



Iskusuojan käyttö teräsbetonipaalujen lyönnissä

Teemu Repo 12.9.2024

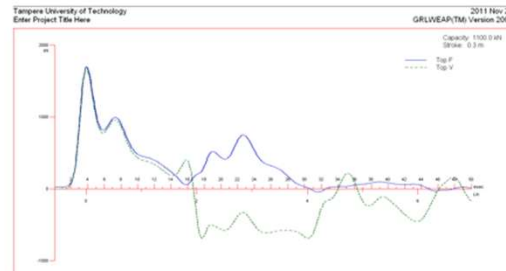
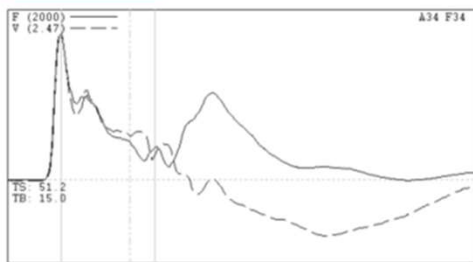
JUNTTAN

Teräsbetonipaalujen loppulyöntien revisiointi, 2014

▶ Paaluseminaari 2014 Lopetuslyöntitaulukot

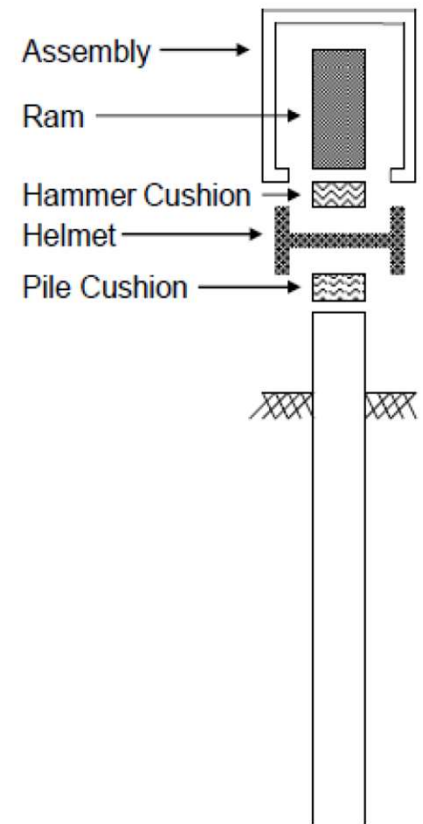
Iskusuojan mallintaminen hankalaa

- Iskusuojan puumateriaalia ei ole määritelty, eikä standardisoitu
 - Tammi, koivu, vaneri, kakkosnelonen, nylon, jne.
- Iskusuoja kuluu lyönnin aikana
 - Materiaalin paksuus ja kimmomoduuli muuttuu
- Millainen olisi hyvä iskusuojan malli?
- Pyritään mallintamaan mitatun signaalin mukainen alkuiskuaalto muuttamalla iskutyydyn materiaali ominaisuuksia (signaalit valittu tyypillisistä tapauksista PDA-mittauksissa)



Iskusuojan tehtävä

- “Kehyksen ja esivalmistetun betonipaalun väliin sijoitettava kappale, joka tavallisesti on puuta ja joka jakaa iskuvoimaa tasaisesti paalun päähän.” (Paalutusohje 2016).
- Iskusuojan tehtävä on
 - › Kontrolloida lyönti-impulssia $I=F\Delta t$
 - » Vaimentaa voimaa, jotta lyöntijännitykset eivät riko paalua.
 - » Kasvattaa iskun kestoja ja sitä kautta parantaa paalun tukeumaa.
 - › Jakaa iskuvoima tasaisesti koko paalun päähän.
 - › Eliminoida paalun pään epätasaisuuksista aiheutuvia jännityskeskittymiä.
 - › Vaimentaa vetojännityksiä paalussa.



