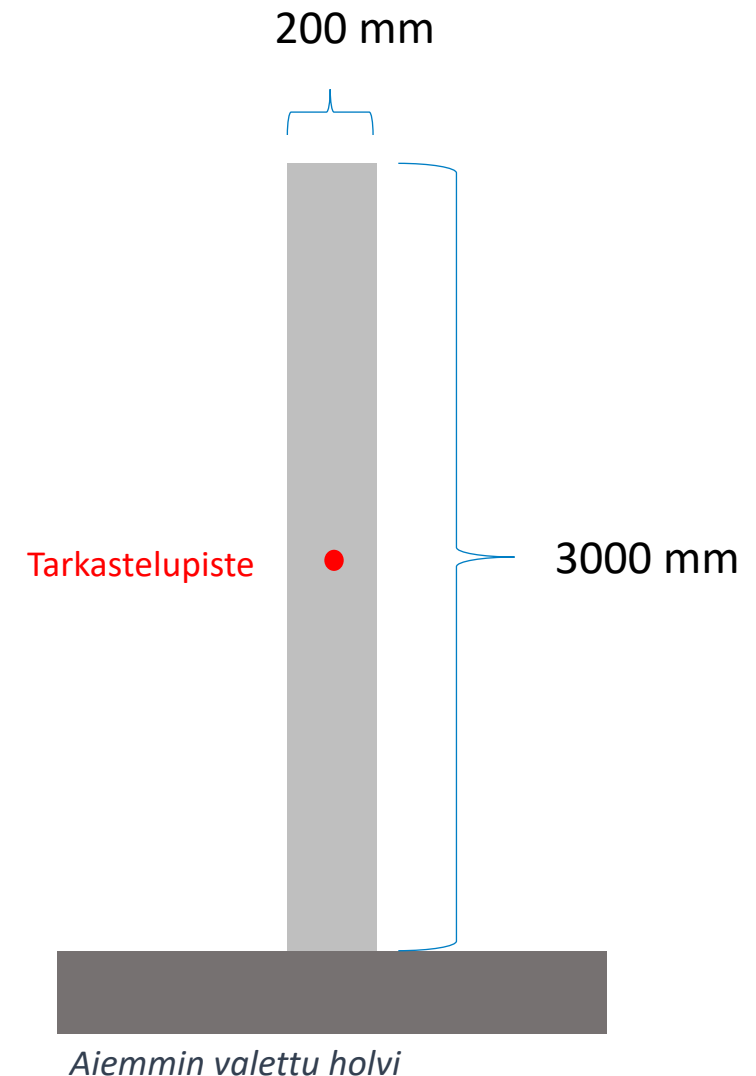
Jälkihoito voidaan lopettaa rasitusluokissa X0 ja XC1, kun betoni on saavuttanut 50 % ja muissa kuin XF2 ja XF4 rasitusluokissa 70 % nimellislujuudestaan. Rakenteita, jotka kuuluvat rasitusluokkiin XF2 ja XF4 tai joilta edellytetään erityistä kulutuskestävyyttä, tulee jälkihoitaa, kunnes betoni on saavuttanut 80 % nimellislujuudestaan.

Betonoitaessa on huolehdittava siitä, että betoni kovettuu suunnitelmien mukaisesti. Rakenteiden lämmitystä jatketaan tarvittaessa niin kauan, että betoni saavuttaa muottien tukirakenteiden purkamisajankohtana vaaditun lujuuden. Rakenteita kuormitettaessa tulee ottaa huomioon lämmityksen jälkeinen lujuudenkasvun hidastuminen kylmänä aikana.

Betoni ei saa jäätä ennen kuin se on saavuttanut jäätymislujouden 5 MN/m². Betonin ominaisuuksien kehittymistä seurataan lämpötilamittauksin tai muulla luotettavalla tavalla.

Seinä 200 mm

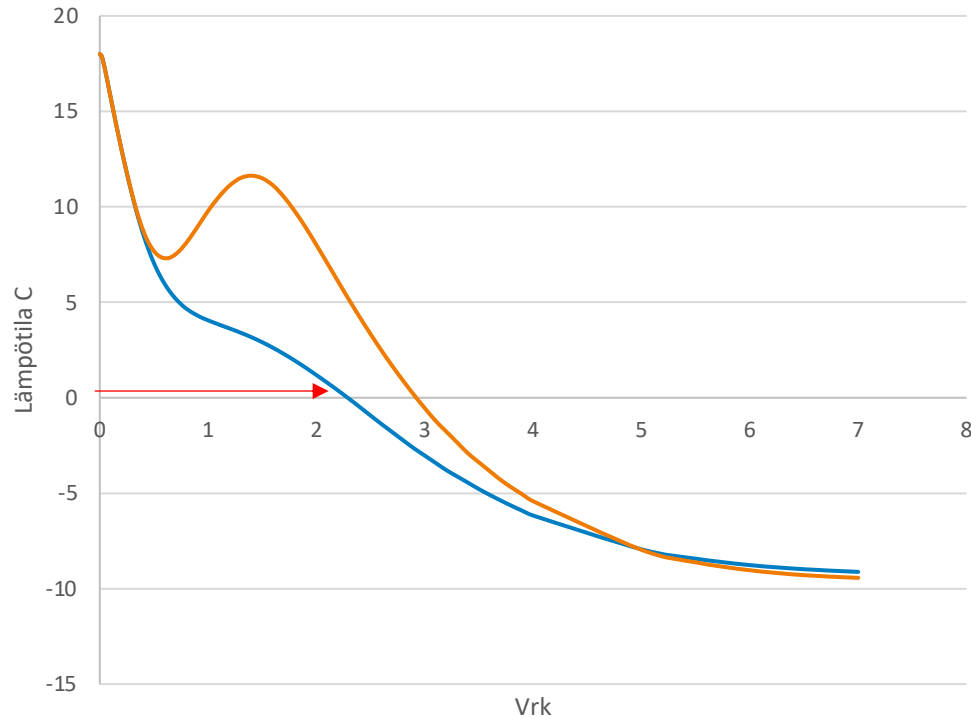
- Ympäristön lämpötilat: -10 °C, 0 °C, +10 °C
- Reseptit
 - Normaalisti kovettuva
 - 310 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,60
 - Nopeasti kovettuva
 - 340 kg/m³ Rapid, v/s-suhde 0,55
- Betonin lämpötila +18 C
- Betonin ilmamäärä 2 %
- Vanerimuotti 7 vrk
- Seinä holvin päällä
- Rakenteen lujuusluokka C30/37
 - Muotin purkulujuus 26 MPa (70% C30/37:stä)



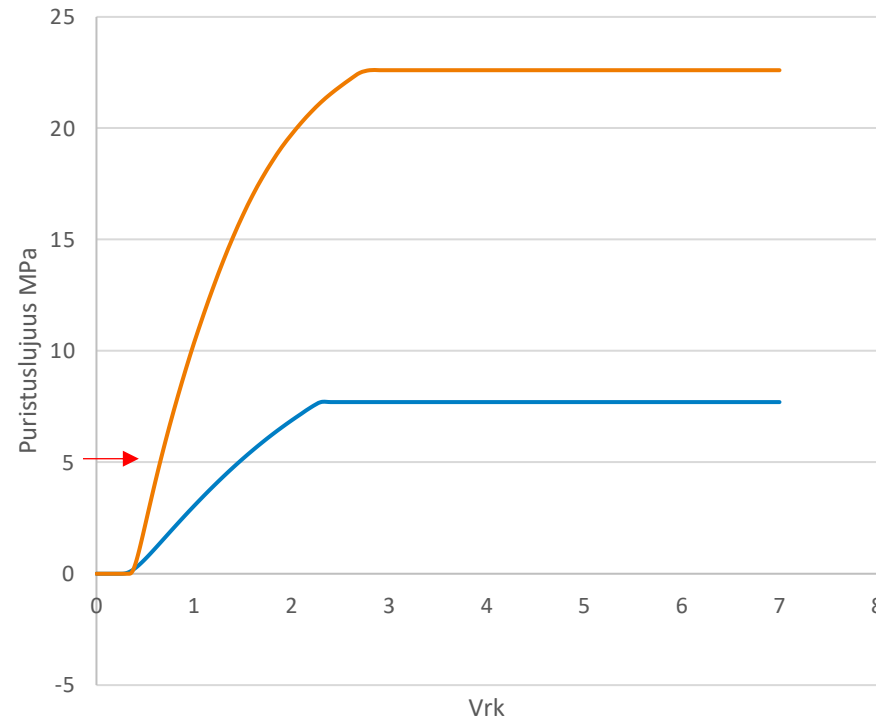
Seinä 200 mm -10 °C

→ Reseptin avulla ei ratkaistavissa

Lämmönkehitys (-10C)



