

# Testauslaboratorioiden tasokokeet 2024

## Jouni Punkki

Professori (POP), Betoniteknikka  
Aalto-yliopisto  
jouni.punkki@aalto.fi

Betonilaboratorioiden tasokokeet järjestetään vuosittain. Vuoden 2024 tasokokeessa tutkittiin betonin puristuslujuutta sekä pakkassuolakestävyyslaattakokeita (CEN/TS 12390-9).

## Taustaa

Vuoden 2024 tasokokeissa tutkittiin betonin puristuslujuutta sekä pakkassuolakestävyyslaattakokeita (CEN/TS 12390-9). Tasokokeet organisoivat Aalto-yliopisto yhteistyössä Insinööritoimisto KJ Oy:n kanssa. Insinööritoimisto KJ Oy hoiti koekappaleiden valun ja niiden lähteyksen osallistujille, ja Aalto-yliopisto suoritti tulosten analysoinnin ja raportoinnin. Tasokokeisiin osallistui yhteensä 12 eri tahoa (yrityksiä ja korkeakouluja), joista osa osallistui sekä puristuslujuus- ja laattakokeeseen ja osa osallistui vain joko puristuslujuus- tai laattakokeeseen. Puristuslujuuden osalta kokeisiin osallistui yrityksistä eri toimipisteitä tai useampia puristuskoneita. Puristuslujuuden osalta yksittäisiä testausyksiköitä oli yhteensä 15 kpl. Laattakokeeseen osallistui yhteensä 8 testausyksikköä.

## Koejärjestelyt

### Puristuslujuus

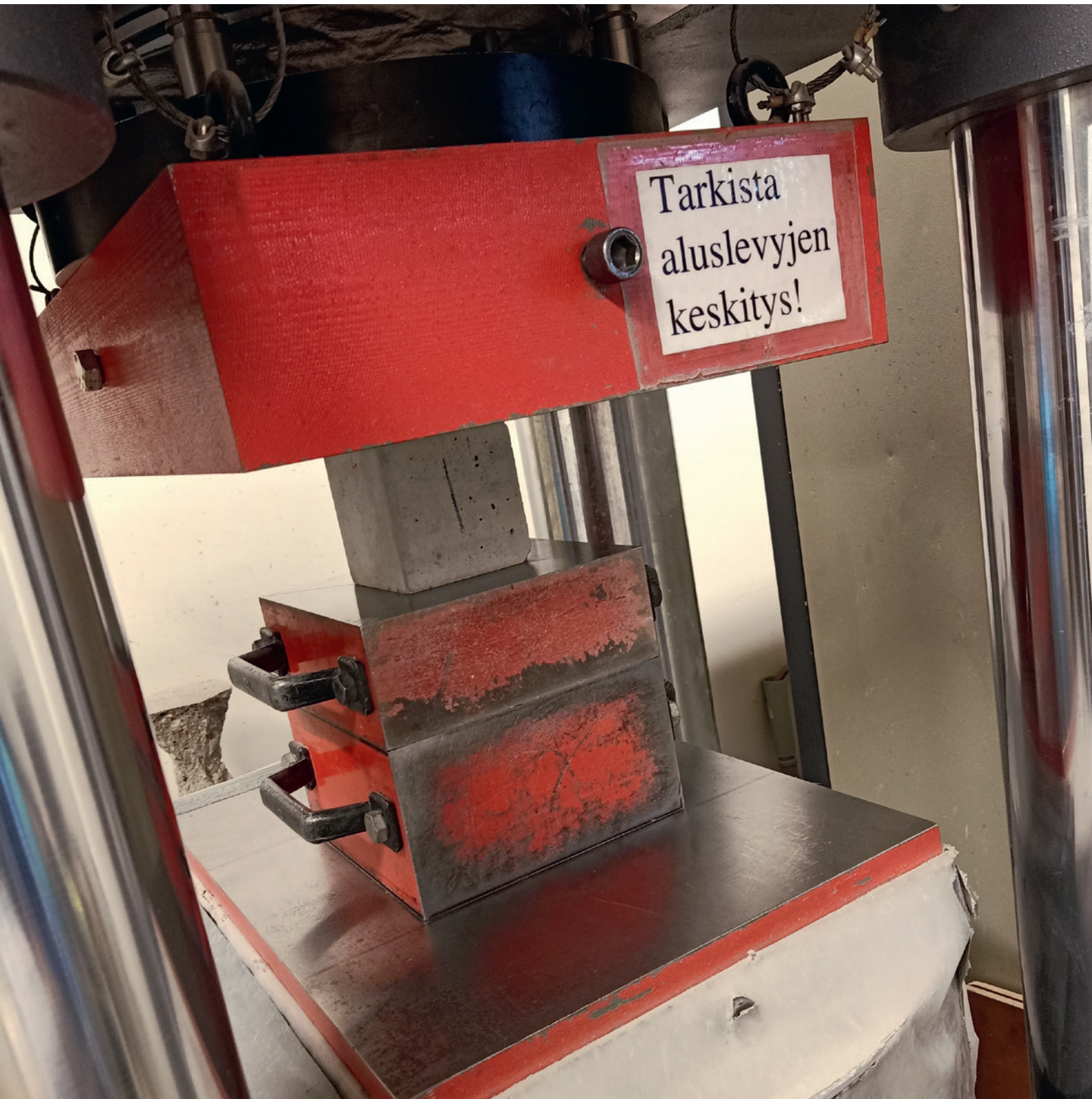
Puristuslujuuskoekappaleet valmistettiin Pielisen Betoni Oy:n toimittamasta valmisbetonista, jonka lujuusluokka oli C30/37, rasitusluokka XC4, raekoko #18 mm, notkeusluokka S3 ja suunnittelukäyttöikä 50 vuotta. Sideaineena betonissa käytettiin yhdistelmää CEM I 52,5 N ja CEM II/B-M (S-LL) 52,5 N-tyyppin sementeistä. Koekappaleet valettiin muovisiin lieriömuotteihin ja ne tiivistettiin tärypöydällä. Koekappaleet merkittiin valujärjestyksen mukaisesti tunnuksilla (1...96). Koekappaleet purettiin muoteista 1 vrk ikäisinä ja laitettiin vesisäily-

