

Kimmovasaraohje

Juha Komonen
Sweco Finland Oy

Betoniteknologiaseminaari 26.11.2025
Clarion Hotel Aviapolis, Vantaa

Suomen Betoniyhdistys ry

■ Betonin laadunvarmistaminen toimikunta

- Betonin puristuslujuus
rakenteessa työryhmä

Kimmovasaraohjeen laatijat aakkosjärjestyksessä

Noora Anttalainen
Vesa Anttila
Juha Komonen
Ari Mantila
Ville Ruotsalainen
Jouni Punkki
Mika Tulimaa

Eurofins Contesta Oy
Betset Oy
Sweco Finland Oy
Betoniteollisuus ry
Ramboll Finland Oy
Aalto-yliopisto
Rudus Oy



Kimmo-vasaratestausta koskevia standardeja on 3 kpl.
By:n uusi ohje kokoaa standardien vaatimukset
käytännönläheisiksi ohjeiksi testaajille.

SFS

SFS

SFS Suomen
Standardit

SFS-EN 13791:2019:en

Assessment of in-situ compressive
strength in structures and
precast concrete components

SFS-EN 12504-2:2021:en

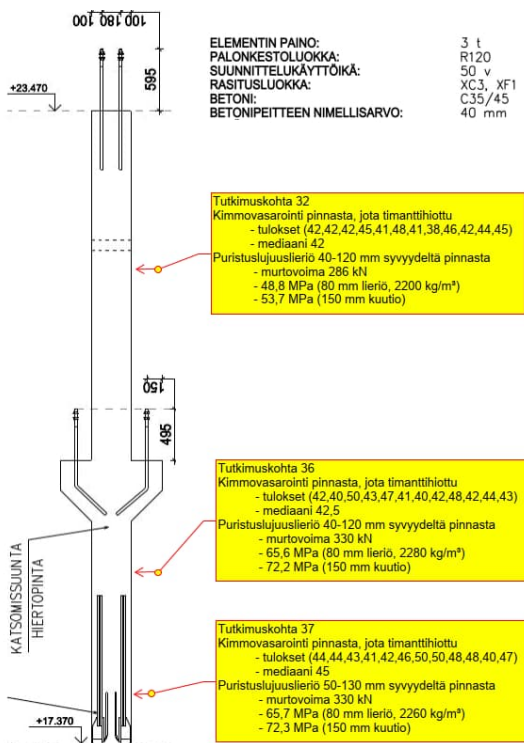
Testing concrete in structures.
Part 2: Non-destructive testing.
Determination of rebound number

SFS 7508:2024

**Betonin puristuslujuuden arviointi
rakenteista ja rakenneosista. Standardin
SFS-EN 13791 käyttö Suomessa**

Assessment of in-situ compressive strength in
structures and precast concrete components.
Application of standard SFS-EN 13791 in Finland

Ohjeen taustaa – tarvittiin kimmoarvon ja puristuslujuuden välisen riippuvuuden kansallinen määrittäminen, koska...



A. Liikenneviraston julkaisu 21/2016 Kimmovasaran käyttäjän ohje oli korvautunut edellä mainituilla standardeilla, eikä ohjetta voitu käyttää.



B. Standardin **SFS 7508 vuoden 2021 version** julkaisun jälkeen kuitenkin havaittiin, että uusittu standardi ja siinä esitetty kimmoarvojen ja puristuslujuuden välinen yleinen **eurooppalainen** riippuvuus antoi jopa 1–1,5 lujuusluokkaa liian alhaisia lujuusarvioita verrattuna porakoekappaletuloksiin.

Esimerkkinä vasemmalla olevan kaksikerroksisen C35/45 elementtipilarin puristuslujuusselvitys, jossa saman kohdan kimmovasaramittauksista arvioitu lujuus ja poralieriölujuus erosivat merkittävästi.

