

By65 Betoninormiuudistus

TkT Johanna Tikkanen, Suomen Betoniyhdistys ry

Betoninormit uudistuu 2025

Normien tarkoitus on kerätä
useiden betoniin ja
betonirakentamisen standardien ja
muiden julkaisujen (oleellinen)
sisältö yksiin kansiin.



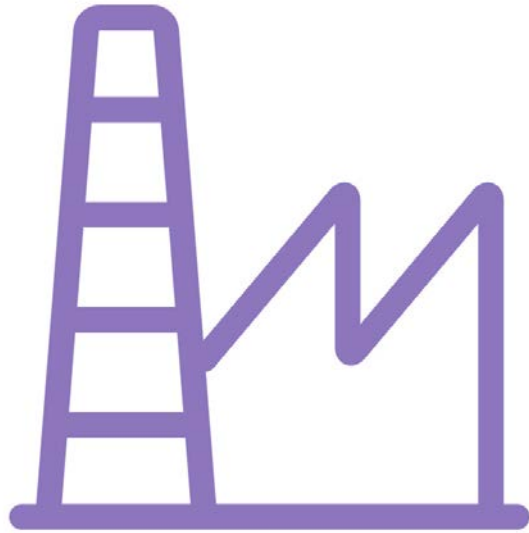


Suomen
Standardit

SFS 7022:2024

Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa

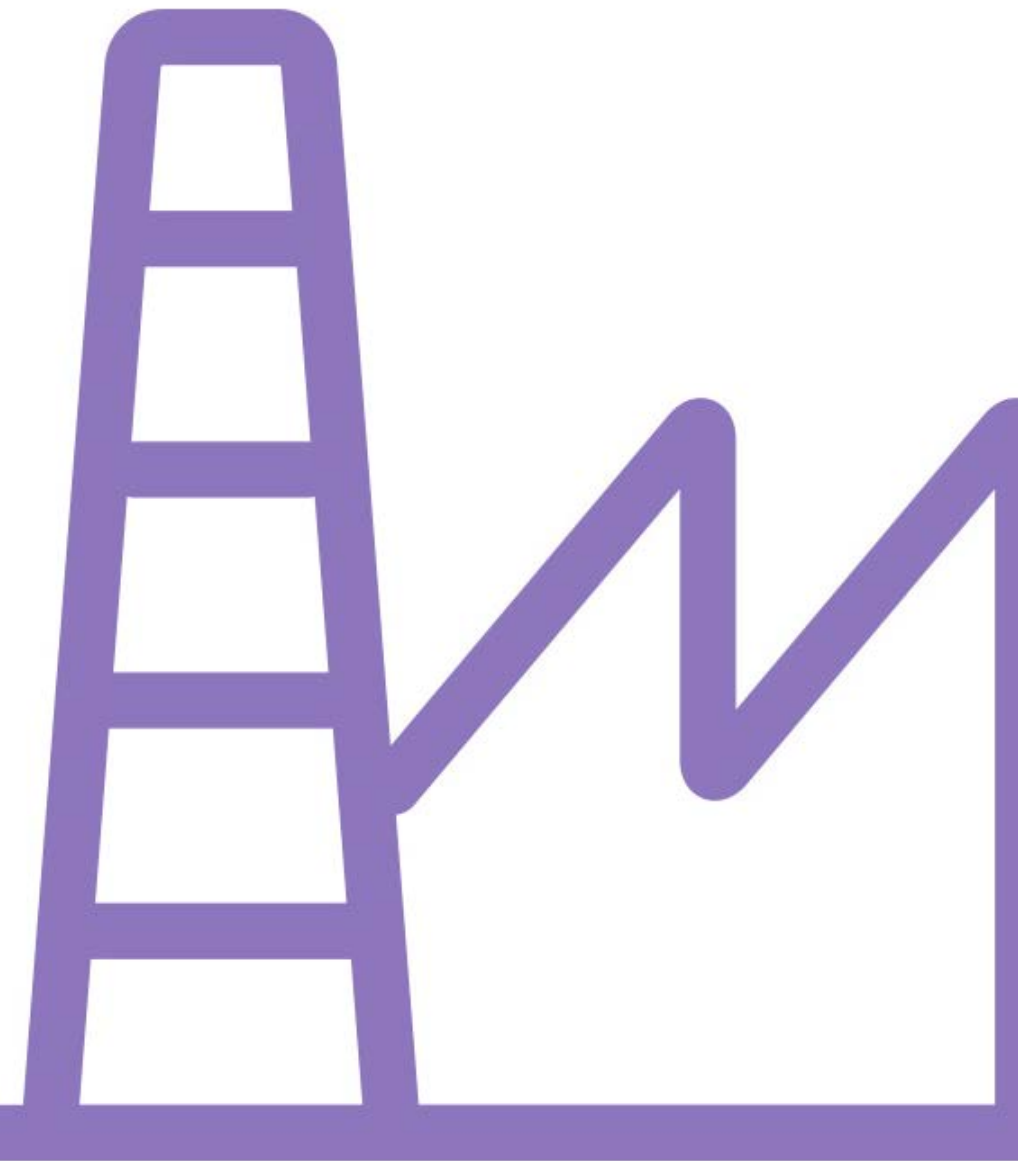
Concrete. Application of
standard SFS-EN 206 in Finland



Keskeisimmät muutokset by65

- Selkeämpi jaottelu työmaan ja tehtaan ohjeisiin.
- Normien luettavuuteen ja standardeja selventävään rooliin on kiinnitetty erityistä huomiota.
- Säilyvyysuunnittelussa uutena asiana on alkali-kiviainesreaktioon varautuminen.
- Muutoksia *Betonin koostumus* sekä *Sallitut sementit* - taulukoissa.
- Betonin pakkasenkestävyyden osoittamisessa ja laadunvalvonnassa muutoksia/tarkennuksia.
- Sideaineyhdistelmien ja betonin vastaavien toiminnallisten ominaisuuksien menetelmien periaatteet





