FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY



Vähähiilistenbetonien lujuudenkehitys rakenteessa

Talvibetonointi vähähiilisesti – webinaari

09.11. 2026

Jesse Junnila



Agenda

- Mallintaminen ja mallintamisen tavoitteet
- Mallintamisen lähtötiedot
- Vähähiilisen betonin lujuudenkehitys –esimerkkitapaukset
- Johtopäätökset

FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY

Mallintaminen ja mallintamisen tavoitteet

- Mallinnus on lähtötietoihin ja laskentamalleihin perustuva ennuste, johon liittyy epävarmuutta
- Tavoitteena on kuvata lämmön ja lujuudenkehitys rakenteessa mahdollisimman tarkasti.
  - Ensisijaisesti lämmönkehityksen mallintaminen on tarkempaa kuin lujuudenkehityksen mallintaminen.
  - Lujuudenkehityksessä on enemmän muuttujia.
- Jokainen valu ja rakenne on aina oma yksilöllinen tapauksensa, tästä syystä mallinnuksien tuloksia ei voida yleisesti käyttää ja soveltaa suoraan sellaisenaan!

Mallintamisen lähtötiedot

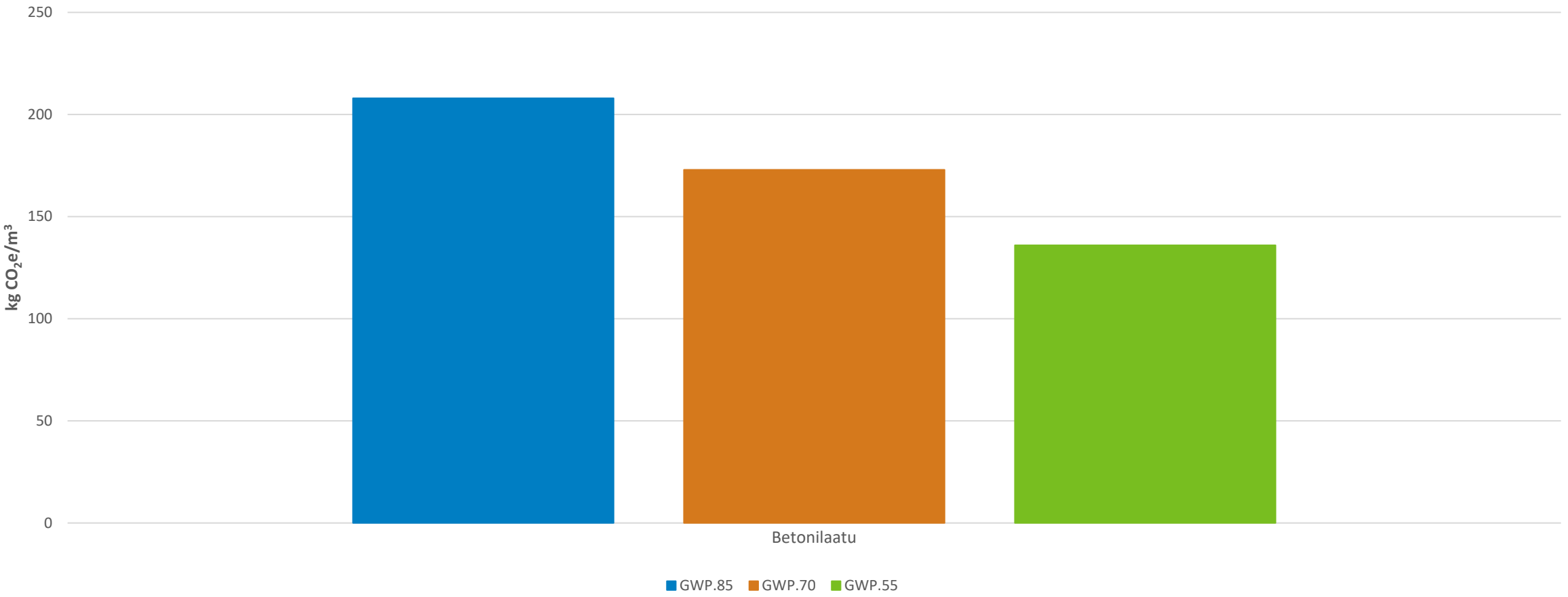
- Rakenteen mitat
  - Leveys x korkeus x paksuus
- Ympäristön olosuhteet
  - Tuuli
  - Lämpötila
- Käytettävä muottimateriaali
- Suojaustiedot
  - Eristykset, lämmitykset jne.
- Liittyvien materiaalien tiedot
  - Antura valussa pohjan materiaalina esim. kallio, sora, eriste ….
  - Esimerkiksi seinä valussa holvin päälle betoni liittyväksi materiaaliksi.

