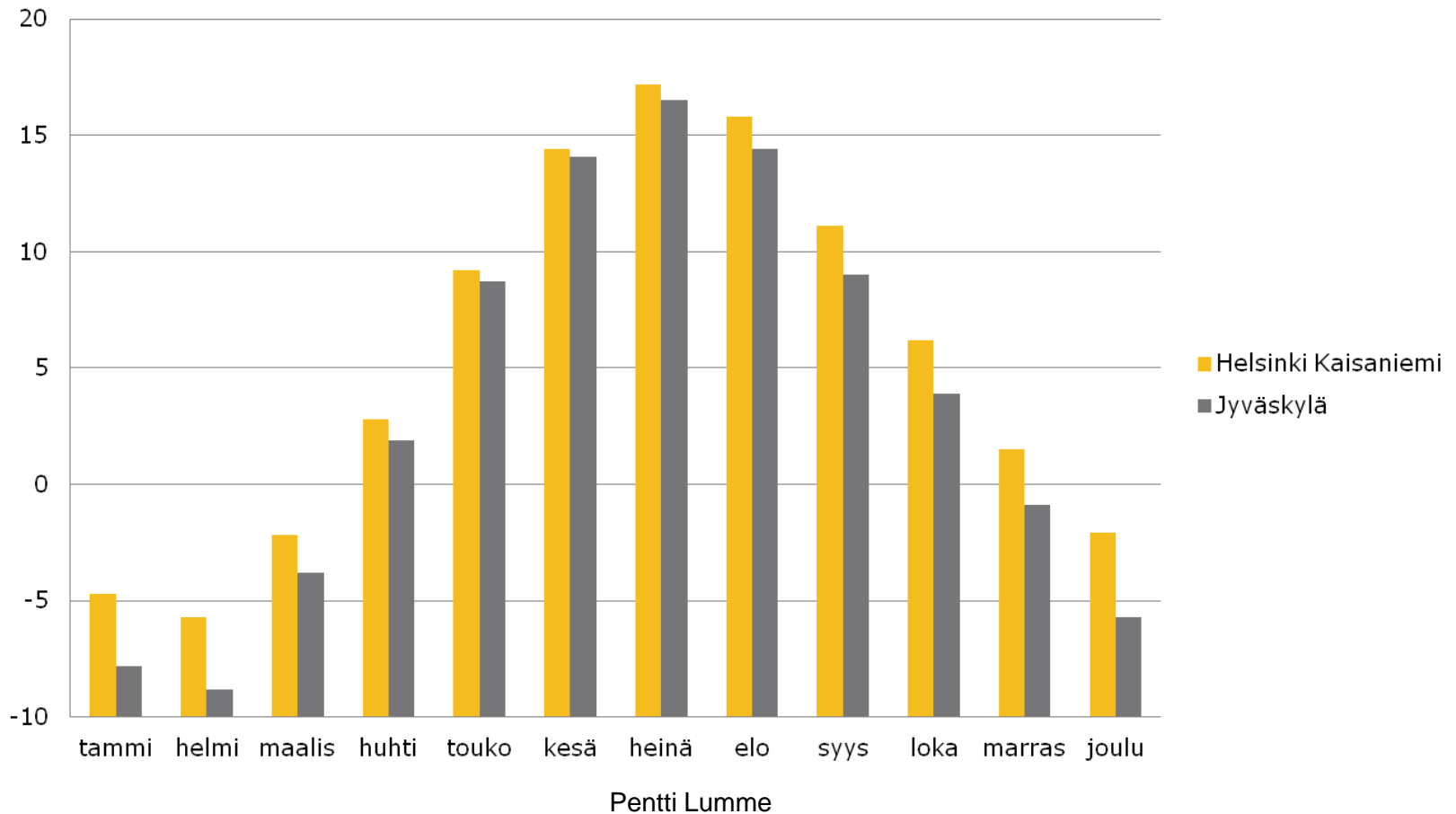


# Betonin ominaisuudet talvella

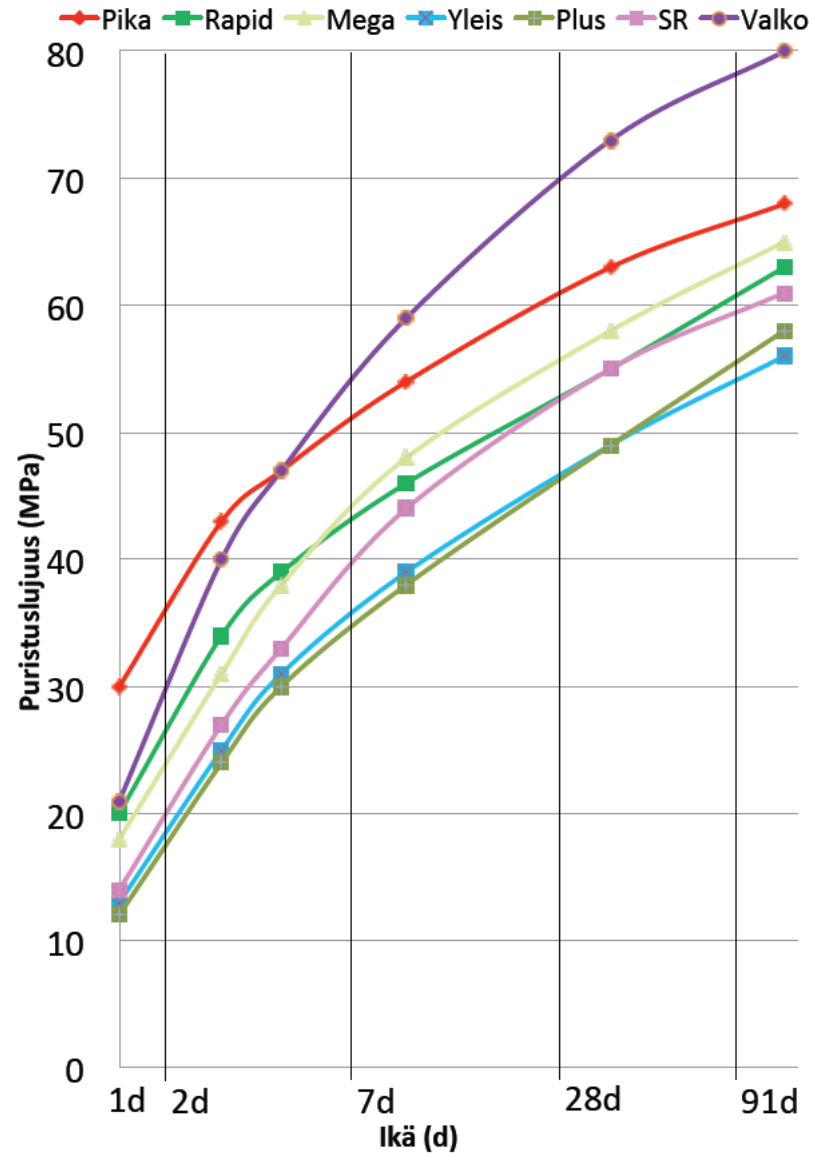


# Talven tulo

## Kuukausikeskilämpötila 1900-2000



## Sementtien lujuudenkehitys SFS EN 196-1



## Seossementti:

Klinkkeri	75 %
Masuunikuona	12 %
Kalkkikivijauhe	13 %

Testattu ominaisuuksiltaan vanhaa yleissementtiä vastaavaksi



Plus – sementti on yksi mutta ei ainoa Vihreän betonin raaka-aine.

Vihreissä betoneissa on yleensä sementin lisäksi lentotuhkaa ja/tai masuunikuonaa sekä silikaa.

Näitä aineita on Suomessa ja muualla käytetty betonissa runsaasti lähes 50 vuotta. Ilman seosaineita ei selvitä vaativissa valuissa.

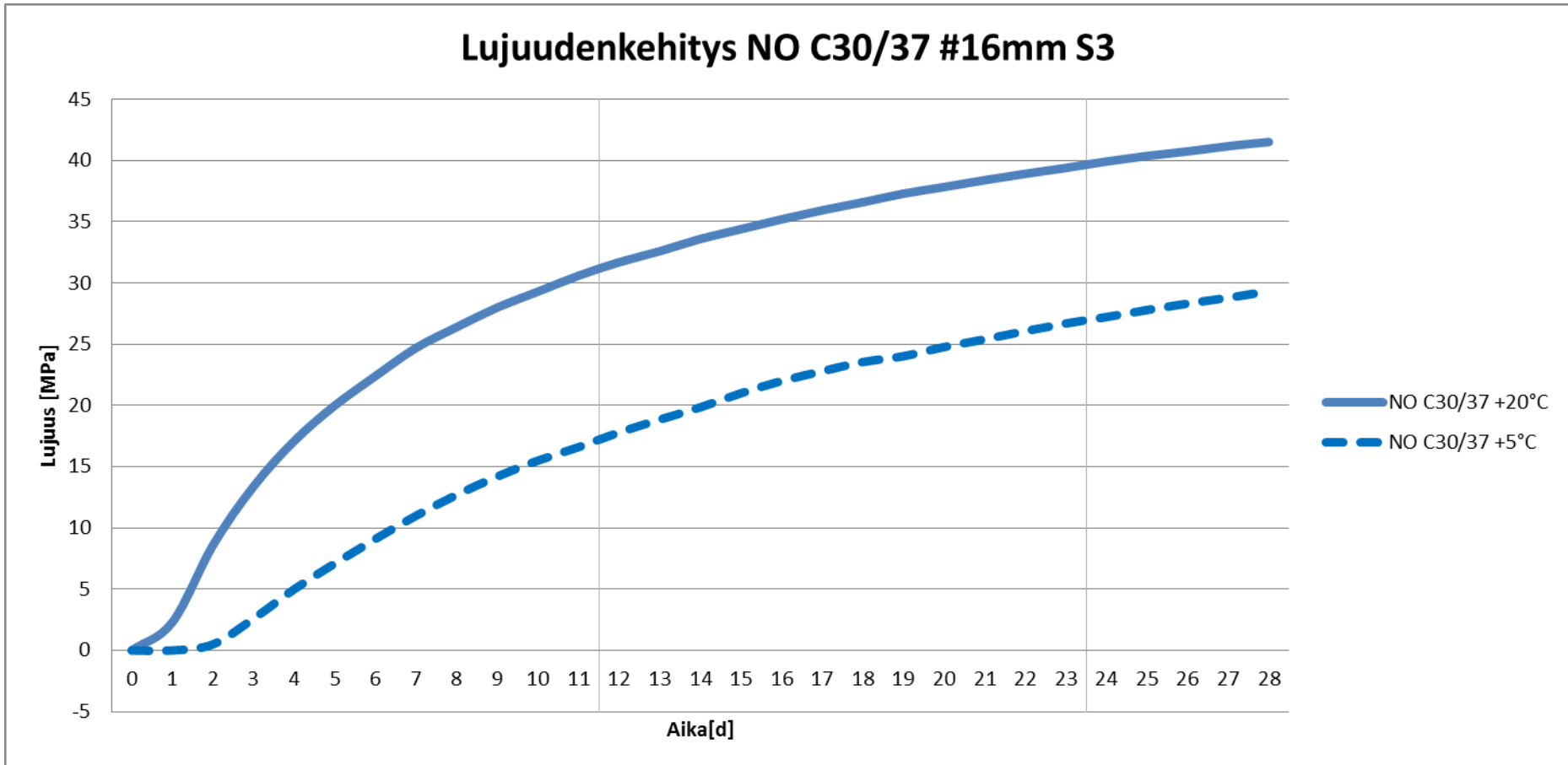


## HYDRATAATIO LÄMPÖ 7 vrk Kj/kg

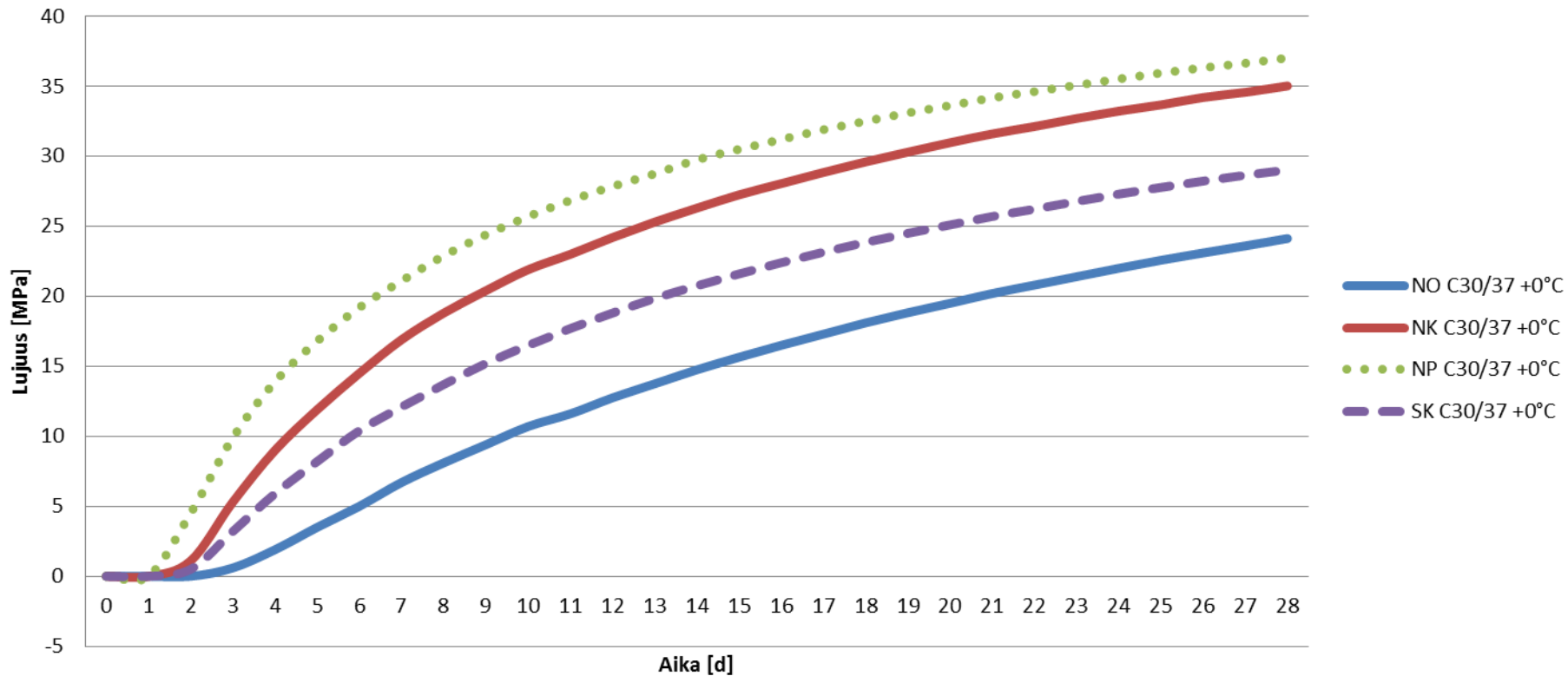
- Plussementti 310 – 340
- Rapidsementti 340 – 380
- Pikasementti 370 – 410
- SuperPlussementti 320 – 340

