

Puupäivä 30.10.2025

Puuhyvä-hanke

PuuHyVä - Puu- ja hybridirakenteisen välipohjatuotteiden optimoinnin
innovaatioverkosto



Euroopan unionin
osarahoittama



Hankkeen päämäärä ja tavoite:

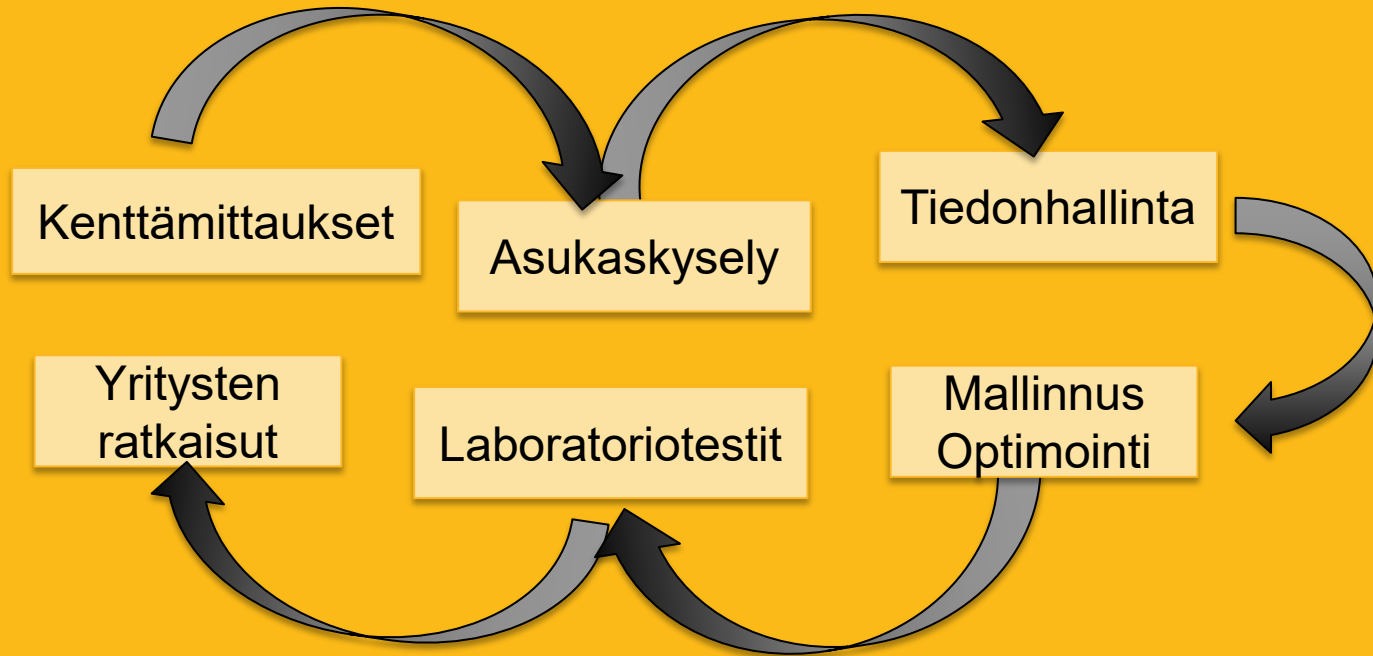
- Asukasviihtyvyyden parantumista. (asuntojen välinen äänieristys, värähtelyominaisuudet)
- Turvallisuuden lisääntymistä. (rakennuksen kokonaisjäykkyys, paloturvallisuus)
- Käyttäjälähtöisiä näkökulmia asuinolosuhteista.
- Uudet (digitaalisuuten perustuvat) suunnittelumenetelmät.
- Kustannustehokkuus rakentamisessa
- Prototyypin kautta uudenlaisia optimoituja tuotteita.
- Konsortion jäsenet Luke, TAU, XAMK, Karelia



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Puuhyvä toimintakuvaus



Euroopan unionin
osarahoittama



Kenttämittausten sisältö kohteessa:

- Ominaisistaajuuden värähtelymittaukset tiloissa
(Mittausten kesto 30 min mittaajat 2-4 henkilöä)
- Akustiikkamittaukset tiloissa
(kesto 2-4 tuntia mittaajat 2 henkilöä)
- Asumis- ja käyttömukavuuskysely tekeminen käyttäjiltä
(kesto noin 20 minuuttia)
- 360°-kuvaus mitattavasta tilasta kalusteiden massojen arvioimiseksi
(kesto 5 minuuttia)