Iskusuojan ominaisuudet

- Iskusuojan jäykkyys K
 - › $K = \frac{E \cdot A}{t}$
 - › E = Iskusuojan materiaalin kimmomoduuli
 - › A = Iskusuojan poikkileikkauksen pinta-ala
 - › t = Iskusuojan paksuus
- Iskusuojan tulee olla riittävän jäykkä, jotta lyönnin tehokkuus ei kärsi liikaa.
- Toisaalta liian jäykällä iskusuojoilla paalut voivat hajota.
- Teräsbetonipaalua lyötäessä iskusuojan jäykkyys ei saa ylittää 5000 kN/mm (Paalutusohje 2016).
 - › Koivu (uusi) $K \approx 350$ kN/mm
 - › ($E = 350$ MPa, $A=320 \times 320$ mm², $t=100$ mm)
 - › Koivu (loppuun käytetty) $K \approx 2000$ kN/mm
 - › ($E = 1000$ MPa, $A=320 \times 320$ mm², $t=50$ mm)
 - › Polyamidi muovi (nylon) $K \approx 2000-8200$ kN/mm
 - › ($E = 1200-3200$ MPa, $A=320 \times 320$ mm², $t=40-60$ mm)
 - › Polyeteeni muovi (Juntta J-Pad) $K \approx 1200-4350$ kN/mm
 - › ($E = 700-1700$ MPa, $A=320 \times 320$ mm², $t=40-60$ mm)
- Tuotelehden loppulyöntitaulukoissa $E=1000$ MPa.



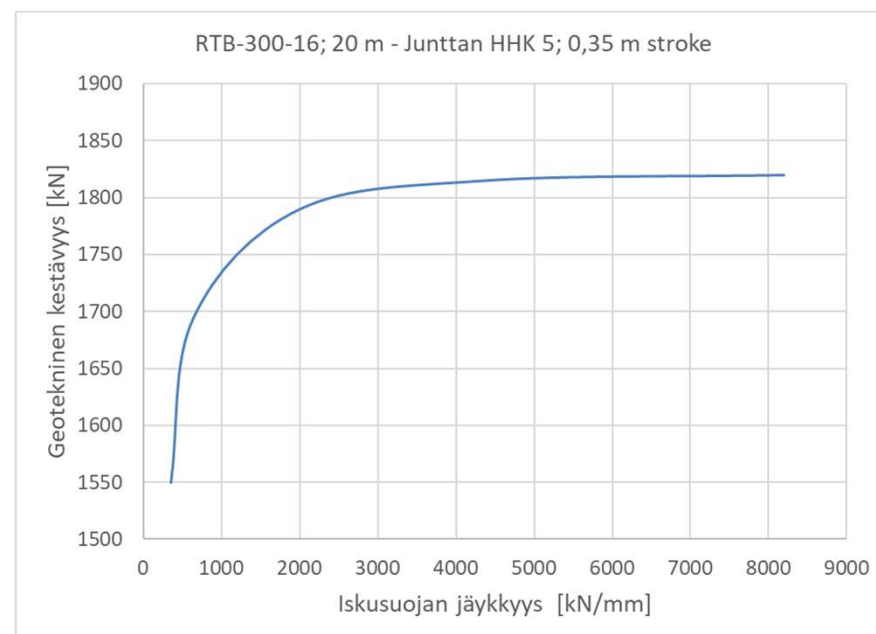
Junttan J-Pad

Iskusuojan vaikutus paalun geotekniseen kestävyys

- GRLWEAP

- › RTB-300-16
 - › Pituus 20 m
- › Junttan HHK 5
 - › Pudotuskorkeus 0,35 m
 - › Painuma 10 lyönnillä 20 mm