tykseen  $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Koekappaleet otettiin pois vesialtaista 14 vrk ikäisinä ja lähetettiin osallistujille. Koekappaleet jaettiin testauslaitoksille niin, että jokainen testauslaitos testasi järjestyksensuuruiltaan vaihtelevia koekappaleita.

Koekappaleiden testaus ohjeistettiin tapahtuvan 28 vrk iässä. Lisäksi ohjeistettiin, että koekappalepakettit säilytetään avaamattomana huoneenlämmössä, kunnes paketit avattiin 6 tuntia ennen puristuskoetta. Puristuskoetta tehtiin standardin SFS-EN 12390-3 mukaisesti ja ennen puristuskoetta määritettiin koekappaleiden tiheys. Standardista poiketen tiheys pyydettiin ilmoittamaan  $1 \text{ kg/m}^3$  tarkkuudella. Puristuspinnaat voitiin hioa tai rikittää ja tämä raportoitettiin tulosten ilmoittamisen yhteydessä. Puristuslujuustulokset on analysoitu lieriölujuuksina, koska koekappaleet olivat lieriöitä.

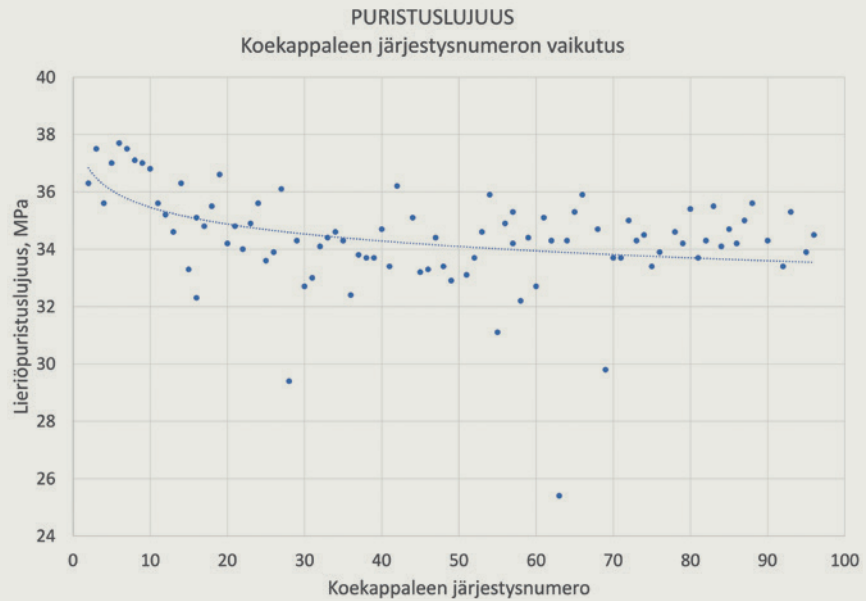
Puristuslujuuskokeissa testattiin kaikkiaan 90 koekappaletta. Puristuslujuuden tasokokeeseen osallistuivat seuraavat testauslaitokset:

- Eurofins Expert Services Oy, 2 puristinta
- Insinööritoimisto KJ Oy
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu Oy
- Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Oy / KymiLabs, 2 puristinta
- Labroc Oy, 5 puristinta
- PBM Asiantuntijat Oy
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy
- AFRY Finland Oy
- Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos (ei-akkreditoitu testauslaboratorio)



**Kuva** Betonin puristuslujuuden testaus.

**Kuva 1** Yksittäisten koekappaleiden lieriöpuristuslujuus järjestysnumeron funktiona.



Yksittäisiä testauspisteitä oli siten kaikkiaan 15 kpl. Koetulosten osalta testauspisteet on esitetty anonyymisti kirjaimilla A...O, jotka ovat eri järjestyksessä kuin ylläesitettyssä listauksessa.