- **SFS 7508 vuoden 2021 version ja yleisen eurooppalaisen riippuvuuden mukainen kimmovasaramittausten puristuslujuusluokka oli C30/37.**
- Pilarin poralieriöiden muunnetut puristuslujuudet (150 mm kuutio) olivat 53,7 MPa, 72,2 MPa ja 72,3 MPa eli menetelmien tuloksissa ristiriita.

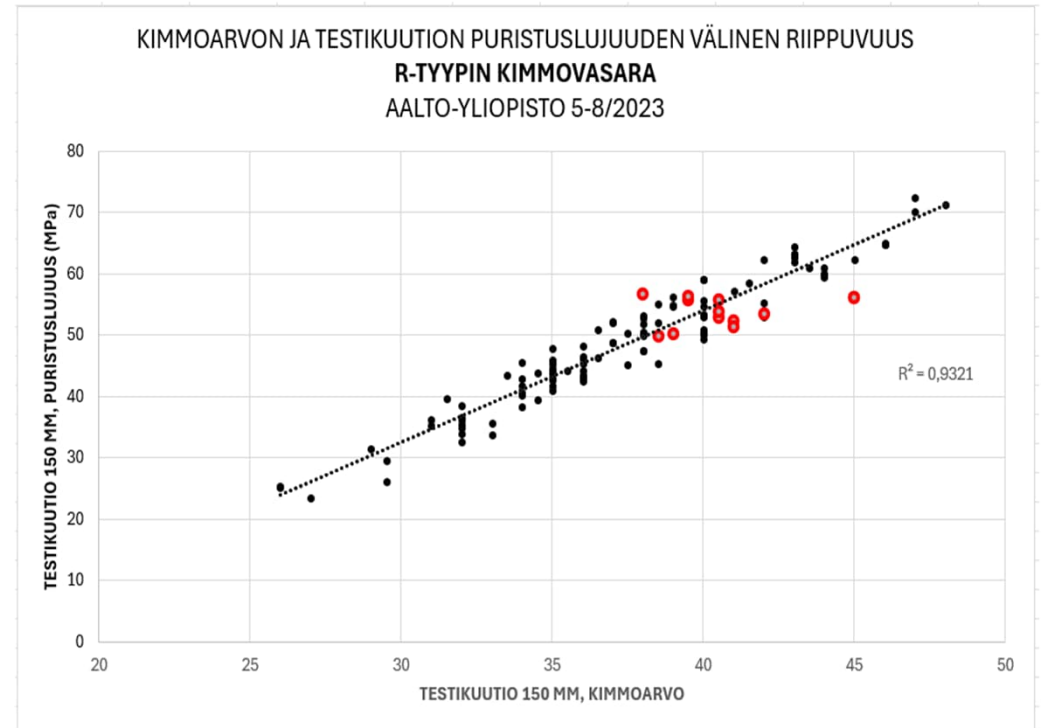
Kimmoarvon ja puristuslujuuden välisen kansallinen riippuvuuden määrittäminen Aalto-yliopistossa

Suomessa määritettiin kansallinen riippuvuus kimmoarvon ja puristuslujuuden välille Aalto-yliopistossa 2023. Lisäksi tehtiin kimmovasaratestauksen tasokoe. Näiden perusteella määritettiin uudet, suomalaiset riippuvuussuhteet R- ja Q-tyypin kimmovasaroiden kimmoarvon ja puristuslujuuden välille (menettely kuvataan seuraavassa Betoni-lehdessä). Uudet riippuvuussuhteet on esitetty SFS 7508:2024:n liitteessä B.

Kuvassa on R-tyypin kimmovasaralla määritetyn testikuution kimmoarvon ja testikuution puristuslujuuden välinen riippuvuus.