Finnsementti /Esa Heikkilä esitys

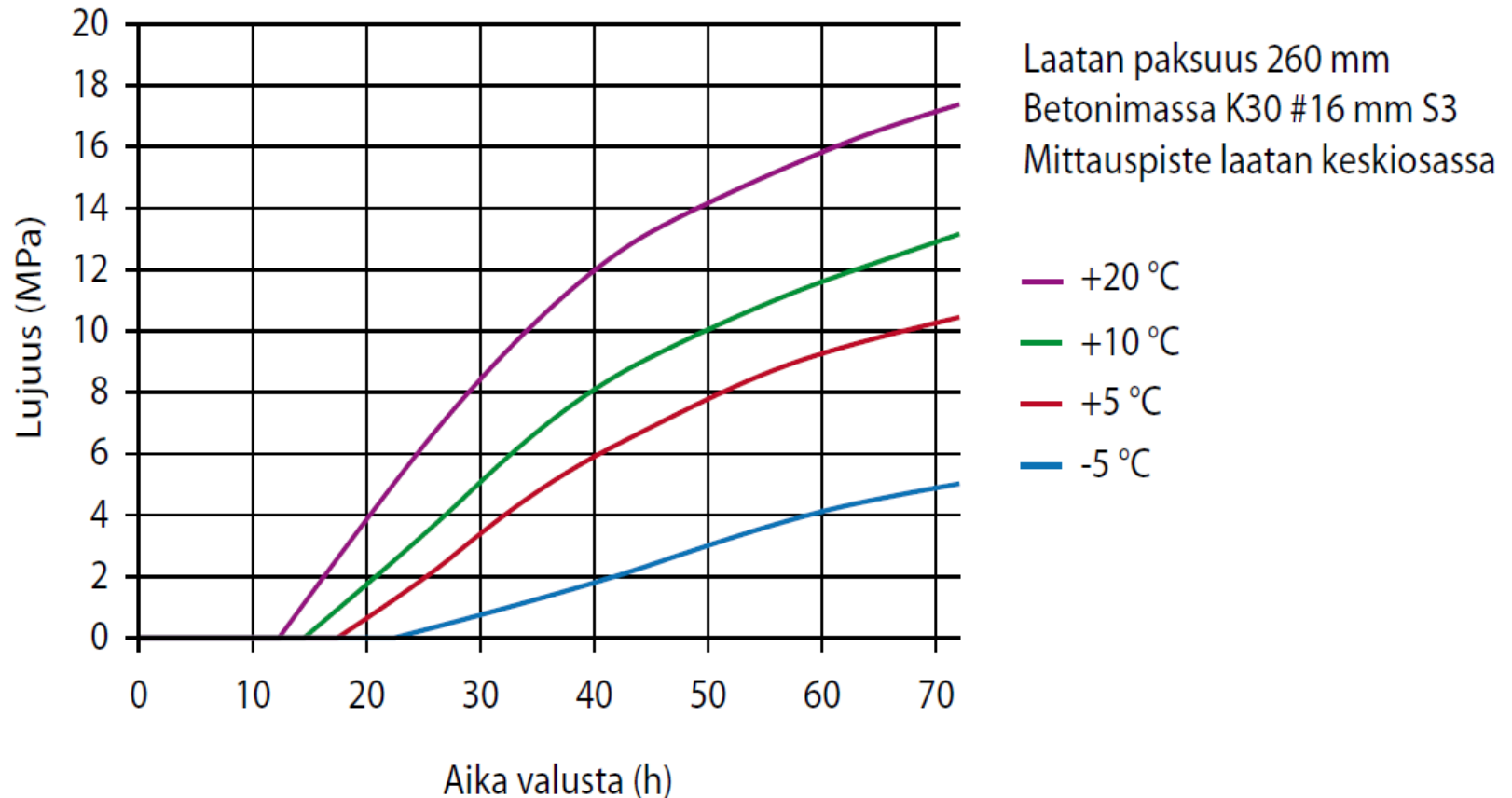
# Betonin lujuuden kehitys



## Lujuudenkehitys +0°C



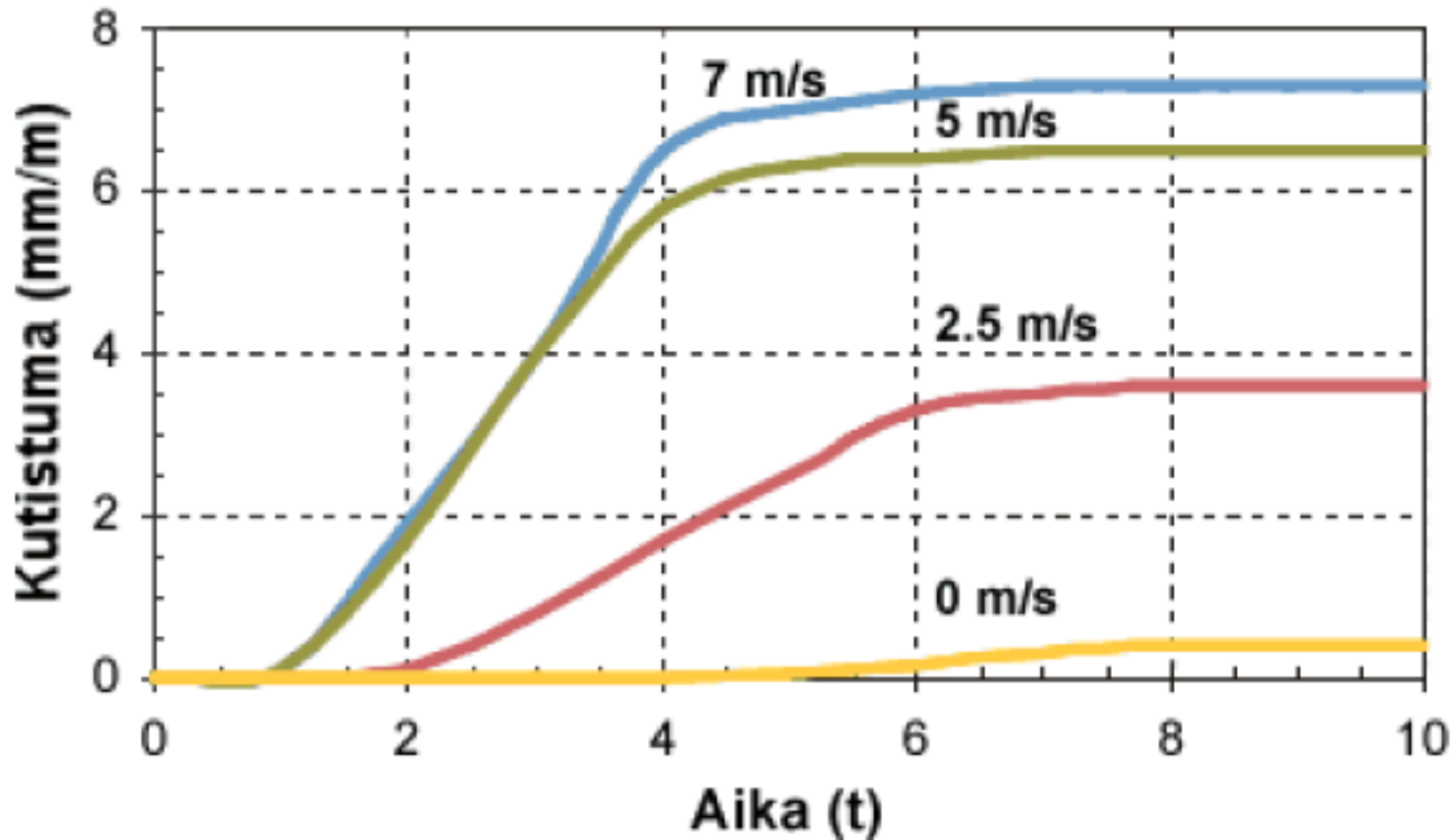
# Holvin betonin lujuudenkehitys eri lämpötiloissa



Laatan paksuus 260 mm, betonimassana C25/30 #16 mm S3. Mittauspiste laatan keskiosassa



## Tuulen vaikutus betonin kutistumaan (ja samalla veden haihtumiseen betonista)



## Lisäaineet ja seosaineet betonissa

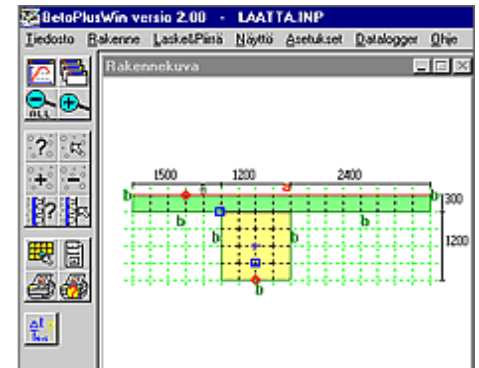
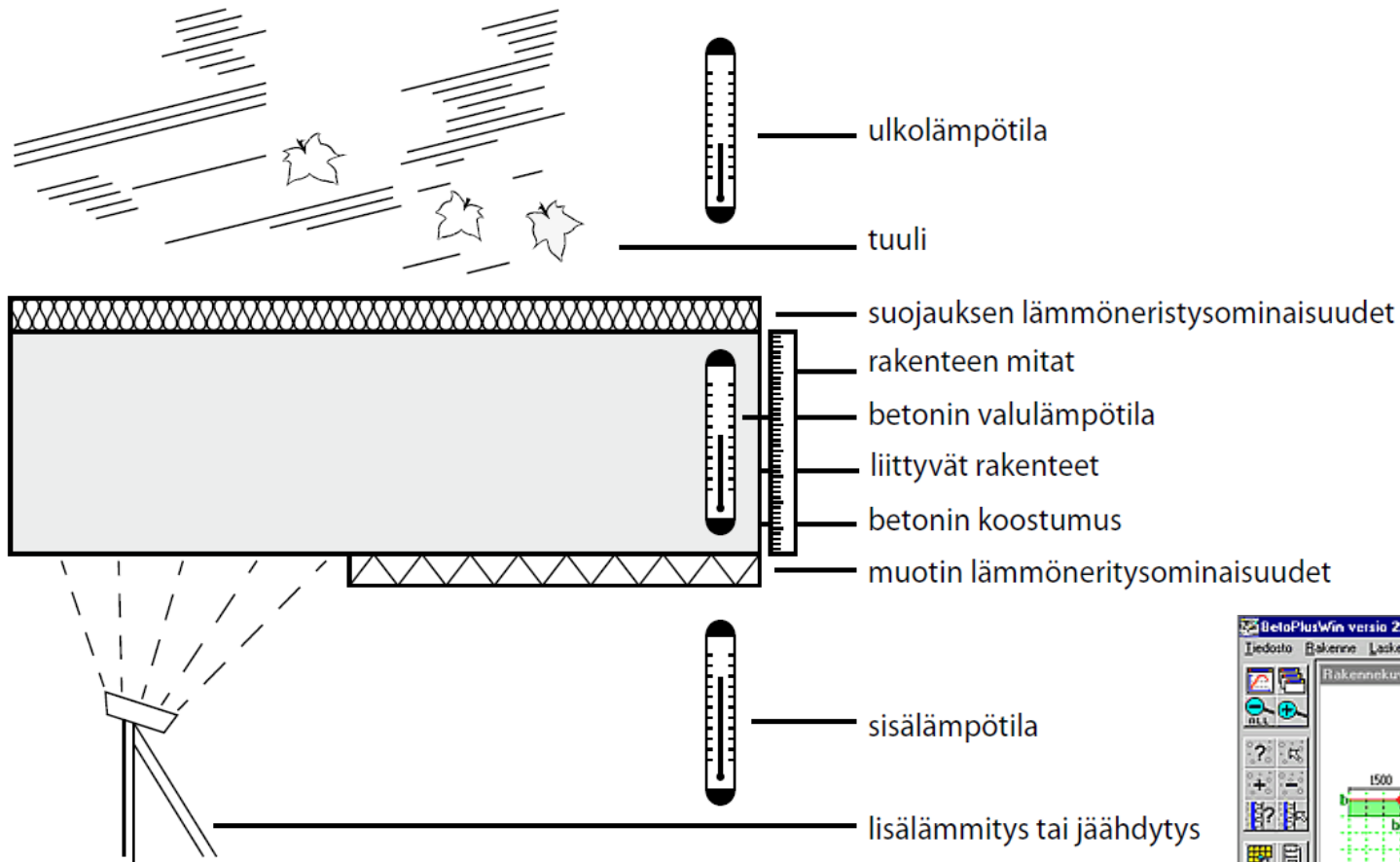
Betonin notkeutta parantavilla lisäaineilla on haitallisena sivuvaikutuksena betonin sitoutumista hidastava ominaisuus, joka korostuu betonin lämpötilan laskiessa.

Notkistimien käyttöä tulee siis välttää, jos betonin lämpötila sitoutumisen ja kovettumisen aikana on matala ja hitaasta betonin lujuudenkehittämisestä on haittaa rakenteelle tai aikatauluun.

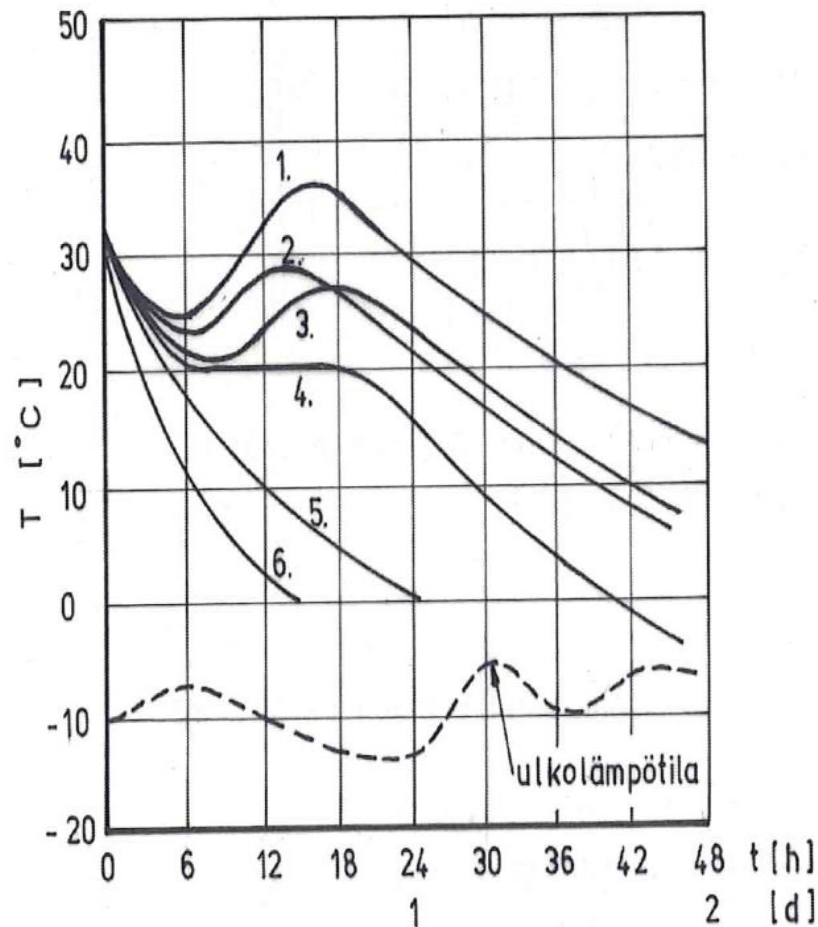
Jos betonissa seosaineita ( lentotuhkaa, masuunikuonaa tai silikaa ) betonin sitoutuminen ja lujuudenkehitys saattavat hidastua alhaisissa lämpötiloissa. Tämä ilmiö riippuu reseptissä käytettävistä seossuhteista.