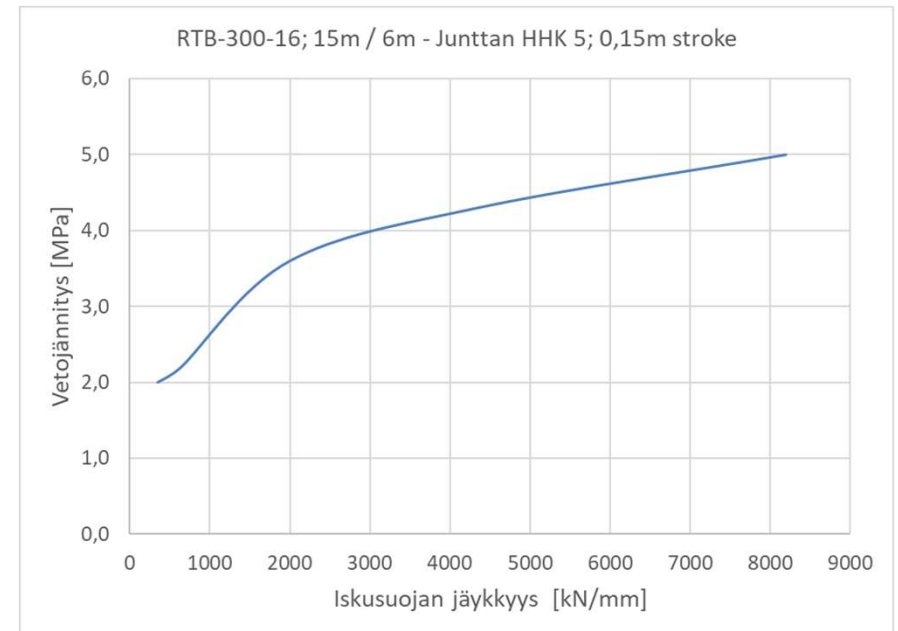
Iskusuojan jäykkyys [kN/mm ²]	350	640	2000	4350	8200
Iskusuojan tyyppi	Uusi puu	"Sisään-ajettu" puu	Loppuun käytetty puu	1400 MPa muovi	3200 MPa muovi
Paalun geotekninen kestävyys [kN]	1550	1695	1790	1815	1820



Iskusuojan vaikutus paalun vetojännityksiin

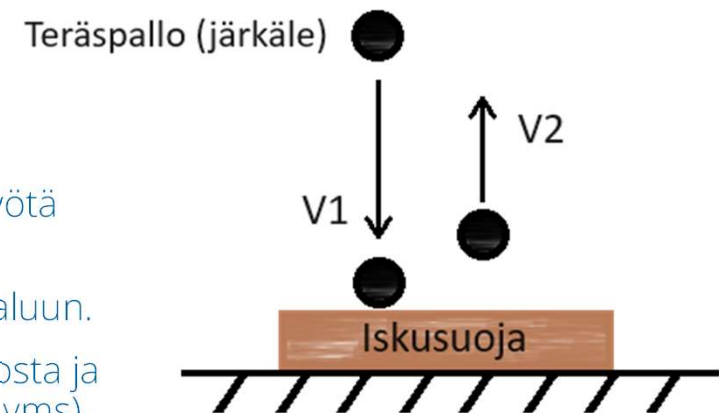
- GRLWEAP
 - › RTB-300-16
 - › Pituus 15 m
 - › Tunkeuma 6 m saveen
 - › Junttan HHK 5
 - › pudotuskorkeus 0,15 m

Iskusuojan jäykkyys [kN/mm ²]	350	640	2000	4350	8200
Iskusuojan tyyppi	Uusi puu	"Sisään-ajettu" puu	Loppuun käytetty puu	1400 MPa muovi	3200 MPa muovi
Paalun vetojännitys [MPa]	2,0	2,2	3,6	4,3	5,0



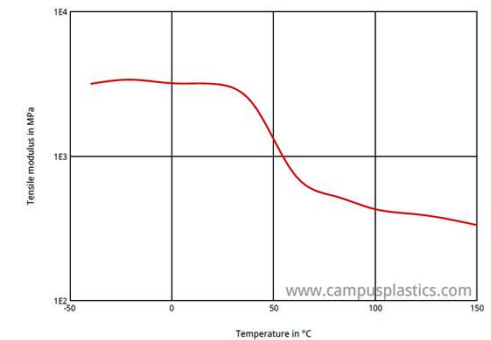
Iskusuojan ominaisuudet

- Kimmoisuusaste eli sysäyskerroin (e)
 - › $e = v_2/v_1$
 - » $e = 0$, täysin kimmoton törmäys
 - » $e = 0..1$, kimmoton törmäys
 - » $e = 1$ täysin kimmoisa törmäys
- Järkäleen lyönti(/liike-)energia muuttuu iskusuojassa sisäisen kitkan myötä lämmöksi ja kuluu pysyviin muodonmuutoksiin.
- Mitä suurempi e , sitä enemmän lyöntienergiaa saadaan siirtymään paaluun.
- Ei ole yksin materiaaliominaisuus vaan riippuu myös kappaleen muodosta ja törmäyksen laadusta (nopeus, törmäyskulma, pyörimisliikkeen muutos, yms).
- Lyöntipaalutuksessa sysäyskerroimen arvoja eri iskusuojamateriaaleille:
 - › Puu 0,5-0,8
 - › Alumiini 0,8
 - › Teräs 0,85
 - › Muovi 0,84-0,92