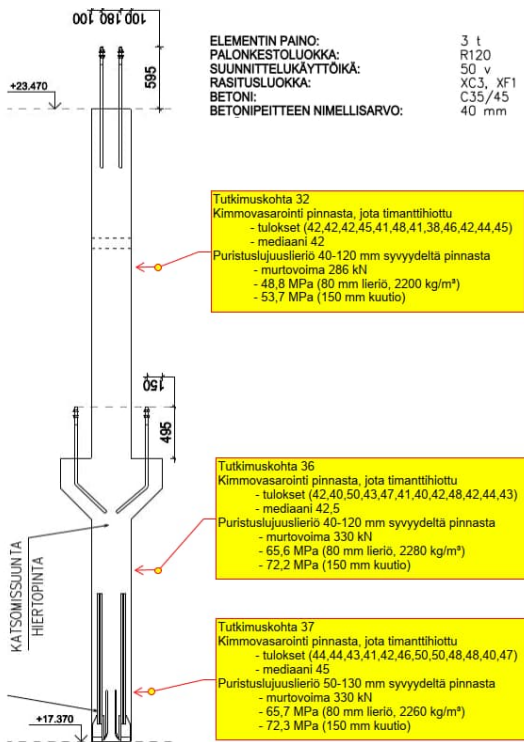
Huom. kuvassa esitetty 150 mm kuutioiden kimmoarvojen mediaanin ja kuution puristuslujuuden keskimääräinen riippuvuus on ilman varmuusmarginaaleja ja sitä ei voi käyttää sellaisenaan puristuslujuuden arviointiin.

Kuvan punaiset arvot ovat esitelmän pitäjän lisäämiä ja ovat tämän esitelmän CASE-esimerkin tuloksia. Kuva osoittaa Aalto-yliopiston testitulosten ja todellisen betonirakenteen kenttätestitulosten yhteneväisyyden.



Uusi kimmovasaraohje ja alun elementtipilari-esimerkki...

Standardissa **SFS 7508 (2024 voimassa oleva)** esitetty kimmoarvojen mediaanien ja puristuslujuuden välinen yleinen **kansallinen** riippuvuus (taulukko alla) osoittaa, että C35/45 betonista valetun esimerkkipilarin puristuslujuusluokka on C40/50 eli lujuus on vaatimuksenmukainen.



Taulukko 3. Kimmovasaran painon iskurista kimpoamaan etäisyyteen (kimmovasara tyyppi R) perustuvat kimmoarvot, joissa on otettu huomioon mahdollinen testauksen suuntakorjaus, ja niihin liittyvät SFS-EN 206 mukaiset normaalipainoisen betonin puristuslujuusluokat.

Testauskerän kaikkien testauskohtien alin kimmoarvojen mediaani	Testauskerän testauskohtien kimmoarvojen mediaanien mediaani	SFS-EN 206 puristuslujuusluokka ^a
≥ 22	≥ 25	C12/15
≥ 24	≥ 27	C16/20
≥ 26	≥ 29	C20/25
≥ 28	≥ 31	C25/30
≥ 31	≥ 35	C30/37
≥ 35	≥ 38	C35/45
≥ 37	≥ 40	C40/50
≥ 39	≥ 43	C45/55
≥ 42	≥ 45	C50/60
≥ 45	≥ 48	C55/67

^a 90 % luottamustasolla.

- Taulukossa on otettu huomioon rakenteessa olevan betonin ja valetun koekappaleen välinen lujuuden muuntokerroin = 0,85.

Betoniyhdistyksen ohje *by 72* Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen



- Ohjeen tarkoitus on varmistaa kimmovasaran oikea **tarkastus** ja **käyttö** betonirakenteiden **betonin puristuslujuusluokan** ja puristuslujuuden arvioinnissa. Näin varmistetaan, että tulokset ovat luotettavia.
- Betonirakenteen betonin puristuslujuusluokan vaatimuksenmukaisuus.
- Betonirakenteen betonin puristuslujuusluokan vaatimuksenmukaisuuden arviointi kimmovasaran avulla edellyttää testaajalta **kimmovasaratestimenetelmän akkreditointia**.
- **HUOM!** Betonirakenteen betonin puristuslujuusluokan vaatimuksenvastaisuutta ei voida osoittaa kimmovasaran avulla.
- Ohjeen liitteessä A on esitetty menettely betonin alkulujuudenkehityksen (10-40 MPa) seurantaan työmaalla.