## Betonivalun lämmön – lujuuden kehitykseen vaikuttavat tekijät



## Kuumabetonin lämpötila erilaisilla suojaustavoilla

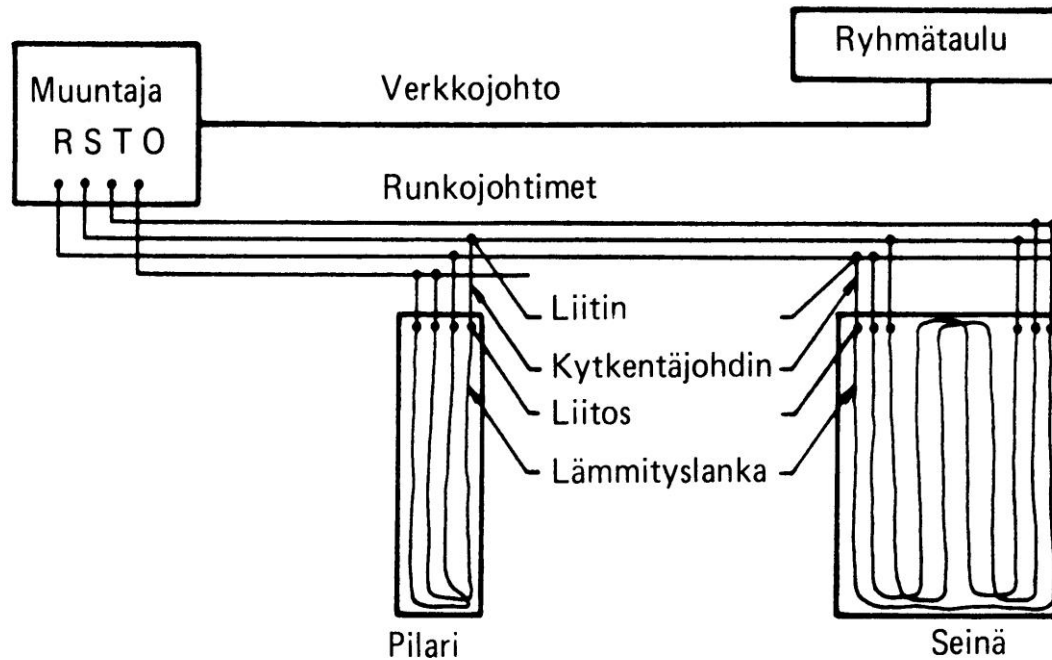


Betonilaatan lämpötilan kehitys, kun laatta peitettiin 0,5 tunnin kuluttua betonoinnista:

1. Mineraalivillamatolla (30 mm)
2. Polystyreenilevyllä (50 mm)
3. 2-kertaisella solumuovimatolla (2x10 mm)
4. Solumuovimatolla (10 mm)
5. Suojapeitteellä
6. Laatta jätettiin peittämättä

# Betonin lankalämmitys

Perinteinen

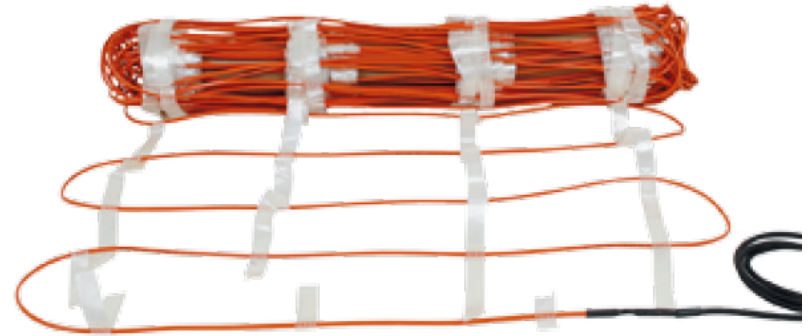


*Lankalämmityksen periaate.*

## Valmis kaapeli



BET Eco -kaapeli



BET Eco -asennusmatto

Tyyppi	Pituus m	Teho W	Ohm/m
Bet 3,3/130	3,3	130	122,5
Bet 10/380	10	380	14,02
Bet 20/735	20	735	3,58
Bet 35/1400	35	1400	1,04
Bet 55/2200	55	2200	0,437
Bet 85/3200	85	3200	0,196

Taulukko 1 BET-kaapeleiden tyypillisiä pituuksia ja tehoja

Etenkin laajempia valuja suunniteltaessa pitää huomioida työmaan sähköistyksen riittävyys. Jatkojohtoja käytettäessä täytyy huolehtia, että johdinpinta-ala on riittävä, sillä lämmitys on päällä pitkään yhtäjaksoisesti. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi 85m pitkän lämmityskaapelin (tehontarve 3200W) kanssa on käytettävä ulkokäyttöön tarkoitettua 3x2,5mm<sup>2</sup> valovirtajatkajohtoa.

Jännite	Virta	Teho	Maksimi lämmityskaapelimäärä
[V]	[A]	[kW]	[m]
230	10	2,3	55
230	16	3,7	88
400	3 x 16	10,5	~83m/vaihe (251)
400	3 x 20	13,2	~104m/vaihe (313)
400	3 x 25	16,5	~130m/vaihe (392)
400	3 x 32	21,1	~167m/vaihe (501)
400	3 x 63	41,5	~326m/vaihe (987)
400	3 x 80	52,7	~418m/vaihe (1254)
400	3 x 125	82,3	~653m/vaihe (1959)
400	3 x 250	164,5	~1306m/vaihe (3918)

Maksimi lämmityskaapelimäärä, oletettu lankateho 40W/m

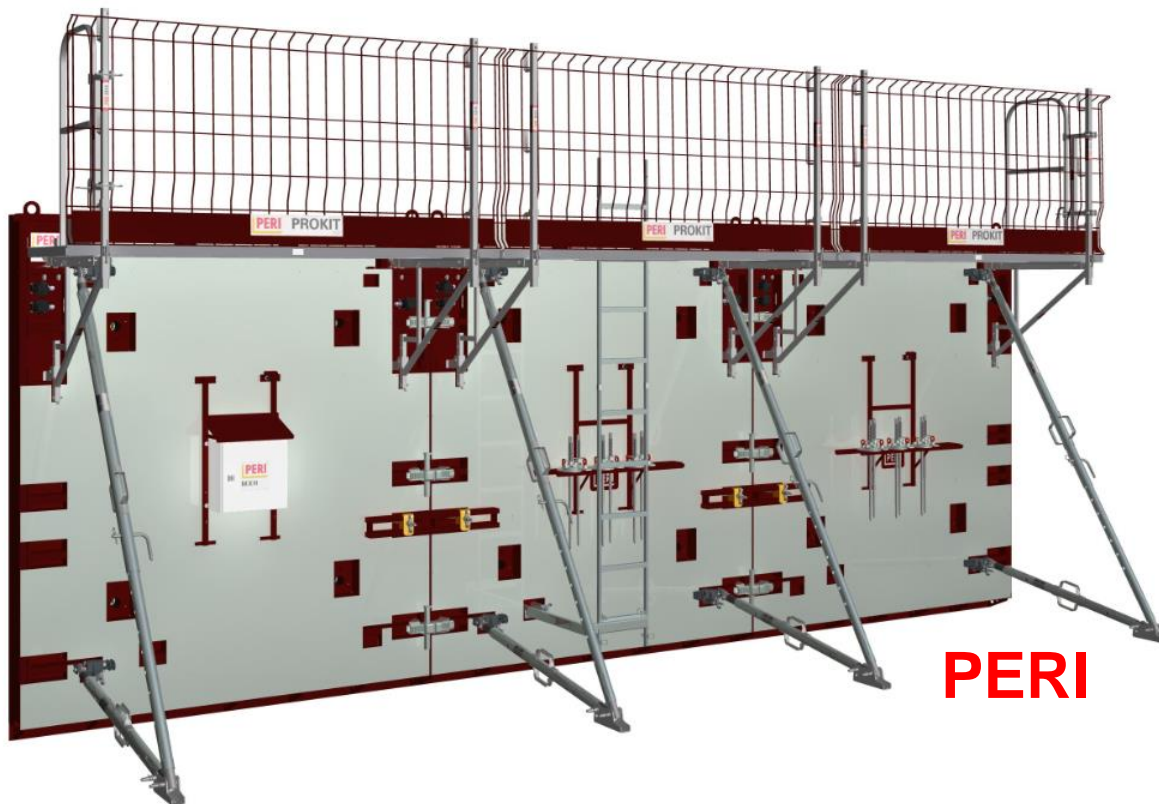
Pistesarjat Oy, Kaapeleiden käyttöohje

# Sähkökeskus ja termostaatti





- Lämmitysjärjestelmä MAXIMO-järjestelmämuotille
- Lämmitettävät korotusmuotit
- 1 ohjauskeskus 3:lle isolle muotille korotuksineen
- MXK-työtasojärjestelmä
- Tikkaat sekä säilytysteline MX-sidepulteille



# **Betonin valinta ja riskitekijöitä**

## **Betonin lujuus työmaakokein**



## Ennakointi - säätiedot





## Tässä oli yhdeksänkerroksinen kivitalo



### Melkein valmis rakennus sortui sekunneissa soraläjäksi Lahdessa

● OLOISSAMME aliohjatutun, suuret alueelliset vauriot aiheuttanut onnettomuus tapahtui pitkäperjantai-iltaan Lahdessa. Juustilankadun varrella juuri valmistusvaiheessa ollut 9-kerroksinen tornitalo sortui valtavasti rystähtäen. Paikalle riutuneet ihmiset saivat nähdä varsin kummallisen näyn. Rakennustelineiden ympärillä korkean asuinrakennus oli hetkessä muuttunut summittoman suureksi hivan tontistakymmentä metriä korkeaksi tilien ja rakennustelineiden muodot maksi rökkyiksi.

Onsi onnettomuudessa oli, ettei talossa ollut steriöväli kuitoa sisällä, sillä lämmittäjä oli asennettu putkistoa juuri kymmeniä minuutteja aikaisemmin.

Yhdeksänkerroksisen tornitalon rakentaminen aloitettiin viime syyskuun alkuun Oy Lahden Säästöhoitajan toimesta, ja talo oli ennen sen adonantamasta suunniteltu ensimäinen juuri herjokorokautaan.

Talon sariuminen on ilmeisesti aiheutunut siitä, että rakentajan alustan rakentaminen oli heikosti kuvattu. Sariiun rakentamisen päättökohdissa on telainut Rakennusliike Erkki Melko. ● Horvutuksissa onnettomuustutkijat rontaan tarkemmin senin ja kuvan sivulla 14 ja 15.

### Kuuden pääsiäismatkaajan äkillinen surma kuufostiellä



● HIRVOKAATTOLLA pöyhittäminen mallilla oli kuuden hengen surma - kalme sattu ja kalme itä - kalme matkassa pöyhittäminen. Loppuun jääneet matkustajat räjäyttivät auto-onnettomuudessa. Turvatoiminta kytty kuurokkelin henkilöitä varten kalissa ja tönnä vastan holliseen linjaukseen, jolloin henkilöitä hajat kalastaan, linjauksen kaljenteja vaki kalasteen onnettomuuden välttämiseksi ja joutui laipia epäselvään ajan. Tutkimus takavalla.

### Tänään sisäsivuilla

- Kuvasaton onnettomuuksista sivu 15
- Tuhopolttajain arvellaan olevan Hikeellä Erannassa sivu 20
- Göteborgin rosvoit maksivat laskun kirjeellä Helsingistä sivu 22
- 20 tavaraavaunna kiskoilta Tampeereen-Jämsänkosken radalla sivu 7
- Kahden surma puutalon palossa sivu 7
- TUL:n jäsenistöä kielletty osallistumasta olympiakieräykseen sivu 21
- Mäntyrauta vielä hiihtovetoon sivu 20

**Pitkänäperjantaina 12.4.1963 Lahdessa rakenteilla ollut 9-kerroksinen tornitalo romahti äkkirysäyksellä romuröykkiöksi muutamassa sekunnissa.**

**Henkilövahinkoja ei sattunut, eihän rakennustöitä tehty tuona päivänä ja rakennuksen lämmittäjä oli poistunut sieltä kymmenen minuuttia aikaisemmin.**

**Juustilankatu 9:n kerrostalon sortumisen läheltä nähneet kaksi pikkupoikaa eivät loukkaantuneet, mutta kokivat aikamoisen järkytyksen. Mistään ympäristön vahingoista ei lehtiutisissa puhuttu.**



Pentti Lumme

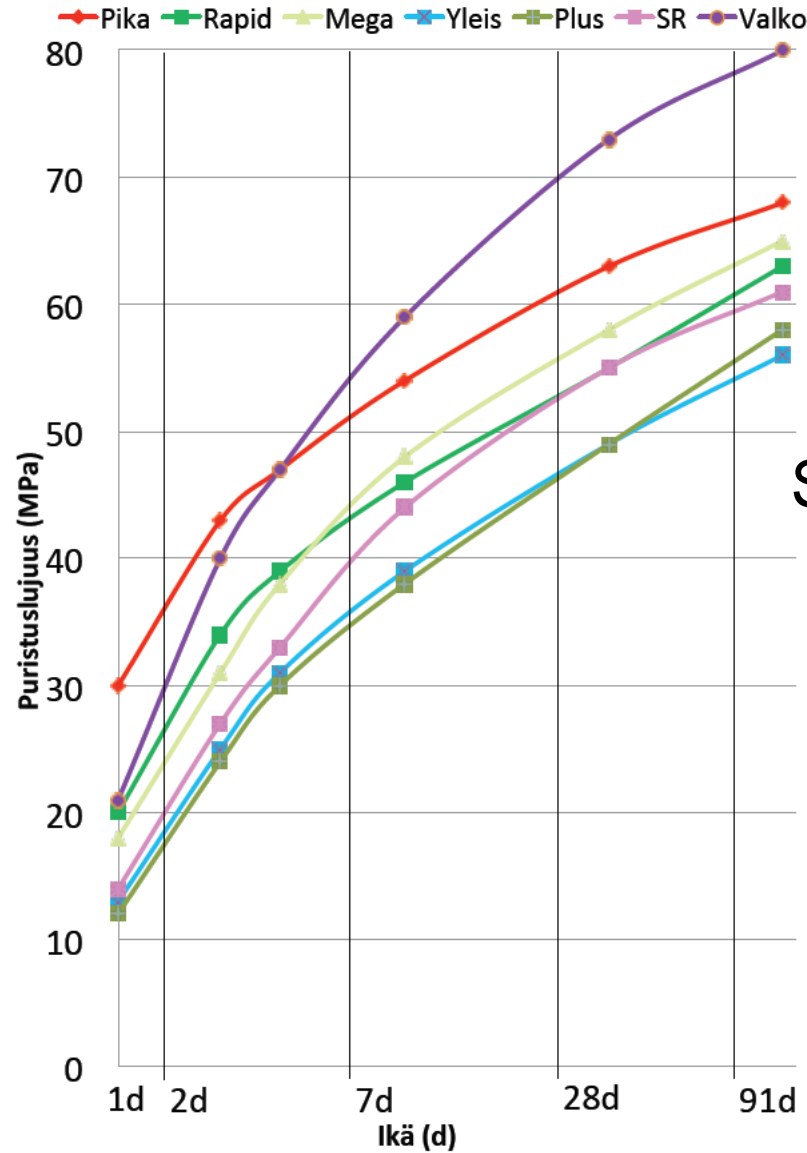


# Lämpötilan vaikutus betonin lujuudenkehitykseen

Lämpötila	Huomioita
> +60 ° C	Seurauksena lujuuskatoa ja säilyvyyden heikkenemistä
+50...60 ° C	Yhden vuorokauden lujuudet nousevat, mutta valmiin betonin lujuusominaisuudet saattavat kärsiä (lujuuskato)
+30...40 ° C	Betonimassan suositeltava kovettumislämpötila
+20 ° C	Betonin tavoitelujuus saavutetaan n. 28 vrk:n kuluttua
+5 ° C	Betonilla ei havaittavissa lujuutta vielä yhden vuorokauden kuluttua
< 0 ° C	Lujuudenkehitys käytännössä lakkaa. Betonissa oleva vesi alkaa jäätyä
- 10...-15 ° C	Lujuudenkehitys on pysähtynyt. Jäätyneellä betonilla voi olla valelujuutta.

*Lämpötilojen vaikutus betonin lujuudenkehitykseen.  
( By betonitekniikan oppikirja)*

## Sementtien lujuudenkehitys SFS EN 196-1



Saatavuus tehtaalla ?



## Normaali rakennebetoni

C25/30	# 08	131,17	<b>162,65</b>	134,50	<b>166,78</b>	141,72	<b>175,74</b>
	# 16	116,97	<b>145,04</b>	119,17	<b>147,77</b>	127,64	<b>158,27</b>
	# 32	115,84	<b>143,64</b>	116,97	<b>145,04</b>	123,54	<b>153,18</b>
C30/37	# 08	143,88	<b>178,41</b>	148,44	<b>184,07</b>	155,92	<b>193,35</b>
	# 16	130,14	<b>161,38</b>	135,57	<b>168,11</b>	142,50	<b>176,69</b>
	# 32	126,74	<b>157,16</b>	130,14	<b>161,38</b>	139,01	<b>172,38</b>
C35/45	# 08	165,05	<b>204,66</b>	170,43	<b>211,33</b>	177,60	<b>220,23</b>
	# 16	153,00	<b>189,72</b>	158,59	<b>196,66</b>	168,87	<b>209,40</b>
	# 32	149,22	<b>185,03</b>	154,70	<b>191,82</b>	164,74	<b>204,28</b>

## Nopea rakennebetoni

C25/30	# 08	152,34	<b>188,90</b>	155,82	<b>193,22</b>	164,74	<b>204,28</b>
	# 16	134,45	<b>166,71</b>	136,65	<b>169,45</b>	145,98	<b>181,01</b>
	# 32	131,17	<b>162,65</b>	133,37	<b>165,38</b>	142,70	<b>176,95</b>
C30/37	# 08	166,79	<b>206,83</b>	172,74	<b>214,20</b>	178,68	<b>221,56</b>
	# 16	152,49	<b>189,09</b>	157,25	<b>194,99</b>	163,20	<b>202,37</b>
	# 32	146,55	<b>181,72</b>	151,32	<b>187,63</b>	157,25	<b>194,99</b>
C35/45	# 08	189,81	<b>235,36</b>	196,63	<b>243,82</b>	201,03	<b>249,28</b>
	# 16	175,61	<b>217,75</b>	181,35	<b>224,87</b>	184,88	<b>229,25</b>
	# 32	171,40	<b>212,54</b>	175,97	<b>218,20</b>	179,71	<b>222,84</b>

Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta (SFS7022:2014).

