

# Rakenteellinen kuntotutkimus rakennusosien uudelleenkäytön yhteydessä

Jukka Lahdensivu  
Kuntotutkimukset  
14.11.2023

**RAMBOLL**

Bright ideas.  
Sustainable change.



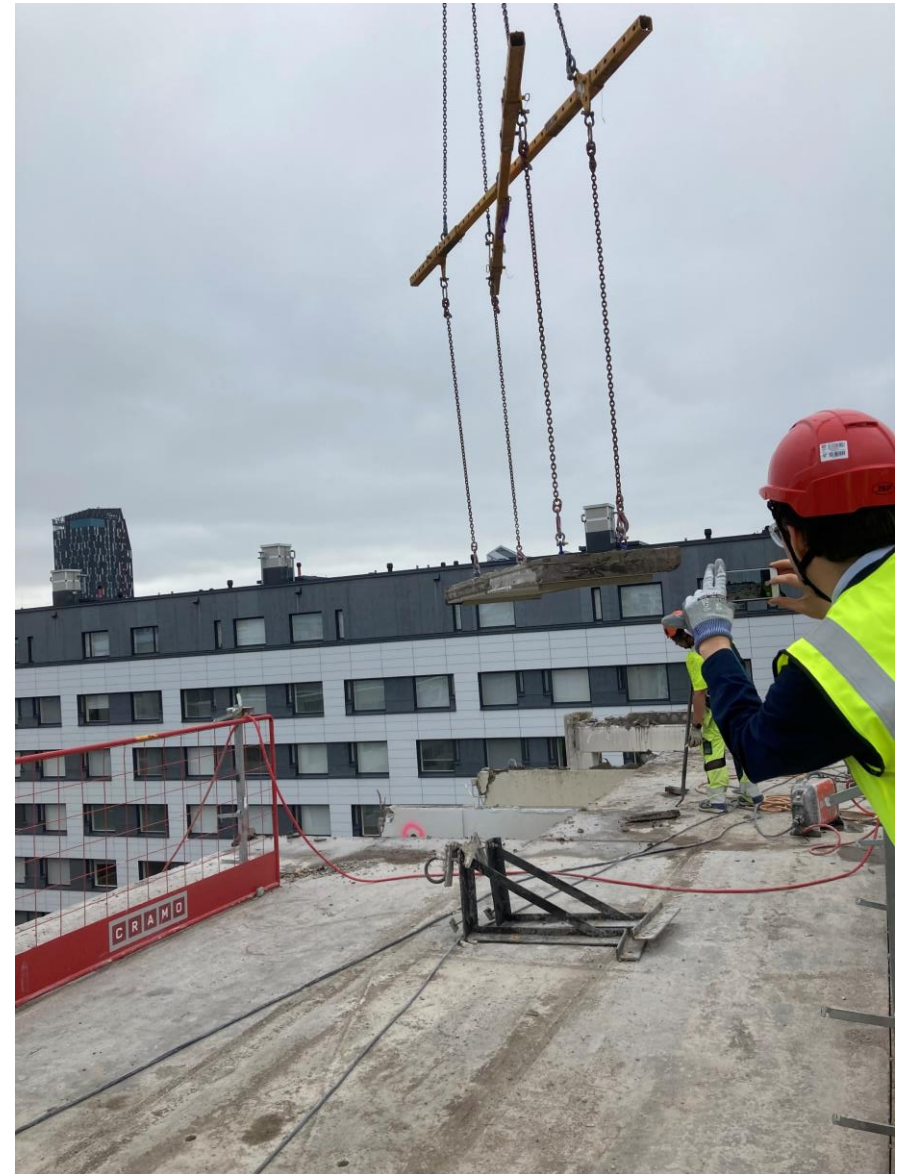
# Sisältö

Ohjeistus

Kuntotutkimuksen sisältö

Kantavien rakenteiden kuntotutkimus

Yhteenvedoa kantavien rakenteiden tutkimisesta



# Kantavien rakenteiden kuntotutkimus - ohjeet

Kantavien rakenteiden kuntotutkimuksen ohjeistusta:

- SFS-EN 13791 *Betonin puristuslujuuden arviointi rakenteista ja rakenneosista*
  - SFS 7508:2021 *Betonin puristuslujuuden arviointi rakenteista ja rakenneosista. Standardin SFS-EN 13791 käyttö Suomessa*
  - SFS-EN 12504-2:2021 *Testing concrete in structures. Part 2: Non-destructive testing. Determination of rebound number.*
  - by 65 BETONINORMIT 2021
- Kyseisten ohjeiden avulla voidaan arvioida mm. näyteotantaa ja tutkimuspisteiden määrää.