Betoniyhdistyksen ohje *by 72* Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen

Käyttötarkoitus, esimerkkejä	Kuvaus
1. Uudessa rakenteessa olevan betonin puristus-lujuusluokan varmistaminen	a. Paikannetaan mahdolliset lujuusvaihtelut rakenteessa kimmovasaran avulla ja valitaan niiden perusteella porakappaleiden ottopaikat.
	b. Seulontatestaus: Arvioidaan betonin lujuusluokka suoraan kimmovasaran tulosten perusteella käyttämällä SFS 7508:n liitteen B taulukkoja.
	HUOM! • Testaajalla ja näytteenottajalla tulee olla tehtävän mukainen akkreditointi. • Testattavan betonirakenteen kypsyyden tulee olla vähintään laadunarvosteluikää vastaava. • Lujuudenarvioinnissa ei saa käyttää valmistajan riippuvuuskäyriä tai kimmovasaran automaattisesti antamaa lujuusarviota.
2. Vanhan rakenteen betonin lujuuden selvittäminen	Rakenteesta mitataan testauskohdista kimmovasaran kimmoarvoja sekä otetaan porakappaleita, näiden avulla määritetään tapauskohtainen riippuvuus kimmoarvon ja betonin lujuuden välille (SFS-EN 13791 kappale 8).
3. Varhaislujuuden epävirallinen seuranta työmaalla	Työmaalla kimmovasaraa voidaan käyttää arvioitaessa betonin varhaislujuutta, esimerkiksi muottien purun tai jälkijännityksen ajankohtaa päätettäessä. Tämä ei ole standardoitu laadunvarmistuskeino, vaan kokemukseen perustuva arvio työmaan omaan tarpeeseen. Tulokset olisi hyvä varmistaa esimerkiksi betonin lämpötilamittauksiin perustuvalla kypsyyslaskennalla, jotta vältettäisiin työturvallisuusriskejä.
	HUOM! Tätä menetelmää ei saa käyttää betonin vaatimuksenmukaisuuden arviointiin.

Betoniyhdistyksen ohje *by 72* Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen



Sisällysluettelo

1. **Soveltamisala ja standardit**
2. **Tehtävään vaaditun pätevyyden todentaminen**
3. **Työturvallisuus**
4. **Laitteisto ja tarvikkeet**
 - 4.1 Kimmovasarointiin soveltuvat tarvikkeet
5. **Kimmovasaran iskurin tarkastukset**
6. **Olosuhdevaatimukset**
 - 6.1 Standardien mukaiset vaatimukset
7. **Työvaiheet**
 - 7.1 Testauskohtien valinta ja tarkastus
 - 7.2 Testauksen suorittaminen
 - 7.2.1 Testauksen suorittaminen kohteella
8. **Tulosten laskenta ja raportointi**
 - 8.1 Tulosten laskenta
 - 8.1.1 Voimassa oleva standardi SFS 7508
 - 8.1.2 Kimmoarvon ja puristuslujuuden välinen yleinen kansallinen riippuvuus
 - 8.2 Tulosten raportointi

Lisäksi LIITE A Betonin lujuudenkehityksen arviointi kimmovasara- testauksella (10-40 MPa)

- LIITE A ei sovellu laadunvarmistukseen eikä sitä saa käyttää virallisissa rakenteen lujuuden arvioinneissa.
- LIITE A käyrästöt esim. muottien purkuajankohdan tai jälkijännityksen ajankohdan arvioitiin.
- LIITE A lujuusarviot omaan käyttöön omalla vastuulla.



By 72 kimmovasaratestauksen soveltuvuus

- Kimmovasaratestauksessa betonin lujuutta arvioidaan betonin pinnan ominaisuuksien avulla.
- Kimmovasaratestaus ei sovellu, mikäli:
 - Betoni ei ole normaalipainoista (2000 – 2600 kg/m³)
 - Betonipinnan karbonatisoituminen ylittää 5 mm. Mikäli tutkittavan betonin ikä on korkeintaan 1 vuosi, voidaan olettaa ilman lisäselvityksiä, että rakenteen karbonatisoitumissyvyys ei ylitä 5 mm:ä.
 - Testattava betonirakenne on jäässä.
 - Betonipinta on rapautunut joko kemiallisen tai pakkasrasituksen vuoksi.
 - Tutkittava betoni on vaurioitunut tulipalossa.
 - Muottipinnassa on käytetty muottikangasta tai pinnassa pintakövetinta.
 - Vaatimuksen osoittamien perustuu korkeaan lämpötilaan (> 60 °C) kovettumisvaiheessa.

Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen

Kimmoveasaran iskurin tarkastus:

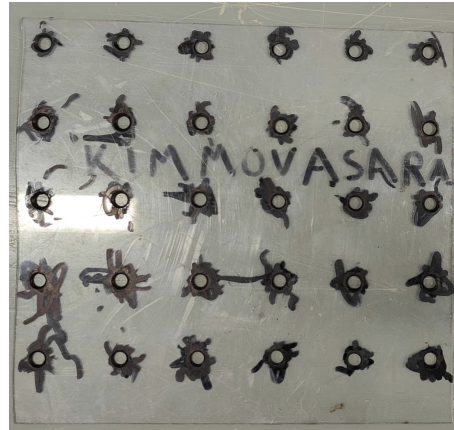
- Kimmoveasaran tarkastus vertailuallasimen kanssa tulee tehdä minimissään työpäivän alussa ja lopussa.
- Tarkastus vertailuallasimen avulla suositellaan tehtävän jokaisen testauksen jälkeen tai tutkittavien rakenneosien arvosteluerien välillä
- Vertailuallasimen tulee täyttää standardin SFS-EN 12504-2 vaatimukset.
- Tarkastuksen ohjeistus - kuten iskumäärät yms. by 73 osa 3.



Betoniyhdistyksen ohje *by 72* Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen

Testauskohdan valmistelu:

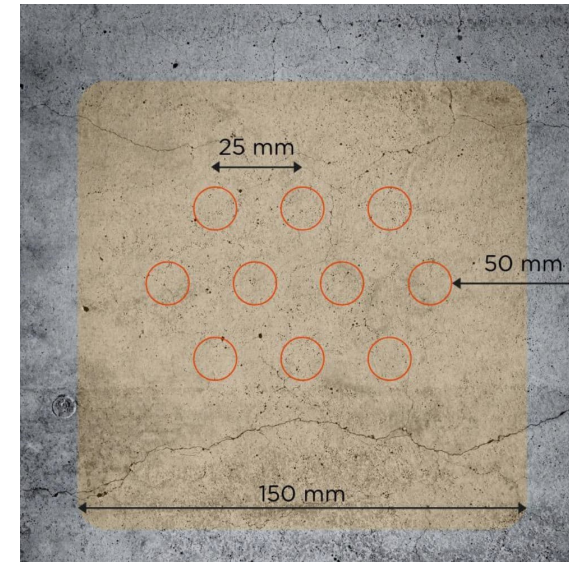
- Testattava alue **tarvittaessa** hiotaan puhtaaksi hiomakivellä tai koneellisella hionnalla esimerkiksi laikkahiomakoneella.
- Testattavan betonipinnan tulee olla tasainen ja sileä, siinä ei saa olla irtoainesta, pölyä tai likaa.
- Testausalueelle merkitään testauspisteet.
- Ohjeessa testauspisteiden etäisyydet yms.



Betoniyhdistyksen ohje *by 72 Betonin laadunvarmistus* - *osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen*