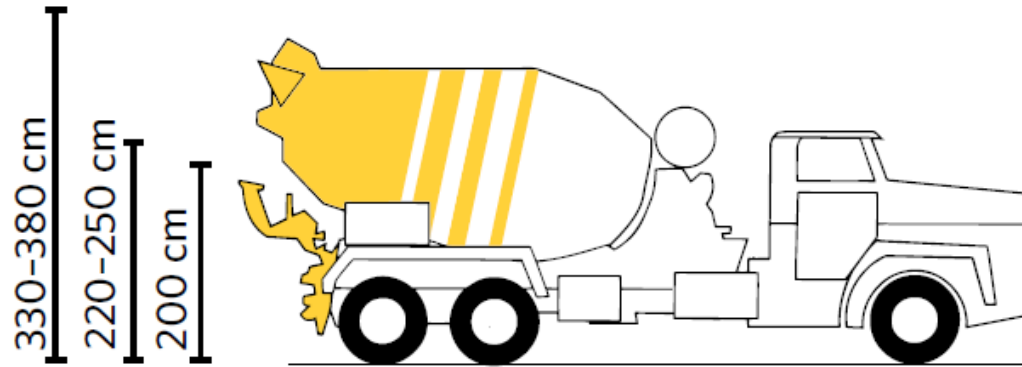
KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																	
	Ei rasitusta	KARBONISOITUMISEN AIHEUTTAMA KORROOSIO				KLORIDIEN AIHEUTTAMA KORROOSIO						JÄÄDYTYS-SULATUSRASITUS				KEMIALLISTESTI AGGRESSIIVISET AINEET		
						MERIVESI			KLORIDIT MUUSTA KUIN MERIVEDESTÄ									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
SUURIN V/S SUHDE		0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
VÄHIMMÄISLUJUUSLUOKKA	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45					C30/37	C35/45	C40/50
VÄHIMMÄISEMENTTIMÄÄRÄ [KG/M <sup>3</sup> ]		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
ILMAMÄÄRÄ [%]												4,0	5,0	4,0	5,5			

Taulukossa ovat SFS 7022:2014:n mukaiset rasitusluokkien raja-arvot maksimivesi-sementtisuhteelle, minimisementtimäärälle, lujuusluokalle ja ilmamäärälle.

# Työmaaturvallisuus



## 3-AKSELINEN



Mekaaninen ränni

380-400 cm

Hydraulinen ränni

400-600 cm

Auton leveys

250 cm

Kuormakoko

5-6 m<sup>3</sup>

max.paino kuormattuna

28 tonnia

( > 44 tonnia )

# Pumpun kallistuminen rakennustyömaalla



*Työmaalla oli pumpattu kolme kuormaa betonia ennen vahinkoa. Pumppu kallistui nopeasti vasemman takatukijalan upottua maaperän peittäessä. Auton perä ja puomi ottivat maahan kiinni ja siten estivät auton kaatumisen kokonaan. Valumiehet olivat noin kahden metrin etäisyydellä maahan tulleesta puomista.*

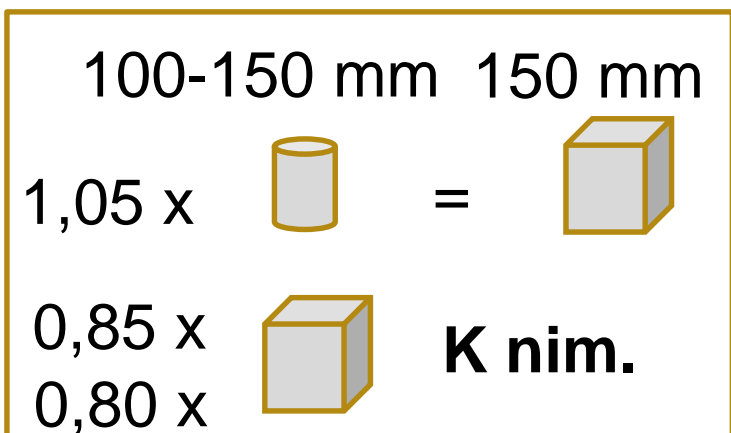
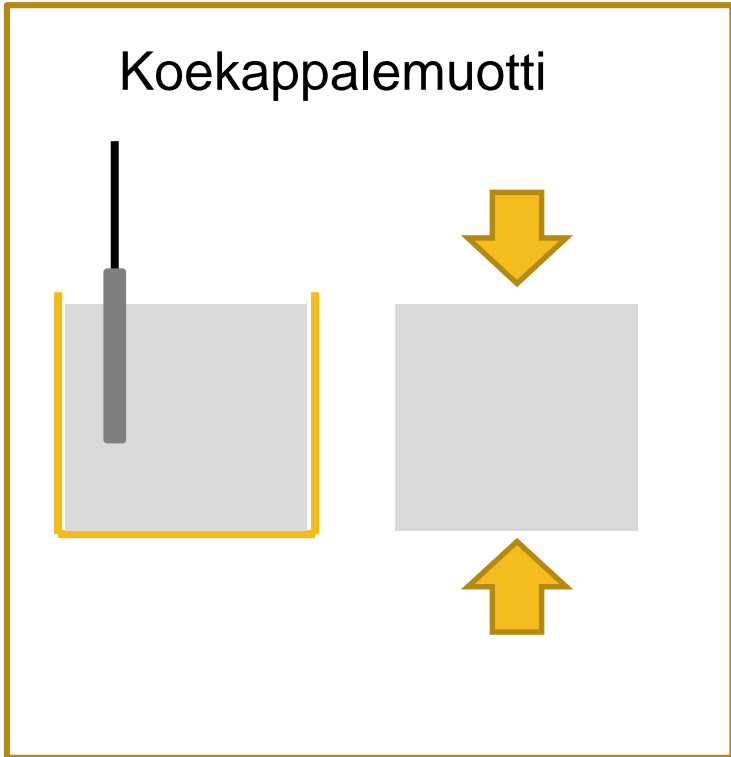
## Pakkasrajat



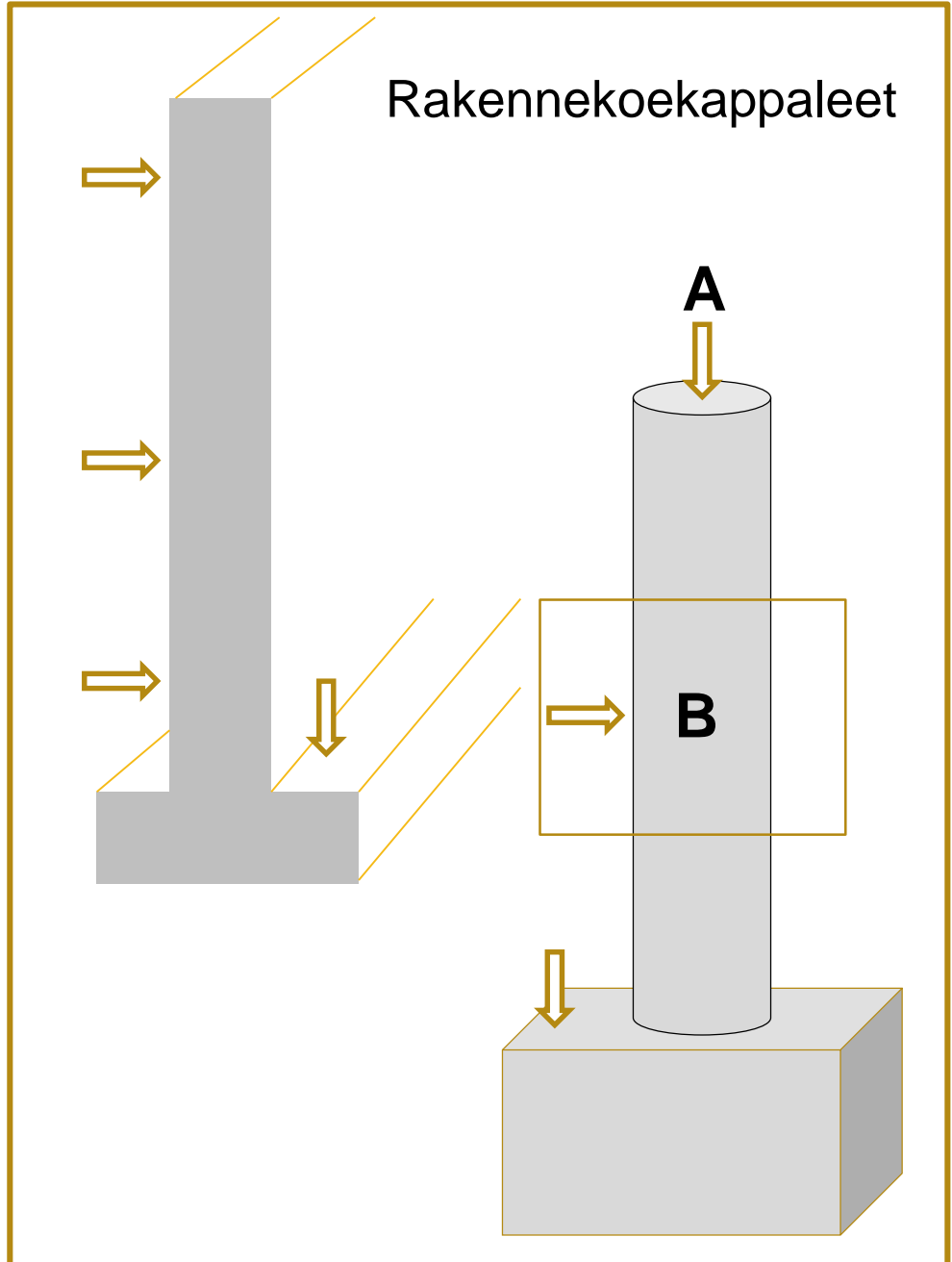
- Betonin toimitukselle ei Ruduksella ole pakkasrajaa
- Betonia ei pumpata tai pureta hihnakuuljettimella ulkotiloissa, jos lämpötila on alle  $-15^{\circ}\text{C}$
- Alhainen lämpötila aiheuttaa kaluston rikkoutumisia ja kasvattaa työtaturmariskiä

# Rudus

## Porakappaleet



## Rakenteen lujuus



## Porakappaleet ja tulosten hajonta





# Lumi ja jää holvilla ?





Poraus

Sulatus

Puristus





## BetoPlus-palvelun käyttö valuissa

Tietokoneohjelma, jolla voidaan mallintaa betonin lujoudenkehitystä perustuen betonin lämmönkehitykseen



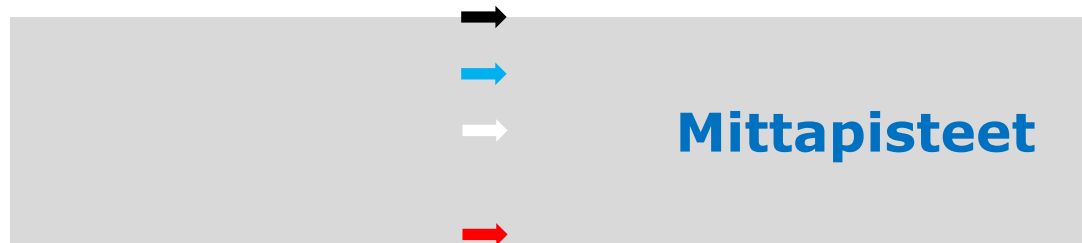
- **Ennakkolaskelmat**
  - Vaativat rakenteet
  - Vaativat materiaalit
  - Vaativat olosuhteet
- **Lujuuden seuranta toteutuneista lämpötilamittauksista**
  - Varmennetaan, ettei betoni jäädy
  - Varmennetaan, että jäätymislujuus saavutetaan
  - Varmennetaan muotipurkulujuuden ajankohta
  - Varmennetaan jännitettävien rakenteiden jännitysajankohta