Euroopan unionin
osarahoittama



Kenttämittaukset käytännössä

- Ominaisuuden värähtelymittaukset
 - Värähtelyt tuotetaan välipohjiin standardoidulla Japaninpallolla ja Heel-Drop menetelmien avulla. Näissä menetelmissä mittausta suorittava henkilö nousee varpailleen ja pudottautuu kantapäilleen saaden näin lattian värähtelemään sekä tekee japaninpallolla tiputustestin 1 metrin korkeudella saaden värähtelyn aikaiseksi. Lattian pinnalle sijoitetun mittalaitteen avulla mitataan värähtelyn ominaisuutta [Hz].
- Akustiikkamittaukset
 - Välipohjan askeläänien mittauksessa sijoitetaan askeläänikone mitattavan välipohjan yläpuoliseen tilaan ja äänimittauslaite välipohjan alapuoliseen tilaan.
 - Jälkikaiunta-ajan määrittäminen samalla äänimittauslaitteella.
 - Ilmäänimittauksessa sijoitetaan kaiutin mitattavan välipohjan yläpuoleiseen tilaan ja tuotettua ääntä mitataan välipohjan alapuoleisessa tilassa.



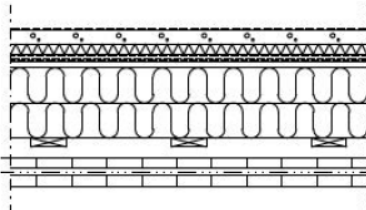
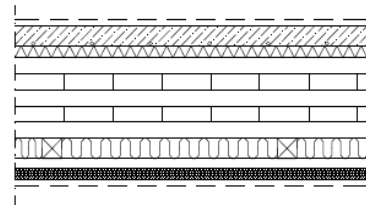
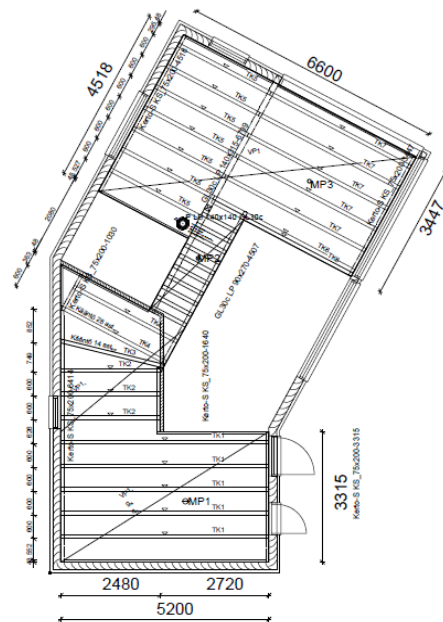
Euroopan unionin
osarahoittama



Kenttämittausten kohteiden rakenteet:



Rakennetyyppi	kpl
CLT elementtivälipohja	3
TK-palkit	3
LVL-vasat, paikalla rakennettu	2
Puupalkkivälipohja(tilaelementti)	2
Avokotelolaatta	1
CLT- liittolaatta	1
Easi-Joist-palkkivälipohja	1
Puukotelolaatta	1
Puupalkkivälipohja	1
Yhteensä	15



www.xamk.fi/puuhyva



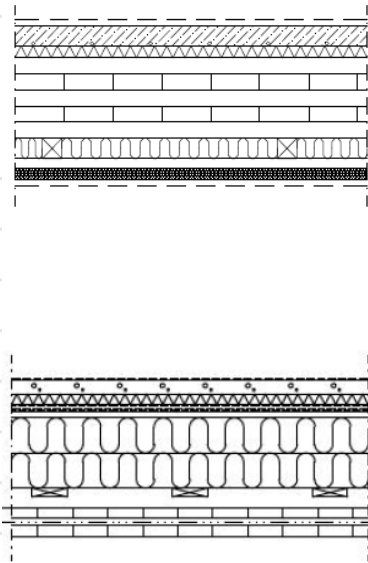
Euroopan unionin
osarahoittama



Kenttämittausten kohteiden tulokset:



Rakennetyyppi	Jänneväli	Ominaistaajuus Hz
LVL-vasat, paikalla rakennettu	9500 mm	13-19 Hz
Puupalkkivälipohja	4500 mm	17-21 Hz
TK-palkit	2000 mm - 6000 mm	14-29 Hz
Puukotelolaatta	7200 mm	11,24-11,58 Hz
CLT elementtivälipohja	5000 mm	12-15 Hz
Avokotelolaatta	7000 mm - 8000 mm	20 Hz
CLT- liittolaatta	3000 mmm	11-23 HZ
Easi-Joist-palkkivälipohja	7000-11000 mm	18-19 Hz



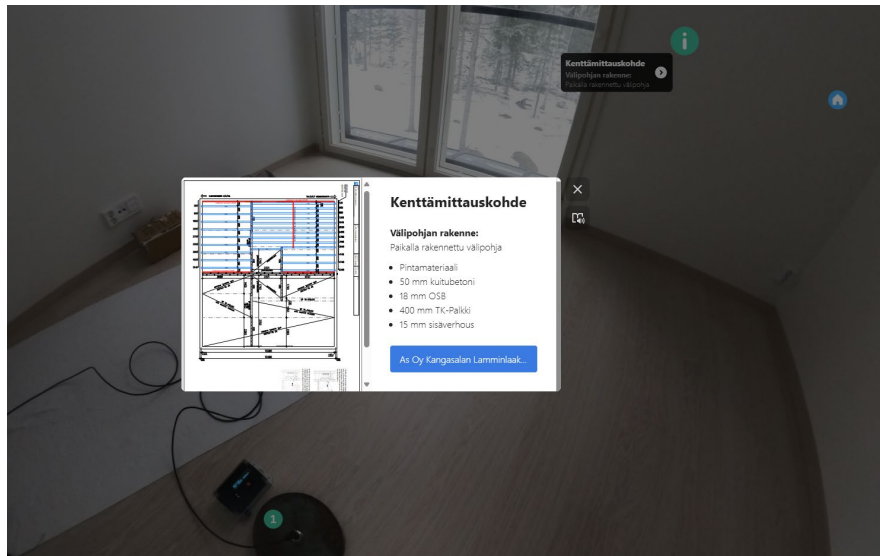
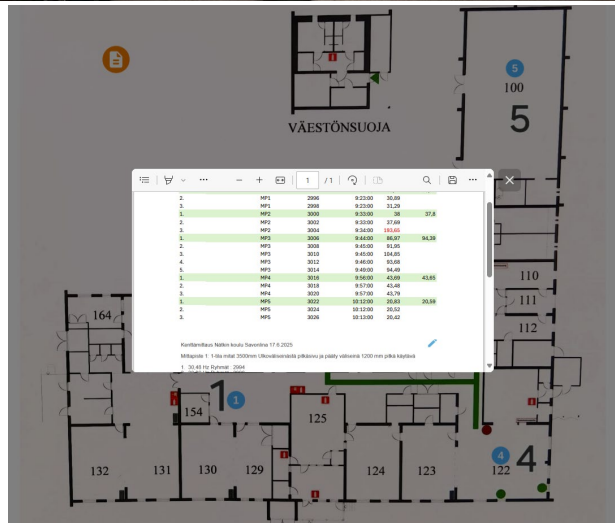
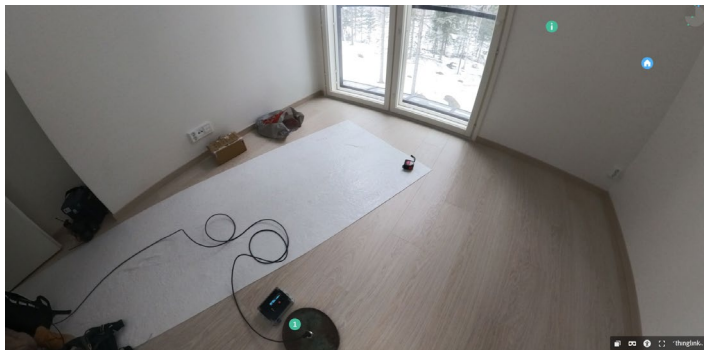
www.xamk.fi/puuhyva



Euroopan unionin
osarahoittama



Kenttämittausten tulokset esittely esimerkki kohteesta



360 thinglinkki ja Calculationtools.com pilvipalvelu

Kenttämittausten tulosten päätelmät



Kenttämittausten keskeiset havainnot

- Mittaustulokset osoittavat selkeän tarpeen optimoida välipohjaratkaisuja.
- Mitatut ominaisaajuudet kohteissa 1,5–3 kertaa korkeampia, kuin laskennalliset arvot → nykyiset suunnitelmat eivät vastaa mitattuja arvoja ja täten antavat liian massiivisia rakenneratkaisuja kansallisesti ja aiheuttaa kilpailukyvyn haasteen verrattuna ulkomaihin

Tutkimuksen merkitys

- Kenttämittaukset tarjoavat vertailutietoa optimointiin ja suunnittelun kehittämiseen.
- Kenttämittaukset tukee uusien välipohjaprototyyppien testauksen laboratoriossa verrannollisilla tuloksilla.