• Puristuslujuusluokan määrittäminen kimmoarvojen perusteella

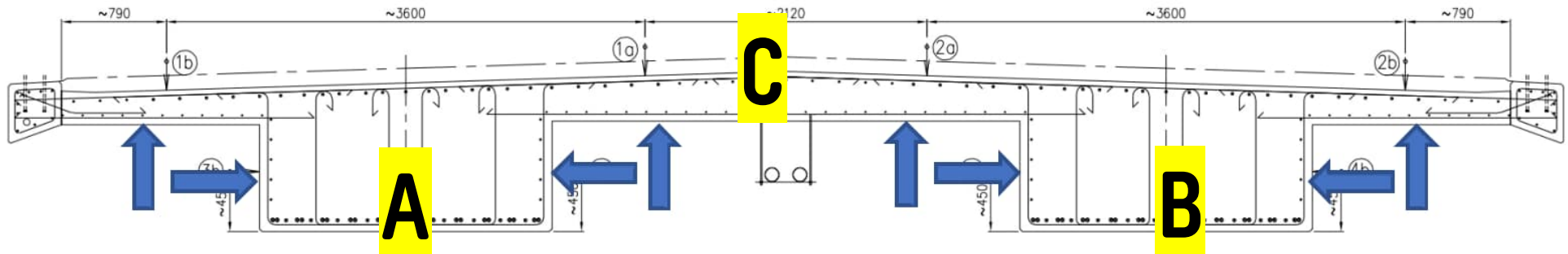
- Määritetään jokaisesta testauskohdasta 10 kimmoarvoa
- Suoritetaan testauskohtien kimmoarvojen suuntakorjaus, jos on käytetty R-tyypin kimmovasaraa ja jos iskusuunta on ylöspäin tai alaspäin (Huom. Q-tyypin kimmovasaralla suuntakorjausta ei tarvita.)
- Määritetään suuntakorjattujen ja hyväksytyjen testauskohtien mediaaniarvot
- Määritetään testauskohtien alin mediaani sekä mediaanien mediaani
- Lujuusluokan määrittäminen standardilla SFS 7508.
 - A) Kimmoarvojen alin mediaani ja sen täyttävän betonin lujuusluokka
 - B) Kimmoarvojen mediaanien mediaani ja sen täyttävä vastaava betonin lujuusluokka
 - Joista pienempi on tutkittavan betonirakenteen puristuslujuusluokka



Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen, CASE-esimerkki

Sillan betonirakenteiden kimmovasaratutkimus ja puristuslujuusluokan arviointi/määrittäminen

- Betonin lujuusluokka C40/50, sillan ikä 56 vrk
- Lohko A vasen pääpalkki
- Lohko B oikea pääpalkki
- Lohko C kansilaatta



	Suunta	Suuntakorjaus	Testauskohtia	Kimmoarvoja/kohta	Kimmoarvoja
Lohko A	vaakasuora	ei	22 kpl	10 kpl	220 kpl
Lohko B	vaakasuora	ei	21 kpl	10 kpl	210 kpl
Lohko C	ylöspäin	kyllä	20 kpl	10 kpl	200 kpl
			63 kpl yhteensä		630 kpl yhteensä

Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen, CASE-esimerkki

Sillan betonirakenteiden kimmovasaratutkimus ja puristuslujuusluokan määrittäminen

- Betonin lujuusluokka C40/50
- Lohko C kansilaatan suuntakorjatut kimmoarvot 200 kpl, (R-tyypin kimmovasaralla on isku ylöspäin testauksen suuntakorjaus on -4, kun kimmoarvo ≤ 45 ja korjaus on -3, kun kimmoarvo >45)