Kantavat rakenteet ovat useimmiten lämpimissä sisätiloissa, jolloin rakenteisiin ei kohdistu ulkoista säärasitusta normaalissa käyttötilanteessa. Kantavien betonirakenteiden kuntotutkimuksista ei ole käytettävissä BY-julkaisua, mutta soveltuvin osin tutkimuksissa voi hyödyntää myös ohjetta by 42 Betonijulkaisuvuon kuntotutkimus.

# Kantavien rakenteiden kuntotutkimus -

Norwegian  
Standard

NS 3682:2022

Published: 2022-12-02  
Language: English

**Table 1 — Minimum scope of specimens for assessing the properties of hollow core slabs<sup>1</sup>**

Property	Minimum frequency	Minimum number of specimens
Dimensions	1/1	
Weight	1/1	
Visual inspection	1/1	
Full-scale testing of hollow core slabs	1/50	3 <sup>a</sup>
Concrete compressive strength - core specimens	1/20	8 <sup>b</sup>
Concrete compressive strength - rebound hammer	1/5	3
Carbonation depth <sup>c</sup>	1/20	10
Chloride content <sup>c, d</sup>	1/50	3
Alkali reactivity <sup>c, e</sup>	1/50	3

<sup>a</sup> The minimum number of specimens assumes that the outcome does not indicate a lower capacity than the estimated capacity. In the event of deviations, cause and effect shall be assessed and documented.

<sup>b</sup> At least one specimen series consisting of four specimens from two elements shall be performed.

<sup>c</sup> Visual inspection may replace testing where the declared exposure class is X0.

<sup>d</sup> The specimen may be omitted if it can be proven that the slab has not been exposed to environments that contain chloride.

<sup>e</sup> The specimen may be omitted if it can be demonstrated that the slab was manufactured in or after 2007.

## Hollow core slabs for reuse

*Huldekker av betong til ombruk*



Reference Number:  
NS 3682:2022 (en)

© Standards Norway 2022

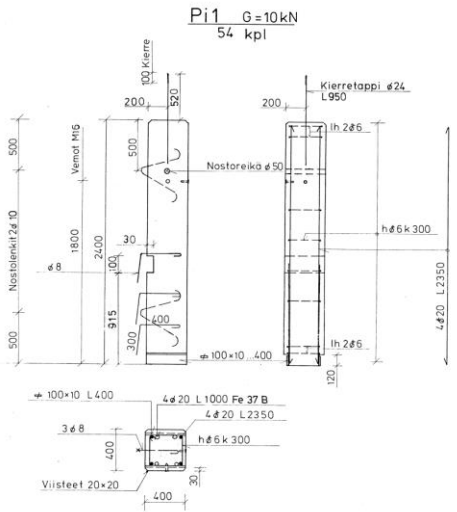
# Tutkimussuunnitelman laatiminen

## Tutkimussuunnitelma

- Kuntotutkimuksen tavoite, eli mihin asioihin pitää saada selvyys, jotta purkusuunnittelu ja suunnittelu uudessa kohteessa voidaan tehdä
- Rakenteen toimivuuden kannalta kriittisten rakenneosien tutkiminen riittävässä laajuudessa
  - Rakenneosien määrä
  - Kuormitukset
- Potentiaaliset vauriomekanismit
  - Millaisia näytteitä otetaan ja mitä niistä tutkitaan?
- Betonirakenteen lujuusominaisuudet
  - Mistä tarvitaan lujuustiedot?
- Rakenteellisen toiminnan selvittäminen
  - Vaatiiko rakenneavauksia?