- Laskennan kesto
- Mahdollisuus mallintaa myös isoja valuja. ns ”nousevana valuna”
- Betonin suhteitus
  - Sideaineen tyyppi ja määrä
  - Vesi / sideainesuhde
  - Betonin alkulämpötila
  - ilmamäärä

Vähähiilisen betonin lujuudenkehitys - esimerkkitapaukset

- Näissä mallinnuksissa tarkasteltiin vähähiilisen betonin soveltumista ja käyttäytymistä tavanomaisessa holvissa mallintamalla lujuudenkehitystä Betometri-ohjelmalla.
- Betonilaatuina toimivat GWP.85, GWP.70 ja GWP.55 luokiteltu C30/37 rakennebetoni, XC3 XC4 rasitusluokissa.
- Olosuhteet (vuorokauden keskilämpötila)
  - ilma: +10 °C
  - ilma: 0 °C
  - Ilma: -10 °C
- Betonin lämpötilana käytettiin skenaariossa yksi +20 °C ja pinta peiteltiin heti valun jälkeen pakkasmatolla, tuulen vaikutuksia ei minimoitu, ei ulkoista lämmitystä.
- Betonin lämpötilana käytettiin skenaariossa kaksi +25 °C ja pinta peiteltiin heti valun jälkeen pakkasmatolla, tuulen vaikutukset minimoitu, ulkoinen lämmitys holvin alapuolella.
- Muottimateriaalina toimi 18 mm vaneri

Betonilaatujen päästöarvo



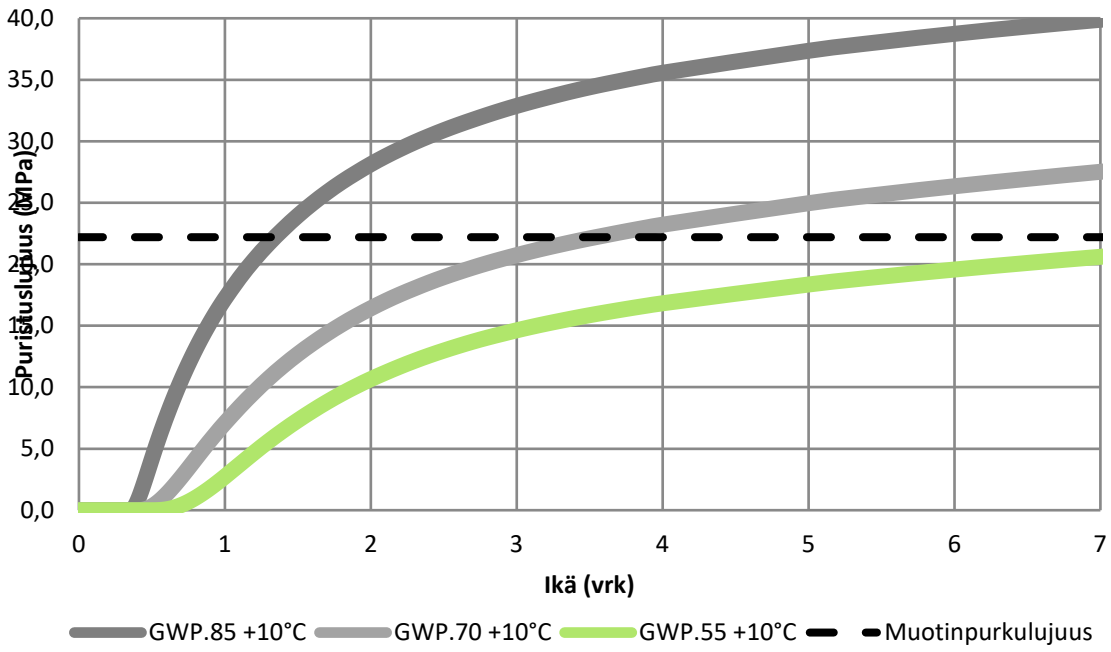
Muotinpurkulujuus – skenaarioiden vertailu