#### Laattakoe

Laattakokeen koekappaleet valmistettiin Pie-lisen Betoni Oy:n toimittamasta valmisbetonista, jonka lujuusluokka oli C35/45, raekoko #18 mm ja notkeusluokka S2. Sideaineena betonissa käytettiin CEM I 52,5 N-tyyppin sementtiä. Toteutunut  $v/s_{teh}$  oli 0,468 ja mitattu ilmamäärä 4,6 %. Betonin laskennallinen P-luku mitatulla ilmamäärällä olisi P38. P30-betonin sallittu rapa-arvo kyseisellä sementtilaadulla olisi 500 g/m<sup>2</sup>.

Koekappaleet valettiin kuutiomuotteihin ja ne tiivistettiin tärypöydällä. Koekappaleet on merkitty valujärjestyksen mukaisesti tunnuksilla 1...32. Koekappaleet purettiin muoteista 1 vrk ikäisinä ja laitettiin vesisäilytykseen +20 ± 2°C. Koekappaleet jaettiin testauslaitoksille niin, että jokainen testauslaitos testasi järjestysnumeroiltaan vaihtelevia koekappaleita (4 koekpl / testauslaitos). Ennen pakettien avaamista koekappaleet ohjeistettiin säilytettävän huoneilmassa. Koekappaleiden testaus tehtiin CEN/TS 12390-9:2016 mukaisesti. Tasokokeen käytännön järjestelyistä johtuen testausaikataulut poikkesivat joiltakin osin hieman teknisen spesifikaation asettamista rajoista. Tasokokeiden ohjeistuksessa löytyi lukkoon ajankohdat solukumin liimaukselle (26 vrk) sekä jäädytys-sulatuskokeen aloitukselle (30 vrk). Näin ollen joko vesiuotusvaiheen pituus

tai jäädytys-sulatusvaiheen aloituksen ajankohta poikkesi hieman teknisen spesifikaation vaatimuksista. Koetuloksia käsiteltiin yksikössä g/m<sup>2</sup> eikä teknisen spesifikaation mukaisia pyöristyksiä tehty.

Laattakokeen tasokokeeseen osallistuivat seuraavat kahdeksan testauslaitosta:

- Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos (ei-akkreditoitu testauslaboratorio)
- Betonialan ohuthiekeskus FCM Oy
- Eurofins Expert Services Oy
- Jyväskylän ammattikorkeakoulu Oy
- Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Oy / KymiLabs
- Mitta Oy
- Mitta Engineering Oy
- PBM Asiantuntijat Oy

Testausyksiköt on eritelty kirjaimilla a...h, kyseiset koodit ovat eri järjestyksessä kuin yllä olevassa taulukossa.

#### Puristuslujuus

Koska koekappaleita on varsin suuri määrä, potentiaalisenä riskinä on, että koekappaleiden valmistuksesta aiheutuu hajontaa esimerkiksi niin, että viimeisenä valmistetut koekappaleet poikkeavat alkuvaiheen koekappaleista. Kuvassa 1 on esitetty puristuslujuus koekappaleen järjestysnumeron funktiona. Lujuuksissa vaikuttaisi olevan jonkinasteista aikariippuvuutta. Ihan ensimmäisten koekappaleiden lujuudet vaikuttaisivat olevan hieman korkeammalla tasolla (noin 2 MPa). Tuloksiin tällä ei kuitenkaan uskota olevan

merkittävää vaikutusta, koska koekappaleet jakautuivat satunnaisesti testauslaitosten kesken. Kuvasta 1 havaitaan myös muutama poikkeava koetulos. Jatkoanalyysija varten koeaineistosta on poistettu kolme tulosta (< 30 MPa). Voidaan olettaa, että näiden koekappaleiden alhaisempi lujuus johtui koekappaleiden laadusta.

Kolme poikkeavaa koetulosten poistettiin aineistosta ja tämän jälkeen koekappaleiden keskimääräinen puristuslujuus (lieriölujuus) oli 34,6 MPa ja vastaava keskihajonta 1,28 MPa. Variaatiokerroin on jonkin verran suurempi kuin vuonna -23 (2,6 %), mutta myös lujuustaso oli alhaisempi. Kaikkiaan hajontaa voidaan pitää alhaisena. Eri testausyksiköiden koetulokset on koottu taulukkoon 2.