 **TUTKIMUSOTANTA ja OTANNAN EDUSTAVUUS**

# Tutkimusmenetelmät



## SUUNNITELMA- ASIAKIRJOJEN TARKASTELU

BETONI K 30-2  
TERAS&A 400 H, ø Fe 37 B

SAUMOJEN RAKENNE KS.  
ELEM. LIITOKSET



## SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTELU



## KENTTÄ- TUTKIMUKSET



## LABORATORIO KOKKEET



# Rakennusosien uudelleenkäyttö

# Laadunvarmistusprosessi





# Laadunvarmistusprosessi



## Betonielementtien uudelleenkäytön laadunvarmistusprosessi

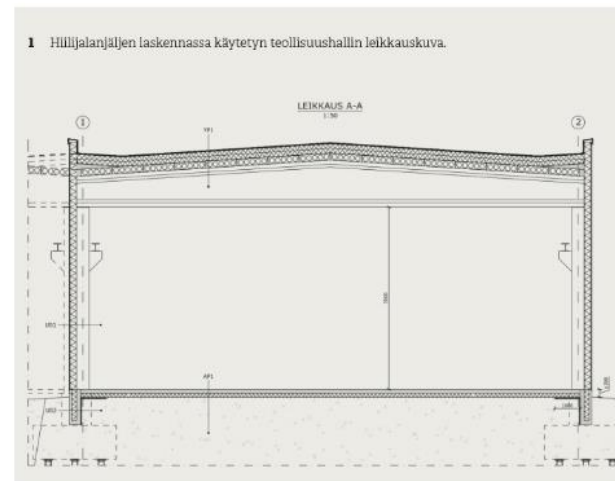
Aapo Räsänen, välttökirjuri ja Tampereen yliopisto Rakenteiden korjaamisen ja elinkaarteittikan tutkimusryhmä



Raatelaisessa Kiertävä Oy kunnatissa toteutettiin rakennusten osittaisen purkamista ja vuonna 2007 kohde ei liity artikkelissa esiteltyyn tutkimushankkeeseen. Kuva: Harri Hagas / Arkitehdit Kantakaski Oy

Rakentamisen päästöjen vähentäminen on erittäin ajankohtainen aihe, johon rakennusosien uudelleenkäytöllä voidaan vaikuttaa merkittävästi.

Uudisrakentamisessa betonirakenteiden asuinkerrostaisten hiihijalanjaljista suurimman osan muodostavat kantavat runkorakenteet ja niiden korjaaminen uudelleenkäytetyillä rakennusosilla vähentää merkittävästi koko rakennuksesta muodostuvia päästöjä. Tutkimusten mukaan betonielementtien uudelleenkäytöllä voidaan vähentää yksittäisten rakennusosien hiilidioksidipäästöjä jopa 96–99 % verrattuna uusien elementtien käyttöön [1, 14]. Tyypillisen betonielementtirunkoisen teollisuushallin kokonaishiihijalanjalji on siten noin 55 prosenttia pienempi kuin vastaavan kokonaan uusista elementeistä rakennettavan hallin hiihijalanjalji [4]. Teollisuushallin hiihijalanjalji muodostuu suurimmalta osin perustuksista, kantavasta alapohjajaatasta, yläpohjasta sekä ulkoselementeistä (kuva 1). Betonielementtien lisäksi seinäelementit, sokkelelementit sekä suurin osa yläpohjan rakenteista ovat uudelleenkäytetyissä. Alnoastaan perustukset ja kantava maata vasten tehty alapohja on tehtävä kokonaan uudestaan, ks. kuva 3.



### Lue myös

TUTKIMUS JA KEHITYS | NRO 1/2023

**Betologi-ohjelma betonien laajuuden- ja lämmönkehityksen arvioinnin**  
Betologi-ohjelma arvioi betonien laajuuden- ja lämmönkehitystä rakenteissa. Ohjelman rakenne...

TUTKIMUS JA KEHITYS | NRO 1/2023

**Aikaliittämääräisen rakennuksen mahdollisuus julkistavissa ja parvekkeissa**  
Betonijulkistavien ja parvekkeiden säilyvyysnatsaudet ovat parantuneet merkittävästi 1990-luvun rakennustalonnasta...

KIERTOTALOUS | NRO 1/2023

**Betonimurske – jätettä vai ei? Ja mitä välttää sillä on?**  
Syykkum 2022 alussa astut voimaan pitkäin odotettu "Ei enää..."