Betonilaatu	Lämpötila	Skenaario 1 (vrk)	Skenaario 2 (vrk)	Aikasäästö (h)	Ajan lyheneminen (%)
GWP.85	+10 °C	1,4	1,2	4,8	14,3
GWP.85	0 °C	1,5	1,2	7,2	20,0
GWP.85	−10 °C	1,9	1,3	14,4	31,6
GWP.70	+10 °C	3,5	2,3	28,8	34,3
GWP.70	0 °C	8,0	2,7	127,2	66,3
GWP.70	−10 °C	**DNF**	3,4	–	–
GWP.55	+10 °C	9,0	3,8	124,8	57,8
GWP.55	0 °C	**DNF**	6,5	–	–
GWP.55	−10 °C	**DNF**	**DNF**	–	–

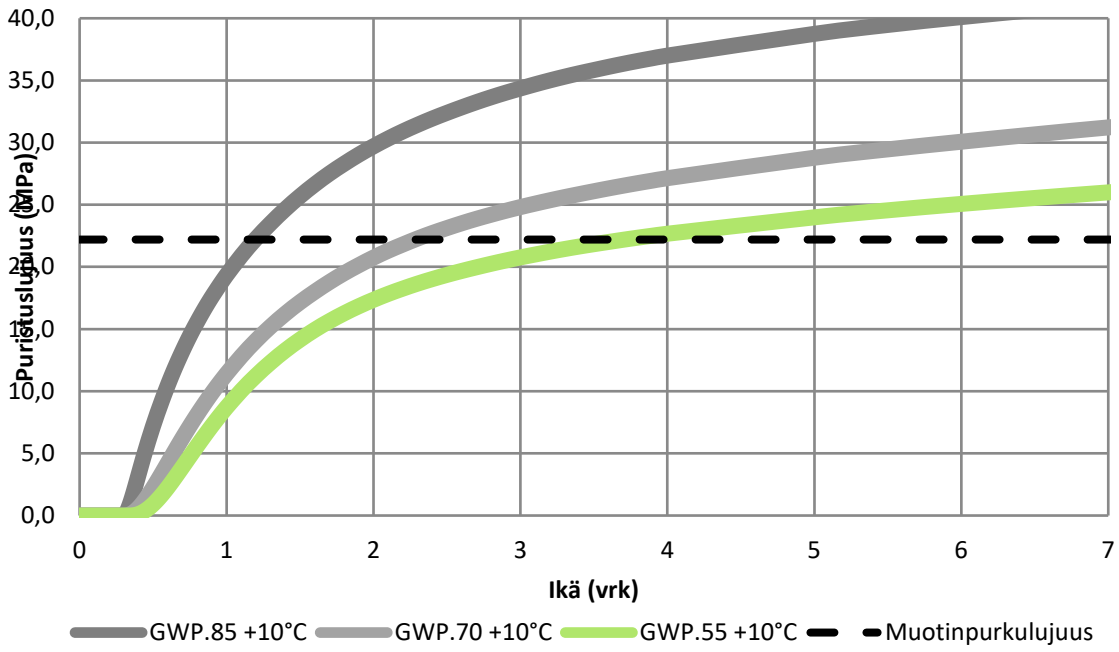
DNF = muotinpurkulujuus tavoitetta ei saavutettu 14 vrk:n tarkastelujaksolla.
– = eroa ei voida laskea.
Aikasäästö = (S1 − S2) × 24 h.
Ajan lyheneminen = (S1 − S2) / S1 × 100 %.