Keskeisimmät muutokset

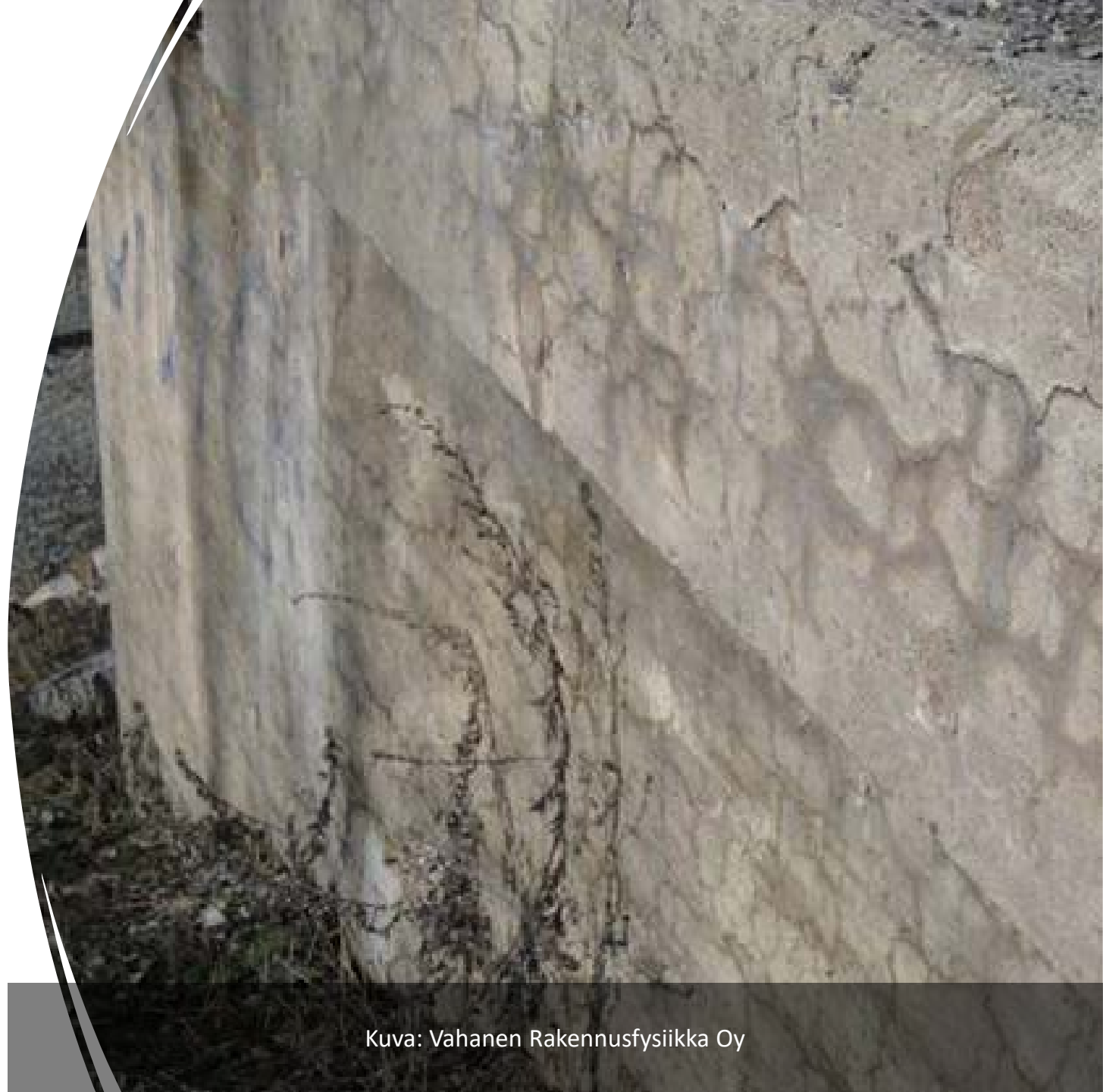
Betonin vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa puristuslujuuden suhteen siirrytään muualla Euroopassa yleiseen EN 206:n käytäntöön, jonka mukaan puristuslujuuden vaatimuksenmukaisuuden arvioinnissa voidaan käyttää joko kuutio- tai lieriölujuutta.

Muuntoa lieriölujuudesta kuutiolujuuteen ei enää tehdä!

Alkali- kiviainesreaktioon varautuminen

- Alkali-kiviainesreaktiossa (AKR) hydratoituneen sementin alkalit aiheuttavat tiettyjen kiviainesten paisumista betonissa.
- Reaktiossa sementtipastan alkalinen huokosvesi ja kiviaineksen sisältämä reaktiivinen piidioksidi reagoivat muodostaen voimakkaasti vettä imevää geeliä.
- Reaktiossa syntyvä geeli laajenee imiessään vettä, aiheuttaen kasvavaa sisäistä painetta, joka lopulta rikkoo kiviaineksen ja lopulta betonin huokosrakenteen
- Julkaisu löytyy BY:n sivuilta

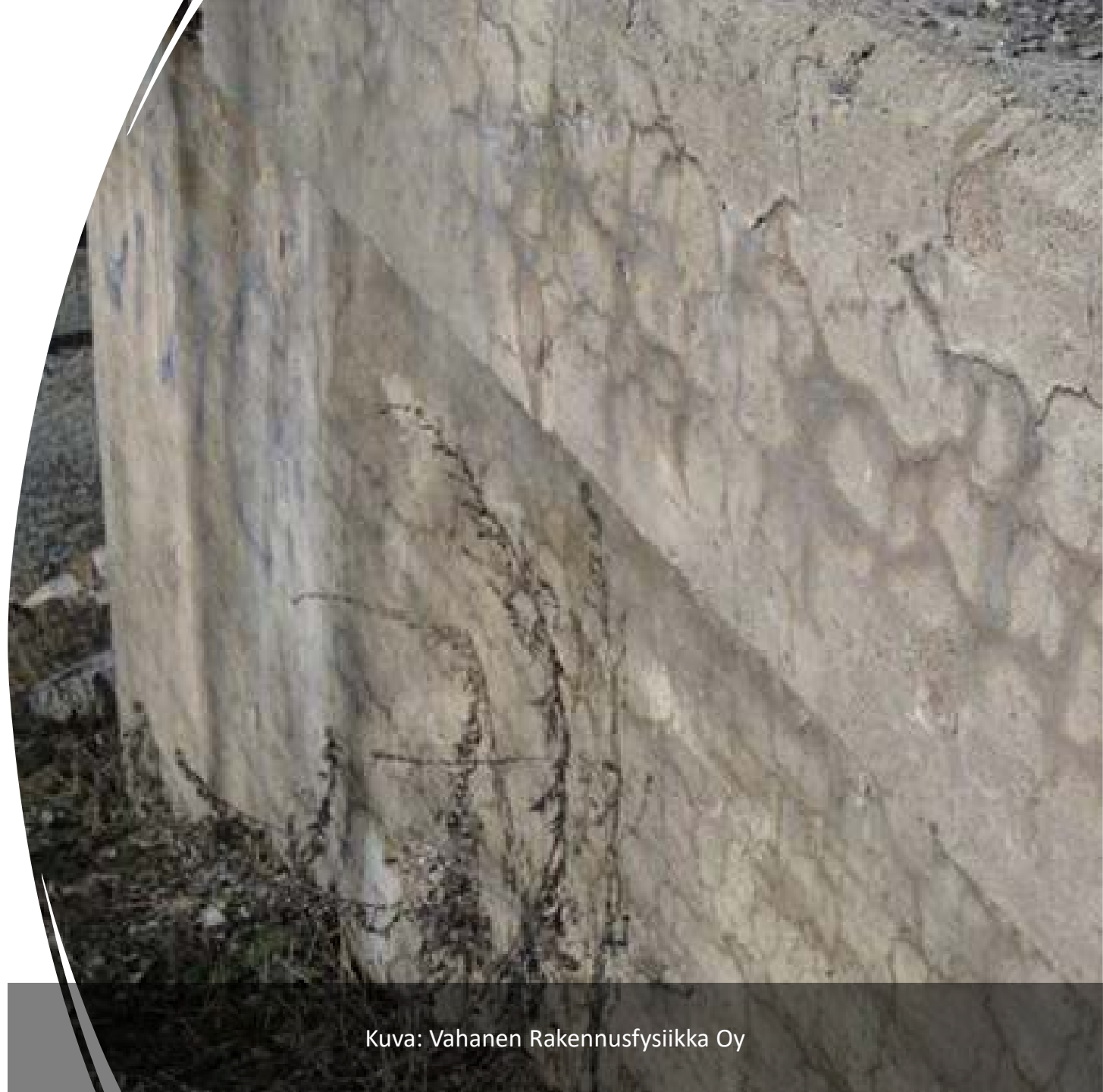
https://issuu.com/betoniyhdistys/docs/akr_pa_ivittyva_ohje_24.6.2021



Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Alkali- kiviainesreaktioon varautuminen

- Kiviaineksen alkali-kiviainesreaktiivisuus tulee luokitella joko
 - petrografisen analyysin (AAR-1.1),
 - kiihdytetyn laastiprismakokeen (AAR-2) tai
 - betoniprismakokeen (AAR-3) perusteella
- Luokittelussa edetään tyypillisesti vaiheittain.
- Testien tuloksen perusteella tutkittava kiviaines luokitellaan johonkin seuraavista luokista:
 - Luokka I – alkali-kiviainesreaktiivisuus on erittäin epätodennäköinen.
 - Luokka II – alkali-kiviainesreaktiivisuus on mahdollinen.
 - Luokka III – alkali-kiviainesreaktiivisuus on todennäköinen.