TUTKIMUS JA KEHITYS | NRO 4/2022

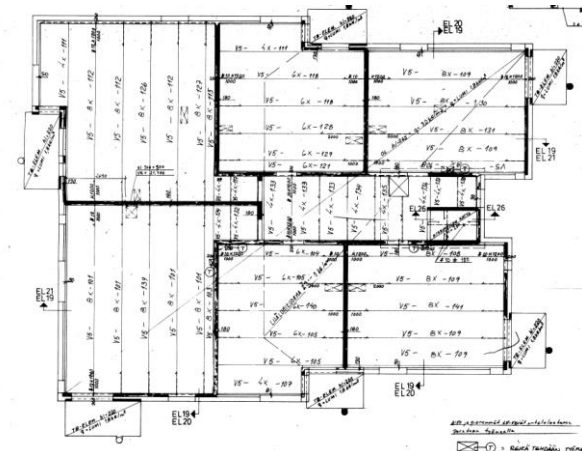
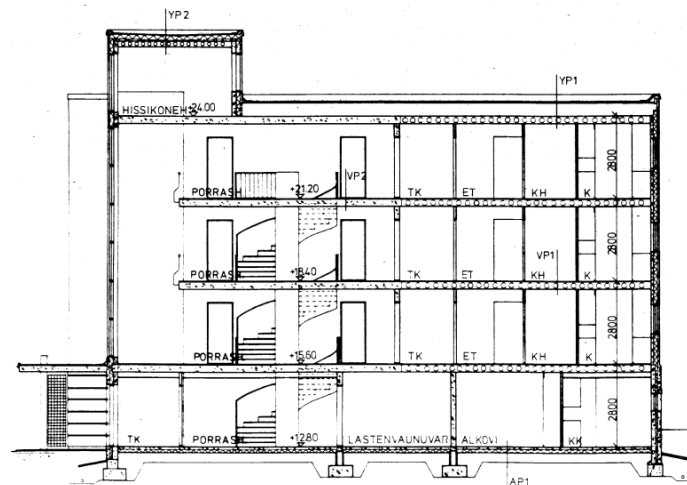
**Säilyvyysnatsaudet 1990-luvun betonielementtialkistavissa ja parvekkeissa**  
Vuoden 1990–1990 betonijulkistavien ja -parvekkeiden säilyvyysnatsauksista on alemmissa tutkimuksissa...

# Case: Koy Auroranlinna, yleistä

- Asuinrakennus, 4 kerrosta, rakennettu 1989
- Kantava runko: Elementtirakenteiset ulko- ja väliseinät ja ontelolaattarakenteiset välipohjat, betonilaatuna K25-2 (C20/25)
- Rakennus tullaan purkamaan ja vanhoja elementtejä on tarkoitus käyttää uudelleen autokatoksissa.



➔ Tutkimusten tavoitteena oli selvittää täyttääkö kantavien elementtirakenteiden lujuudet suunnittelulujuusvaatimuksia



# Case: Koy Auroranlinna, tutkimusmenetelmät

- Tutkimukset kohdistettiin tyhjiin olevien asuntojen A4, A5 ja A10 väliseinä- ja ontelolaattarakenteisiin.
- Tutkimusten ulkopuolelle rajattiin rakennuksen muut asunnot, jotka olivat asuinkäytössä tutkimushetkellä.