Suurin yksittäinen testauslaitoksen keskihajonta oli 1,8 MPa. Mikäli poikkeavia koekappaleita ei olisi poistettu aineistosta, testauslaitoksen K keskihajonta olisi ollut 2,4 MPa ja testausyksikön O vastaavasti 3,8 MPa.

Eri testausyksiköiden mittaustulosten keskiarvojen 95 % luottamusvälit on esitetty kuvassa 2. Luottamusvälien laskennassa huomioidaan testausyksikön tulosten keskihajonta sekä koekappaleiden lukumäärä. Kuvasta havaitaan, että joidenkin testausyksiköiden välillä on tilastollisesti merkittävää eroa. Esimerkkinä testausyksiköt C ja H. Erot ovat kuitenkin varsin pieniä.

Yksittäisten tulosten vaihteluvälit on esitetty kuvassa 3. Yksittäisiä tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että vaihtelua aiheutuu myös koekappaleiden hajonnasta.

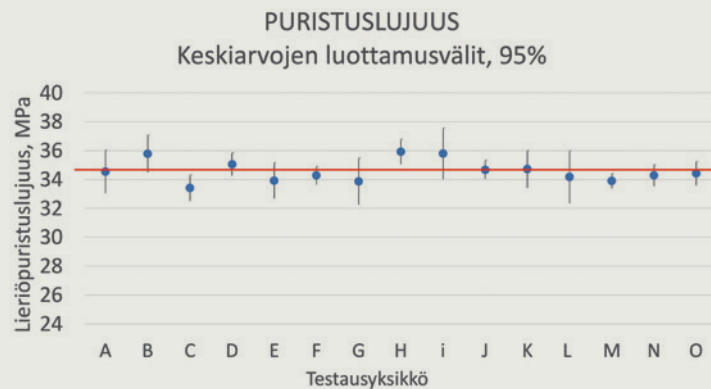
**Taulukko 2** Testausyksiköiden puristuslujuustulosten keskiarvot, keskihajonnat sekä variaatiokerroimet. Kolme poikkeavaa koetulosta on poistettu aineistosta.

| Testausyksikkö   | Puristuslujuus  |                     |                  |
|------------------|-----------------|---------------------|------------------|
|                  | Keskiarvo (MPa) | Keski-hajonta (MPa) | Variaatiokerroin |
| A                | 34,6            | 1,4                 | 4,2 %            |
| B                | 35,8            | 1,2                 | 3,5 %            |
| C                | 33,4            | 0,9                 | 2,6 %            |
| D                | 35,1            | 0,8                 | 2,2 %            |
| E                | 33,9            | 1,2                 | 3,5 %            |
| F                | 34,3            | 0,6                 | 1,8 %            |
| G                | 33,9            | 1,5                 | 4,6 %            |
| H                | 35,9            | 0,8                 | 2,3 %            |
| I                | 35,8            | 1,7                 | 4,7 %            |
| J                | 34,7            | 0,6                 | 1,8 %            |
| K <sup>(1)</sup> | 34,7            | 1,2                 | 3,5 %            |
| L                | 34,2            | 1,8                 | 5,1 %            |
| M                | 33,9            | 0,5                 | 1,4 %            |
| N                | 34,3            | 0,7                 | 2,1 %            |
| O <sup>(2)</sup> | 34,4            | 0,8                 | 2,3 %            |
| KAIKKI           | 34,6            | 1,28                | 3,7 %            |

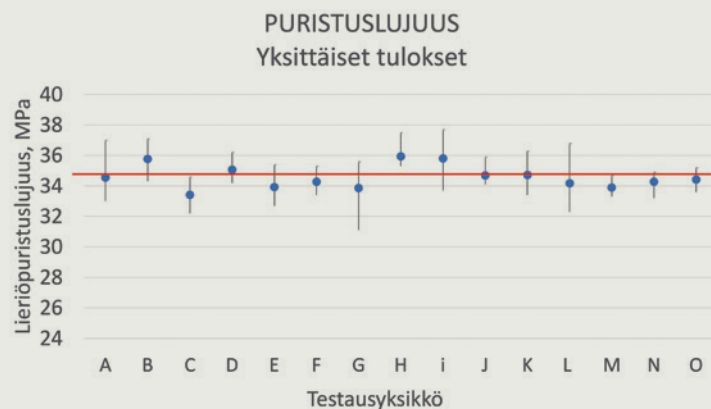
(1 = viisi koetulosta

(2 = neljä koetulosta

**Kuva 2** Testausyksiköiden keskiarvot sekä keskiarvon luottamusvälit 95%:n varmuustasolla. Punainen viiva esittää aineiston keskimääräistä puristuslujuutta = 34,6 MPa. Kolme poikkeavaa koetulosta on poistettu aineistosta.