Olosuhteiden hallinta kaventaa betonilaatujen välisiä aikaeroja +10 °C:ssa

Skenaario 1



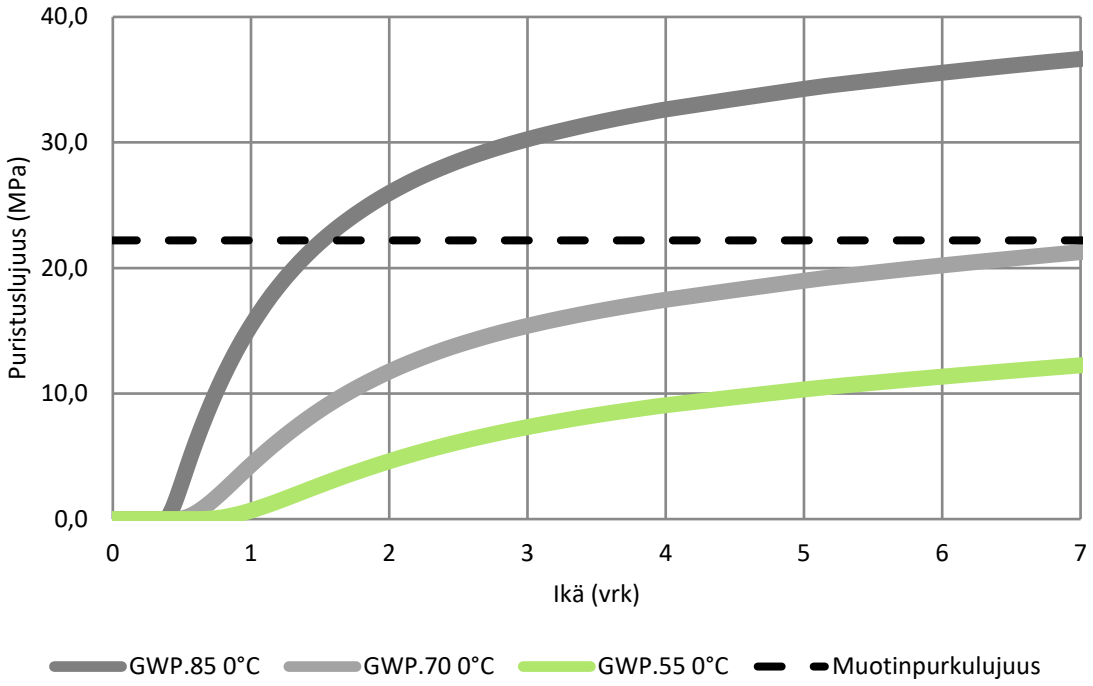
Skenaario 2



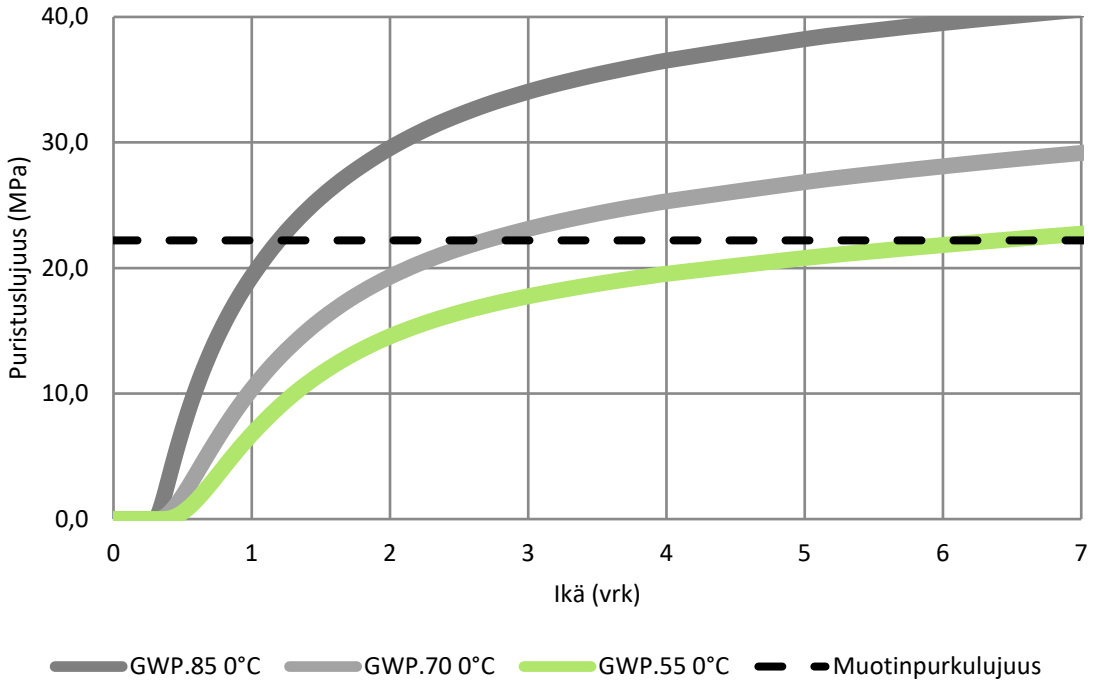
Olosuhteiden hallinta nopeuttaa muotinpurkulujuuden saavuttamista 0 °C:ssa

FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY

Skenaario 1

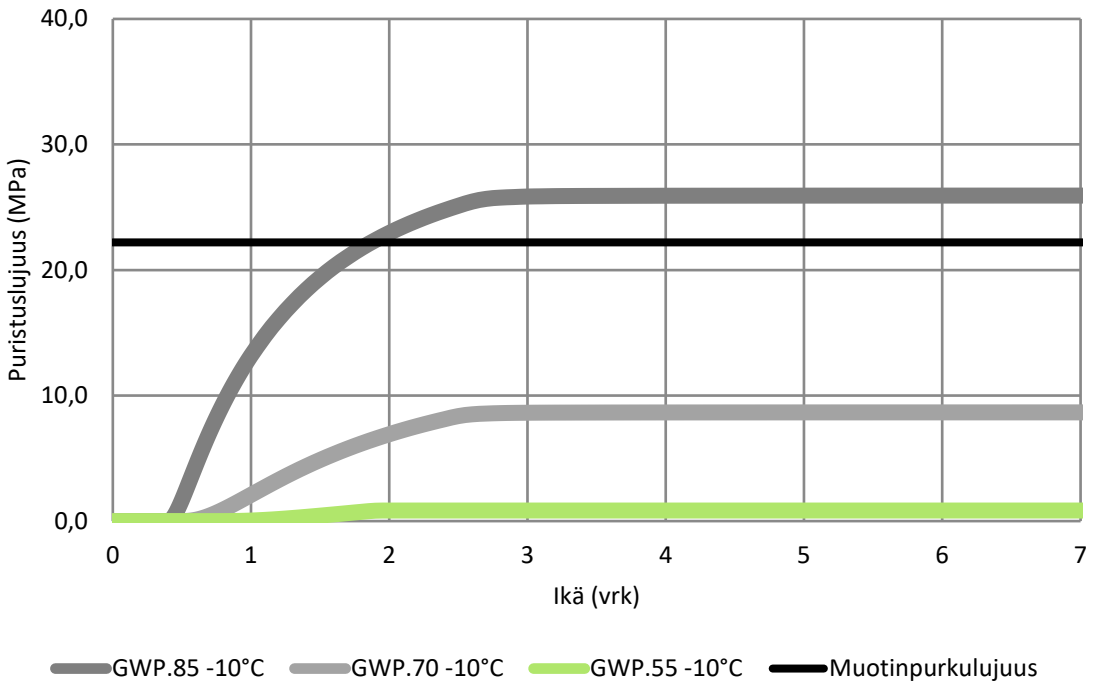


Skenaario 2

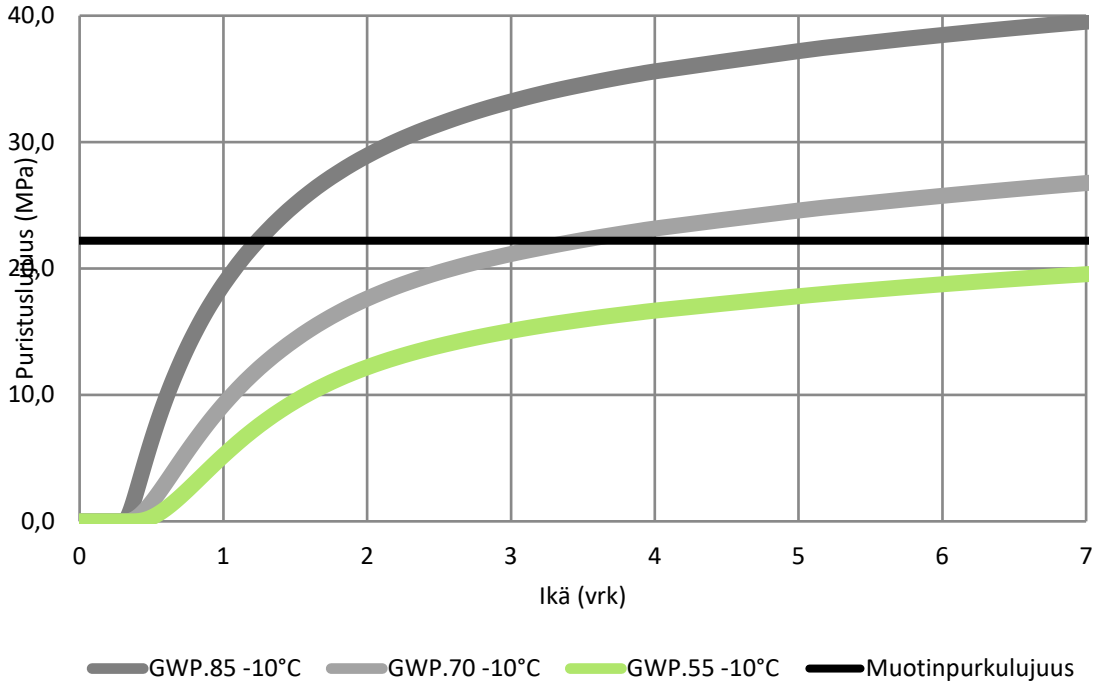


−10 °C:ssa olosuhteiden hallinta auttaa, mutta ei poista kaikkia rajoitteita

Skenaario 1

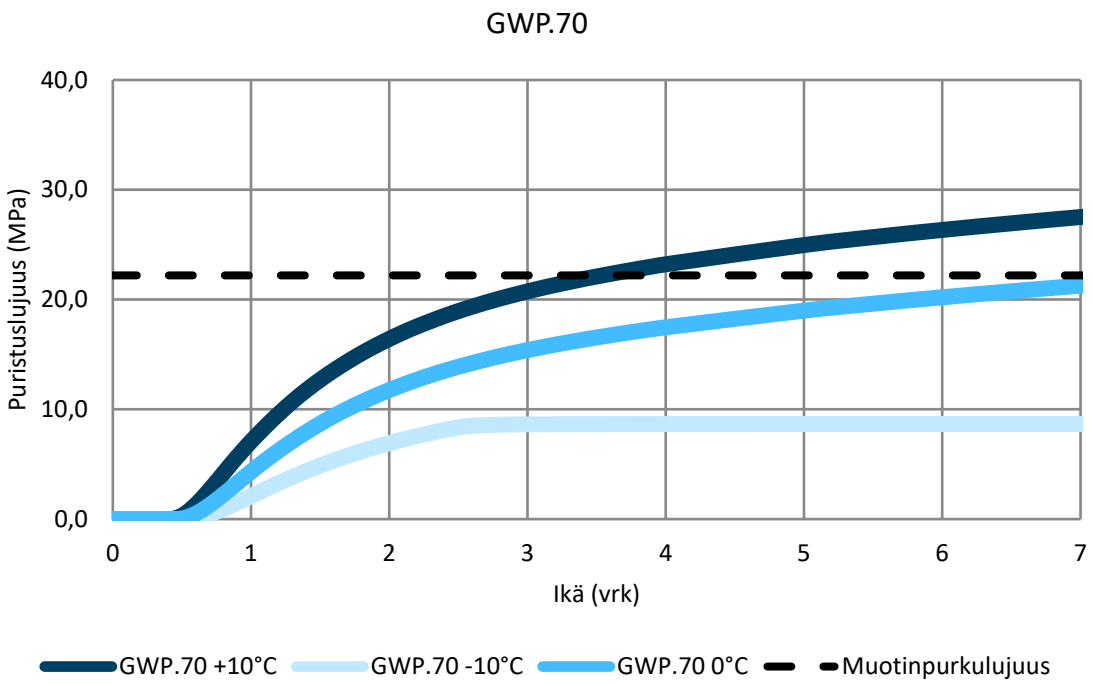


Skenaario 2

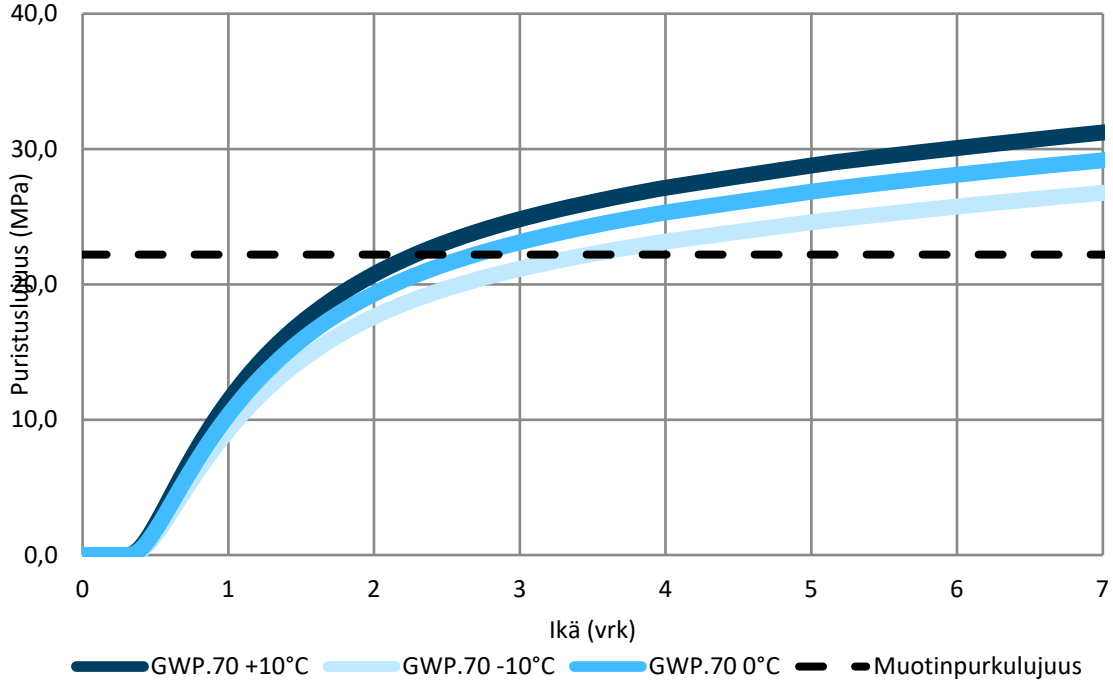