Taulukko 2.3. Sallitut sementit ja seosaineet eri rasitusluokissa.

	Rasitusluokat																		
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio				Kloridien aiheuttama korrosio						Jäätymis-sulamisrasitus				Aggressiivinen kemiallinen rasitus			
						Kloridit merivedestä			Kloridit muusta kuin merivedestä										
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Sallitut sementti-tyypit	Ei säilyvyyden aiheuttamia rajoituksia Kaikki standardien SFS-EN 197-1 ja SFS-EN 197-5 mukaiset sementit ovat sallittuja.		I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	II ¹¹ IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	II ¹¹ IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	II ¹¹ IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	II ¹¹ IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	II ¹¹ IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL ¹⁴ II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁹ III/A ¹⁵ III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL ¹⁴ II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁹ III/A ¹⁵ III/B	I IIA/-S II/B-S II/A-D II/A-P II/A-Q II/A-V II/A-LL II/A-M ¹⁸ II/B-M ¹⁴ III/A III/B	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾ ⁽³⁾			
Portland-klinkkerin osuus sideaineesta ¹⁶		≥ 5	≥ 5	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 20			
Seosaineen osuus sideaineesta ¹⁷		Seosaineen osuus massa-% sideaineen kokonaismäärästä																	
Silika		≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	⁽³⁾	⁽³⁾
Lentotuhka		≤ 50	≤ 50	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	⁽³⁾	⁽³⁾
Masuuni-kuona		≤ 95	≤ 95	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 50	≤ 80	≤ 50	≤ 80	⁽³⁾	⁽³⁾

¹¹ Käytettäessä sementtiä CEM I suositellaan rasituksen ankaruuden mukaisesti erikseen määriteltäviä säilyvyyttä parantavia lisätoimenpiteitä.

Tällaisia lisätoimenpiteitä ovat esimerkiksi betonin kloridikestävyttä parantavien seosaineiden käyttö ja betonipeitteen paksuuden kasvattaminen.

¹² Sulfaattipitoisessa ympäristössä, mikäli sulfaattirasitus SO₄²⁻ katsotaan rasitusluokkien XA2 tai XA3 mukaiseksi taulukon 3.2 perusteella, käytetään SFS-EN 197-1:n mukaista sulfaatinkestävää sementtiä CEM I-SR0, CEM I-SR3, CEM III/B-SR tai CEM III/C-SR. Näitä sementtilaatuja käytettäessä sideainetta voi seostaa masuunikuonalla. Mikäli betonissa käytettävä sementtilaatu poikkeaa näistä, betonin sideaineen tulee sisältää masuunikuonaa vähintään 70 % sideaineen kokonaismäärästä.¹³ Muissa kuin sulfaattirasitetuissa kohteissa suunnittelija valitsee käytettävän sideaineen vallitsevan kemiallisen rasituksen mukaan.¹⁴ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), P (luonnon pozzolaani) Q (kalsinoitu luonnon pozzolaani), L & L (kalkkivijauhe). Kalkkivijauheen osuus on enintään 20 massa-%.¹⁵ Masuunikuonan osuus saa olla korkeintaan 50 massa-% sideaineen kokonaismäärästä. Tällöin masuunikuonamäärään lasketaan mukaan myös sementin sisältämä masuunikuona.¹⁶ Portlandklinkkerin osuus ilmaistaan massa-%:na.¹⁷ Sementin sisältämä seosaineiden määrä tulee ottaa huomioon betoniin lisättävien seosaineiden osuuksia laskettaessa, jos käytetään muuta sementtiä kuin CEM I.¹⁸ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), P (luonnon pozzolaani) Q (kalsinoitu luonnon pozzolaani), L & L (kalkkivijauhe).¹⁹ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), LL & L (kalkkivijauhe). Kalkkivijauheen osuus enintään 20 massa-%.

Mitä ovat luonnonpozzolaanit?

Pozzolaanit ovat aineita, jotka reagoivat sementin hydrataatiossa syntyvän kalsiumhydroksidin kanssa muodostaen kalsiumsilikaattihydraattigeeliä

Tunnetuimpia pozzolaaneja ovat lentotuhka ja silikajauhe. Nämä ovat "ihmisen tekemiä", ts. muun tuotannon sivuvirtoja.

Luonnonpozzolaanit ovat luontaista alkuperää olevia, kuten tulivuoren tuhka, (kalsinoidut/ muuten käsiteltyt) savet tai sedimenttikivistä peräisin olevia, joilla on sopiva kemiallinen ja mineraloginen koostumus toimiakseen pozzolaanina.





Tekijä: Giovanni Paolo Panini - 1AHJFNF8OkfG9Q at Google Cultural Institute maximum zoom level, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21996534>



Betonin vastaavat toiminnalliset ominaisuudet

Betonin vastaavien toiminnallisten ominaisuuksien menetelmän tavoitteena on mahdollistaa poikkeaminen rasitusluokkakohtaisista betonin ja sideaineen koostumusvaatimuksista (taulukot 2.3 ja 2.8 tai 2.9).

Taulukko 2.8. Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

	Rasitusluokat																			
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio				Kloridien aiheuttama korrosio						Jäätymis-sulamisrasitus ¹⁾				Aggressiivinen kemiallinen rasitus				
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä											
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1 ²⁾	XF2	XF3 ²⁾	XF4	XA1	XA2	XA3	
Tehollinen vesi-sideainesuhde (v/s) enintään		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		
Lujuusluokka vähintään	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50		
Tehollinen sideainemäärä (kg/m³) vähintään		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330		
Ilmamäärä (%) ⁴⁾												4,0 ³⁾	5,0 ³⁾	4,0 ³⁾	5,0 ³⁾					
Seosainekertoimet																				
Silika v/s ≤ 0,45	2,00	2,00				2,00				2,00				2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
v/s ≥ 0,45	1,00	1,00				2,00				2,00				1,00	1,00	1,00	1,00	2,00		
Lentotuhka ⁵⁾	1,00	0,40				0,40				0,40				1,00	0,40	1,00	0,40	0,40		
Masuunikuona	1,00	1,00				1,00				1,00				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		

¹⁾ Lisäksi pakkasenkestävyyden vaatimukset taulukon 5.5 mukaan. HUOM! XF-rasitusluokkien vaatimukset eivät koske ns. pakkasbetonia, paitsi milloin sille on määritetty XF-rasitusluokka.

²⁾ Betonin tehollisen vesi-sideainesuhteen ja ilmamäärän yhdistelmä voidaan määrittää vaihtoehtoisesti F-lukumenettelyllä (liite 3). Tällöin tämän taulukon sarakkeissa XF1 ja XF3 esitettyjen tehollisen vesi-sideainesuhteen tai ilmamäärävaatimusten ei tarvitse täyttyä, mutta betonin F-lukuvaatimuksen tulee täyttyä. 50 vuoden suunnittelukäyttöiällä F-lukuvaatimus rasitusluokassa XF1 on 1,0 ja rasitusluokassa XF3 1,5. F-luvun arvoja tehollisen vesi-sideainesuhteen, ilmamäärän ja kiviaineksen ylänimellisrajan funktiona on esitetty taulukossa L3.4.

³⁾ Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kiviaineksen ylänimellisraja on vähintään 16 mm. Ylänimellisrajan ollessa 12 mm ilmamäärävaatimusta nostetaan 0,5 prosenttiyksikköä ja ylänimellisrajan ollessa 8 mm 1,0 prosenttiyksikköä.