Lujuudenkehitys (-10C)



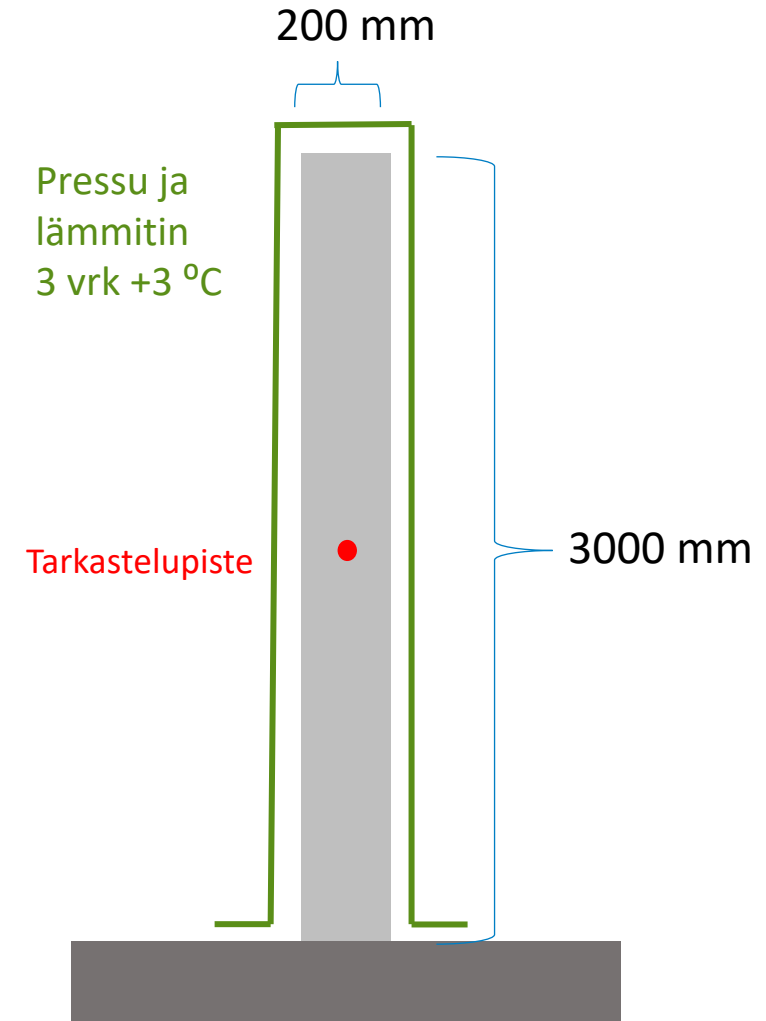
Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

Plus/Oiva 310 kg/m3 (0,60)
Rapid 340 kg/m3 (0,55)

1. Jäätymislujuus: saavutetaan Plus 1,5 vrk:ssa ja Rapidilla 0,7 vrk:ssa
2. Betoni jäätyy 2-3 vrk:n iässä
3. Muotin purkulujuutta ei saavuteta kummassakaan tapauksessa

Seinä 200 mm + eristys pressulla ja lämmityksellä

- Ympäristön lämpötilat: -10 °C
- Reseptit
 - Nopeasti kovettuva
 - 340 kg/m³ Rapid, v/s-suhde 0,55
- Betonin lämpötila +18 C
- Betonin ilmamäärä 2 %
- Vanerimuotti 7 vrk + pressu ja lämmitys +2 °C (3 vrk)
- Seinä holvin päällä
- Rakenteen lujuusluokka C30/37
 - Muotin purkulujuus 26 MPa (70% C30/37:stä)

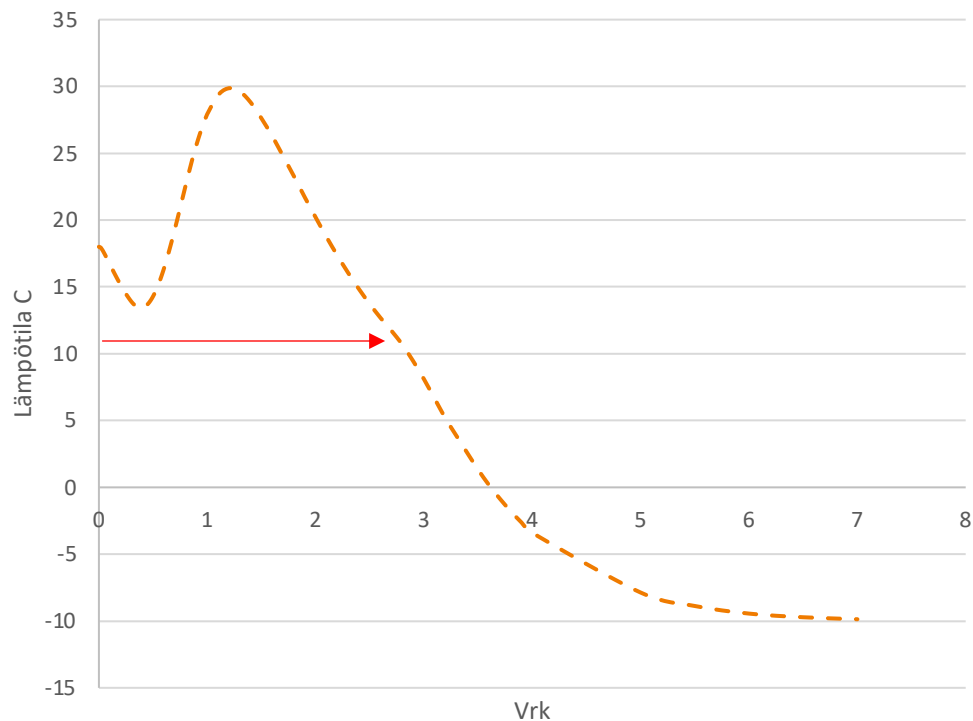


Aiemmin valettu holvi

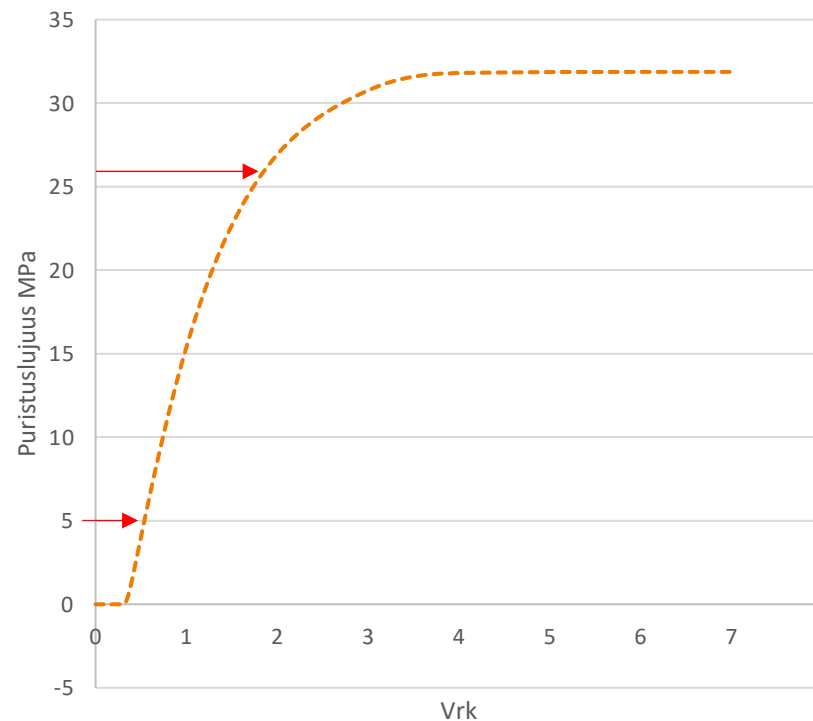
Seinä 200 mm -10 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapidia, suojata pressulla ja lämmittää puhaltimella

Lämmönkehitys (-10C)



Lujuudenkehitys (-10C)



Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

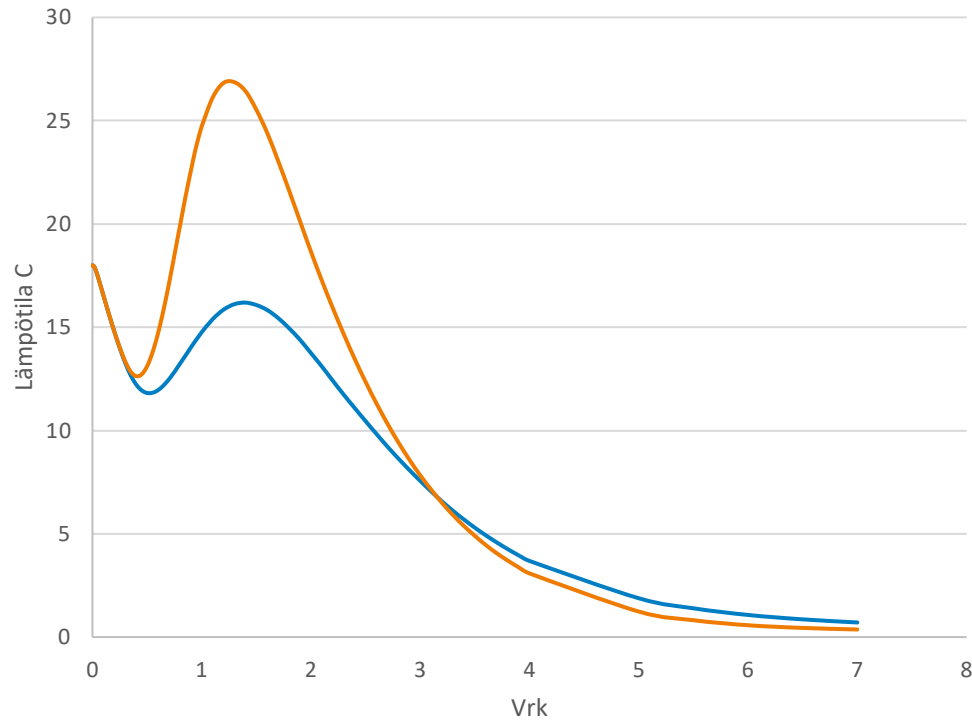
--- Rapid 340 kg/m³ (0,55)
Lämpöpuhallin ja pressu 3 vrk

1. Jäätymislujuus: saavutetaan alle 1 vrk
2. Muotin purkulujuus saavutetaan 2 vrkssa
3. Pressu ja lämpöpuhallin poistetaan 3 vrk iässä, betoni jäätyy lähes heti sen jälkeen

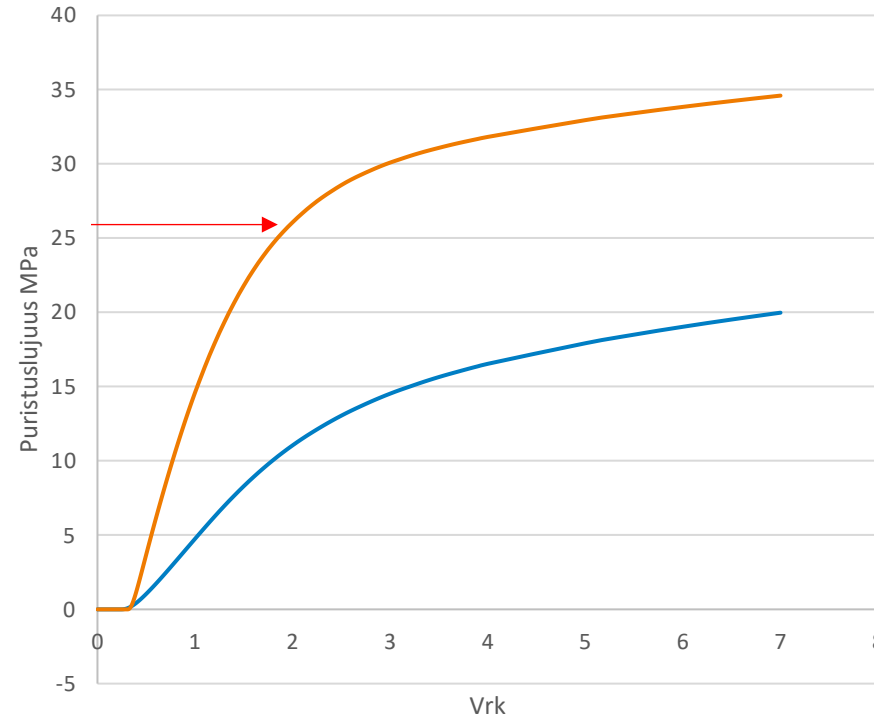
Seinä 200 mm 0 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapid-massaa

Lämmönkehitys (0 C)



Lujuudenkehitys (0 C)



Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

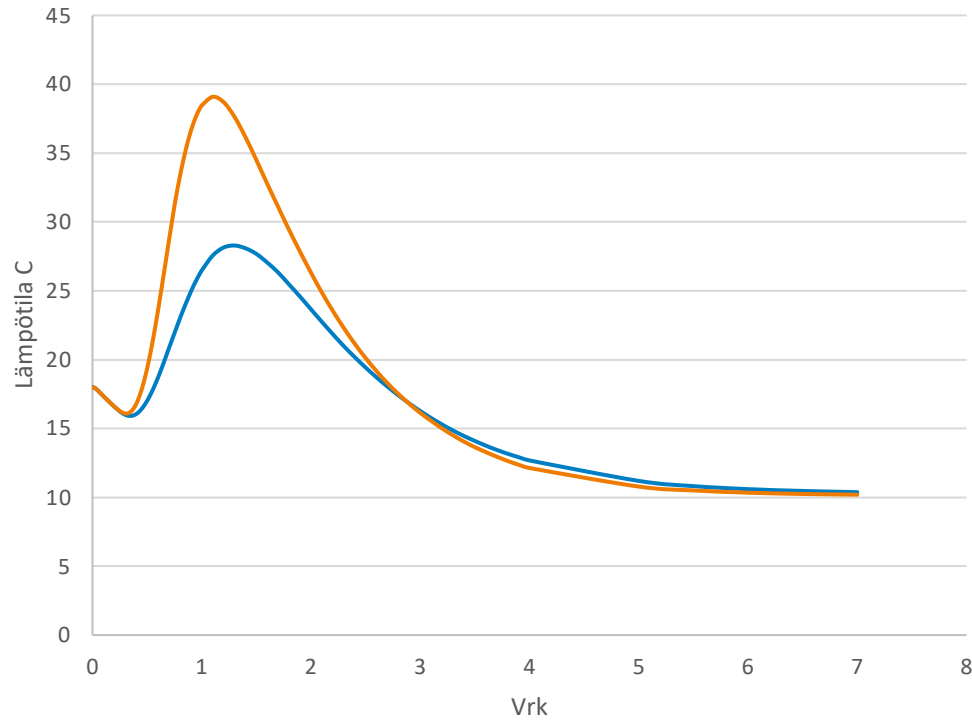
Plus/Oiva 310 kg/m³ (0,60)
Rapid 340 kg/m³ (0,55)

1. Jäätymislujuus: saavutetaan Plus 1 vrk:ssa ja Rapidilla 0,5 vrk:ssa
2. Muotin purkulujuus saavutetaan Rapidilla 2 vrk:ssa
3. Betonin lämpötila 0-asteeseen reilussa viikossa
4. Muotin purkulujuutta ei saavuteta Plus/Oiva tapauksessa alle 7 vrk:ssa