Testaus- kohta	Kimmoarvot 1-10 ja mediaani											Kimmoarvojen ja mediaanin tarkastus			Alin mediaani	Mediaanien mediaani
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mediaani	-25%	+25%			
C1	38	43	37	43	36	40	43	39	38	36	39	28,9	48,1	OK	39	45
C2	45	43	47	45	46	43	45	45	49	45	45	33,8	56,3	OK		
C3	43	39	41	43	41	43	40	38	40	40	41	30,4	50,6	OK		
C4	43	45	43	43	39	47	46	48	49	47	46	34,1	56,9	OK		
C5	48	40	41	49	41	38	44	46	46	44	44	33,0	55,0	OK		
C6	40	41	45	45	45	41	43	38	43	40	42	31,5	52,5	OK		
C7	45	43	41	43	41	43	41	44	44	44	43	32,3	53,8	OK		
C8	44	46	43	41	40	43	43	45	38	44	43	32,3	53,8	OK		
C9	41	40	43	41	41	45	39	41	38	41	41	30,8	51,3	OK		
C10	45	43	43	47	43	45	47	45	47	43	45	33,8	56,3	OK		
C11	49	43	45	47	43	47	43	47	45	45	45	33,8	56,3	OK		
C12	41	49	49	54	43	45	55	47	49	51	49	36,8	61,3	OK		
C13	49	45	51	45	53	44	45	45	47	51	46	34,5	57,5	OK		
C14	46	47	51	49	49	47	47	44	45	45	47	35,3	58,8	OK		
C15	45	45	46	45	45	44	43	46	47	49	45	33,8	56,3	OK		
C16	44	45	43	47	47	46	43	49	53	51	47	34,9	58,1	OK		
C17	46	47	48	47	51	47	46	45	51	47	47	35,3	58,8	OK		
C18	43	41	45	40	40	45	41	46	43	45	43	32,3	53,8	OK		
C19	45	47	40	43	41	47	43	49	43	41	43	32,3	53,8	OK		
C20	41	44	45	45	47	48	47	45	40	48	45	33,8	56,3	OK		

Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen, CASE-esimerkki

Lohko C kansilaatta.

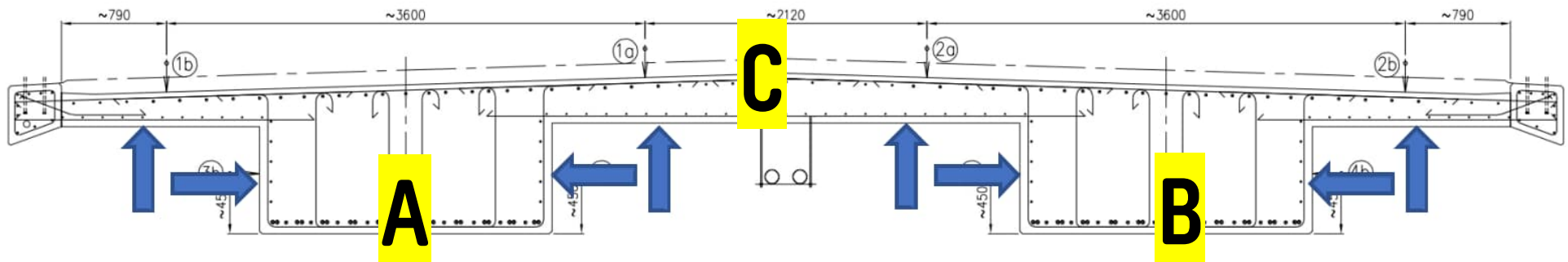
R-tyypin kimmovasaran suuntakorjattujen kimmoarvojen alimman mediaanin sekä mediaanien mediaanin ja betonin puristuslujuusluokan välinen kansallinen riippuvuus. Taulukon molempien ehtojen tulee täyttyä (lähde: SFS 7508:2024 liite B).

<u>Testauserän kaikkien testauskohtien alin kimmoarvojen mediaani</u>	<u>Testauserän testauskohtien kimmoarvojen mediaanien mediaani</u>	SFS-EN 206 puristuslujuusluokkaa
≥ 22	≥ 25	C12/15
≥ 24	≥ 27	C16/20
≥ 26	≥ 29	C20/25
≥ 28	≥ 31	C25/30
≥ 31	≥ 35	C30/37
≥ 35	≥ 38	C35/45
≥ 37	≥ 40	C40/50
≥ 39	≥ 43	C45/55
≥ 42	≥ 45	C50/60
≥ 45	≥ 48	C55/67
^a 90 % luottamustasolla.		

Taulukon arvot perustuvat Aalto-yliopistossa 2023 suoritettuun tutkimukseen, jossa määritettiin suomalaisille betoneille kimmoarvojen ja betonin puristuslujuuden välinen riippuvuus. 90 % luottamustaso perustuu tutkimuksessa määritettyihin kimmovasaratestauksen uusittavuuden ja toistettavuuden hajonta-arvoihin. Tämän lisäksi niissä on otettu huomioon rakenteessa olevan betonin ja valetun koekappaleen välinen lujuuden muuntokerroin = 0,85.

Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen, CASE-esimerkki

Vastaavalla tavalla määritetään myös muiden lohkojen puristuslujuusluokka.
Sillan betonirakenteiden lujuusluokka oli C40/50 ja kimmovasaratutkimuksen yhteenvedona:



- Lohko A vasen pääpalkki, betonin SFS-EN 206 puristuslujuusluokka on C40/50, täyttää vaatimukset
- Lohko B oikea pääpalkki, betonin SFS-EN 206 puristuslujuusluokka on C40/50, täyttää vaatimukset
- Lohko C kansilaatta, betonin SFS-EN 206 puristuslujuusluokka on C45/55, täyttää vaatimukset

Betoniyhdistyksen ohje by 72 Betonin laadunvarmistus - osa 3 Ohje betonin kimmovasaratestaukseen

SUOMEN BETONIYHDISTYS

BETONIN LAADUNVARMISTUS
Osa 3 - Ohje betonin
kimmovasaratestaukseen

by 72

Betonin laadunvarmistus ja virallinen rakenteen puristuslujuusluokan arviointi R- ja Q-kimmovasaralla.

R-tyypin kimmovasara

Testausjärjestyksen kaikkien testauskohtien alin kimmovasaratestauksen mediaani	Testausjärjestyksen testauskohtien kimmovasaratestauksen mediaanien mediaani	SFS-EN 206 puristuslujuusluokkaa ^a
≥ 22	≥ 25	C12/15
≥ 24	≥ 27	C16/20
≥ 26	≥ 29	C20/25
≥ 28	≥ 31	C25/30
≥ 31	≥ 35	C30/37
≥ 35	≥ 38	C35/45
≥ 37	≥ 40	C40/50
≥ 39	≥ 43	C45/55
≥ 42	≥ 45	C50/60
≥ 45	≥ 48	C55/67

^a 90 % luottamustasolla.

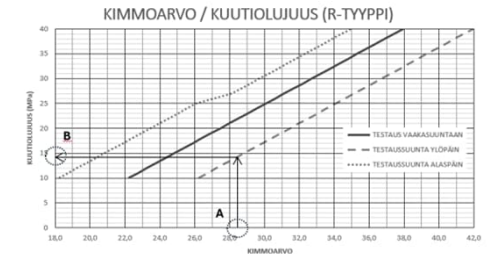
Q-tyypin kimmovasara

Testausjärjestyksen kaikkien testauskohtien alin kimmovasaratestauksen mediaani	Testausjärjestyksen testauskohtien kimmovasaratestauksen mediaanien mediaani	SFS-EN 206 puristuslujuusluokkaa
≥ 29	≥ 32	C12/15
≥ 31	≥ 35	C16/20
≥ 34	≥ 38	C20/25
≥ 36	≥ 40	C25/30
≥ 40	≥ 44	C30/37
≥ 44	≥ 48	C35/45
≥ 47	≥ 50	C40/50
≥ 49	≥ 53	C45/55
≥ 52	≥ 56	C50/60
≥ 56	≥ 59	C55/67

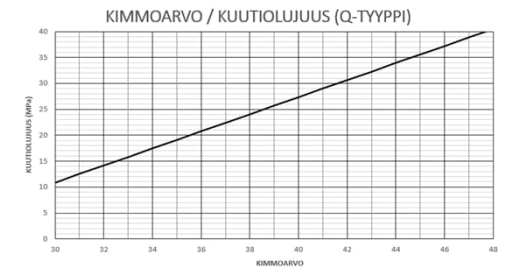
^a 90 % luottamustasolla.

LIITE A. Betonin lujuudenkehityksen 10 – 40 MPa epävirallinen arviointi R- ja Q-kimmovasaran avulla.

R-tyypin kimmovasara



Q-tyypin kimmovasara



Transforming society together

Juha Komonen
DI, Tutkimuspäällikkö
Puh. 050 341 7032
juha.komonen@sweco.fi

KIITOS!