# PAIKALLA VALETTU HOLVI

## Vertailulaskelmat

BetoPlus , Rudus Oy

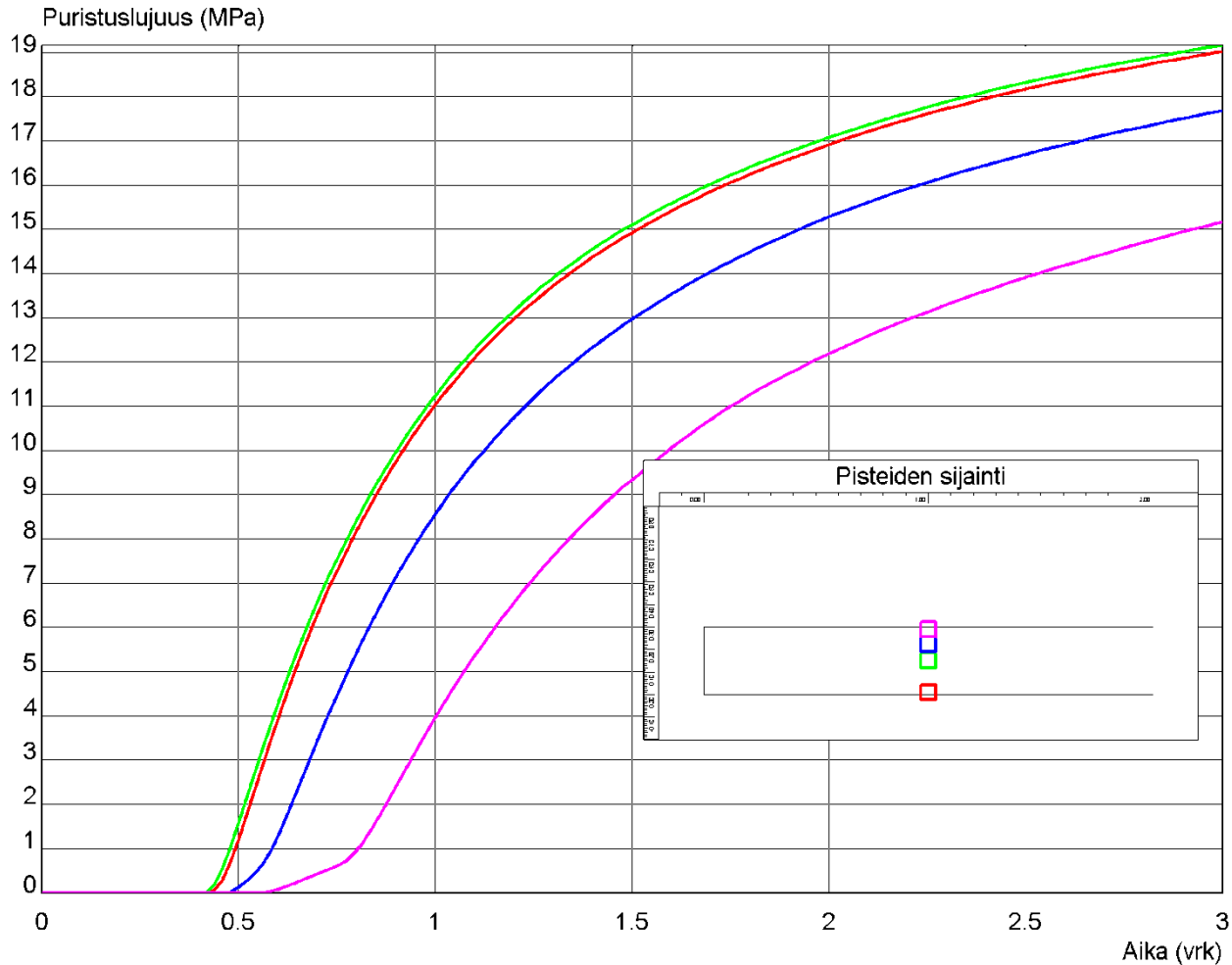


Laatan paksuus 300 mm



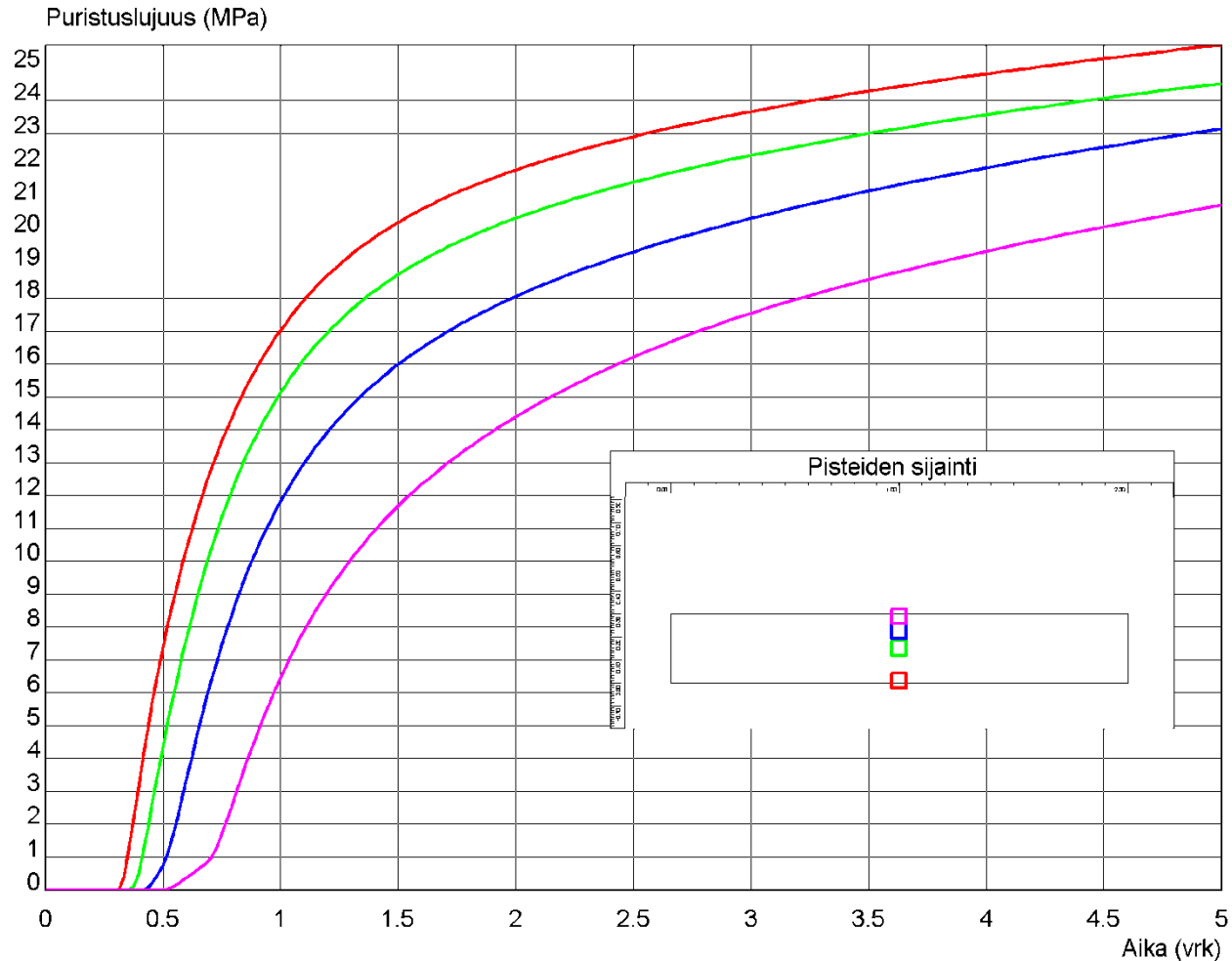
- Nopeasti päällystettävä NP K35 #16mm S3, -5° C, tuulta 4m/s, ei suojauksia

## Lujuuskäyrä



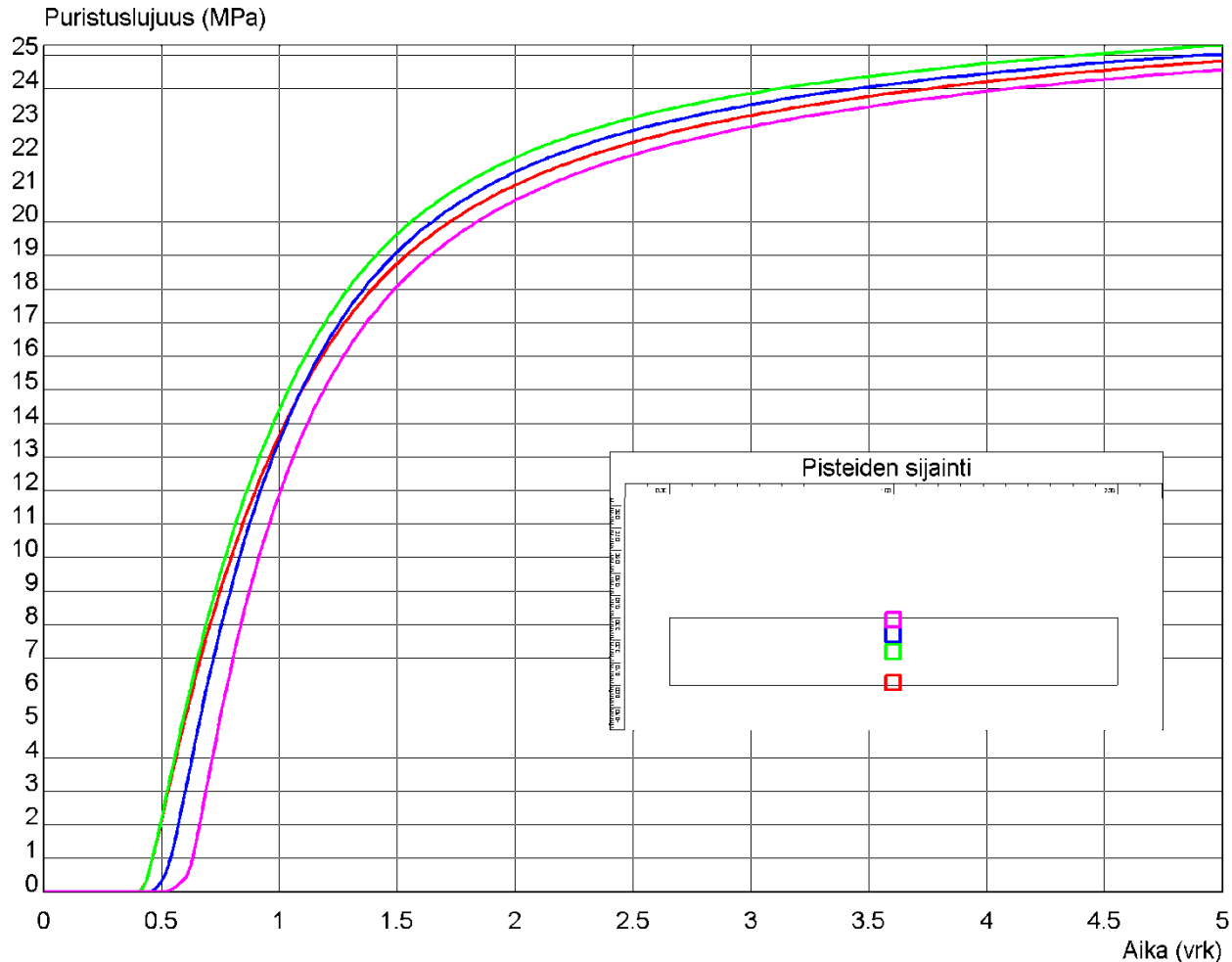
- Nopeasti päällystettävä NP K35 #16mm S3, -5° C, tuulta 4m/s, ei suojaus, mutta holvin alla +20° C

## Lujuuskäyrä



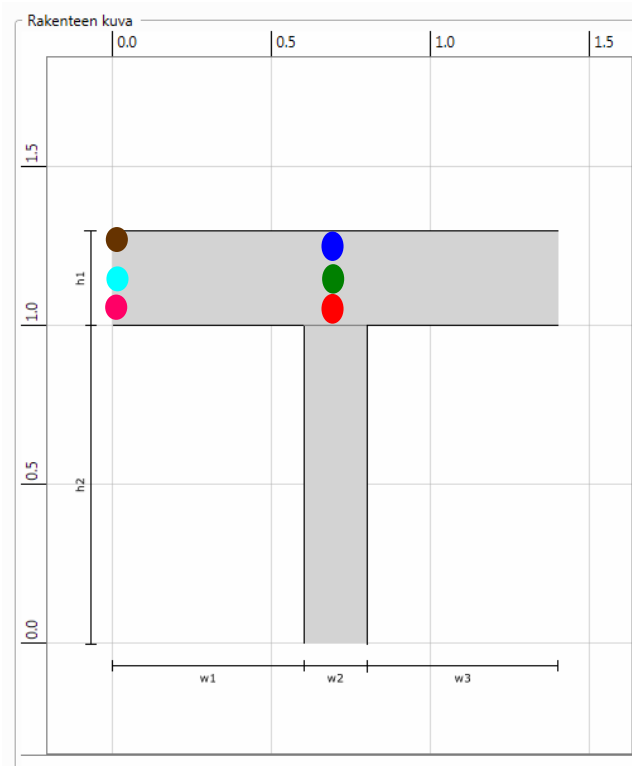
- Nopeasti päällystettävä NP K35 #16mm S3, -5° C, tuulta 4m/s, peitetään 8h:n kuluttua 10mm Lohjacell-peitolla, ei lämmitystä

## Lujuuskäyrä

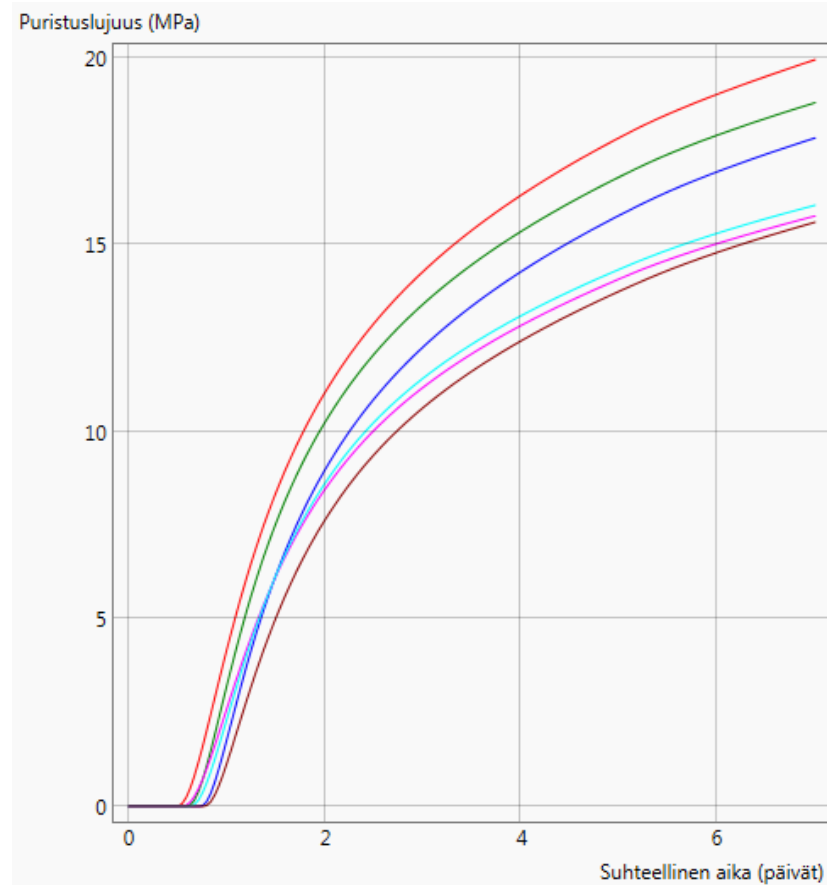




## Lisätään lämpölangat kylmäsiltaan

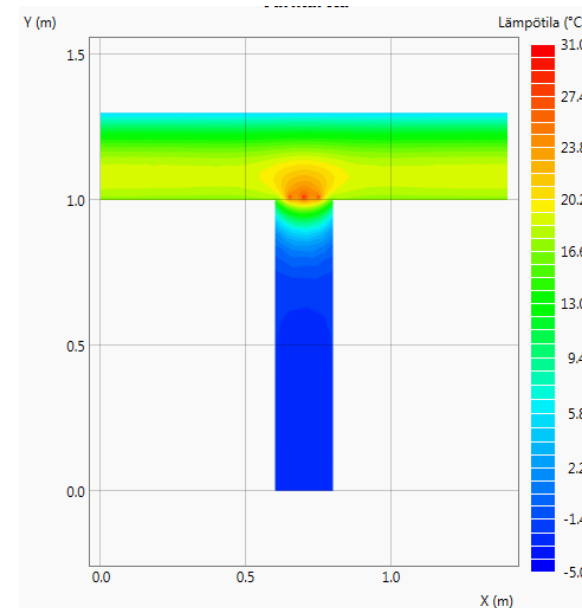


Laatta seinän päällä lämpölangat.avi

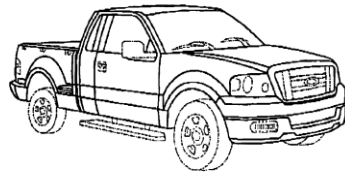


## Lujuuden seuranta toteutuneista lämpötiloista

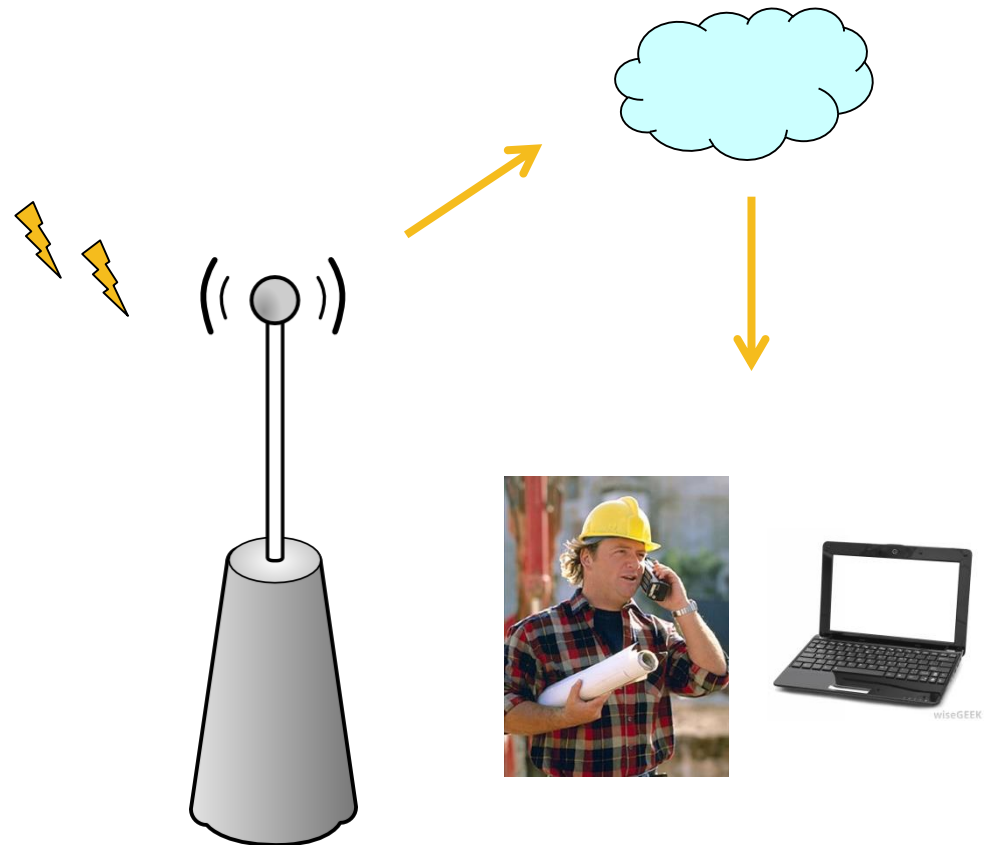
- Betonin lämmönkehitys voidaan mitata dataloggerien avulla valun jälkeisten vuorokausien ajan
- Lämmönkehityksen perusteella voidaan laskea betonin lujuuden kehitys



## 1. Perinteinen tapa



## 2. Reaaliaikainen lujuuden seuranta





## Reaaliaikainen lujuuden seuranta Toimintaperiaate

- **Työmaa luodaan tietokantaan**
  - **Valukohtainen resepti**
  - **Laskentatiedot**
  - **Valun alkamisajankohta**
    - **Mittaus käynnistyy kun valu alkaa**
  - **Käyttäjät**
  - **Mahdolliset hälytykset**
- **Käyttäjälle annetaan tunnukset, joilla käyttäjä voi kirjautua ohjelmaan ja seurata oman valunsa lämmön- ja lujuudenkehityksiä**