Iskusuojan materiaalit

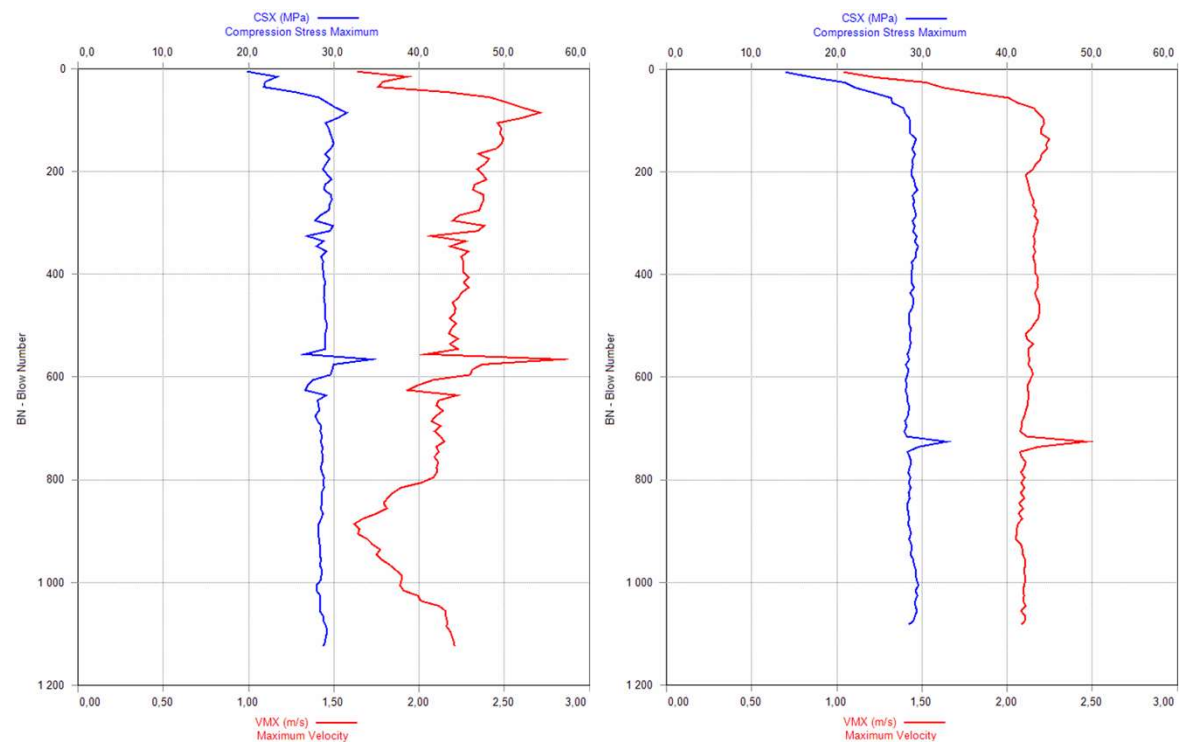
- Puu, usein kuivaa lehtipuuta (koivua, pyökkiä, tammea).
 - › Jäykkyys vaihtelee suuresti käytön aikana.
 - › Uusi iskusuoja ei kovin tehokas (pieni e).
 - › Syttyy palamaan (tulityö) ja aiheuttaa terveydelle haitallista savua.
 - › Palaminen myös aiheuttaa vastapainetta renussa.
- Polyamidi-muovi (nylon)
 - › Kestävä ja välittää iskun tehokkaasti paaluun.
 - › Ominaisuudet vaihtelevat suuresti iskusuojan lämpötilan mukaan.
 - › "Kylmänä" tyypillisesti liian jäykkä (paalun pään jännitykset ja vetojännitykset) ja vaatii lämmittelyä pienellä lyönnillä.
Lämpeneekö kevyessä lyönnissä riittävästi?
 - » 20 °C => ~3000+ MPa
 - » 50 °C => ~1200 Mpa
 - › Syttymislämpötila lähes sama kuin sulamislämpötila, voi tapahtua palamista => myrkykaasuja.
- Polyeteeni-muovi (Junttan J-Pad)
 - › Kestävä ja välittää iskun tehokkaasti paaluun.
 - › Saatavilla eri jäykkyydellä 700-1700 MPa.
 - › Jäykkyys vakio 80 °C asti.
 - › Ei pala (sulaa aiemmin) => ei terveydelle haitallista savua.
 - › REACH luokittelu: ei-vaarallinen.
 - › Veteen liukenematon DIN ISO 62.
 - › Kierrätettävä
- Maailmalla myös mm. vaneri yleisesti käytössä, pitkälti kuin puu.