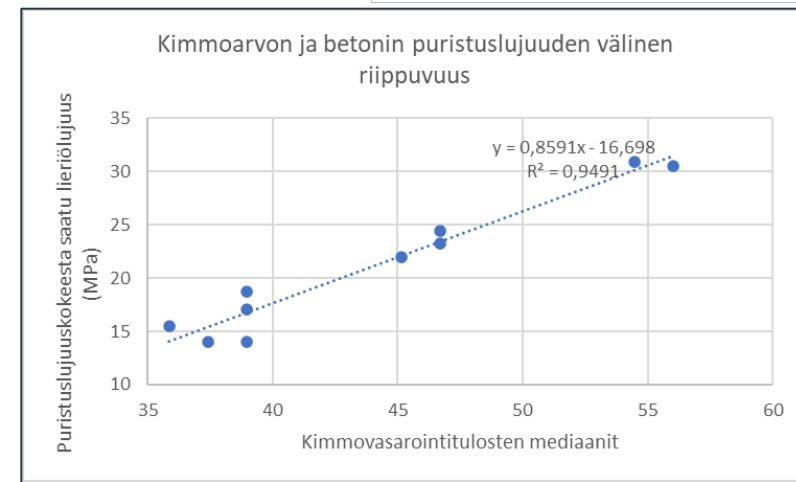
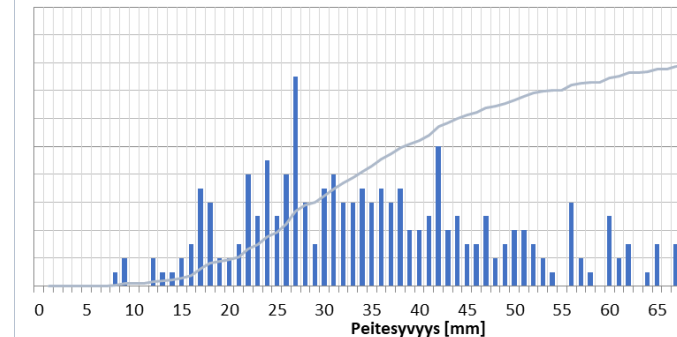
TUTKIMUSMENETELMÄT	RAKENNE	
	VÄLISEINÄT	ONTELOLAATAT
AISTINVARAINEN TARKASTELU	X	X
KIMMOVASAROINTI	12 x 15 kpl	10 x 15 kpl
PURISTUSLUJUUSKOE (labra)	20 kpl	-
KARB. MÄÄRITYS	12 kpl	-
PEITEPAKSUUSMITTAUKSET	500 kpl	108 kpl

# Case: Koy Auroranlinna, tutkimustulokset

- Kimmomasaroinnin perusteella suunnittelulujuus täyttyy, mutta betonin puristuslujuuskokeissa 50 % näytteistä alittaa suunnittelulujuuden C20/25
- Tiheydessä hieman hajontaa, mutta betoni puutteellisesti tiivistettyä. Betoniin on jäänyt ylimääräistä ilmaa, minkä seurauksena osa lujuustuloksista alhaisia.
- Betonipeitepaksuusvaatimukset (25 mm) ei täyty, pieli ja hakateräksiä (10-18 %) alle 25 mm syvyydessä. Ontelolaattojen punokset keskimäärin 30 mm syvyydellä.
- Kimmomasaroinnin ja puristuslujuuskokeiden välinen riippuvuus on tilastollisesti validi (korrelaatiokerroin 0,949 > 0,76)
- Kimmomasaroinnin tuloksista voidaan arvioida todellista puristuslujuutta

Rakenne	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	Puristuslujuus-testitulokset [MPa]	Ominaiskuutiolujuus (150 mm) $f_{c,1;1core}$ [MPa]	Ominaislieriölujuus (300x150 mm) $f_{c,is}$ [MPa]
<b>Väliseinäelementit</b>				
<b>Vaihteluväli (min / max)</b>	2070 / 2210	11,8 / 33,5	12,9 / 36,5	10,5 / 29,9
<b>Keskiarvo</b>	<b>2164</b>	<b>21,3</b>	<b>23,2</b>	<b>19,0</b>