**Rudus** **BetoPlus Online**

Castings Channels Ingredients Permissions vesa.anttila@rudus.fi Profile Logout

### Castings

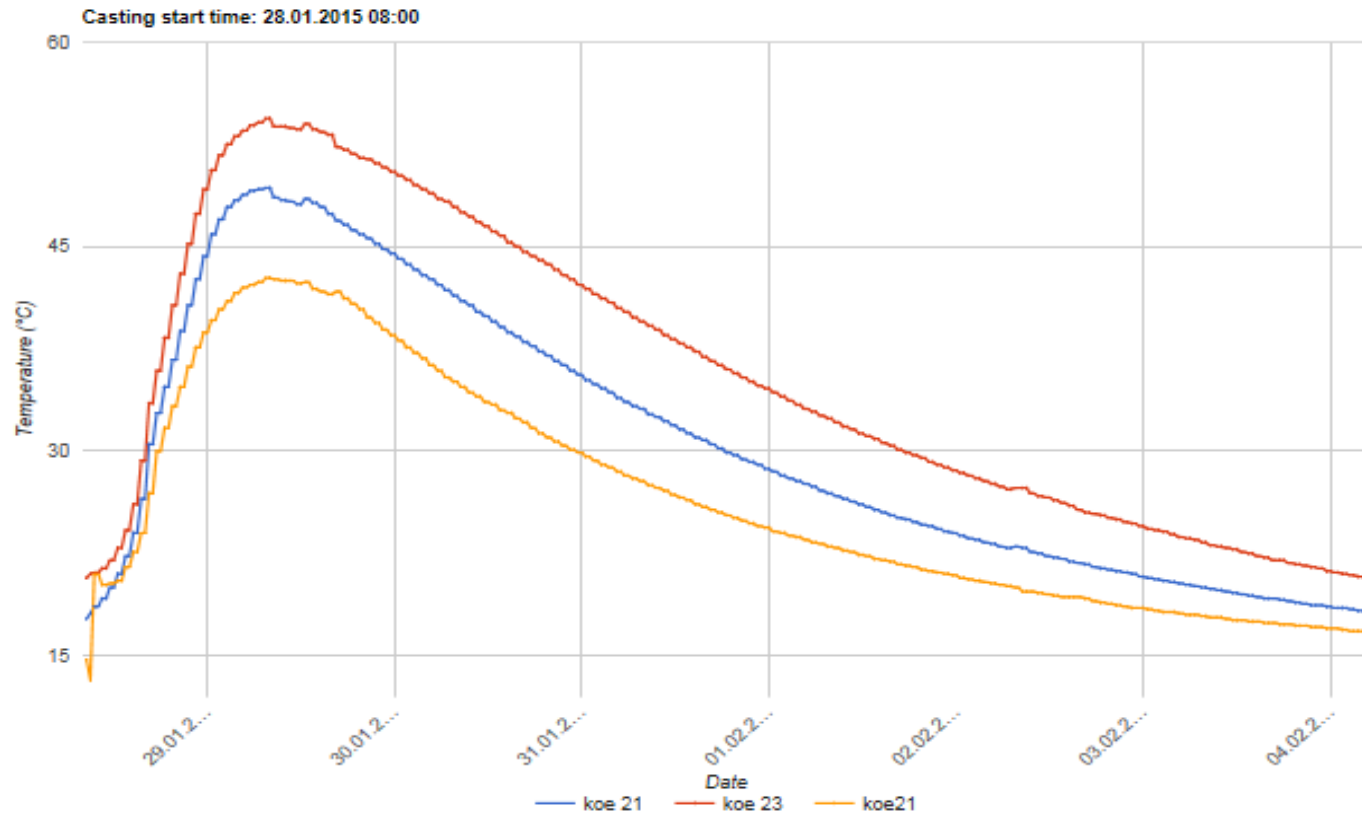
Create Casting

Name	Site	Description	Start time	Recipe	Channels
D-lohkon YP (17.10.2015)	NCC Auroran koulu, Lippajärventie 44, Espoo	YP-holvi	17.10.2015 09:00	LH 37 16 S3 nopea, V/S=0,60	TEsti-kanava

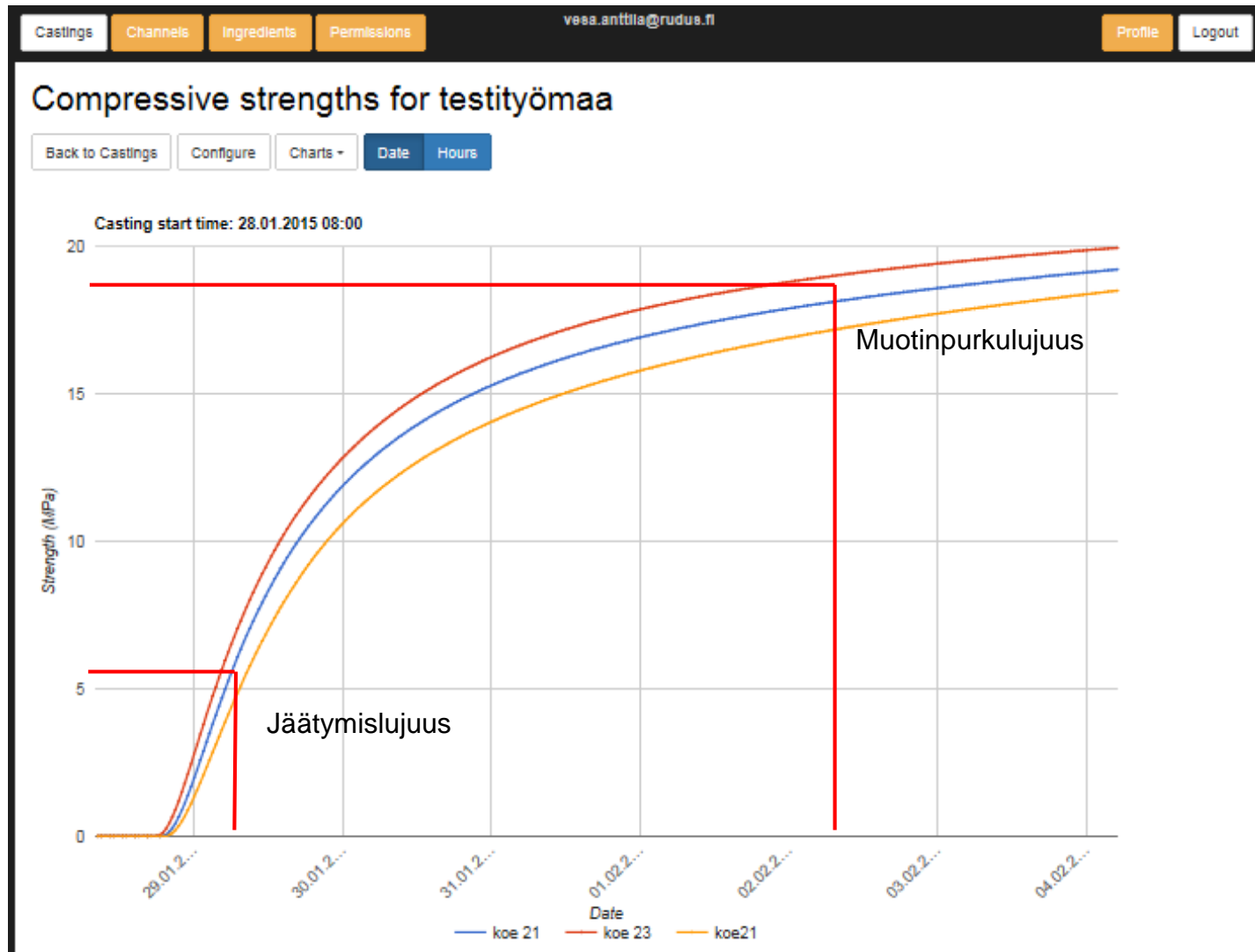
CSV Configure

# Betonin lämpötiläkäyrät

## Temperatures for testityömaa

[Back to Castings](#)[Configure](#)[Charts ▾](#)[Date](#)[Hours](#)

## Betonin lujuuskäyrät





# Elementtien saumavalut



## Elementtisaumauksen riskit

Laiminlyönti	Suositteluvia tapoja
Suojaus ei ole onnistunut ja saumoissa on lunta.	Saumat puhdistetaan lumesta ja jäästä. Ensisijaisesti lumen poistamiseen käytetään paineilmaa, minkä jälkeen saumojen sulattamiseen ja kuivattamiseen käytetään kaasuliekkia. Kaasuliekkiä ei kuitenkaan voida käyttää saumoissa, joissa on muovisia sähköputkia, muovisia ontelolaatan suojatulppia tai lämmössä sulavia eristemateriaaleja.
Saumojen sulattamiseen käytetään höyryä.	Yleisesti käytetyn höyrytyksen ongelma on työn aikana muodostuva vesi, mikä voi jäätyä saumaan ennen betonivalua ja estää saumabetonin kunnollisen tartunnan. Käytetään mieluummin kaasuliekkiä.
Valu tehdään vasten kylmiä elementtejä.	Suosittelava tapa on suojata holvi lämpöeristeillä ja käyttää tilalämmitystä. Alapuolisen tilan lämmitys tulee aloittaa edellisenä päivänä, jolloin laatasto ehtii lämmitä ja lumi tai jää ehtii sulaa.
Ei huomioida pakkasbetonin hidasta lujoudenkehitystä.	Seinäelementtien alavaakasaumojen minimilujuus ennen seuraavan kerroksen asennusta on vähintään 5 MPa. Tämän lujouden saavuttaminen kestää -10°C lämpötilassa pakkasbetonia käytettäessä ilman lämmitystä noin neljä päivää. Tätä nopeammalla asennustahdilla tai kylmemmällä säällä on vaakasaumaa lämmitettävä.

## Betoniteollisuus ry Tammikuu 2011 Betonielementtien talvisaumausohje

### Sisältö

1. Talvityöolosuhteet
2. Saumojen lujuusvaatimukset
3. Asennusnopeuden ja lujuudenkehityksen suunnittelu
4. Saumauksessa käytettävät materiaalit
5. Ontelolaattojen saumavalut
6. Seinäelementtien saumavalut
7. Pilarien ja palkkien juotosvalut
8. Muut saumavalut





## Lujuudenkehityksen kannalta kriittiset saumat

Lujuudenkehityksen kannalta kriittisiä ovat saumat, joiden voimia siirtävä toiminta on välttämätöntä rungon rakennusaikaisessa jäykistämisessä tai elementtien kiinnityksessä. Näitä saumoja ovat:

Pystyelementtien vaakasaumat

Jäykistävät tai kuormia siirtävät elementtien väliset pystysaumamat

Ontelolaattojen ja muiden laattojen saumat

Seinäelementtien kiinnitykset laattoihin

Kantavien parveke- elementtien saumat

Edellä mainittujen saumojen lujuuden kehittyminen tulee varmistaa siten, että saumojen lujuus vastaa kulloinkin saumaan vaikuttavia voimia.



# Pakkasbetoni

- Erikoisbetoni joka on testattu ennakkokokeilla  $-15^{\circ}\text{C}$ :een
- Alemmissa lämpötiloissa riittävää lujuustasoa ei voida taata
- Suositellaan vain saumasvaluihin
- Suositeltava lujuusluokka maksimissaan K30
- Pääkaupunkiseudulla maksimi lujuusluokka K40
- Lujuudenkehitys hyvin hidasta alle  $-10^{\circ}\text{C}$  lämpötiloissa
- **Aineen maahantuojan mukaan käyttö sallittu vain rasitusluokat X0, XC, erikoisselvityksien jälkeen rasitusluokassa XF1.**

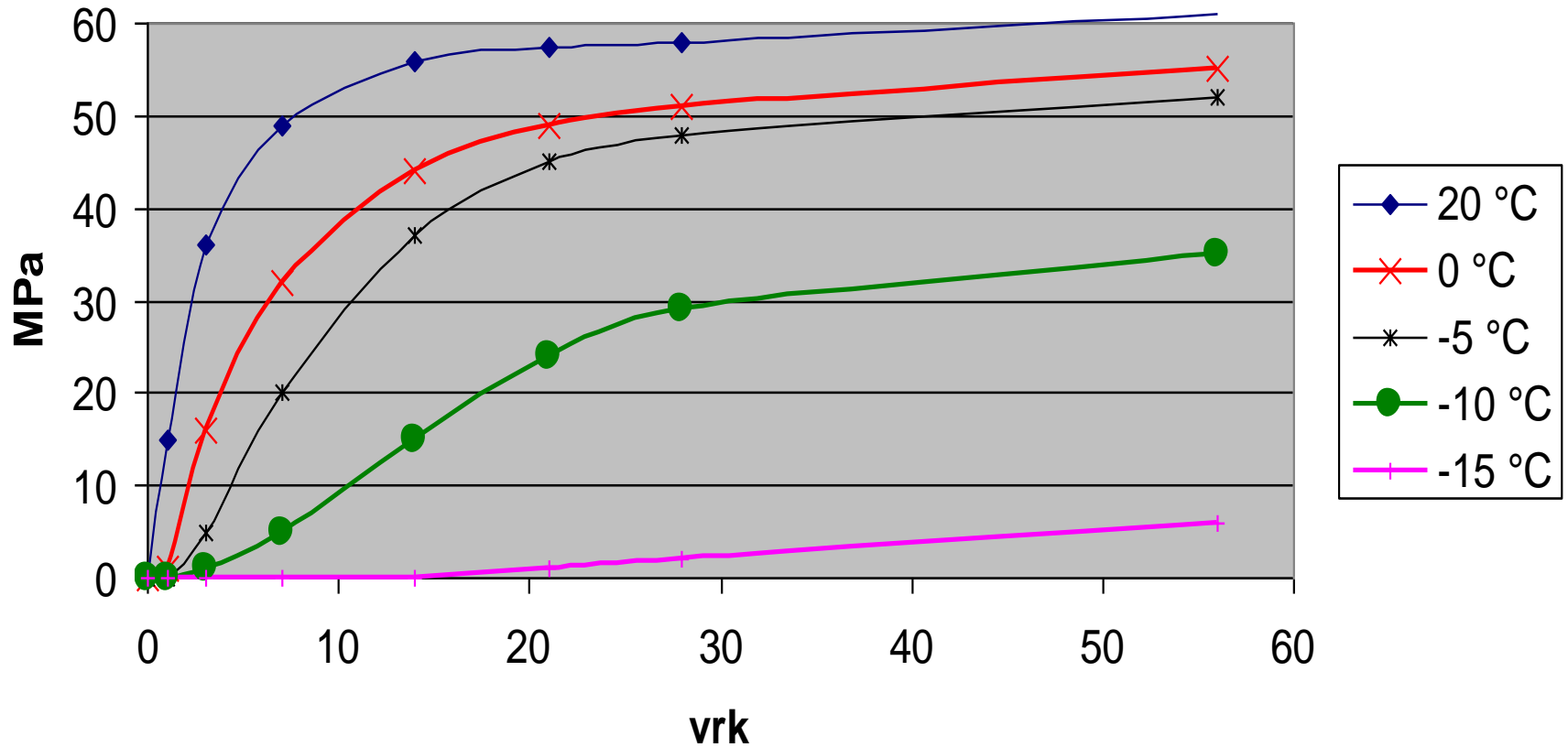
## Pakkasbetoni .....