Hyödyt ja jatkotoimet

- Kustannustehokkaat ratkaisut voidaan todentaa mittauksin ja laboriotestein.
- Kehitetään uusia suunnittelutyökaluja ja ohjeita eri välipohjarakenteille.

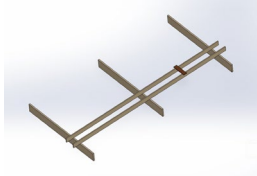


**Euroopan unionin
osarahoittama**

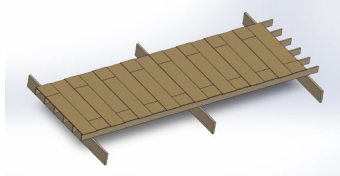


Laboratoriomittaukset

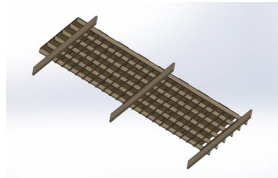
- Alin ominaistajuus & taipuma 1kN:n suuruisesta kuormasta
- Toisintoja kenttämittauskohteista + yksinkertaistettuja pienen mittakaavan koelattioita



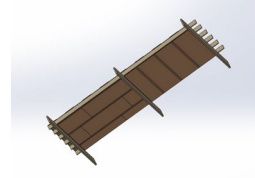
Palkit



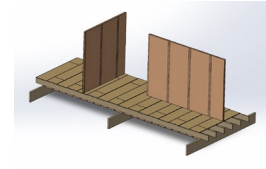
Levytyt



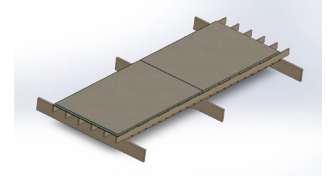
Koolaukset



Kipsilevyt



Väliseinät



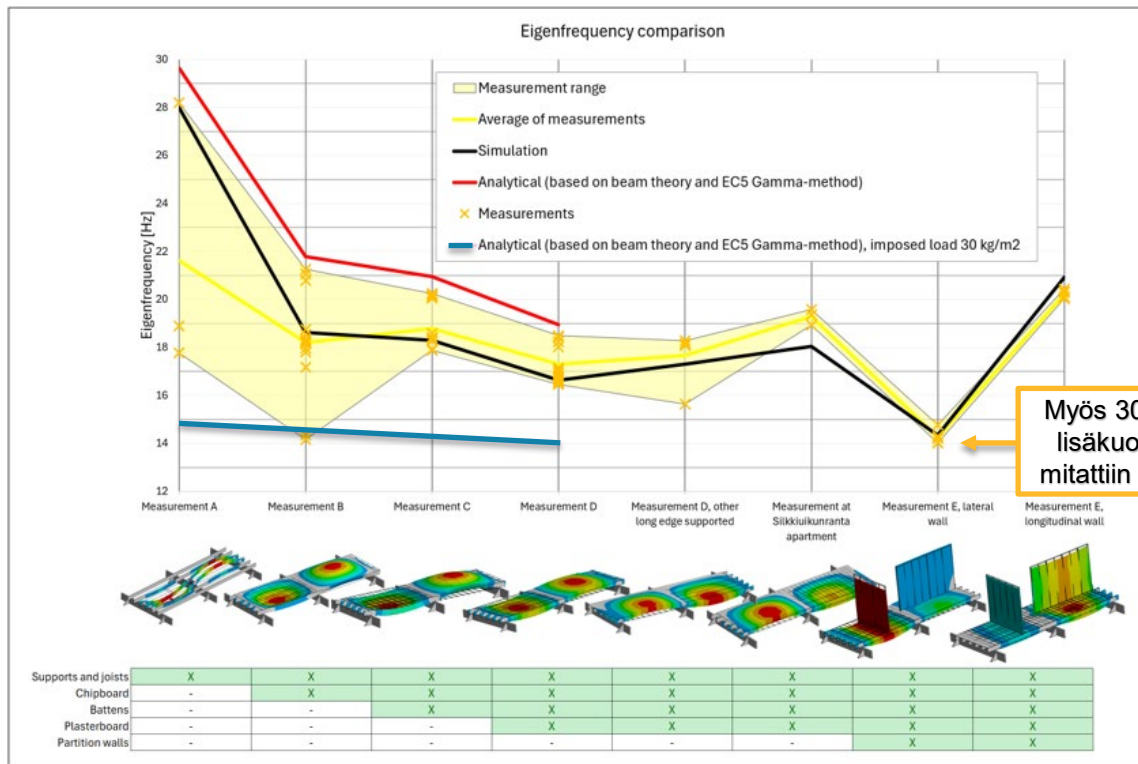
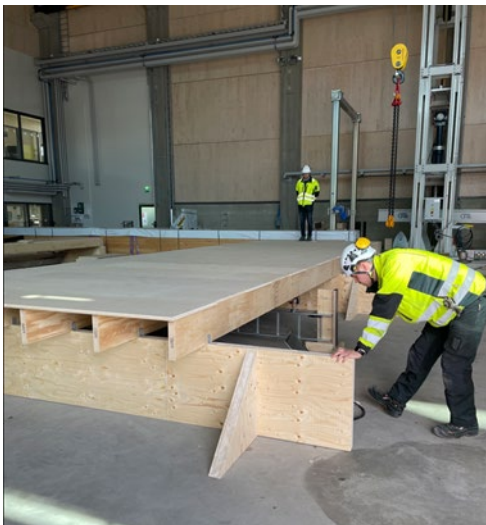
Betonivalu