Väliseinäelementin pielifaudoituksen jakauma



## Case: Koy Auroranlinna, yhteenveto

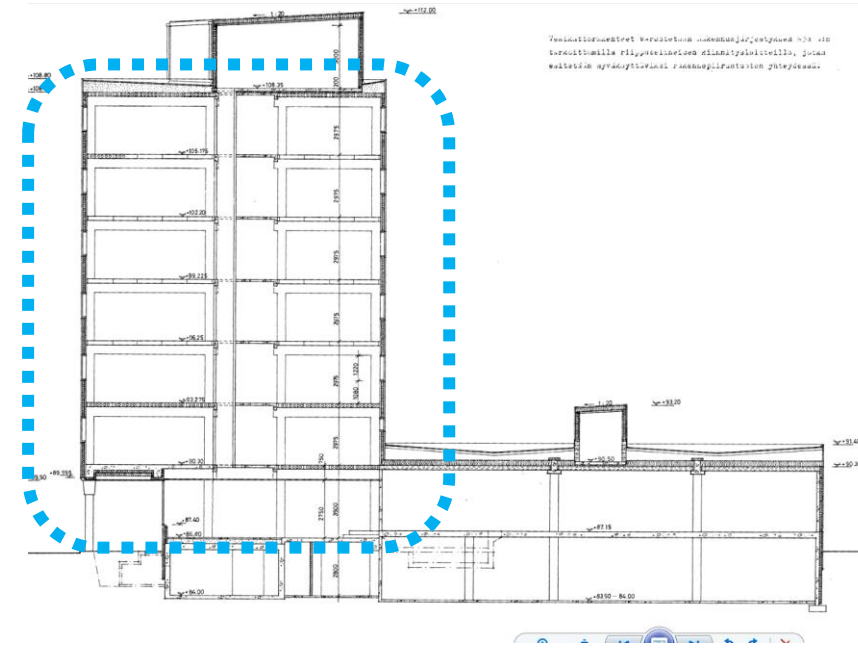
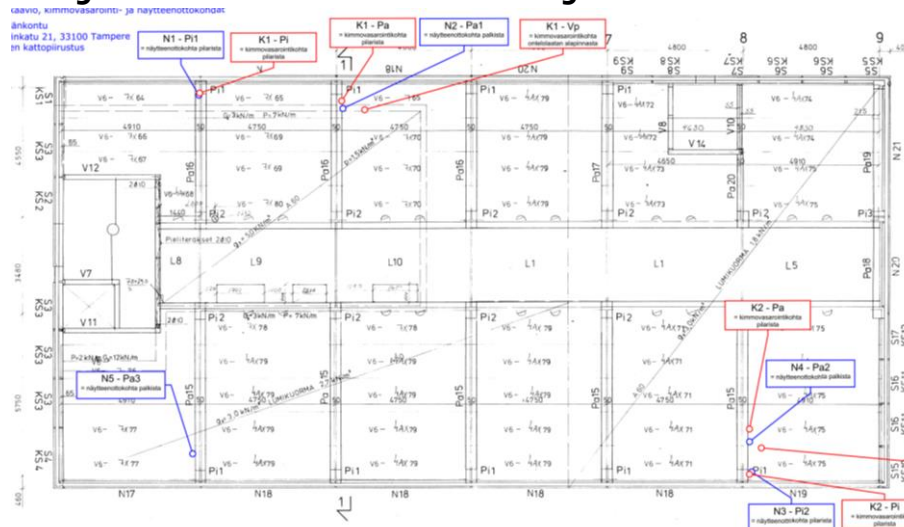
- Väliseinäelementtien puristuslujuus ei täytä suunnittelulujuusluokkaa K25-2 (C20/25).
- Betonin puristuslujuus vastaa standardin 13791:2019 kohdan 9.2 mukaisen laskentatarkastelun perusteella lujuusluokkaa C16/20.
- Rakenteiden uudelleenkäyttö mahdollista.
- Uudelleen käytössä huomioitava rajoitukset puristuslujuuden, raudoitteiden peitepaksuuksien ja betonin pakkasenkestävyyden suhteen. Betonirakenteet suojattava kastumiselta.
- Elementtien uudelleenkäytön suunnittelussa rakenteet tulee mitoittaa lujuusluokan C16/20 mukaan.
- Ontelolaattojen uudelleen käytölle ei ole estettä, mutta niiden osalta on suositeltava varmistaa puristuslujuus myös poranäytteiden avulla purkamisen jälkeen.

# Case: Koy Kyttälänkontu, yleistä

- Toimistorakennus, 1+7 kerrosta, rakennettu 1982
- Kantava runko: Elementtirakenteinen pilari-palkki-laatta -runko, betonilaatuna K30-2 (C25/30)
- Rakennus puretaan ja vanhoja elementtejä on tarkoitus käyttää uudelleen eri kohteessa korvaamaan uusia elementtejä.