- Ei sovellu kantaviin rakenteisiin kuten laattoihin, palkkeihin tai kantaviin seiniin
- Ei ole säänkestävää
- Ei suositella käytettävän ilman lisälämmitystä alle  $-10^{\circ}\text{C}$  lämpötiloissa
- Maksimiraekoko yleensä 8 mm
- Jäykistyy nopeasti (pakkaslisäaine on myös kiihdytin) joten suositellaan pieniä kuormakokoja 2...3 m<sup>3</sup>





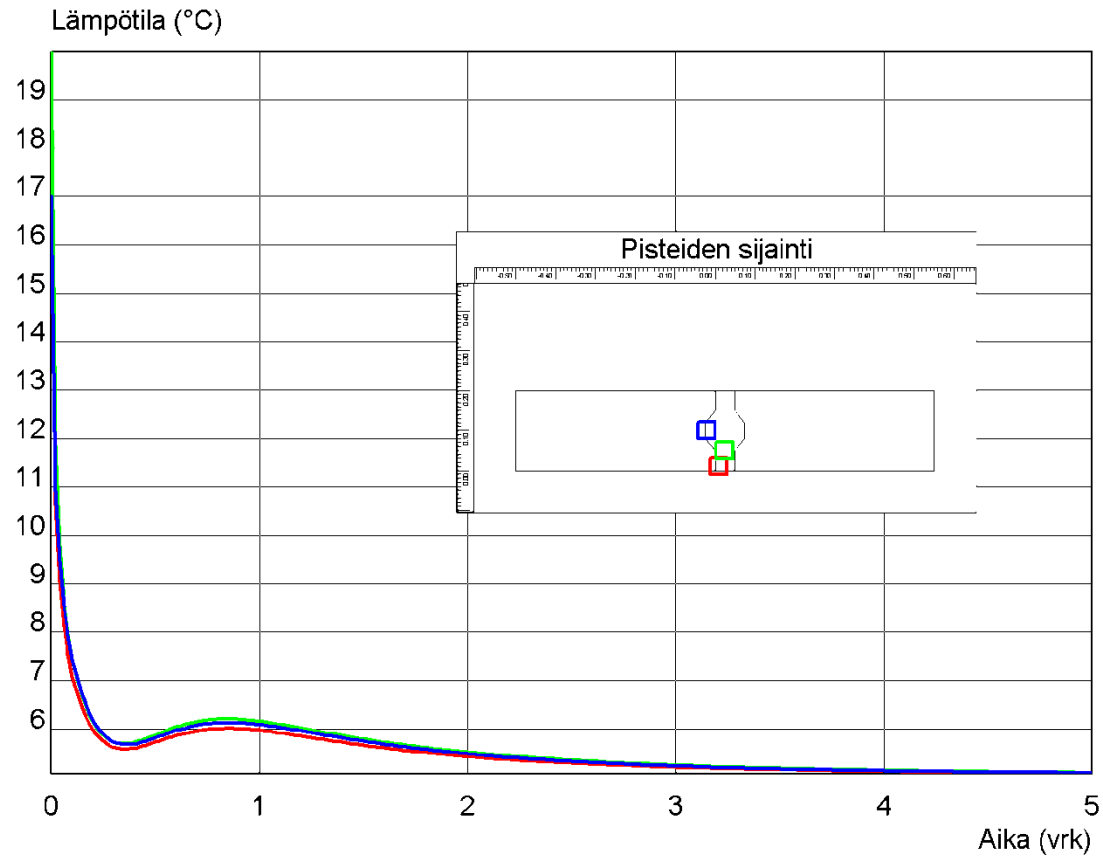
## Pakkasbetonien lujuudenkehitys eri lämpötiloissa



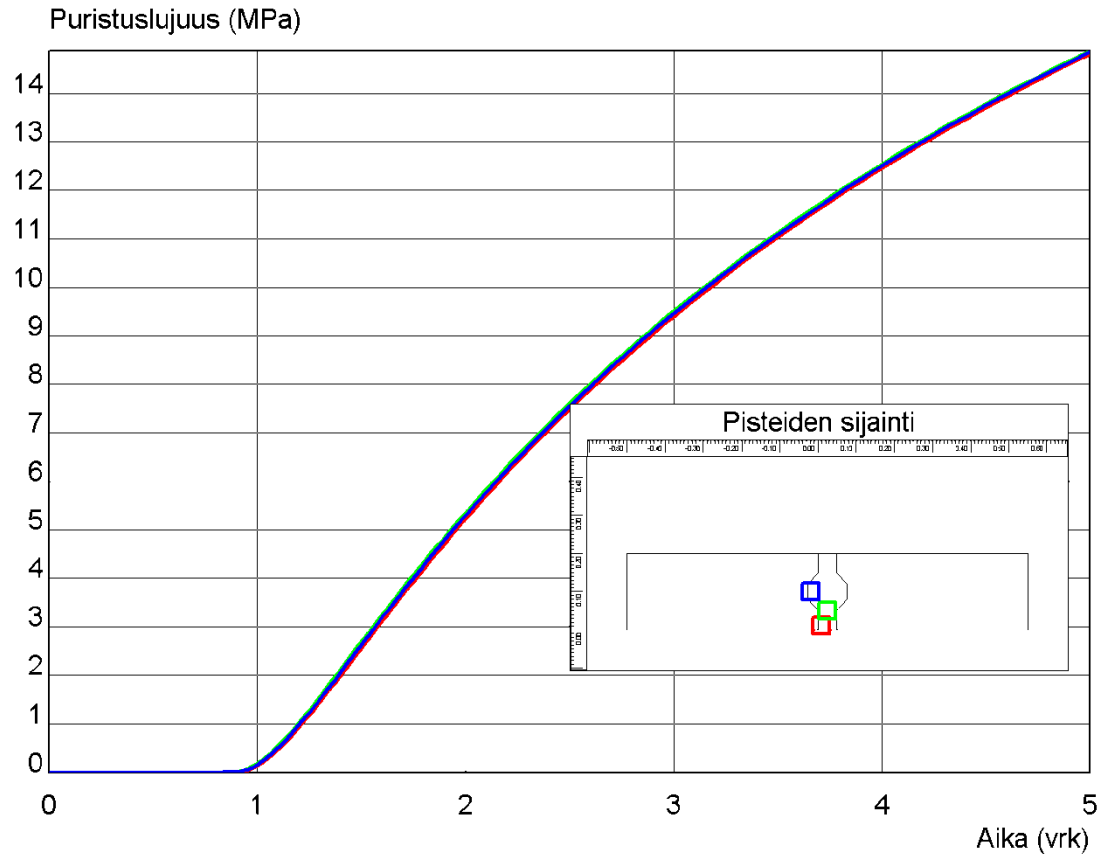
# Pystysauman mallirakenne



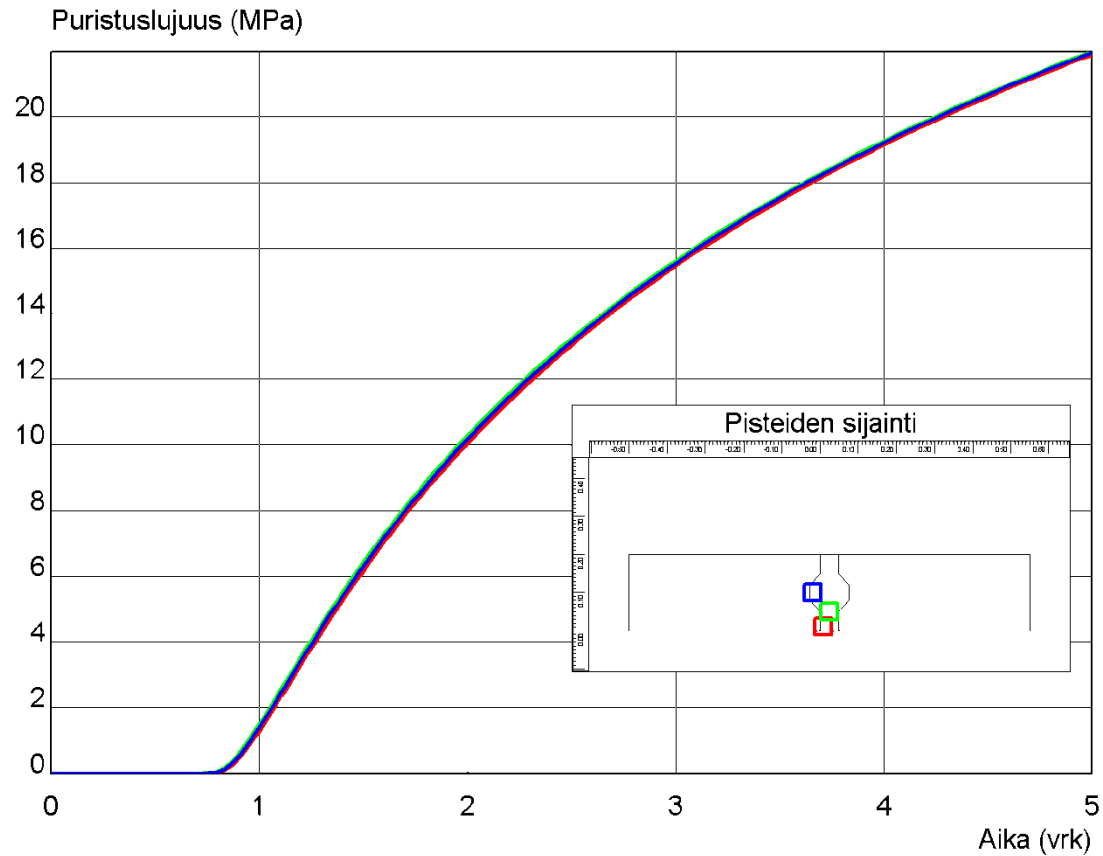
# SB C28/35 8mm S3 +5C, Lämpökäyrä



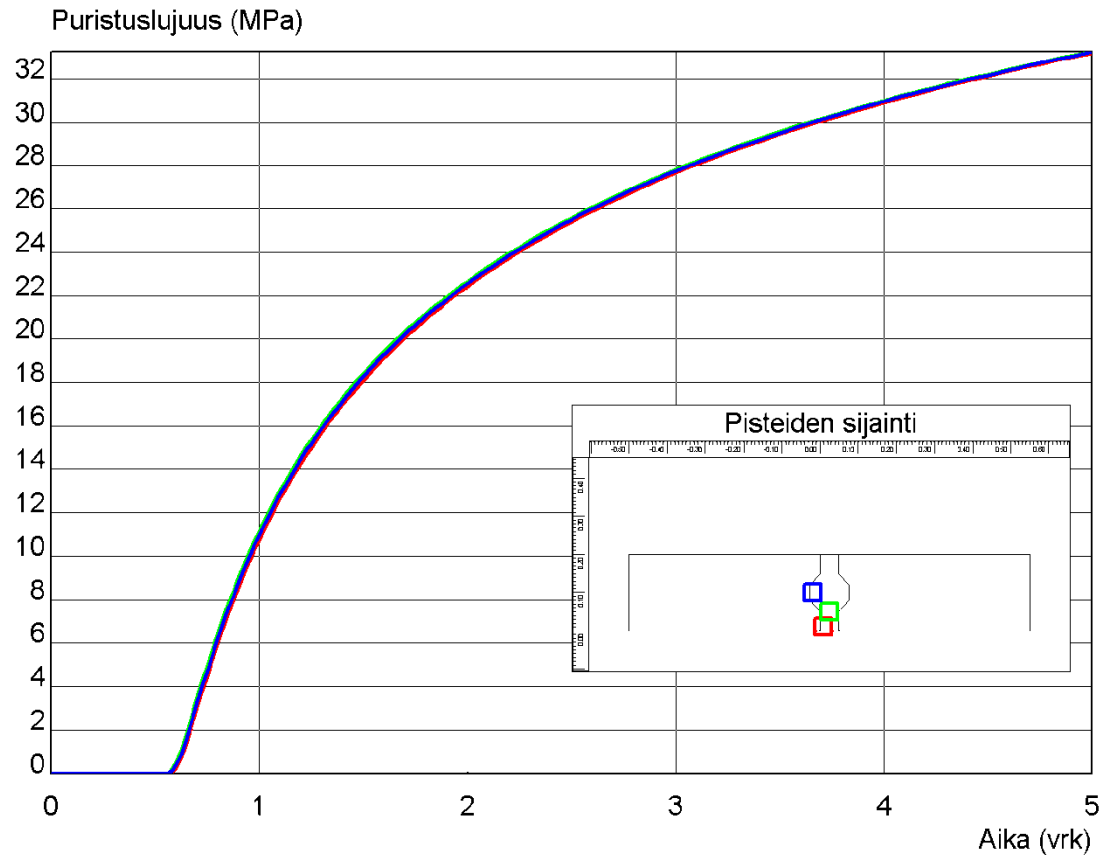
# SB C28/35 8mm S3 +5C, Lujuuskäyrä



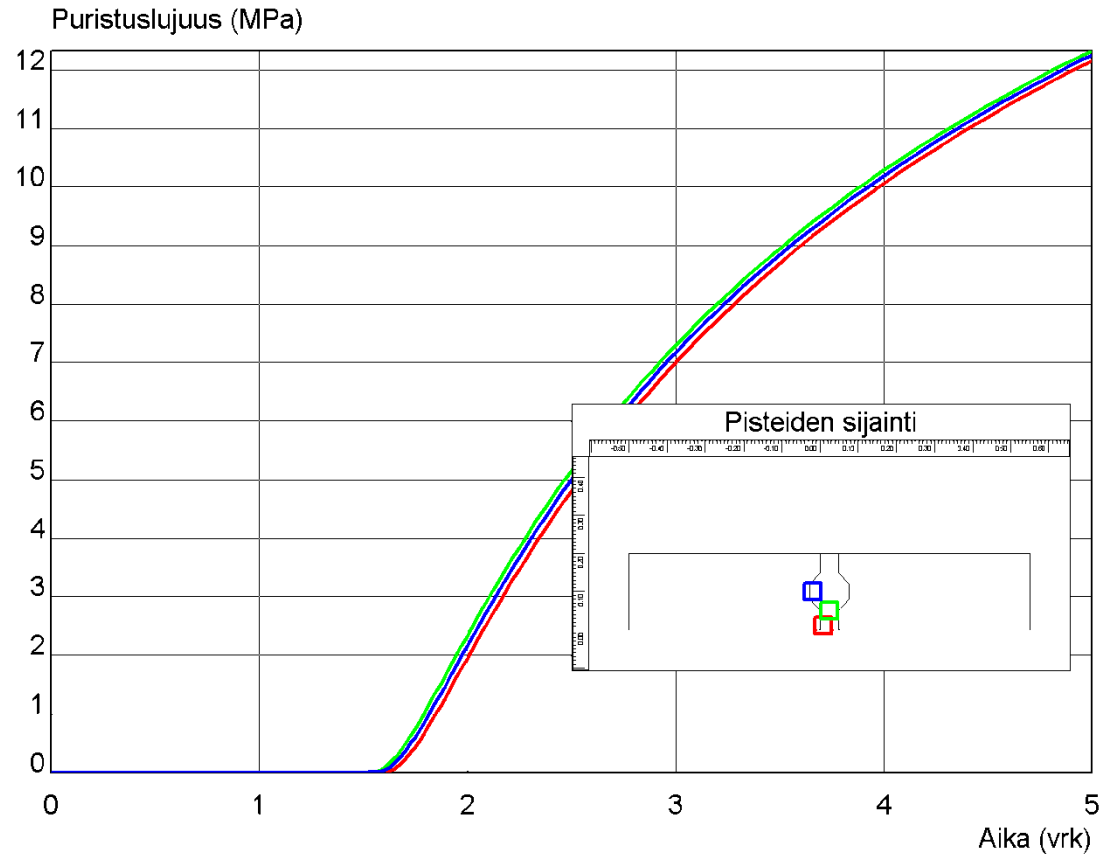
# SR C28/35 8mm S3 +5C, Lujuuskäyrä



# PA C28/35 8mm S3 +5C, Lujuuskäyrä



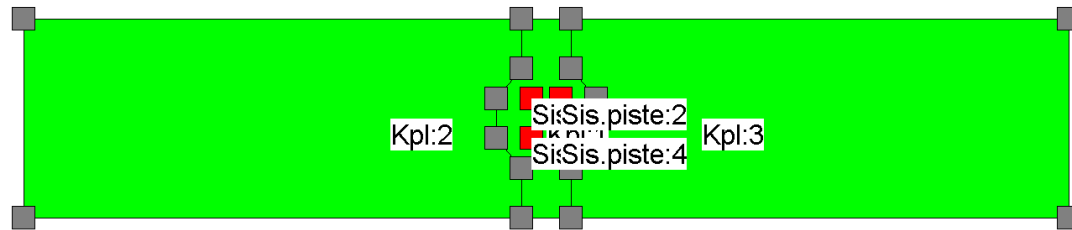
# PA C28/35 8mm S3 -5C, Lujuuskäyrä



0.50 -0.40 -0.30 -0.20 -0.10 0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60