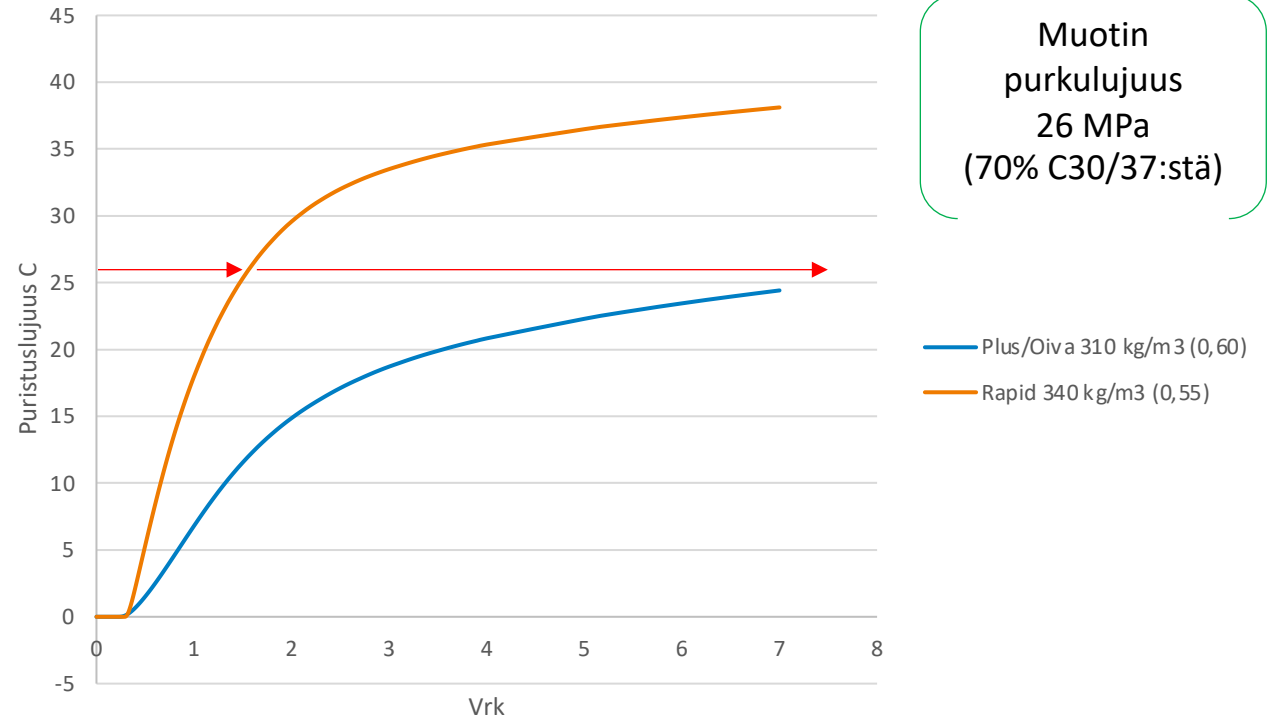
Seinä 200 mm 10 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapid-massaa

Lämmönkehitys (10 C)



Lujuudenkehitys (10 C)



1. Muotin purkulujuus saavutetaan Rapidilla 1,5 vrk:ssa
2. Muotin purkulujuus saavutetaan Plus 8 vrk:ssa

Holvi 270 mm

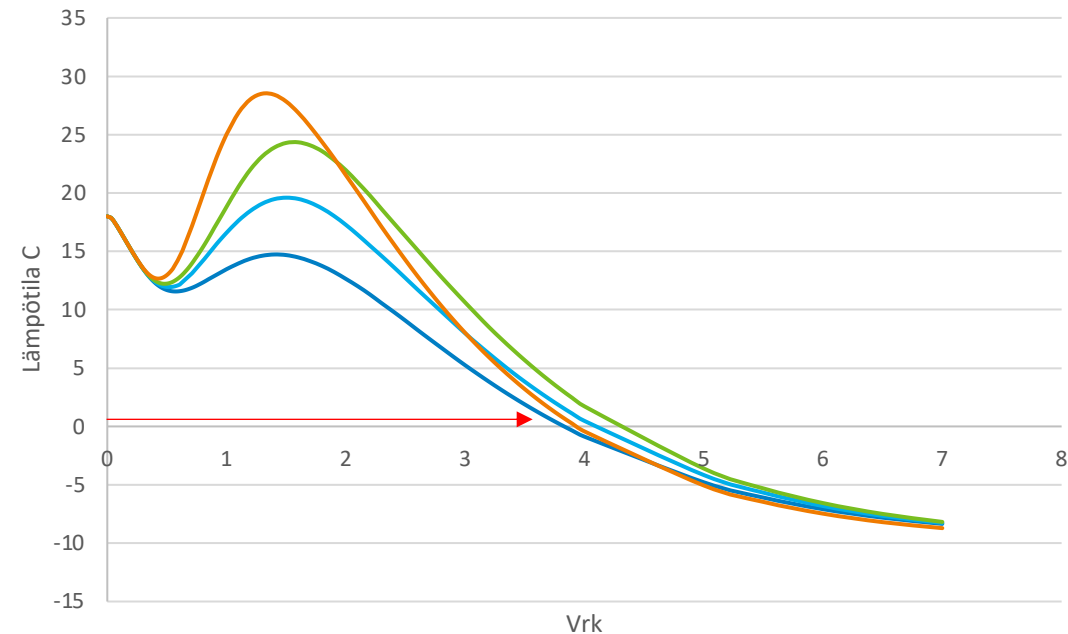
- Ympäristön lämpötilat: -10 °C, 0 °C, +10 °C
- Reseptit
 - Normaalisti kovettuva
 - 310 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,60
 - Normaalisti kovettuva
 - 370 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,50
 - Normaalisti kovettuva
 - 430 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,40
 - Nopeasti kovettuva
 - 340 kg/m³ Rapid, v/s-suhde 0,55
- Betonin lämpötila +18 C
- Betonin ilmamäärä 2 %
- Vanerimuotti 7 vrk
- Routamatto holvin päällä 7 vrk
- Rakenteen lujuusluokka C30/37
 - Muotin purkulujuus 26 MPa (70% C30/37:stä)



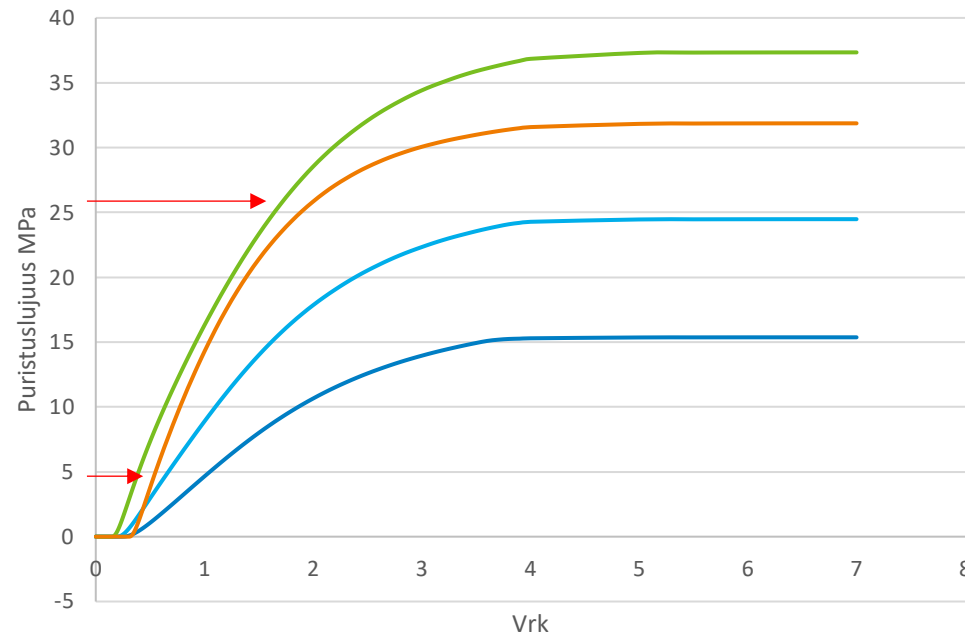
Holvi 270 mm -10 °C

→ Suositeltavaa käyttää joko Rapidia tai Plus/Oiva-sementtiä alle 0,40 v/s-suhteella

Lämmönkehitys (-10 C)



Lujuudenkehitys (-10 C)



Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

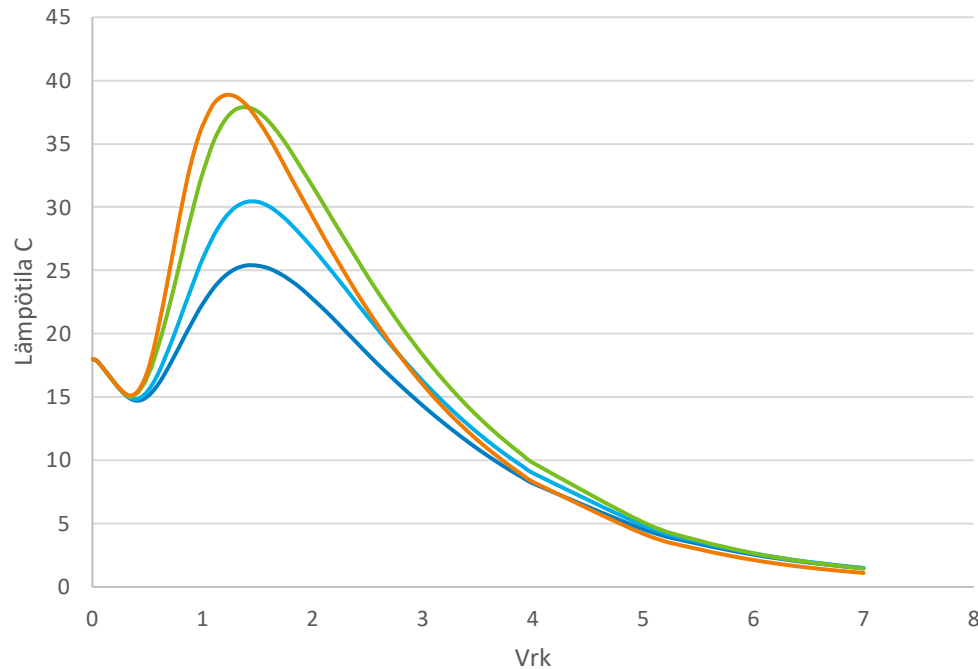
Plus 310 kg/m3 0,60
Plus 370 kg/m3 0,50
Plus 430 kg/m3 0,40
Rapid 340 kg/m3 0,55

1. Jäätymislujuus: saavutetaan kaikissa tapauksissa 1 vrk:ssa
2. Muotin purkulujuus saavutetaan Plus v/s 0,40 ja Rapid v/s 0,55 resepteillä 2 vrk:ssa
3. Betoni jäätyy kaikissa tapauksissa 4 vrk iässä
4. Muotin purkulujuutta ei ehditä saavuttaa Plus v/s 0,50 ja 0,60 resepteillä

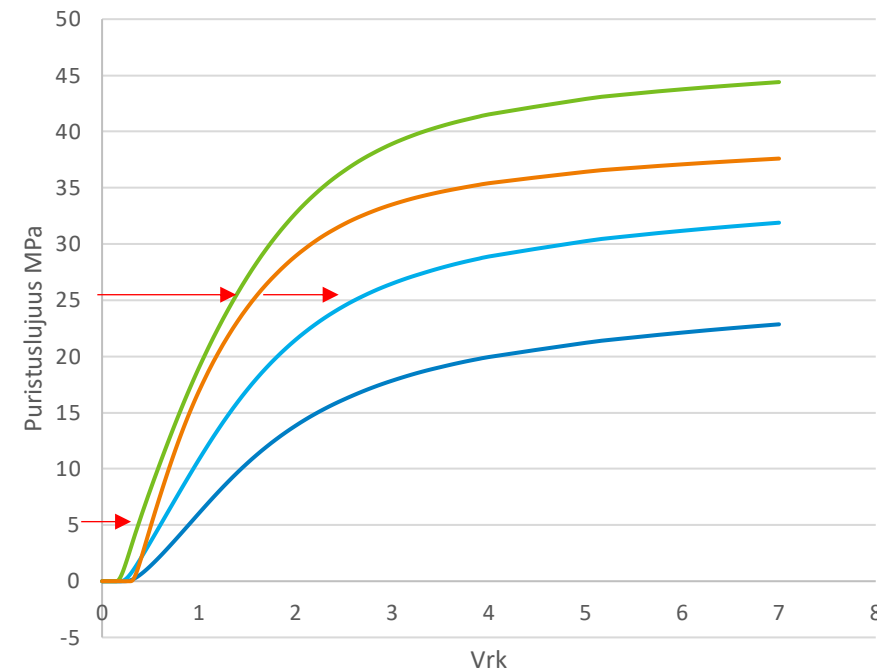
Holvi 270 mm 0 °C

→ Suositeltavaa käyttää joko Rapidia tai Plus/Oiva-sementtiä alle 0,50 v/s-suhteella

Lämmönkehitys (0 C)



Lujuudenkehitys (0 C)



Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

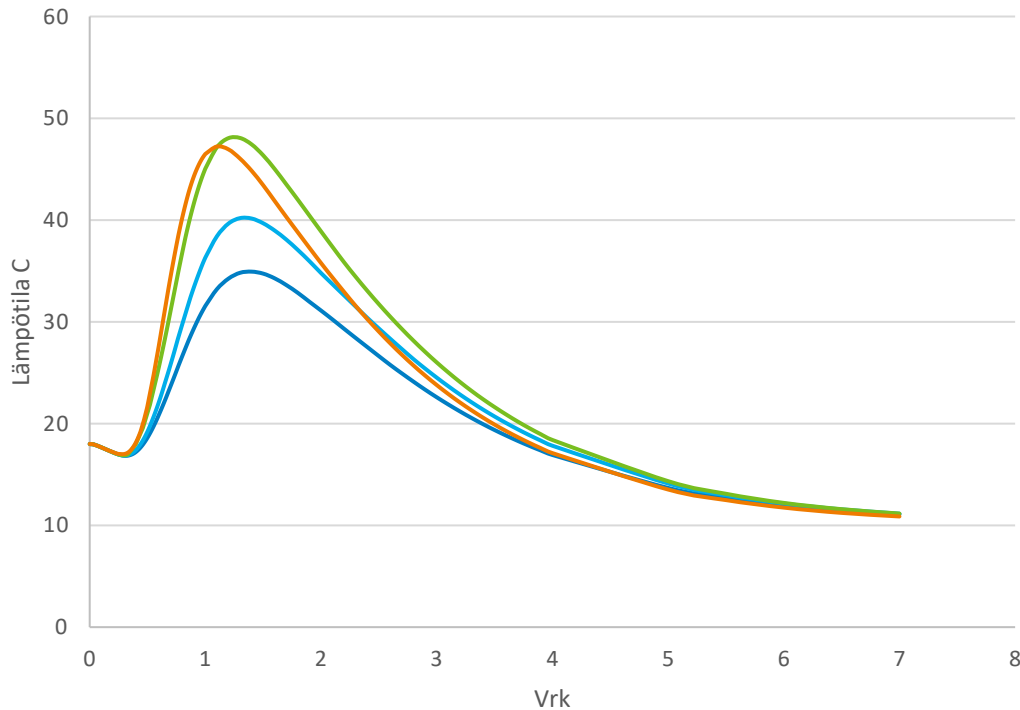
Plus 310 kg/m³ 0,60
Plus 370 kg/m³ 0,50
Plus 430 kg/m³ 0,40
Rapid 340 kg/m³ 0,55

1. Jäätymislujuus: saavutetaan 1 vrk:ssa
2. Muotin purkulujuus saavutetaan Plus v/s 0,40 ja Rapid v/s 0,55 resepteillä alle 2 vrk:ssa
3. Muotin purkulujuus saavutetaan Plus v/s 0,50 reseptillä 3 vrk:ssa
4. Betonin lämpötila 0-asteeseen reilussa viikossa
5. Muotin purkulujuutta ei saavuteta Plus v/s 0,60 reseptillä alle 7 vrk:ssa

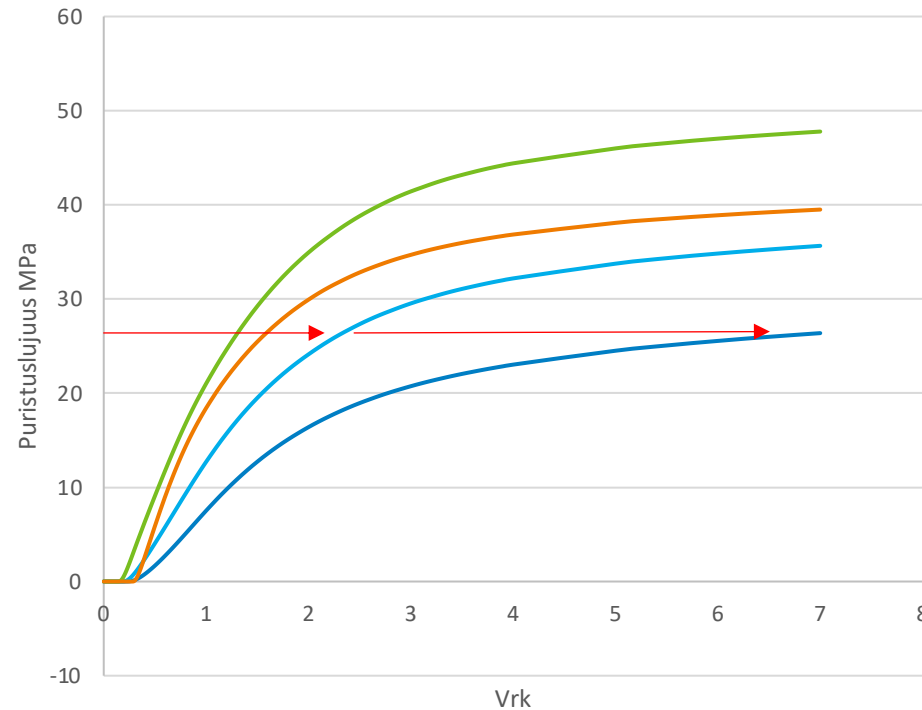
Holvi 270 mm 10 °C

→ Suositeltavaa käyttää joko Rapidia tai Plus/Oiva-sementtiä alle 0,50 v/s-suhteella