Euroopan unionin
osarahoittama



Toisinto kenttämittauskohteesta



Euroopan unionin
osarahoittama



Laskennallinen:
9,1 Hz, 0,21mm
Mitattu:
13,6 Hz, 0,13mm



Pienen mittakaavan lattiat

- Yksiaukkoisista lattioista variaatioita, mm. eri tuentatapoja, erilaisia poikittaisjäykisteitä, k-jakoa optimoitu.
- Pääkannattimina LVL-S, TK-palkki ja Easi-joist

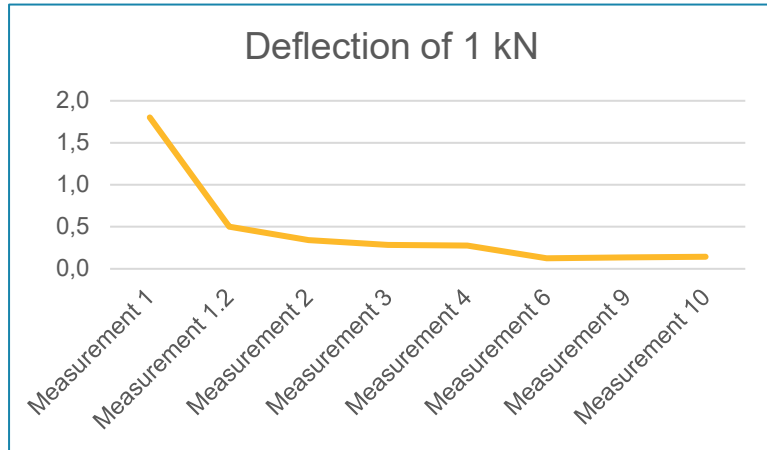


Euroopan unionin
osarahoittama



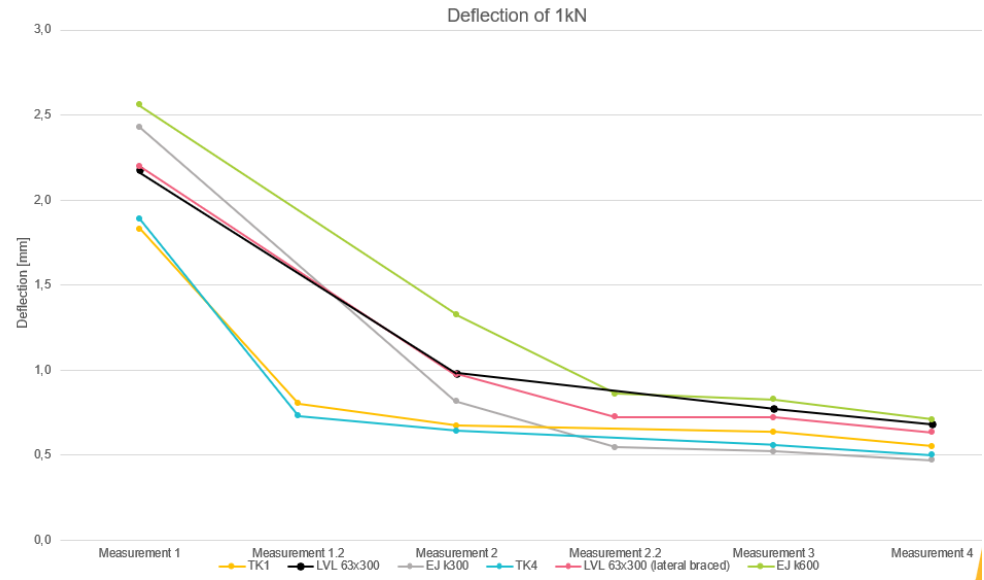
Taipumien kehitys kerros kerrokselta

TK-palkki lattia:



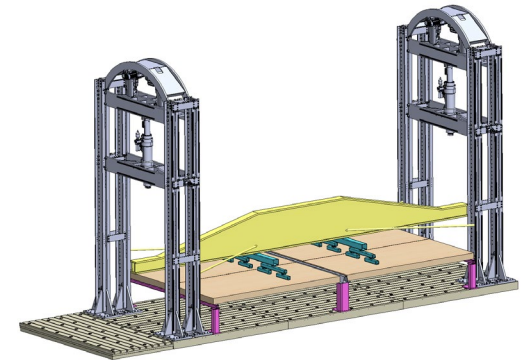
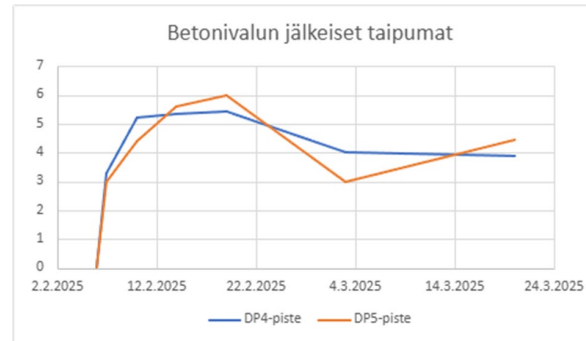