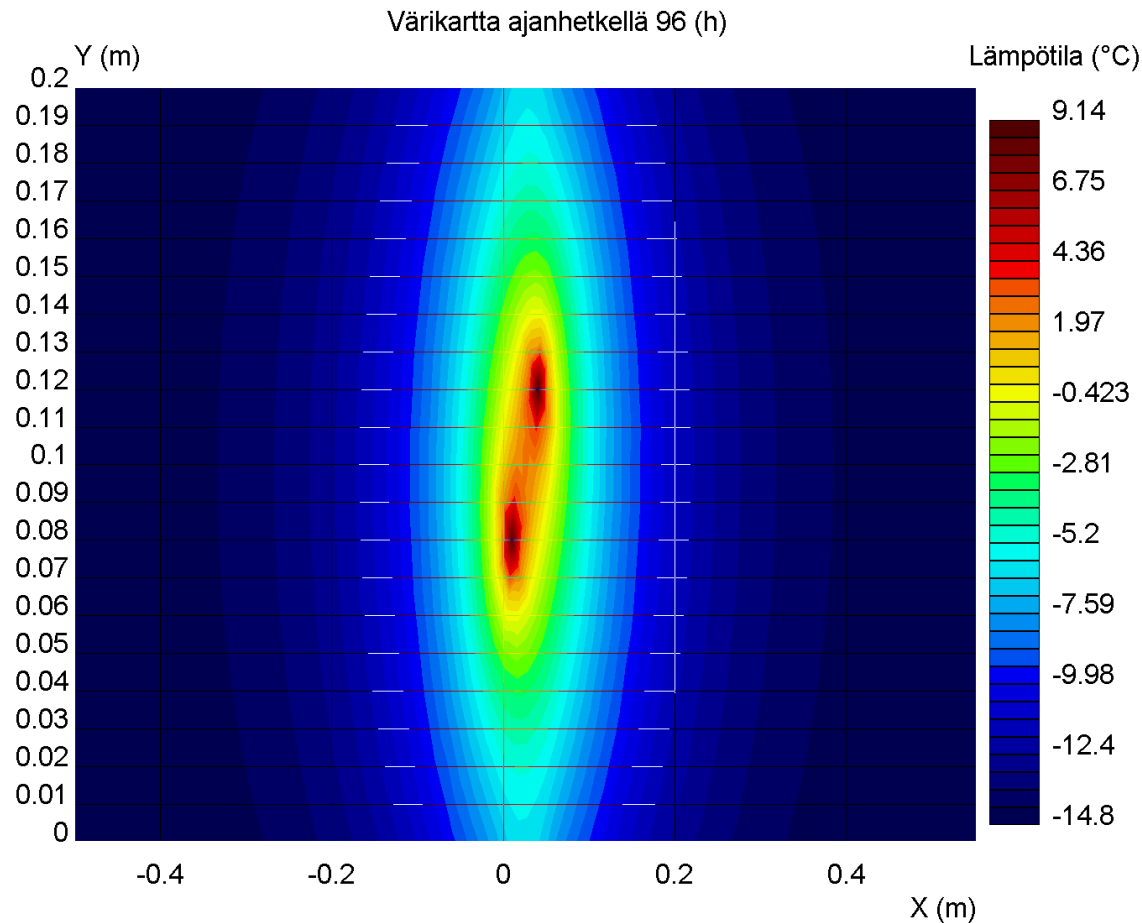
0.60  
0.50  
0.40  
0.30  
0.20  
0.10  
0.00  
-0.10  
-0.20

Sauman keskellä lämpölangat 38W/m, joista  
Käytetään -15C lämpötilassa 2 tai 4 kpl  
Muottina 12mm vaneri

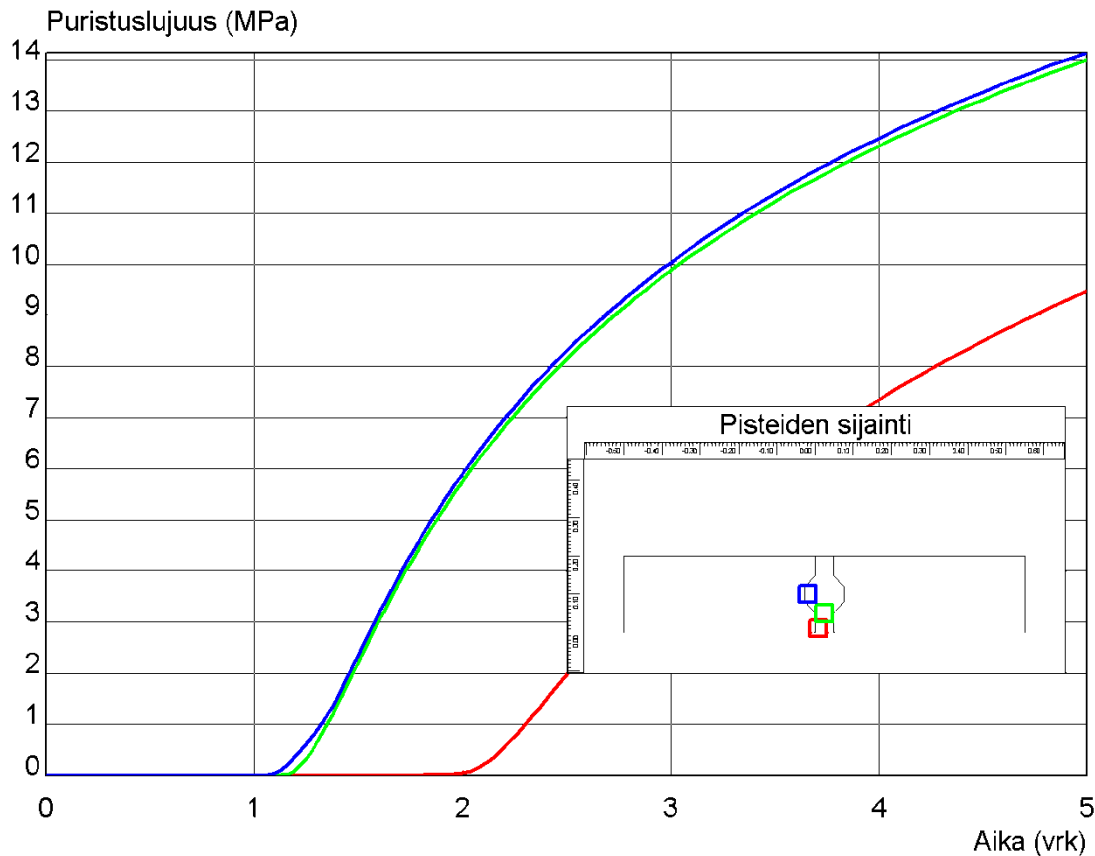




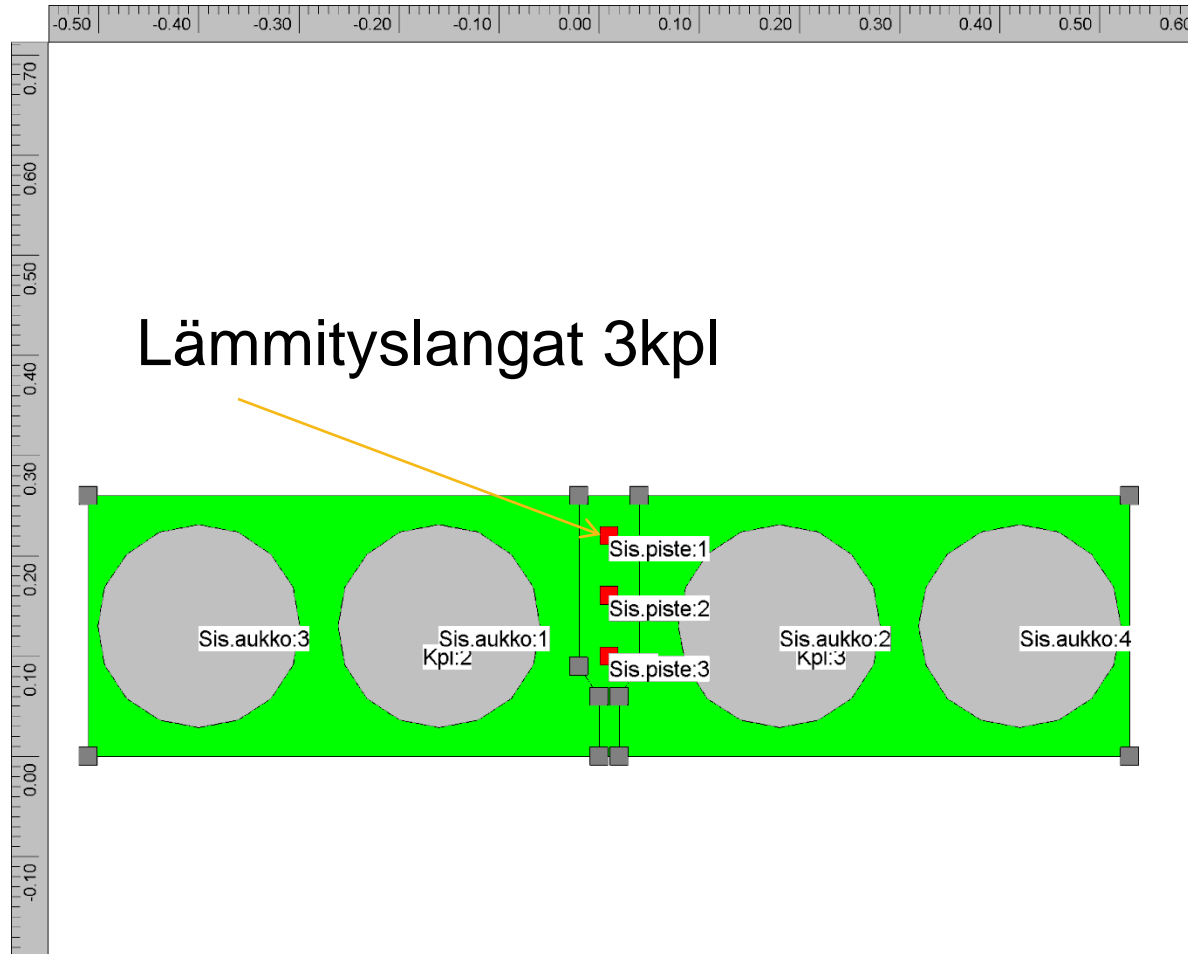
## PA C28/35 8mm S3 -15C, Lämpökartta 4vrk (2 lämpölankaa)



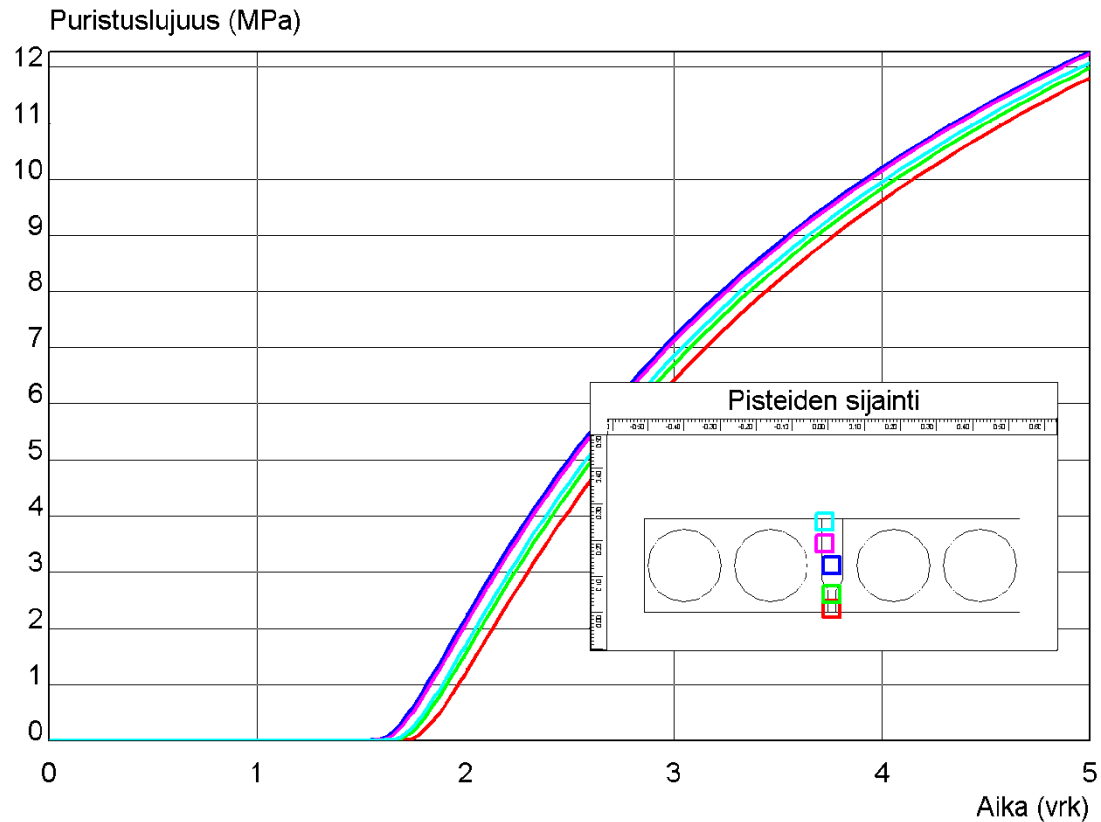
# PA C28/35 8mm S3 -15C, Lujuuskäyrä (2 lämpölankaa)



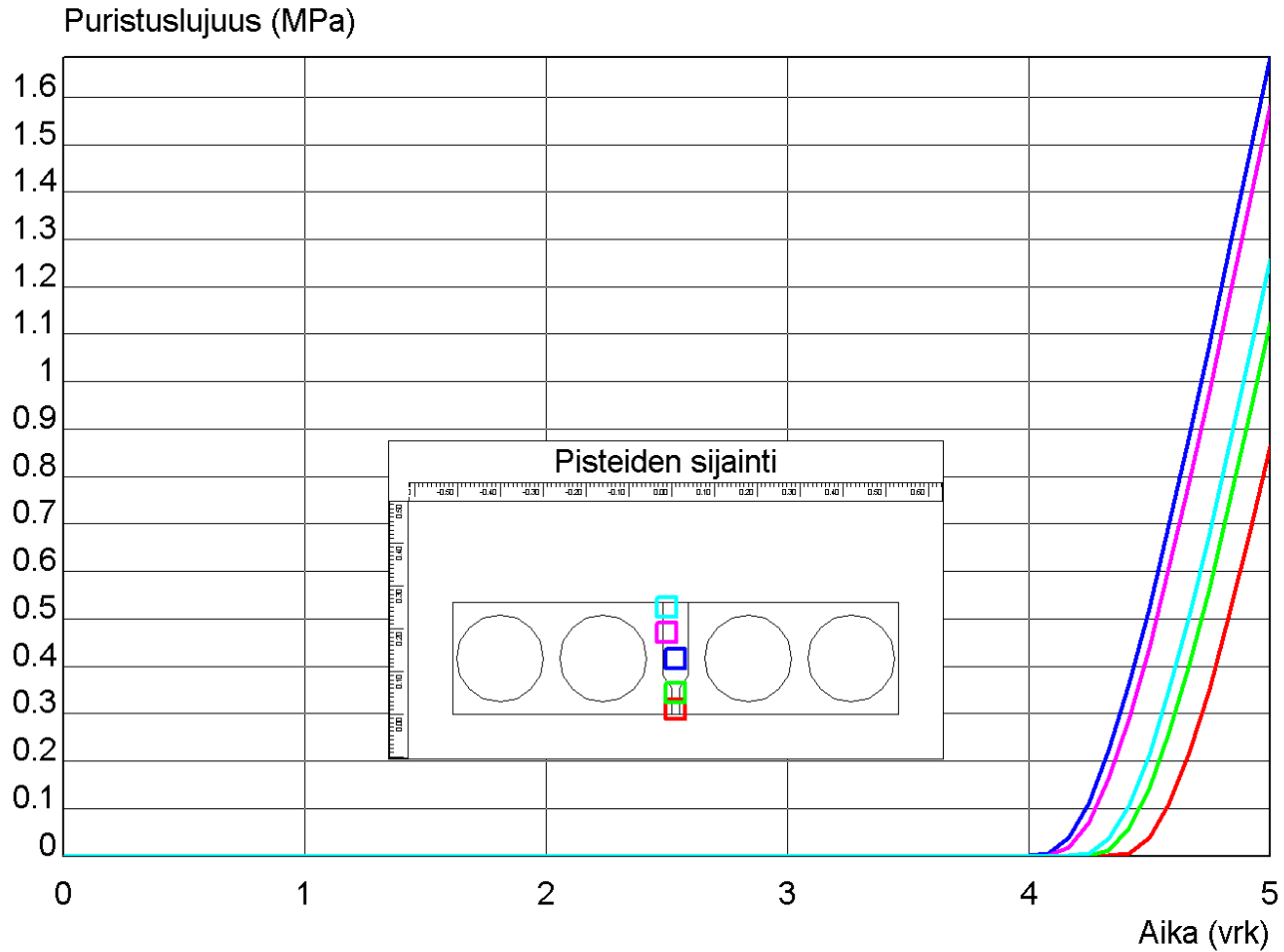
# Ontelosauman mallirakenne



# PA C28/35 8mm S3 -5C, Lujuuskäyrä



# PA C28/35 8mm S3 -10C, Lujuuskäyrä



# PA C28/35 8mm S3 -15C, 3 lämmityslankaa, Lujuuskäyrä