⁴⁾ Yli 7 % tavoiteilmamäärä ei ole suositeltava.

⁵⁾ Lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvona pidetään 0 siltä osin, kun tuhkan ja sementin paino-osuuksien suhde ylittää arvon 0,33 rasitusluokkia X0, XC1, XF1 ja XF3 lukuun ottamatta. Käytettäessä lujuusluokan 32,5 sementtiä lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvo on 0,20 rasitusluokissa XC2, XC3, XC4, XF2, XF4; XS- ja XD- ja XA-luokissa siltä osin, kun tuhkan ja sementin paino-osuuksien suhde alittaa arvon 0,33; tämän ylittävältä osalta aktiivisuuskertoimen arvo on 0.

- Menetelmän keskeinen periaate on osoittaa koebetonin säilyvyysominaisuuksien olevan vähintään yhtä hyvät kuin vastaavan rasitusluokan koostumusvaatimukset täyttävällä referenssibetonilla
- Menetelmää on sallittu käyttää kaikissa muissa rasitusluokissa paitsi XF2, XF4 ja XA1...XA3.
- Testaus tehdään yhdelle valmistajan valitsemalle tehtaalle ja se on voimassa 5 vuotta
 - Alkutestauksen voidaan katsoa kattavan myös saman valmistajan eri tehtailla valmistetun vastaavan niin sanotun sisarusbetonikoostumuksen, mikäli näiden välillä ei todeta syntyvän betonin koostumuksen merkittävää muutosta ja jos standardissa SFS 7022 asetetut erityisehdot ehdot täyttyvät.



Sideaineyhdistelmien
vastaavien toiminnallisten
ominaisuuksien
menetelmän käyttö
Suomessa

Tarkoittaa menetelmää, jolla betoniin lisätyt seosaineet, kuten esim. lentotuhka tai kalkkikivifilleri, voidaan ottaa täysimääräisesti huomioon laskennassa "sementtinä", jonka tuloksia verrataan betonille määritelyihin suurimman sallitun vesi-sementtisuhteen ja vähimmäissementtimäärän vaatimukseen.

Taulukko 2.3. Sallitut sementit ja seosaineet eri rasitusluokissa.

	Rasitusluokat																		
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio				Kloridien aiheuttama korrosio						Jäätymis-sulamisrasitus				Aggressiivinen kemiallinen rasitus			
						Kloridit merivedestä			Kloridit muusta kuin merivedestä										
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Sallitut sementti-tyypit	Ei säilyvyyden aiheuttamia rajoituksia Kaikki standardien SFS-EN 197-1 ja SFS-EN 197-5 mukaiset sementit ovat sallittuja.	I	I	I	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I ⁽¹⁾	I	I	I	I	I	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾ ⁽³⁾	
IIA/-S		IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S	IIA/-S			
II/B-S		II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S	II/B-S			
II/A-D		II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D	II/A-D			
II/A-P		II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P	II/A-P			
II/A-Q		II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q	II/A-Q			
II/A-V		II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V	II/A-V			
II/B-V		II/B-V	II/B-V													II/B-V			
II/A-LL		II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL	II/A-LL ⁽⁴⁾	II/A-LL ⁽⁴⁾	II/A-LL ⁽⁴⁾	II/A-LL		
II/A-M ⁽⁸⁾		II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾	II/A-M ⁽⁸⁾		
II/B-M ⁽⁴⁾		II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁹⁾	II/B-M ⁽⁴⁾	II/B-M ⁽⁹⁾	II/B-M ⁽⁴⁾		
III/A		III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A	III/A ⁽⁵⁾	III/A	III/A ⁽⁵⁾	III/A		
III/B		III/B	III/B											III/B	III/B		III/B		
Portland-klinkkerin osuus sideaineesta ⁽⁶⁾		≥ 5	≥ 5	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 20		
Seosaineen osuus sideaineesta ⁽⁷⁾	Seosaineen osuus massa-% sideaineen kokonaismäärästä																		
Silika	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	⁽³⁾	⁽³⁾	
Lentotuhka	≤ 50	≤ 50	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	⁽³⁾	⁽³⁾	
Masuuni-kuona	≤ 95	≤ 95	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 80	≤ 50	≤ 80	≤ 50	≤ 80	⁽³⁾	⁽³⁾	

¹¹ Käytettäessä sementtiä CEM I suositellaan rasituksen ankaruuden mukaisesti erikseen määriteltäviä säilyvyyttä parantavia lisätoimenpiteitä.

Tällaisia lisätoimenpiteitä ovat esimerkiksi betonin kloridikestävyttä parantavien seosaineiden käyttö ja betonipeitteen paksuuden kasvattaminen.

¹² Sulfaattipitoisessa ympäristössä, mikäli sulfaattirasitus SO₄²⁻ katsotaan rasitusluokkien XA2 tai XA3 mukaiseksi taulukon 3.2 perusteella, käytetään SFS-EN 197-1:n mukaista sulfaatinkestävää sementtiä CEM I-SR0, CEM I-SR3, CEM III/B-SR tai CEM III/C-SR. Näitä sementtilaatuja käytettäessä sideainetta voi seostaa masuunikuonalla. Mikäli betonissa käytettävä sementtilaatu poikkeaa näistä, betonin sideaineen tulee sisältää masuunikuonaa vähintään 70 % sideaineen kokonaismäärästä.¹³ Muissa kuin sulfaattirasitetuissa kohteissa suunnittelija valitsee käytettävän sideaineen vallitsevan kemiallisen rasituksen mukaan.¹⁴ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), P (luonnon pozzolaani), Q (kalsinoitu luonnon pozzolaani), LL & L (kalkkikivijauhe). Kalkkikivijauheen osuus on enintään 20 massa-%.¹⁵ Masuunikuonan osuus saa olla korkeintaan 50 massa-% sideaineen kokonaismäärästä. Tällöin masuunikuonamäärään lasketaan mukaan myös sementin sisältämä masuunikuona.¹⁶ Portlandklinkkerin osuus ilmaistaan massa-%:na.¹⁷ Sementin sisältämä seosaineiden määrä tulee ottaa huomioon betoniin lisättävien seosaineiden osuuksia laskettaessa, jos käytetään muuta sementtiä kuin CEM I.¹⁸ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), P (luonnon pozzolaani), Q (kalsinoitu luonnon pozzolaani), LL & L (kalkkikivijauhe).¹⁹ Sallitaan seosainetyypit S (masuunikuona), D (silika), V (silikaattipitoinen lentotuhka), LL & L (kalkkikivijauhe). Kalkkikivijauheen osuus enintään 20 massa-%.

Taulukko 2.8. Betonin koostumuksen ja ominaisuuksien raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

	Rasitusluokat																	
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korrosio				Kloridien aiheuttama korrosio						Jäätymis-sulamisrasitus ¹				Aggressiivinen kemiallinen rasitus		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1 ²	XF2	XF3 ²	XF4	XA1	XA2	XA3
Tehollinen vesi-sideainesuhde (v/s) enintään		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
Lujuusluokka vähintään	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50
Tehollinen sideainemäärä (kg/m³) vähintään		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
Ilmamäärä (%) ⁴												4,0 ³	5,0 ³	4,0 ³	5,0 ³			
Seosainekertoimet																		
Silika v/s ≤ 0,45	2,00			2,00			2,00			2,00		2,00	2,00	2,00	2,00		2,00	
v/s ≥ 0,45	1,00			1,00			2,00			2,00		1,00	1,00	1,00	1,00		2,00	
Lentotuhka ⁵	1,00			0,40			0,40			0,40		1,00	0,40	1,00	0,40		0,40	
Masuunikuona	1,00			1,00			1,00			1,00		1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	

¹⁾ Lisäksi pakkasenkestävyyden vaatimukset taulukon 5.5 mukaan. HUOM! XF-rasitusluokkien vaatimukset eivät koske ns. pakkasbetonia, paitsi milloin sille on määritetty XF-rasitusluokka.