Junttan

Lyöntikokeiden iskusuojista mitattua kokemusta

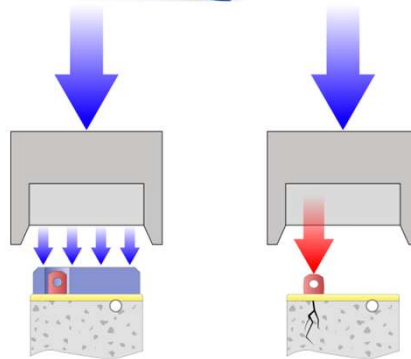
- Leimet lyöntikoe RTB-300-16 paalulle.
- SFS-EN 12794:
 - › 1000 lyöntiä
 - › Jännitystaso 28 MPa.
- Käytännössä lyödään kalliota tms. vasten (riittävä puristusjännitys, ilman suurta vetojännitystä).
- Melko raju testi myös iskusuojalle normaaliin keskimääräiseen paalun asentukseen nähden.
- Kuvissa sinisellä mitattu lyöntijännitys ja punaisella maksimi partikkelinopeus
 - › Vasemmalla: uusi puinen iskusuoja
 - › Oikealla: Junttan J-Pad iskusuoja



Muuta huomioitavaa

- PO-2016: Paaluttaja vastaa, ettei iskusuojan paksuus poikkea nimellispaksuudesta yli 50%.
- Tuotelehti: Iskusuojan kunto tarkastettava ennen jokaista paalua
- Jatkopaalun alapaalua lyötäessä tulee jatkos suojata erikseen lyöntilevyllä
- Lyöntilevy suunniteltu käytettäväksi jatkoksen suojaukseen, liian jäykkä iskusuojaksi.

Emeca lyöntilevy



Yhteenveto

- Hyvä iskusuoja suojaa paalua liian suurilta jännityksiltä, mutta välittää myös lyönnin voiman/energian paaluun tehokkaasti.
 - › Jäykkyys $K = \sim 1500 \dots 2000$ MPa (ehtoo puolella oleva koivu / esilämmitetty nylon / Junttan J-Pad)
 - › Kimmoisuusaste $\geq 0,9$: isompi => parempi
- Hyvällä iskusuojalla myös ominaisuudet pysyvät mahdollisimman vakiona työn eri vaiheissa, eikä ole terveydelle haitallinen.
- Iskusuojan ongelmia tunnistettu (Paaluseminaari 2014), ratkaisuja luotu, tarvitaan käyttöönotto.
 - › PTL3 edellytyksenä aina PDA-mittaus => samat loppulyönnit, erilaiset iskusuojan ominaisuudet => eri PDA-tulos.
 - › PTL3:een vaatimuksia myös iskusuojalle?
- “Talot pysyneet pystyssä tähänkin asti.”
 - › Pitkällä aikavälillä trendi on, että tieto (laskentamallit yms.) tarkentuu => mitoituksen marginaalit pienenee.
 - › Hallitaan muuttujat => säästetään terästä (€)



Thank you!

JUNTAN.COM



Teemu Repo | +358 50 438 7200 | teemu.repo@juntta.com

JUNTTAN