Taipuman ollessa mitoittava tekijä,
poikittaisjäykisteiden lisääminen on kustannustehokkain tapa lisätä kapasiteettia.
Varsinkin avonaisilla ristikkopalkeilla.

Pienen mittakaavan koelattiat:



Mitä seuraavaksi?

- Toinen erä pienen mittakaavan lattioita. Tutkitaan vielä mm. betonin alla eri alusmateriaaleja, sekä valunaikaisen tuennan vaikutusta
- Pääkannattimina I-palkki sahatavarasta + LVL-S
- CLT-liittolaatta
- Tulosten analysointia

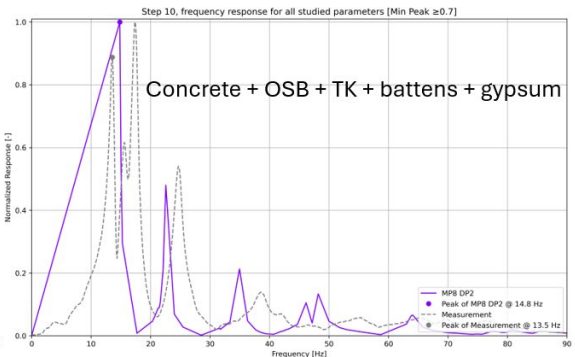
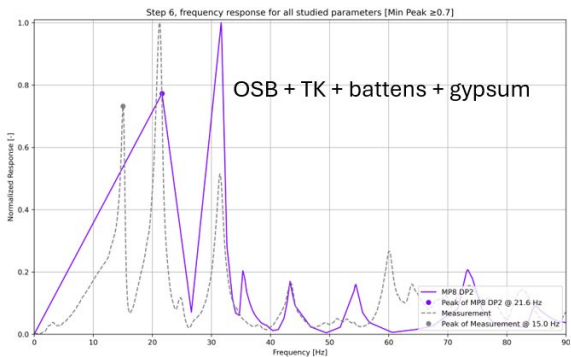
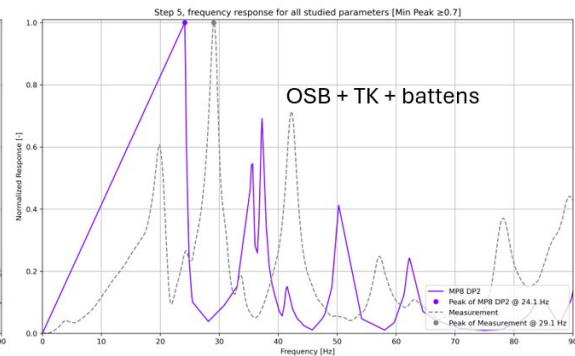
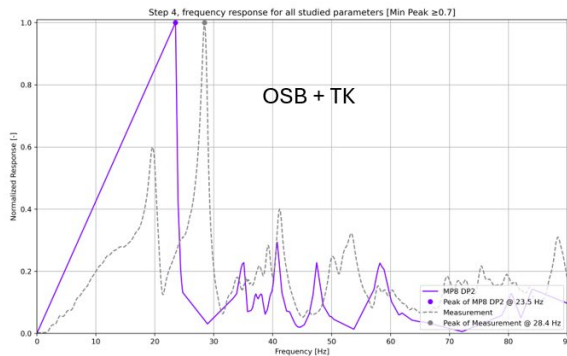