➔ Tutkimusten tavoitteena oli selvittää täyttääkö kantavien elementtirakenteiden lujuudet suunnittelulujuusvaatimuksia



# Case: Koy Kyttälänkontu, tutkimusmenetelmät

- Tutkimukset kohdistettiin 1-7. kerroksen pilari-, palkki- ja ontelolaattarakenteisiin, lukuun ottamatta kimmovasarointia, jota ei voitu suorittaa 1.-3. kerroksessa rakennuksen käytön takia.
- Capo-testejä (paikan päällä tehtävä puristuslujuuskoe) ei voitu suorittaa laiterikon vuoksi

TUTKIMUSMENETELMÄT	RAKENNE		
	PILARIT	PALKIT	ONTELOLAATAT
AISTINVARAINEN TARKASTELU	X	X	X
KIMMOVASAROINTI	8 x 15 kpl	9 x 15 kpl	8 x 15 kpl
PURISTUSLUJUUSKOE (labra)	15 kpl	15 kpl	-
KARB. MÄÄRITYS (labra)	15 kpl	15 kpl	-
PEITEPAKSUUSMITTAUKSET	1 200 kpl	1 100 kpl	45 kpl
ULTRAÄÄNITUTKIMUKSET	8 kpl	8	-
CAPOTESTIT	0 kpl	-	-

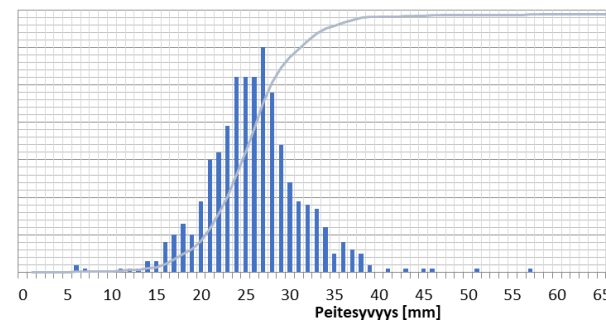


# Case: Koy Kyttälänkontu, tutkimustulokset

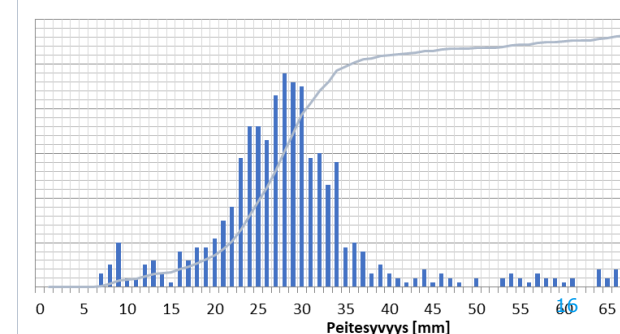
- Kimmovasaroinnin ja puristuslujuuskokeiden perusteella suunnittelulujuus täyttyy, betonin puristuslujuus suunnittelulujuutta paljon suurempi
- Betonin tiheydessä erittäin vähän hajontaa
- Ultraäänitutkimuksissa viitteitä yksittäisistä suuremmista valuvirheistä
- Betonipeitepaksuusvaatimukset (25 mm) ei täyty, etenkin hakateräksiä paljon (32-46 %) alle 25 mm syvyydessä
- Kimmovasaroinnin ja puristuslujuuskokeiden välinen riippuvuus ei ollut tilastollisesti validi (korrelaatiokerroin  $0,0037 \dots 0,0415 < 0,79$ )

Rakenne	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	Puristuslujuus-testitulokset [MPa]	Ominaiskuutiolujuus (150 mm) $f_{c,1:1core}$ [MPa]	Ominaislieriölujuus (300x150 mm) $f_{c,is}$ [MPa]
<b>Pilarit</b>				
Vaihteluväli (min / max)	2230 / 2290	50,6 / 70,3	55,7 / 77,4	45,7 / 63,5
Keskiarvo	2270	62,3	68,5	56,2
<b>Palkit</b>				
Vaihteluväli (min / max)	2230 / 2270	46,4 / 57,6	51,0 / 63,3	41,8 / 51,9
Keskiarvo	2251	52,1	57,1	46,8

Palkkien hakaterästen jakauma



Pilareiden hakaterästen jakauma





# Case: Koy Kyttälänkontu, yhteenveto

- Rakenteiden uudelleenkäyttö mahdollista
- Uudelleenkäytössä huomioitava rajoitukset raudoitteiden peitepaksuuksien ja betonin pakkasenkestävyyden suhteen (sisätilan rakenteet yleisesti lisähuokostamattomia).
- Betonirakenteet suojattava kastumiselta
- Suunnittelussa voidaan tarvittaessa käyttää korkeampaa puristuslujuusluokkaa.
- Ontelolaatoista suositeltava varmistaa puristuslujuus myös poranäytteiden avulla purkamisen jälkeen.
- Ultraäänitutkimusten osalta suoritetaan lisätutkimuksia rakenteiden purkamisen jälkeen.