**Kuva 3** Testausyksiköiden puristuslujuuksien keskiarvot sekä yksittäisten tulosten vaihteluvälit. Punainen viiva esittää aineiston keskimääräistä puristuslujuutta = 34,6 MPa. Kolme poikkeavaa koetulosta on poistettu aineistosta.



**Taulukko 3** Puristuspintojen käsittely vaikutus puristuslujuustuloksiin.

| Käsittelytapa | Testausyksiköiden lukumäärä | Puristuslujuus  |                    |                  |
|---------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
|               |                             | Keskiarvo (MPa) | Keskihajonta (MPa) | Variaatiokerroin |
| Rikitys       | 4                           | 34,2            | 1,16               | 3,4 %            |
| Hionta        | 11                          | 34,7            | 1,31               | 3,8 %            |

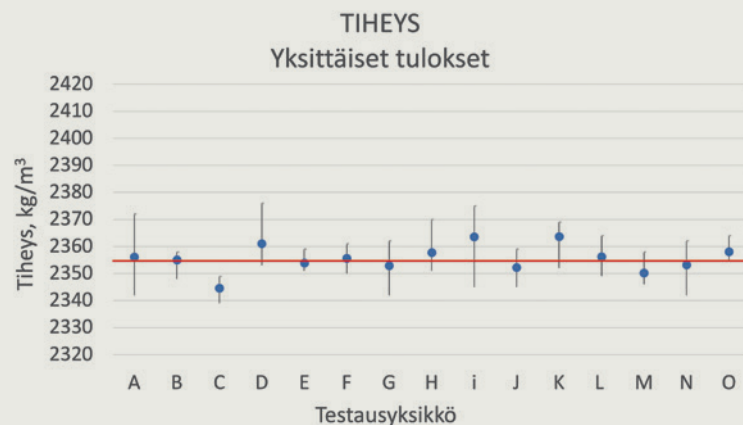
**Taulukko 4** Testausyksiköiden tiheystulosten keskiarvot sekä keskihajonnat. 3 poikkeavaa koetulosta on poistettu aineistosta.

| Testausyksikkö   | Tiheys (kg/m <sup>3</sup> ) |              |
|------------------|-----------------------------|--------------|
|                  | Keskiarvo                   | Keskihajonta |
| A                | 2356                        | 10,7         |
| B                | 2355                        | 3,7          |
| C                | 2345                        | 3,4          |
| D                | 2361                        | 7,9          |
| E                | 2354                        | 3,2          |
| F                | 2392                        | 17,5         |
| G                | 2353                        | 8,0          |
| H                | 2358                        | 7,2          |
| I                | 2364                        | 10,9         |
| J                | 2352                        | 5,7          |
| K <sup>(1)</sup> | 2364                        | 7,5          |
| L                | 2356                        | 6,0          |
| M                | 2350                        | 4,2          |
| N                | 2353                        | 8,2          |
| O <sup>(2)</sup> | 2358                        | 4,2          |
| KAIKKI           | 2355                        | 7,9          |

(1 = viisi koetulosta

(2 = neljä koetulosta

**Kuva 4** Testausyksiköiden tiheysien keskiarvot sekä yksittäisten tulosten vaihteluvälit. Punainen viiva esittää aineiston keskimääräistä tiheyttä = 2355 kg/m<sup>3</sup>. Kolme puristuslujuudeltaan poikkeavaa koetulosta on poistettu aineistosta.



**Taulukko 5** Lattakokeiden rapauma-arvot 56 syklin jälkeen.

|               | Rapauma, g/m <sup>2</sup> |               |                   |
|---------------|---------------------------|---------------|-------------------|
|               | Keski-arvo                | Keski-hajonta | Variaatio-kerroin |
| a             | 297                       | 51,3          | 17,3%             |
| b             | 513                       | 30,0          | 5,9%              |
| c             | 218                       | 41,3          | 19,0%             |
| d             | 55                        | 9,5           | 17,4%             |
| e             | 224                       | 33,9          | 15,1%             |
| f             | 394                       | 73,8          | 18,7%             |
| g             | 38                        | 10,9          | 28,8%             |
| h             | 23                        | 14,5          | 63,7%             |
| KOKO AINEISTO | 220                       | 178           | 81%               |

**Kuva 5** Testausyksiköiden rapauma-arvot sekä yksittäisten koekappaleiden minimi- ja maksimi-arvot.



Siten yksittäisien tulosten perusteella on vaikea arvioida testauslaitosten tarkkuutta. Yksittäisistä tuloksista voidaan havaita, että useammassa tapauksessa toisen testausyksikön korkein testaustulos oli alhaisempi kuin toisen testausyksikön alhaisin testaustulos. Esimerkiksi testausyksiköiden C, M ja N korkein testaustulos oli 34,9 MPa tai alhaisempi ja vastaavasti testauslaitoksen H alin testaustulos oli 35,3 MPa.