Euroopan unionin
osarahoittama



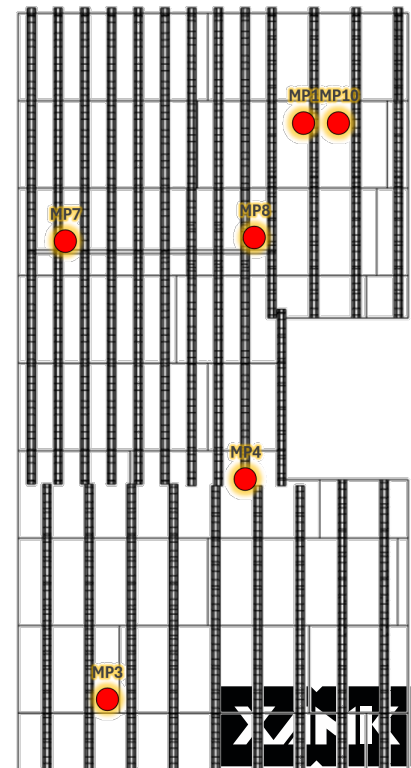
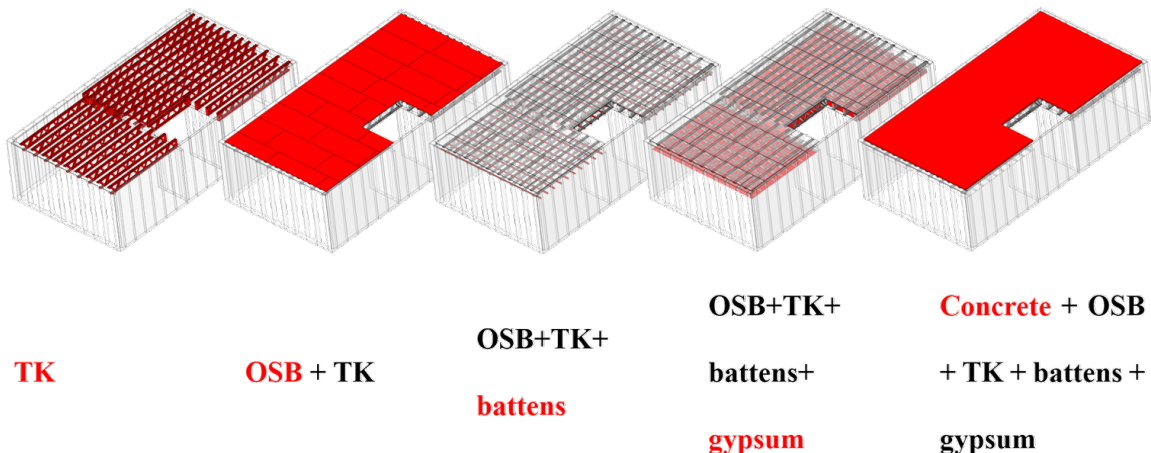
Simulaatiomenetelmä