Lämmönkehitys (10 C)



Lujuudenkehitys (10 C)



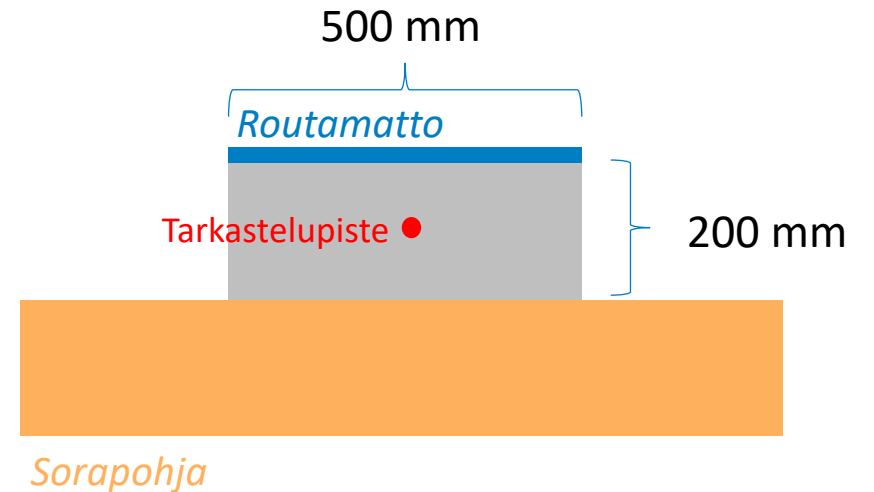
Muotin
purkulujuus
26 MPa
(70% C30/37:stä)

Plus 310 kg/m³ 0,60
Plus 370 kg/m³ 0,50
Plus 430 kg/m³ 0,40
Rapid 340 kg/m³ 0,55

1. Muotin purkulujuus saavutetaan kolmella reseptillä 2 vrk:ssa
2. Plus v/s 0,60 reseptillä muotin purkulujuuden saavuttamiseen kuluu 7 vrk

Antura 500 x 200 mm

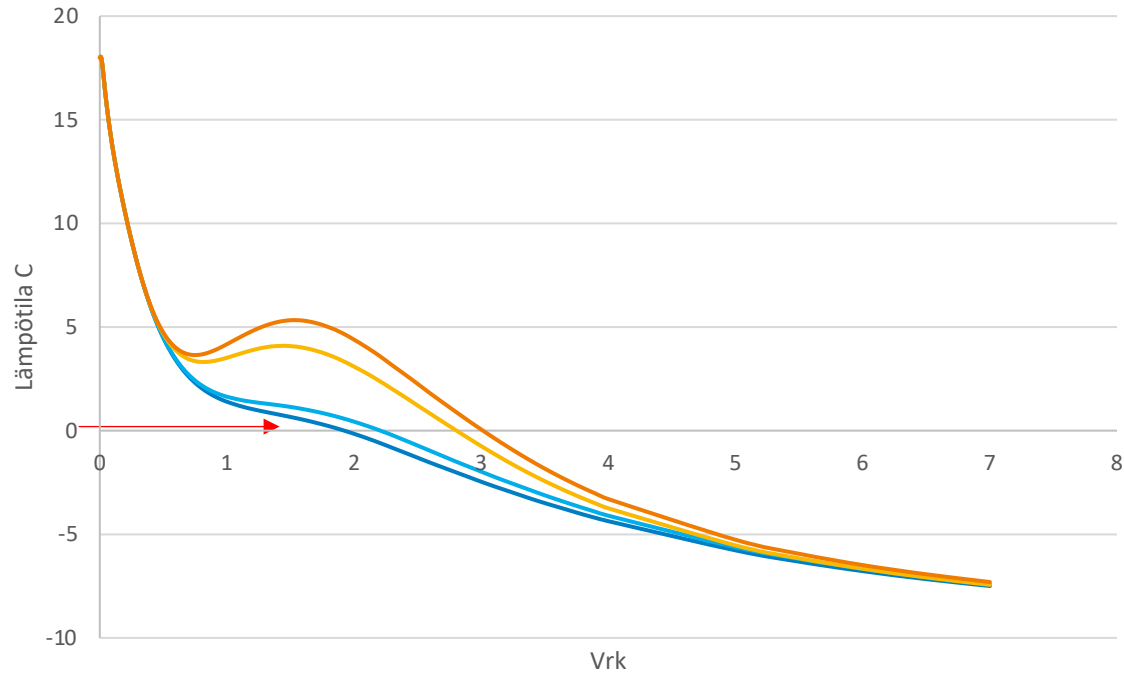
- Ympäristön lämpötilat: -10 °C, 0 °C, +10 °C
- Reseptit
 - Normaalisti kovettuva
 - 280 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,65
 - Normaalisti kovettuva
 - 310 kg/m³ Plus/Oiva, v/s-suhde 0,60
 - Nopeasti kovettuva
 - 300 kg/m³ Rapid, v/s-suhde 0,62
 - Nopeasti kovettuva
 - 340 kg/m³ Rapid, v/s-suhde 0,55
- Betonin lämpötila +18 C
- Betonin ilmamäärä 2 %
- Vanerimuotti 7 vrk
- Routamatto anturan päällä 7 vrk
- Rakenteen lujuusluokka C25/30
 - Muotin purkulujuus 21 MPa (70% C25/30:stä)



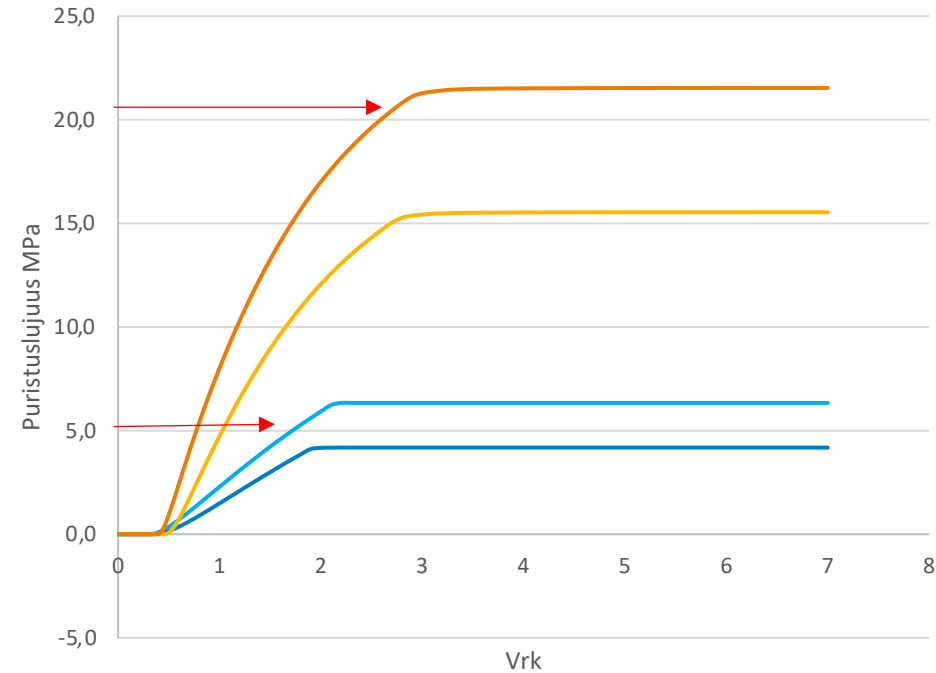
Antura 500 x 200 mm -10 °C

→ Reseptien lujuudenkehitys liian maltillista -10 asteessa

Lämmönkehitys (-10C)



Lujuudenkehitys (-10C)



Muotin
purkulujuus
21 MPa
(70% C20/25:stä)