²⁾ Betonin tehollisen vesi-sideainesuhteen ja ilmamäärän yhdistelmä voidaan määrittää vaihtoehtoisesti F-lukumenettelyllä (liite 3). Tällöin tämän taulukon sarakkeissa XF1 ja XF3 esitettyjen tehollisen vesi-sideainesuhteen ei tarvitse täyttyä, mutta betonin F-lukuvaatimuksen tulee täyttyä. 50 vuoden suunnittelukäyttöiällä F-lukuvaatimus rasitusluokassa XF1 on 1,0 ja rasitusluokassa XF3 1,5. F-luvun arvoja tehollisen vesi-sideainesuhteen, ilmamäärän ja kiviaineksen ylänimellisrajan funktiona on esitetty taulukossa L3.4.

³⁾ Ilmamäärävaatimus koskee betonia, jossa kiviaineksen ylänimellisraja on vähintään 16 mm. Ylänimellisrajan ollessa 12 mm ilmamäärävaatimusta nostetaan 0,5 prosenttiyksikköä ja ylänimellisrajan ollessa 8 mm 1,0 prosenttiyksikköä.

⁴⁾ Yli 7 % tavoiteilmamäärä ei ole suositeltava.

⁵⁾ Lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvona pidetään 0 siltä osin, kun tuhkan ja sementin paino-osuuksien suhde ylittää arvon 0,33 rasitusluokkia X0, XC1, XF1 ja XF3 lukuun ottamatta. Käytettäessä lujuusluokan 32,5 sementtiä lentotuhkan aktiivisuuskertoimen arvo on 0,20 rasitusluokissa XC2, XC3, XC4, XF2, XF4; XS- ja XD- ja XA-luokissa siltä osin, kun tuhkan ja sementin paino-osuuksien suhde alittaa arvon 0,33; tämän ylittävältä osalta aktiivisuuskertoimen arvo on 0.

Sementtien viisi päälajia niiden koostumuksen perusteella:

CEM I Portlandsementti

CEM II Portlandseossementti

CEM III Masuunikuonasementti

CEM IV Pozzolaanisementti

CEM V Seossementti



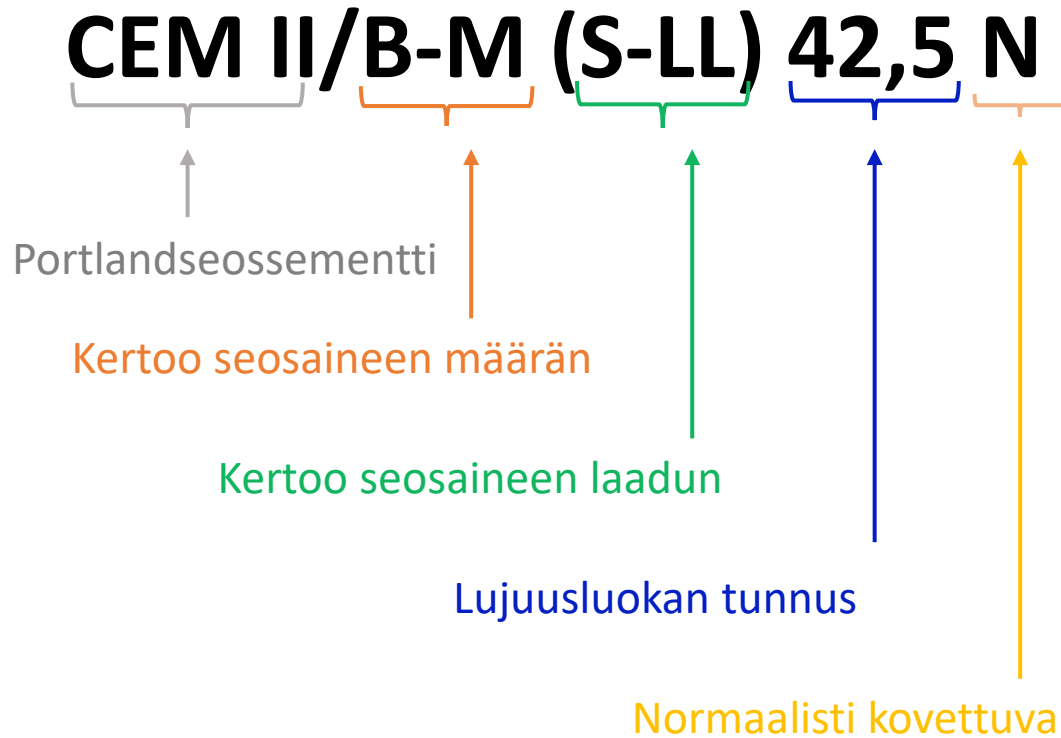
Sementtien seosaineet

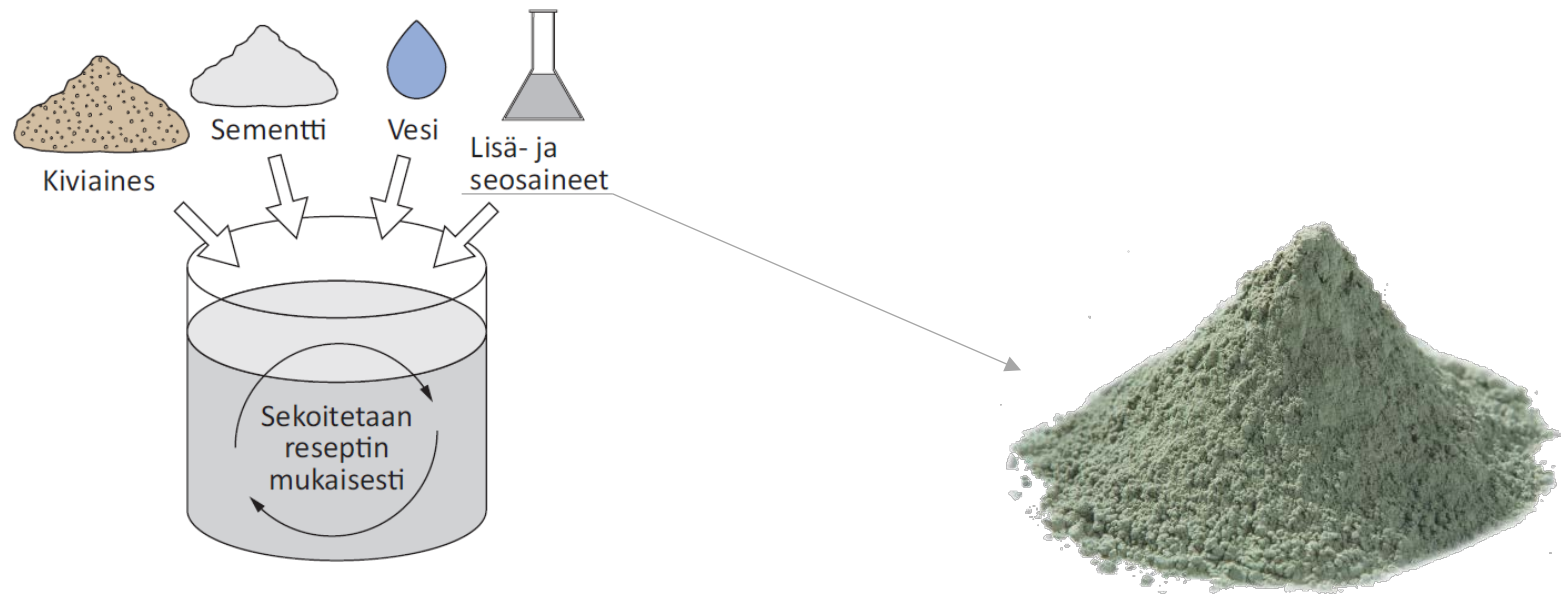
- S masuunikuona
- L kalkkikivi (orgaaninen hiili $\leq 0,50\%$)
- LL kalkkikivi (orgaaninen hiili $\leq 0,20\%$)
- D silika
- P, Q pozzolaanit
- V, W lentotuhka
- T poltettu liuske