Tasokokeessa oli mahdollisuus joko hioa tai rikittää puristuspinna. Neljä testausyksikköä ilmoitti käyttäneensä rikitystä ja loput 11 hiontaa. Puristuslujuustulokset eriteltyinä käsittelytavan mukaan on esitetty taulukossa 3. Kuten taulukosta havaitaan, pintojen käsittelytavalla ei ollut merkittävää vaikutusta puristuslujuuden keskiarvoon tai hajontaan. Tätä ei voi kuitenkaan yleistää koskemaan kaikkia puristuslujuustestauksia.

### Tiheys

Kaikkien koekappaleiden keskimääräinen tiheys oli 2355 kg/m<sup>3</sup> ja vastaava keskihajonta 79 kg/m<sup>3</sup>.

Variaatiokertoimeksi tulee näin 0,3 % (vuonna -23: 0,3 %). Testausyksiköiden keskimääräiset tulokset on esitetty taulukossa 4 ja yksittäisten tulosten vaihteluvälit kuvassa 4. Kuvasta 4 havaitaan, että tuloksissa on jonkin verran eroja, esimerkiksi testausyksikön C korkein tulos oli alhaisempi kuin useamman testausyksikön alhaisin tulos (D, E, F, H, K, O).

### Laattakokeet

Kaikki testausyksiköt testasivat samasta betoniannoksesta tehtyjä koekappaleita CEN/TS 12390-9:2016 mukaisesti. Taulukossa 5 on esitetty keskimääräiset rapauma-arvot 56 syklin jälkeen ja lisäksi neljän koekappaleen keskihajonnat ja variaatiokertoimet.

Kuvassa 5 on esitetty keskimääräiset tulokset sekä yksittäisten koekappaleiden minimi- ja maksimi-arvot. Kuvassa 6 on esitetty rapauman kehitys kokeen aikana.

Edellisistä kuvista nähdään koetulosten suuri hajonta tasokokeessa. Kuvasta 5 voidaan lisäksi havaita, että sisäinen hajonta yhden testauslaitoksen sisällä on kohtuullisella tasolla,

mutta ongelmana ovat vaihtelut testauslaitosten kesken.

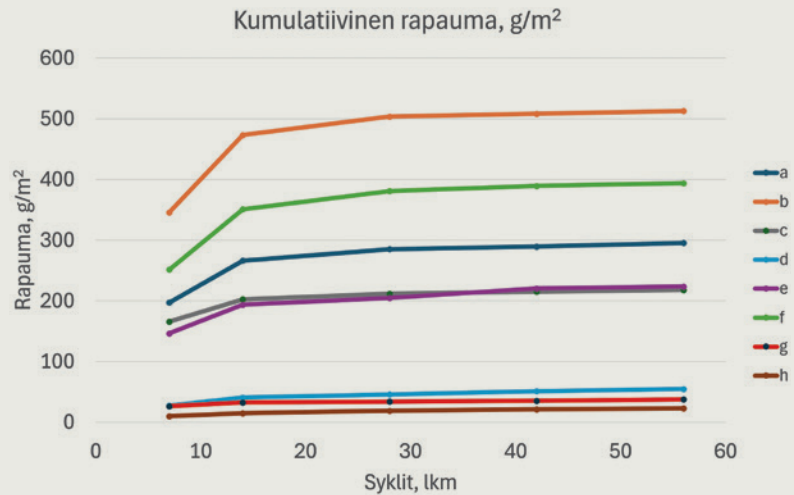
Tasokokeen perusteella voidaan arvioida, että laattakokeella päästään noin  $\pm 200$  g/m<sup>2</sup> tarkkuuteen. Tätä ei kuitenkaan voi yleistää koskemaan yleisesti laattakoeita, tarkkuus riippuu todennäköisemmin betonin rapaumatasosta, tasokokeessa keskimääräinen rapauma oli 220 g/m<sup>2</sup>. Voidaan myös todeta, että yhtä lukuun ottamatta tulokset täyttivät P30-betonin vaatimustason (= 500 g/m<sup>2</sup>). Ja yhden ylittävän osalta ylitys oli varsin pieni.