Olosuhteiden hallinta pienentää ulkolämpötilan vaikutusta tavoiteaikaan

Skenaario 1

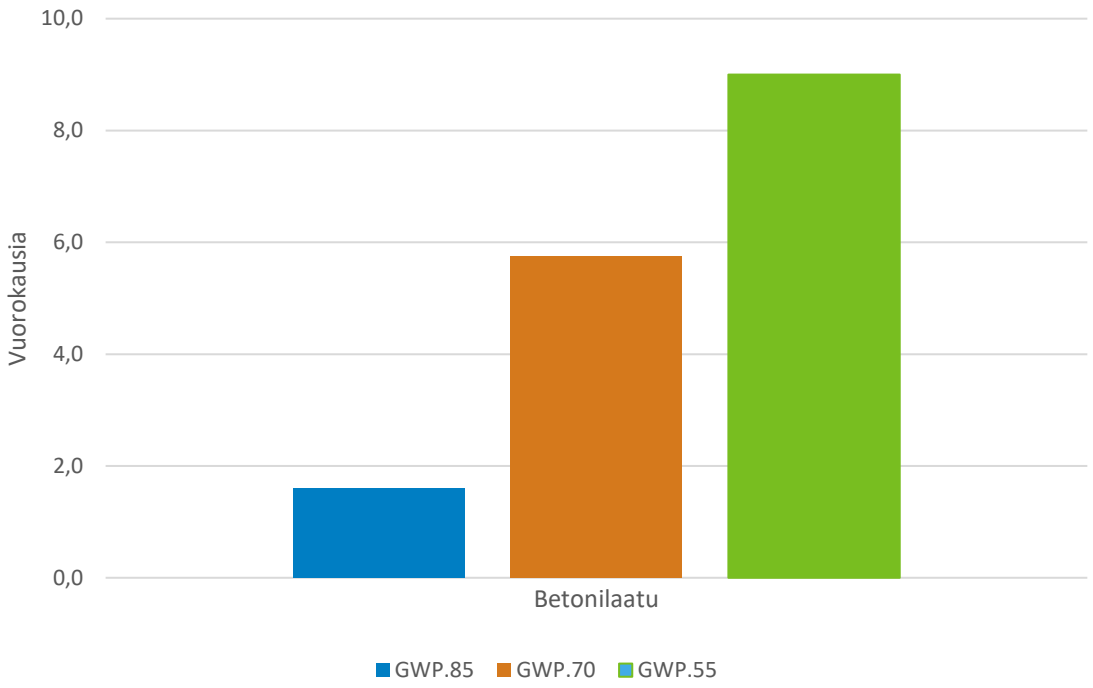


Skenaario 2

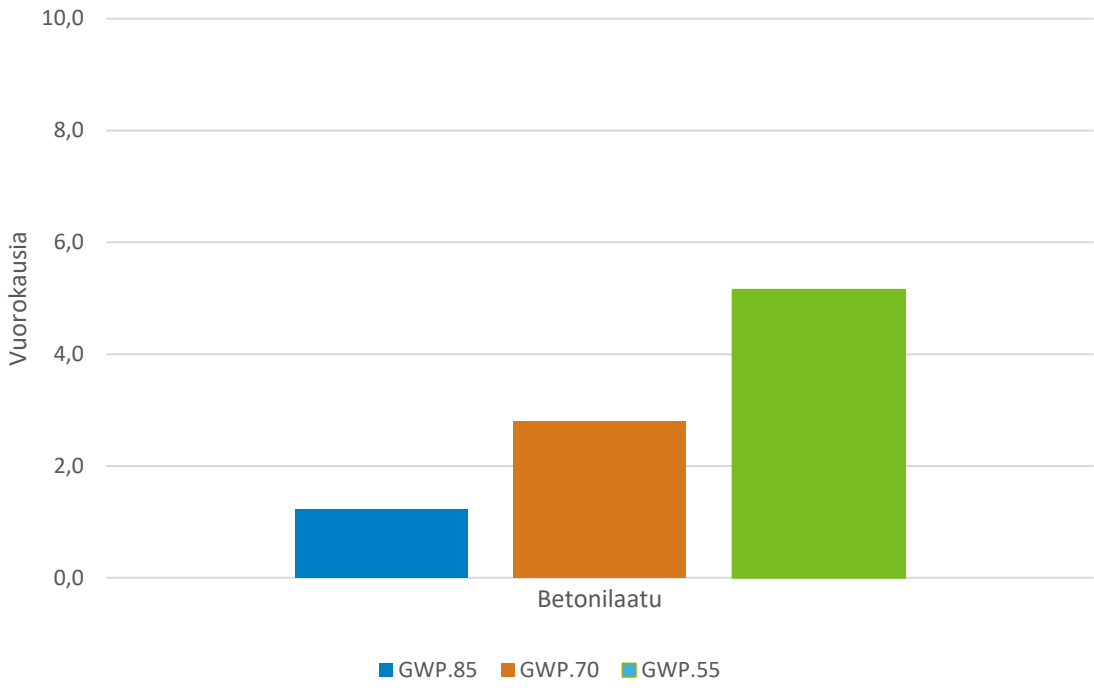


Vertailu betonilaaduittain skenaarioiden välillä

Betonilaatujen suorituskyky skenaario 1



Betonilaatujen suorituskyky skenaario 2



Olosuhteiden hallinta tukee vähähiilisen betonin käyttöä talvella

- Suurimmat ajalliset hyödyt saavutettiin GWP.70- ja GWP.55-betoneilla.
- Skenaario 2 mahdollisti muotinpurkulujuuden saavuttamisen kahdessa olosuhteessa, joissa skenaario 1 jäi DNF-tulokseen.
- Olosuhteiden hallinta pienensi lujuudenkehityksen herkkyyttä ulkolämpötilan laskulle
- Skenaarion 2 hyöty muodostui korkeamman alkulämpötilan, tuulen vaikutusten minimoinnin ja holvin alapuolisen lämmityksen yhteisvaikutuksesta
- Betonilaatujen väliset aikaerot kaventuivat, mutta kylmimpien olosuhteiden haasteet eivät poistuneet.
- Betonivalinta, olosuhteiden hallinta ja muottikierto tulee suunnitella kokonaisuutena.

Tulokset koskevat tarkasteltua holvirakennetta ja mallinnuksen lähtötietoja. Ne eivät ole yleispäteviä muotinpurkuaikoja.



FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY

KIITOS!