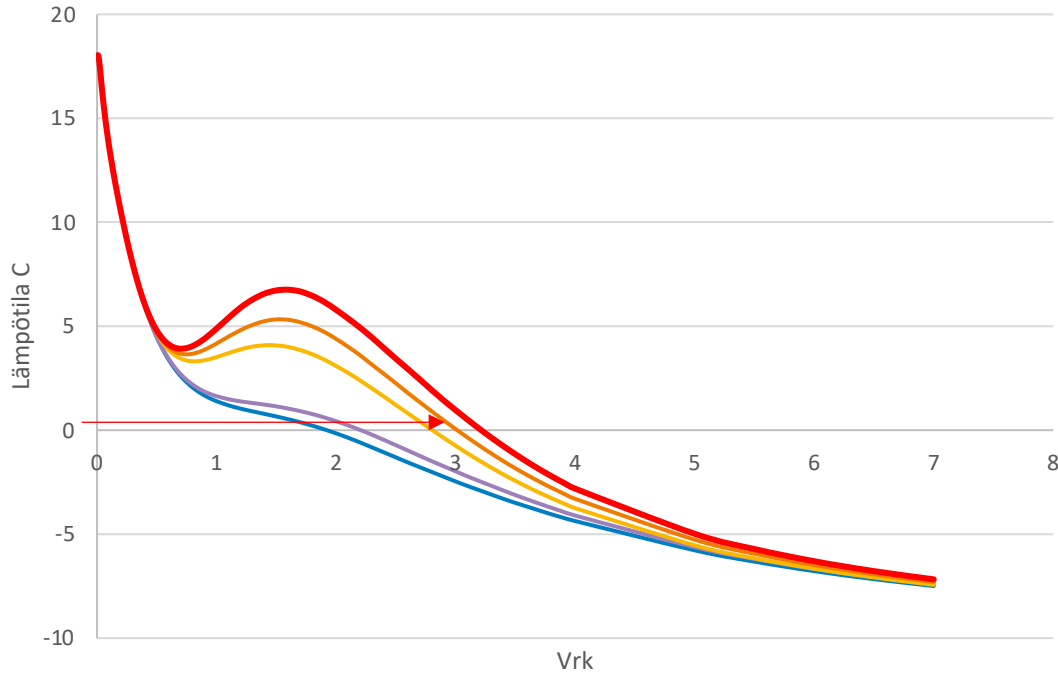
Plus 280 kg/m3 (0,65)
Plus 310 kg/m3 (0,60)
Rapid 300 kg/m3 (0,62)
Rapid 340 kg/m3 (0,55)

1. Jäätymislujuus saavutetaan 3 reseptin tapauksessa
2. Betoni jäätyy kaikissa tapauksissa 2-3 vrk iässä
3. Muotinpurkulujuus saavutetaan vain yhdellä reseptillä Rapid 340kg/m3

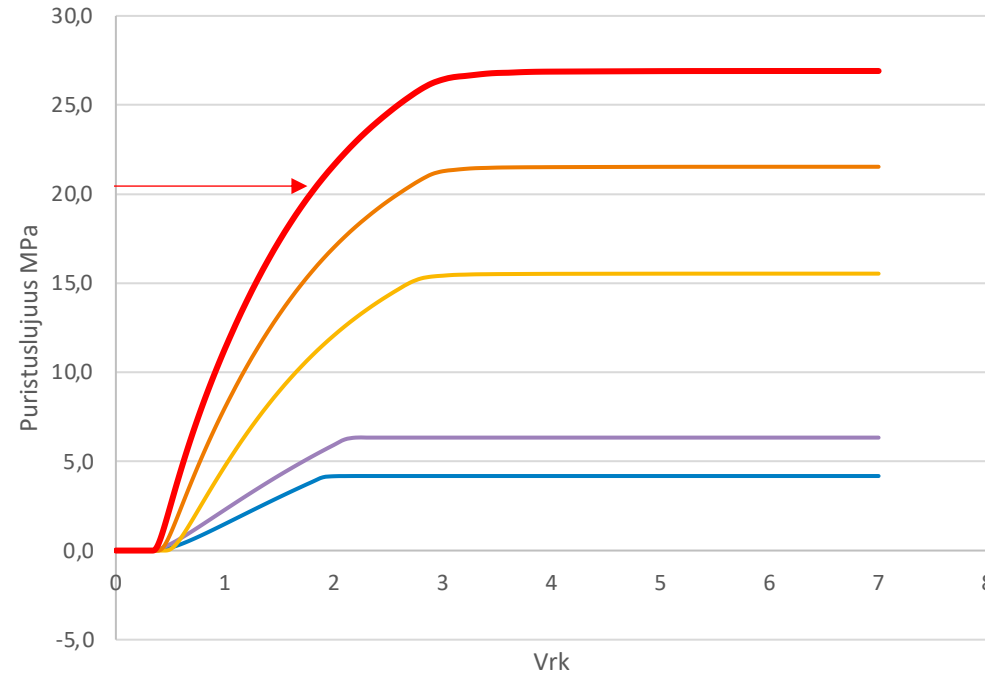
Antura 500 x 200 mm -10 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapidia ja pientä v/s-suhdetta

Lämmönkehitys (-10C)



Lujuudenkehitys (-10C)



Muotin
purkulujuus
21 MPa
(70% C20/25:stä)

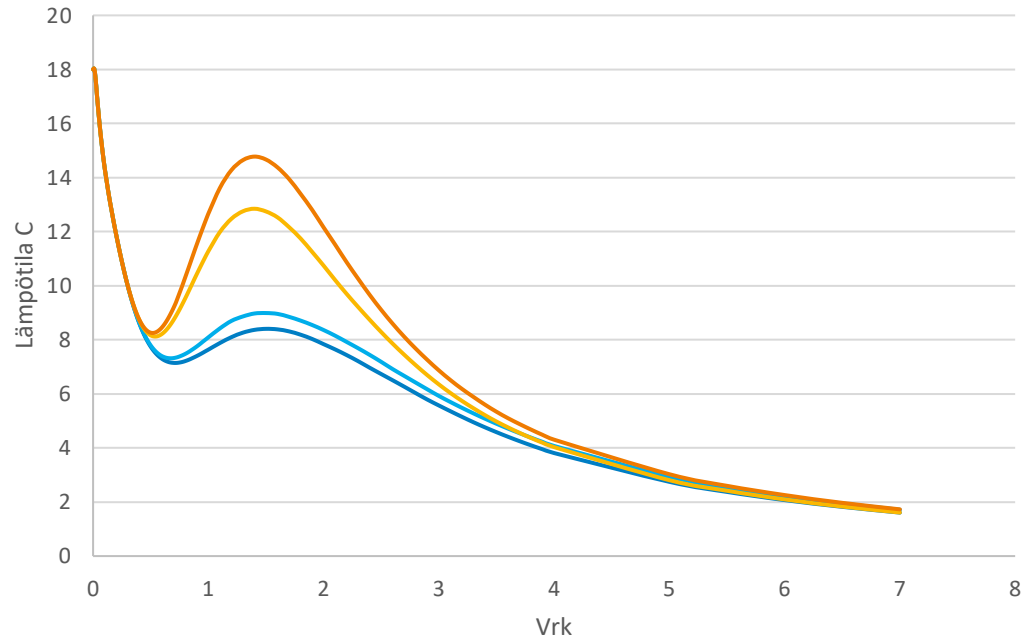
- Plus 280 kg/m3 (0,65)
- Plus 310 kg/m3 (0,60)
- Rapid 300 kg/m3 (0,62)
- Rapid 340 kg/m3 (0,55)
- Rapid 380 kg/m3 (0,50)

1. Rapidilla ja pienellä v/s-suhteella muotin purkulujuus saavutetaan 2 vrk iässä
2. Betoni jäätyy tässäkin tapauksessa 3 vrk kohdalla
3. Rakenteen lujuudenkehitys ehtii jatkua vielä purkulujuuden saavuttamisen jälkeen n. 5 MPa