Jotta menetelmää voitaisiin luotettavasti käyttää laadunvarmistuksessa, tulisi menetelmän hajonta olla selvästi nykyistä tasoa alhaisempi. Koska yksittäisten testausyksiköiden sisäiset hajonnat ovat kohtuullisella tasolla, voidaan perustellusti olettaa, että suuri hajonta johtuu pääosin erilaisista testauskäytännöistä.

### Yhteenveto

Tasokokeessa 2024 testattiin betonin puristuslujuutta sekä pakkas-suolakestävyyttä laattakokeella. Tasokokeisiin on osallistunut

**Kuva 6** Rapauman kehitys. Kuvassa on esitetty keskimääräiset rapauma-arvot.



yhteensä 12 eri tahoja (yrityksiä tai korkeakouluja). Puristuslujuuden osalta kokeisiin osallistui eri toimipisteitä tai useampi puristuskoneita. Puristuslujuuden osalta eri testausyksiköitä oli yhteensä 15 kpl. Laattakokeeseen osallistui yhteensä 8 testausyksikköä.

Puristuslujuustulosten analysoinnin perusteella arvioitiin, että testattavissa koekappaleissa oli jonkin verran hajontaa, mutta tämän ei uskota vaikuttavan merkittävästi tasokokeiden tuloksiin. Analysoitavasta aineistossa poistettiin kolme poikkeavaa koetulosta. Muokatun aineiston (3 tulosta poistettu) keskimääräinen lieriöpuristuslujuus oli 34,6 MPa ja keskihajonta 1,28 MPa. Variaatiokerroin oli siten 3,7 %. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että puristuslujuustestausten virhemarginaali on lujuusluokalla C30/37 luokkaa  $\pm 1,3$  MPa. Tasokokeen tuloksia puristuslujuuden osalta voidaan pitää hyvinä, eivätkä tasokokeet aiheuta toimenpiteitä.

Tiheyden osalta keskihajonta oli pieni 7,9 kg/m<sup>3</sup> (0,3 %). Testausyksiköiden välillä vaikuttaisi olevat kuitenkin joitakin merkittäviä eroja.

Laattakokeeseen osallistui yhteensä 8 testausyksikköä. Laattakokeiden osalta havaitaan huomattavan suurta hajontaa testausyksiköiden kesken. Koetulosten keskimääräinen rapauma-arvo oli 220 g/m<sup>2</sup> ja kaikkien yksittäisten tulosten keskihajonta oli 178 g/m<sup>2</sup> (variaatiokerroin = 81 %). Joukossa on kolme

testausyksikköä, jotka saivat huomattavan pienet rapauma-arvot. Kuitenkin myös loppujen viiden testausyksikön kesken oli huomattavan suurta hajontaa eli kolme poikkeavaa tulosta eivät selitä kokeen hajontaa. Tasokokeen tarkkuudeksi tasokokeessa arvioitiin noin  $\pm 200$  g/m<sup>2</sup>. Arvoa ei voi kuitenkaan yleistää, se riippuu todennäköisemmin tutkittavan betonin rapaumatasosta. Tämän yhden kokeen perusteella keskimääräinen rapaumataso oli alhaisempi kuin kyseiseltä betonilaadulta edellytetty rapaumataso, vain yksi tulos kahdeksasta ylitti niukasti vaatimustason.

Tällä hetkellä laattakokeen hajonta ja rapaumalle asetetut vaatimustasot eivät ole sopusoinnussa keskenään. Jotta menetelmää voitaisiin luotettavasti käyttää laadunvarmistuksessa, tulisi menetelmän hajonta olla selvästi pienempi. Laattakoe on luonteeltaan sellainen koe, että hajontaa tulee koetuloksissa aina esiintymään. Esimerkiksi neljän koekappaleen osalta yhdessä testausyksikössä päästiin tasokokeessa yleensä 15...20 % variaatiokerroimeen. Vertailuna voidaan esittää, että puristuslujuuden osalta vastaava testausyksiköiden sisäinen variaationkerroin oli keskimäärin noin 3 % ja tiheyden osalta noin 0,3 %. Variaatiokerroin kasvaa, mikäli testauksia tehdään useammassa testauslaitoksessa, mutta toimivan testimenetelmän osalta kuitenkin rajallisesti. Tasokokeessa kaikkien yksittäis-