Pääsääntöisesti

- | | |
|-------------------------|-----------|
| • CEM I sivuosa-aineita | 0...5 % |
| • CEM II/A seosaineita | 6...20 % |
| • CEM II/B seosaineita | 21...35 % |

Esimerkki, Oiva-sementti





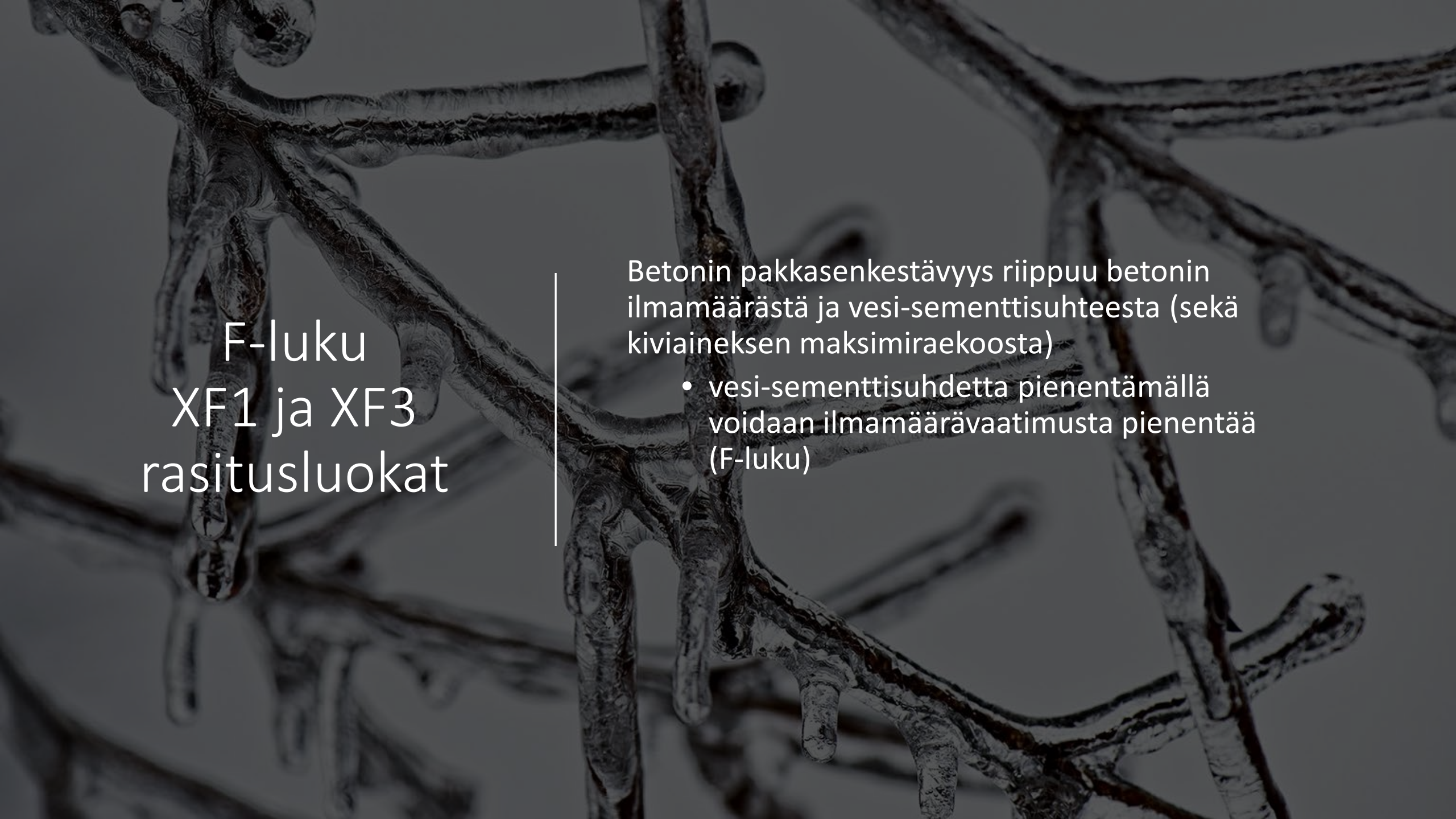
Sementti + seosaine
=
sementti



Hyvä muistaa pakkasenkestävyydestä



F-luku



F-luku XF1 ja XF3 rasitusluokat

Betonin pakkasenkestävyys riippuu betonin ilmamäärästä ja vesi-sementtisuhteesta (sekä kiviaineksen maksimiraekoosta)

- vesi-sementtisuhdetta pienentämällä voidaan ilmamäärävaatimusta pienentää (F-luku)

F-luku

Mahdollistaa luokissa XF1 ja XF3 poikkeamisen edellisten taulukoiden ilmamäärä- tai w/c –vaatimuksista!