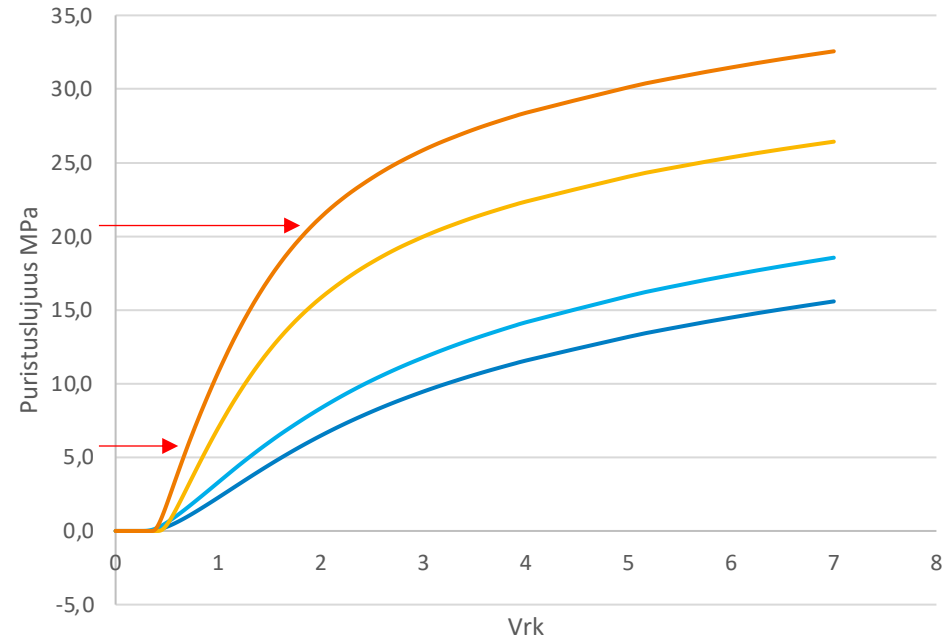
Antura 500 x 200 mm 0 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapidia

Lämmönkehitys (0 C)



Lujuudenkehitys (0 C)



Muotin
purkulujuus
21 MPa
(70% C20/25:stä)

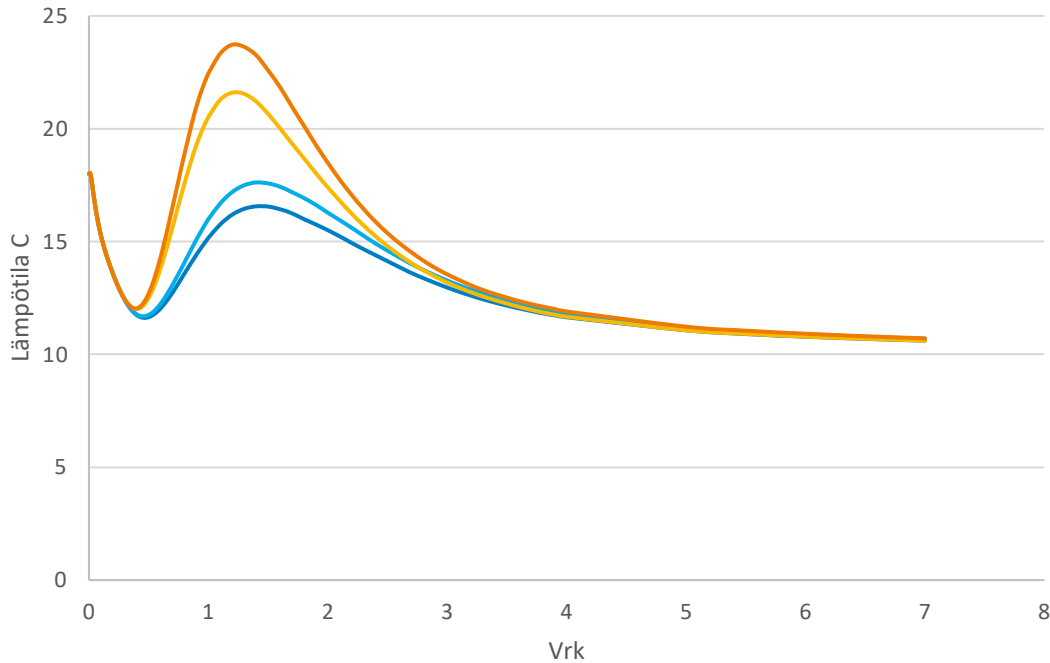
Plus 280 kg/m3 (0,65)
Plus 310 kg/m3 (0,60)
Rapid 300 kg/m3 (0,62)
Rapid 340 kg/m3 (0,55)

1. Jäätymislujuus: saavutetaan kaikissa tapauksissa 1 vrk:n molemmin puolin
2. Muotinpurkulujuus saavutetaan vain Rapid-resepteillä alle 7 vrk:ssa

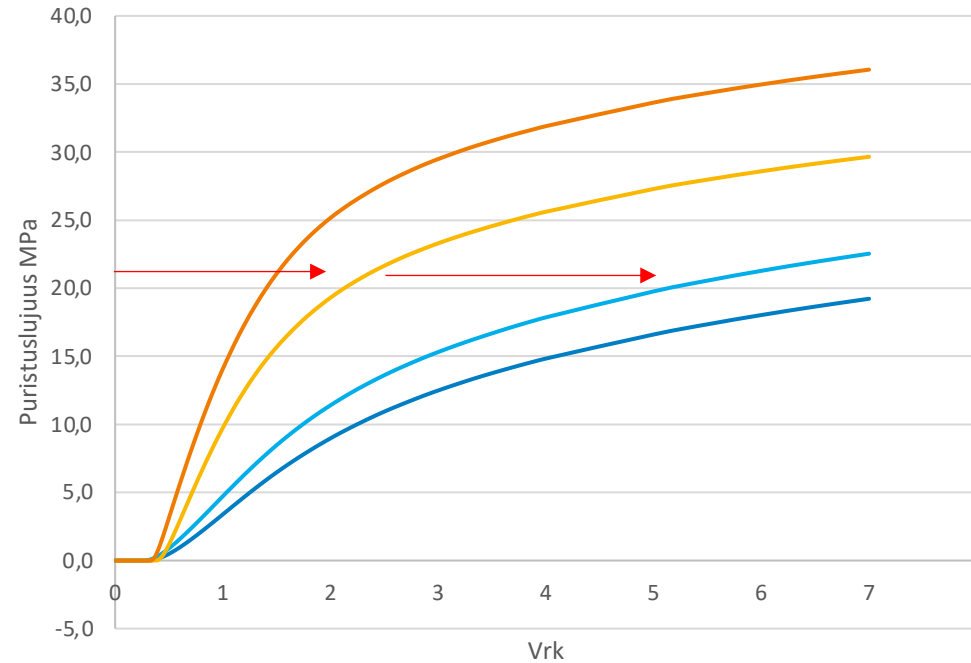
Antura 500 x 200 mm 10 °C

→ Suositeltavaa käyttää Rapidia tai Plus/Oivasementti v/s-suhteella 0,60

Lämmönkehitys (10 C)



Lujuudenkehitys (10 C)



Muotin purkulujuus
21 MPa
(70% C20/25:stä)

- Plus 280 kg/m³ (0,65)
- Plus 310 kg/m³ (0,60)
- Rapid 300 kg/m³ (0,62)
- Rapid 340 kg/m³ (0,55)

1. Muotinpurkulujuus saavutetaan Rapid-resepteillä 1-2 vrk:ssa
2. Muotin purkulujuus saavutetaan Plus/Oivalla ja 0,60 v/s-suhteella 5 vrk:ssa
3. Muotin purkulujuutta ei saavuteta Plus 280 kg/m³ ja 0,65 v/s-suhteella alle 7 vrk:ssa

Suosituksset

Rakenne	Ympäristön lämpötila	Muotinpurkulujuusvaatimus	Resepti	Muotin purkulujuus saavutetaan	Muuta
Seinä 200 mm C30/37	-10 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55	2 vrk	Suojattava pressulla, lämpöpuhallin
	0 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55	2 vrk	
	10 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55	1,5 vrk	
Holvi 270 mm C30/27	-10 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55 Plus/Oiva-sementti, v/s-suhde 0,40	2 vrk	Suojattava routamatolla
	0 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55 Plus/Oiva-sementti, v/s-suhde 0,50	1,5 vrk	Suojattava routamatolla
	10 °C	26 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,55 Plus/Oiva-sementti, v/s-suhde 0,50	2 vrk	Suojattava routamatolla
Antura 500 x 200 mm C25/30	-10 °C	21 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,50	2 vrk	Suojattava routamatolla
	0 °C	21 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,62	3 vrk	Suojattava routamatolla
	10 °C	21 MPa	Rapidsementti, v/s-suhde 0,62 Plus/Oiva-sementti, v/s-suhde 0,60	2 vrk 5 vrk	Suojattava routamatolla