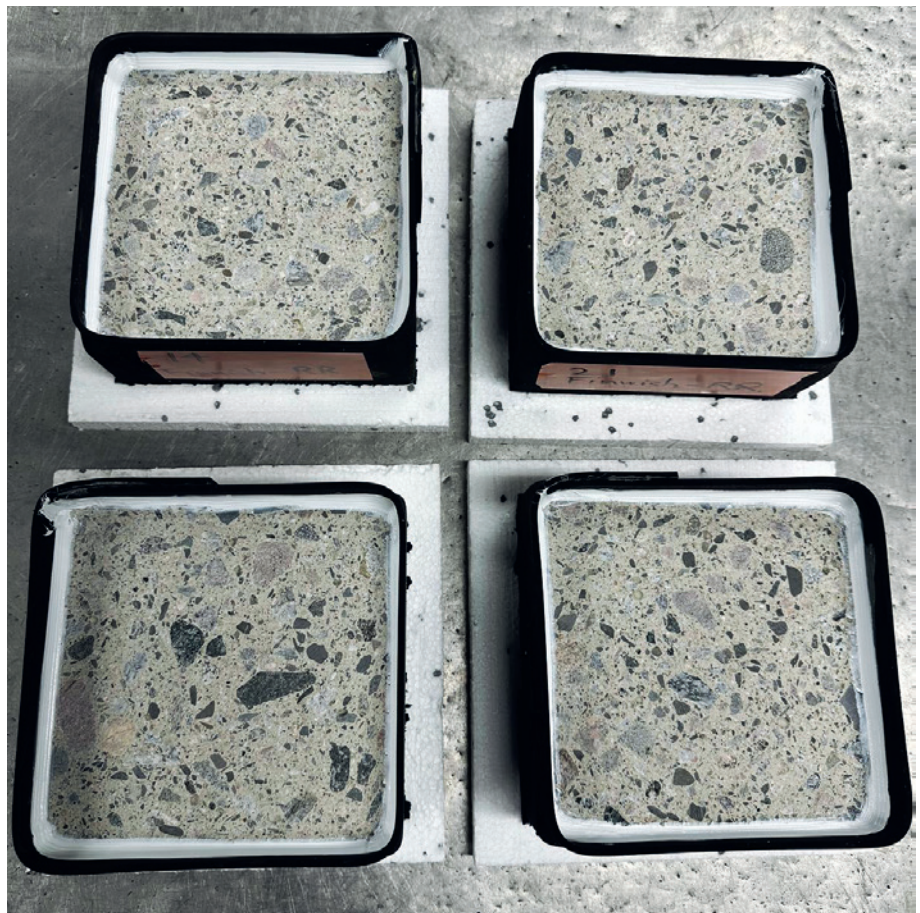
ten tulosten variaatiokerroin oli 81 %, mikä on selvästi liian korkea taso.

Jatkossa laattakokeen hajontaa tulee vähentää. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

1. Testausyksiköiden tulee tehdä yhteistyötä poikkeavien käytäntöjen yksilöimiseksi
2. Tulee tehdä nykyistä tarkempi ohjeistus laattakokeen suorituksista
3. Toimenpiteiden jälkeen tulee tehdä tasokokeet vähintään kahdella betonilla

Tavoitetasona olisi, että laattakokeella päästäisiin korkeintaan  $\pm 50$  g/m<sup>2</sup> virhetasolle. Mikäli hajontatasoa ei pystytä selkeästi alentamaan, laattakokeen käyttö osana betonin laadunvarmistusta ei ole suositeltavaa. •

## 7 Laattakokeen koekappaleita Aalto-yliopistossa.



7

**Round-robin tests 2024**

In Finland, Round-robin tests have been organized annually for accredited concrete testing laboratories. In 2024, compressive strength and slab test for salt freeze-thaw resistance were tested. Totally 15 testing units participated in the compressive strength testing and 8 testing units in the slab test.

In the compressive strength testing, ready-mix concrete having the strength class of C30/37, the maximum aggregate size of 18 mm and slump class S3 was used. Three individual test results were rejected because of clearly erroneous results. The average compressive strength was 34,6 MPa (cylinder strength) and the standard deviation 1,28 MPa. The coefficient of variation was 3,7 %. Based on the results it was estimated that the margin of the error with C30/37 would be app.  $\pm 1,3$  MPa. The average density of the test specimens was 2355 kg/m<sup>3</sup> and the standard deviation 7,9 kg/m<sup>3</sup>. Generally, both the variations of compressive strength and density can be considered low.

The slab test was carried out according to CEN/TS 12390-9:2016. Strength class of C35/45 was used with effective w/c-ratio of 0,468 and air content of 4,6 %. The cement type was CEM I 52,5 N. Large variation was observed between the testing units. The scaling values after 56 cycles varied between 23 and 513 g/m<sup>2</sup> and the average value was 220 g/m<sup>2</sup>. Standard

deviation of the individual results was 178 g/m<sup>2</sup> and the respective coefficient of variation 81%. The variation within the testing units was reasonable, but there were large variations between the testing units. It was estimated that the margin of the error of slab test with the particular concrete would be app.  $\pm 200$  g/m<sup>2</sup>. Actions are needed to reduce the variation in the slab test, otherwise the slab test won't be a useful test method for testing of salt freeze-thaw resistance of concrete.