- Rakenteen mallinnukseen käytetään elementtimenetelmää
- Ratkaisu lineaarisella dynaamiikkaratkaisijalla
- Ominaisaajuusanalyysi + harmonisen herätteen taajuusvasteanalyysi
- Taajuusvasteesta valitaan matalin taajuus, jolla ylitetään tietty (normalisoitu) amplitudiraja
- ”Oikea” tapa raja-amplitudin määrittämiseen ei ole selkeä, mutta sen valinta vaikuttaa selvästi simulointituloksiin



Simuloitava rakenne

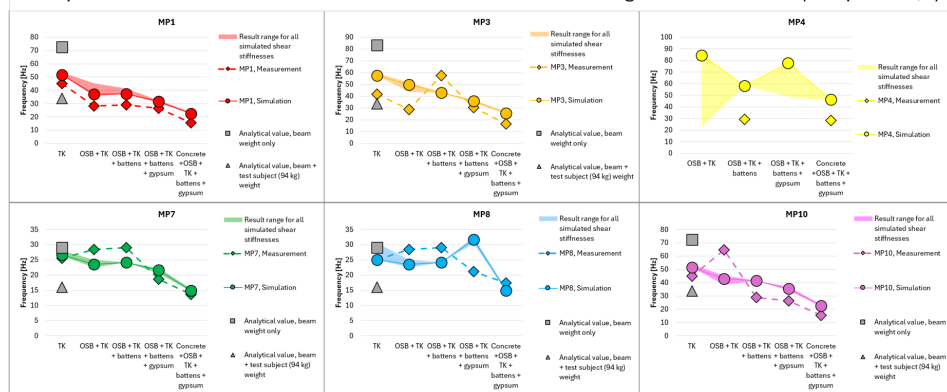
- Esimerkkinä välipohjarakenne Teerikolmion ristikkopalkeilla
- Sekä mittaukset että simulaatiot tehtiin jokaisessa rakennusvaiheessa; aina kun välipohjarakenteeseen lisättiin kerroksia
- Simuloinnit ja mittaukset tehtiin kuudelle eri pisteelle



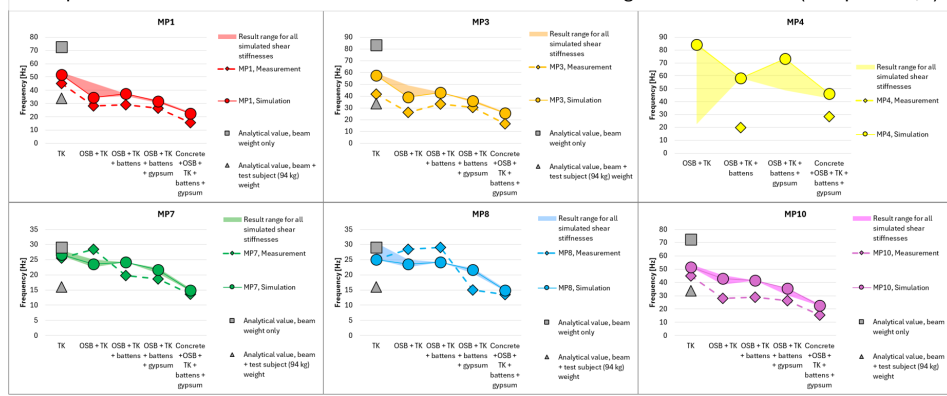
Simulaatituloksien vertailua mittauksiin

- Oikealla esitettynä kuuden tutkitun pisteen tuloksia mittauksista (katkoviiva) sekä simuloinneista (yhtenäinen viiva) rakennusvaiheittain
- Ylhäällä tulokset, kun amplitudiraja on 0,9, alla taas rajalla 0,7
- Nähdään, että sekä mittauksissa että simuloinneissa amplitudirajan valinta vaikuttaa valittuihin taajuuksiin
- Simulointi vastaa hyvin mittauksia, kun tarkastellaan keskellä rakennetta olevia pisteitä ja raskaampia (valmiimpia) rakenteita
- Mittauksissa herätteen antajan massa vaikuttaa tuloksiin kevyillä rakenteella; simulointimallissa tätä massaa ei ole huomioitu

Comparison of simulation and measurement results at different stages of construction (min peak $\geq 0,9$)



Comparison of simulation and measurement results at different stages of construction (min peak $\geq 0,7$)





Kiitokset

**Tervetuloa Standillemme 28
keskustelemaan.**



**Euroopan unionin
osarahoittama**