# Yhteenvetoa

# Yhteenvetoa kantavien rakenteiden tutkimisesta

## **Kuormitukset**

Rakennusajan normit ja varmuudet poikkeavat nykyisistä

Alkuperäiset laskelmat kuormitusolettamieen

Todellinen kuormitushistoria, mm. aiempien korjausten ja käytön aiheuttamat muutokset kuormitukseen

Nyt suunniteltujen muutosten vaikutukset kuormitukseen ja niiden jakautumiseen (pysyvät, hyöty- ja luonnonkuormat)

Työnaikainen kuormitus

## **Kestävyys ja säilyvyys**

Rakennusajan normit ja varmuudet poikkeavat nykyisistä

Alkuperäinen mitoitus

Säilyvyys suunnittelu (usein puuttuu kokonaan)

Todelliset materiaaliominaisuudet

Toteutuksen huolellisuus (mm. betonin tiivistys, mittatarkkuudet yms.)

Aiemmin tehdyt muutokset, joilla vaikutus kestävyteen (mm. reiät)

Vauriot (kuormitus peräiset ja ympäristörasituksen aiheuttamat)

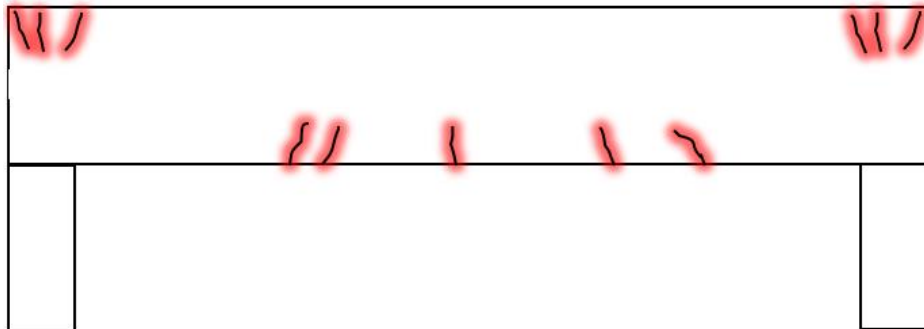
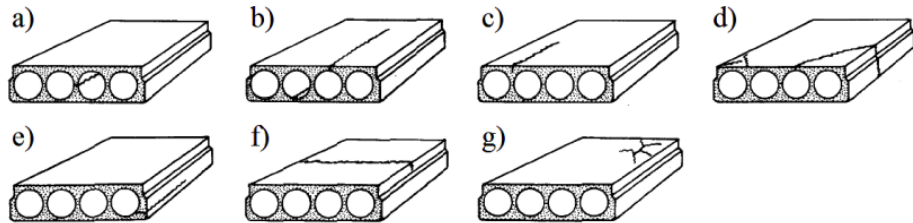
# Yhteenvetoa kantavien rakenteiden tutkimisesta

## Vaurioiden vaikutukset

Missä ja millaisia vaurioita rakenteissa esiintyy?

Vaikuttavatko kantavuuteen tai säilyvyyteen?

Voidaanko vauriot korjata?



## Näytemäärät

Onko kaikki rakenteet tutkittu riittäväällä näytemäärällä?

Millä menetelmillä tutkimukset on tehty?

- Suora/epäsuora tutkimusmenetelmä
- Rinnakkaiset tutkimusmenetelmät

Kuinka suuri hajonta tuloksissa on?

Bright  
ideas  
Sustainable  
change.

**RAMBOLL**

Lisätietoja:  
Jukka Lahdensivu,  
+358 400 733 852  
[jukka.lahdensivu@ramboll.fi](mailto:jukka.lahdensivu@ramboll.fi)