- Vesi-sementtisuhteen, ilmamäärän ja raekoon funktiona

	F-luvun vähimmäisarvo	
	XF1	XF3
50 v	1,0	1,5
100 v	2,0	3,0

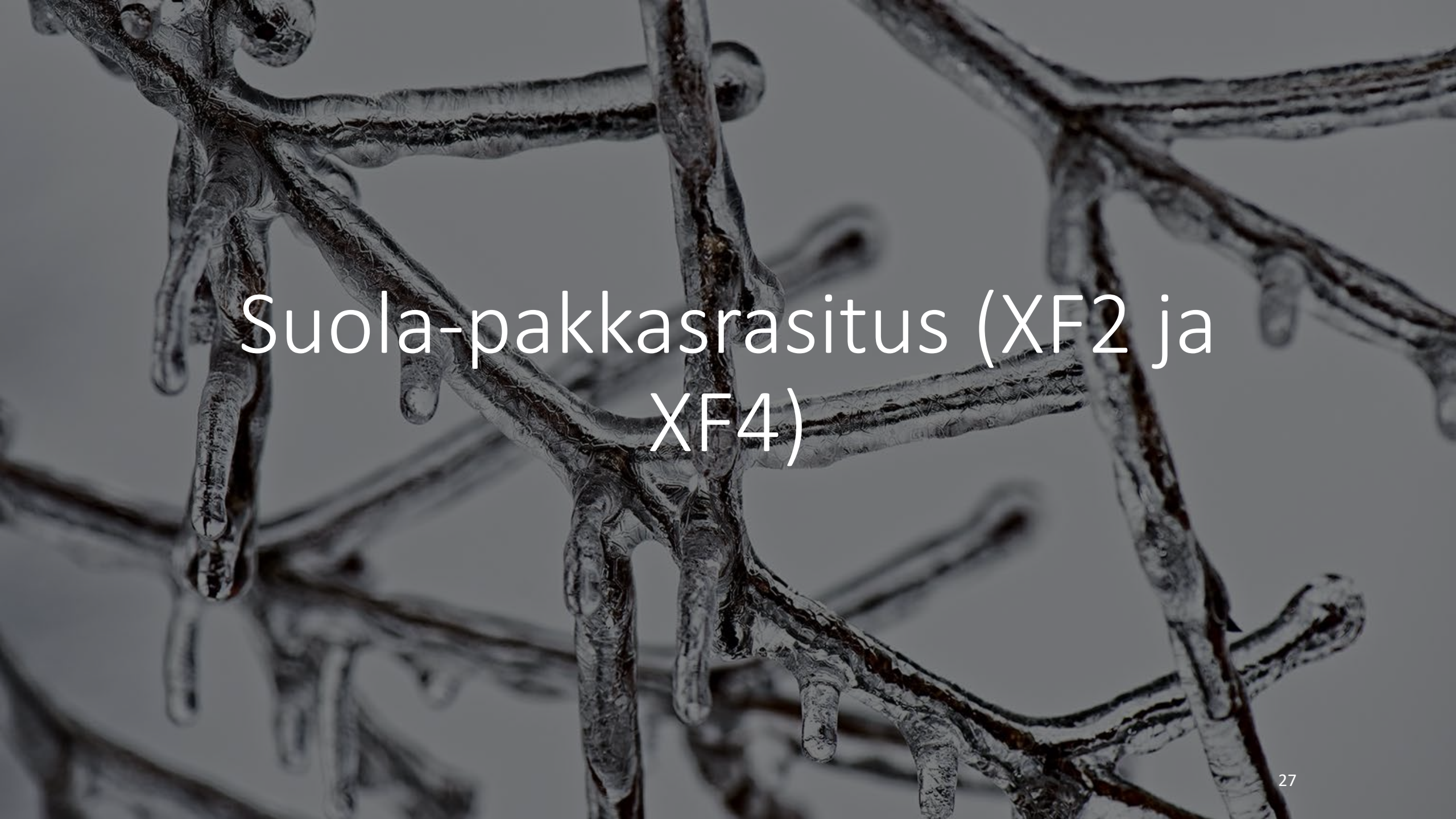
Ilmamäärä, %			F-LUKU							
Runkoaineen ylänimellis- raja, mm			Tehollinen vesi-sementtisuhte							
8	12	≥16	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
3,0	2,5	2,0	2,04	1,30						
3,5	3,0	2,5	4,00	1,98	1,33	1,02				
4,0	3,5	3,0	4,00	3,06	1,78	1,28	1,01			
4,5	4,0	3,5	4,00	4,00	2,37	1,57	1,19			
5,0	4,5	4,0	4,00	4,00	3,23	1,93	1,39	1,10		
5,5	5,0	4,5	4,00	4,00	4,00	2,37	1,62	1,25	1,02	
6,0	5,5	5,0	4,00	4,00	4,00	2,93	1,88	1,40	1,13	
6,5	6,0	5,5	4,00	4,00	4,00	3,70	2,19	1,57	1,24	1,03
7,0	6,5	6,0	4,00	4,00	4,00	4,00	2,55	1,76	1,36	1,12
7,5	7,0	6,5	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	1,97	1,49	1,20
8,0	7,5	7,0	4,00	4,00	4,00	4,00	3,56	2,21	1,63	1,30

Vaihtoehtoisesti F -luku voidaan myös laskea kaavalla

$$F = \frac{1}{\max \left\{ 0,25 ; 7,2 \frac{(v/s)^{0,45}}{(a-1)^{0,14}} - 4,0 \right\}} \quad (\text{L3.2})$$

missä v/s on tehollinen vesi-sementtisuhde (tehollinen vesimäärä / kokonaissementtimäärä)

a on mitattu ilmamäärä [%] tapauksessa, jossa betonin kiviaineksen ylänimellisraja on 16 mm. Ylänimellisrajan ollessa 12 mm mitatusta ilmamäärästä vähennetään 0,5 prosenttiyksikköä ja ylänimellisrajan ollessa 8 mm 1,0 prosenttiyksikköä.



Suola-pakkasrasitus (XF2 ja XF4)

TALO:

Sillat ja infrarakenteet, P-lukubetonit:

XF2 ja XF4
rasitusluokat
vain taulukkoarvot
sallittu

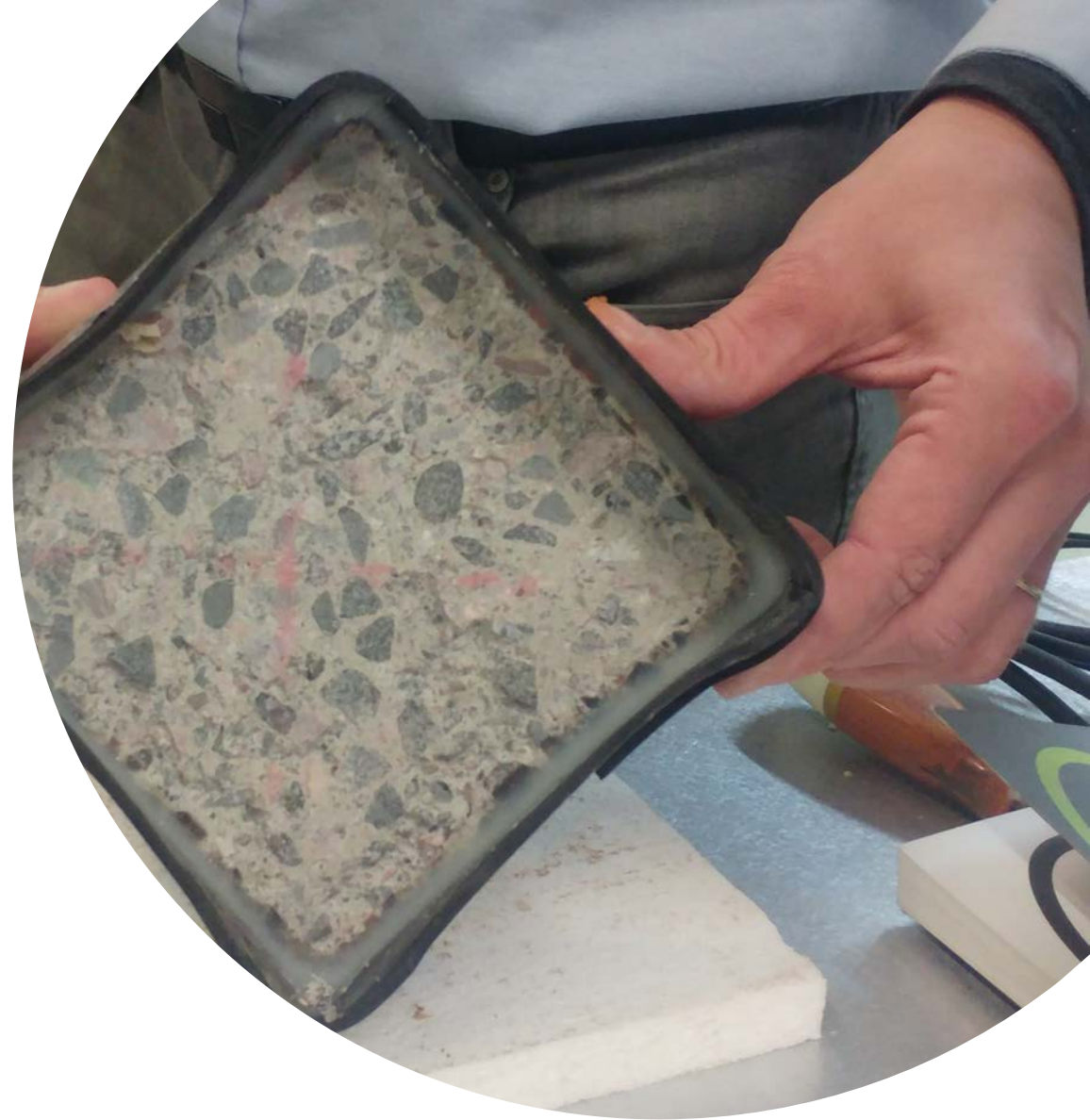


Pakkasenkestävyydestä ja testauksesta muistettavaa

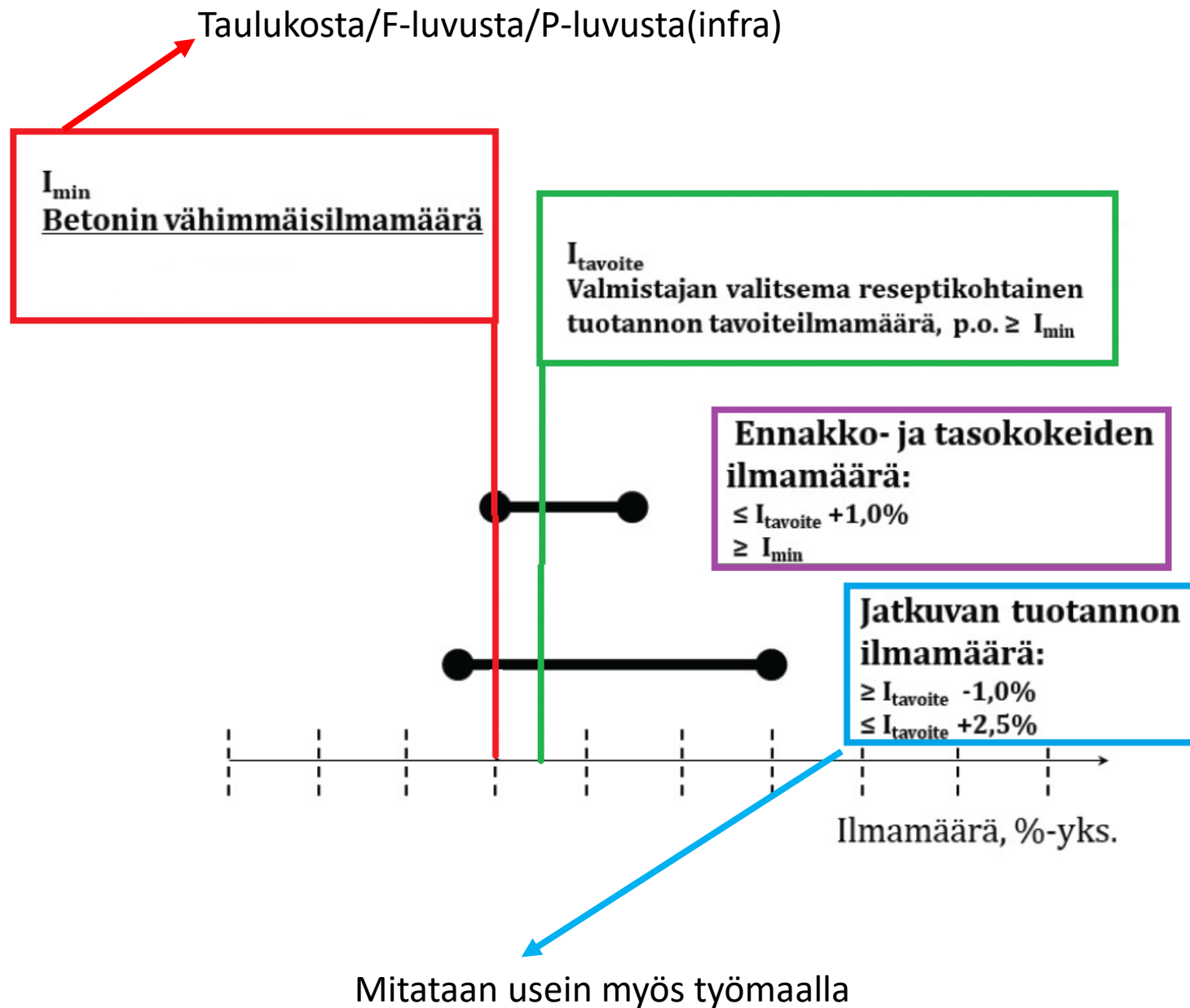
OHUTHIE / PINTAHIE

- by 72 Betonin laadunvarmistus, Osa 1 Betonin ilmahuokosparametrien määrittäminen ohuthieistä (entinen VTT TEST R003-00-2010) / SFS-EN 480-11
- Molemmilla testeillä samat raja-arvot
- **Huokosjakokoe osoittaa vaatimustenmukaisuuden muttei vaatimustenvastaisuutta**
- Ei saa käyttää betonin ilmamäärän määrittämiseen
- Osa kokeista suositellaan tehtävän suorilla pakkaskokeilla
- XF2 ja XF4 (+ P-lukubetonit) vain laattakoe sallittu

PAKKASENKESTÄVYYSKOKEET JA RAJA-ARVOT VAIN BETONIN VALMISTAJALLE VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMISEEN



Pakkasenkestävyys, Laadunvalvonta



Lisäohjeistusta ilmamääristä:

Taulukko 5.6. Tuoreen betonin ilmamäärämittausten määrä kaikissa XF-rasitusluokissa, kun suunnittelukäyttöikä on korkeintaan 100 vuotta.

Arvostelueräkohtaiset mittaukset päivittäin	Ensimmäinen mittaus päivän 1. kuormasta tai annoksesta
Vähimmäismittaustaajuus (ei arvostelueräkohtainen)	Ilmamäärän mittaus vähintään 3 tunnin välein.
Näytteenotto valmisbetonituotannossa	Valmistuspaikalla edellyttäen, että tunnetaan kuljetuksen ja mahdollisen pumppauksen vaikutus betonimassan ilmamäärään. Muussa tapauksessa valupaikalla.

Tasokokeiden testaustaajuus

Kaikissa XF –rasitusluokissa, kun suunniteltu käyttöikä on korkeintaan 100 v:

Arvostelueräkohtainen vähimmäistestaustaajuus

Kukin arvosteluerä testataan vähintään 1 kerta / 12 kuukauden aikajakso.

Tasokokeiden vähimmäistaajuus (ei arvostelueräkohtainen)

Edellinen tasokoe saa olla korkeintaan 4 kk vanha, kun aika lasketaan koebetoninäytteen valmistuspäivästä.

Lisäohjeistusta ilmamääristä:

- Kovettuneen betonin ilmamäärää ei tule käyttää tuoreen betonin ilmamäärän vaatimuksenmukaisuuden arviointiin.
- Vähimmäisilmamäärävaatimusta ($I_{\min}$) ei tarvitse noudattaa, mikäli betonointimenetelmä edellyttää betonimassalta sellaisia ominaisuuksia tai käytetään sen tyyppistä pakkasenkestävyyttä parantavaa lisäainetta ("mikrohuokostin"), että ilmamäärää ei standardin SFS-EN 12350-7 mukaisesti pystytä määrittämään. Tällöin pakkasenkestävyys todetaan Liitteen A taulukon A.1–FI sarakkeen 2 tai 3 mukaisella pakkaskokeella. Mikäli testikoekappaleen valmistuksessa ei ole mahdollista käyttää vastaavaa betonin tiivistysmenetelmää kuin rakenneosaa tai betonielementtiä valettaessa, testikoekappaleet irrotetaan kovettuneesta rakenneosasta tai betonielementistä ja näytteet otetaan jokaisesta arvosteluerästä, jotka on valmistettu yhdenmukaisina pidettävissä olosuhteissa.



Kiitos!