

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013



► Inspecta Group

About Us

- Finnish company with over 30 years of experience with trust and quality in Northern Europe.
- Operations in Finland, Sweden, Norway, Denmark, Latvia, Estonia, Lithuania with 1400 employees and 75 000 customers
- Main services
 - Testing
 - Inspection
 - Certification
 - Consulting
 - Training
- Over 10 years of experience from pile testing and product development



► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 28.11.2013

Teräsbetonipaalutusta Norjassa ja Suomessa



Ja lopetuslyöntien laadintaperusteita Suomessa ja Ruotsissa

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Yleistä

Teräsbetonipaalutus Norjassa ja Suomessa

- Molemmissa maissa paalujen suunnittelu pohjautuu eurokoodeihin ja niiden kansallisiin liitteisiin
- Molemmissa maissa ohjeet paalutuksen suorittamiseen pohjautuvat eurooppalaisiin toteutusstandardeihin, materiaalistandardeihin yms. (EN 12794, EN 12699...)
- Paalutukselle on laadittu tarkemmat kansalliset ohjeet Suomessa Paalutusohje 2011 ja Norjassa Peleveledning 2012
- Ohjeen laatija Norjassa Den norske Pelekomite ja Suomessa SGY:n paalutustoimikunta, eli hyvin samanlaiset organisaatiot kyseessä
- Edellinen ohje Norjassa Peleveledning 2005 Suomessa SPO-2001, LPO-2005 ja PPO-2007

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **Yleistä**

Teräsbetonipaalutus Norjassa ja Suomessa

- Suomalaisissa ja norjalaisissa ohjeissa kaikki paalutyypit ovat samassa ohjeessa asennustavasta riippumatta
- Hinta Peleveledningen 1400 NOK (169€) PO 2011 134€

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Geotekninen mitoitus korrelaatiokertoimet

Taulukko 4.1. Korrelaatiokertoimet ξ ominaisarvon johtamiseksi staattisista koekuormituksista (n = koekuormitettujen paalujen lukumäärä).

n^*	1 / 2 %	2 / 10 %	3 / 50 %	4 / 75 %	5 / 100 %
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

* Lukumäärällä n tarkoitetaan geoteknisen kestävyyskannalta samanlaisissa pohjasuhteissa tehtyjen samanlaisten paalujen mittauksen lukumäärää tai osuutta paalujen kokonaismäärästä. Kappalemäärän tai prosenttiosuuden mukaan valitaan se, jonka perusteella saadaan pienempi korrelaatiokerroin.

Tabell NA.A.9: Korrelasjonsfaktorer - Statistiske prøvebelastninger

Korrelasjonsfaktorer ξ for å utlede karakteristiske verdier fra statistiske prøvebelastninger (n - antallet peler som prøves)

ξ for $n=$	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

Tidligere ekvivalent materialkoeffisient γ_e var 1,4 uavhengig av antall tester. NS-EN 1997-1 gir et insitament til å utføre flere prøvebelastningsforsøk.

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Geotekninen mitoitus korrelaatiokertoimet

Taulukko 4.4. Korrelaatiokertoimet ξ ominaisarvon johtamiseksi pohjatutkimustuloksista (n = tutkimusprofiilien* lukumäärä).

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,85	1,77	1,73	1,69	1,65	1,62	1,60
ξ_4	1,85	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40

*suunnittelualueen :
paalujen lukumäärä.
jainnin luotettavasti t
vähintään yhtä suur

ξ for $n=^a$	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3^b	1,55	1,55	1,45	1,45	1,45	1,35	1,35
ξ_4^b	1,55	1,55	1,33	1,33	1,33	1,20	1,20

^a Antall prøvingsprofiler n er å forstå som:

$n=1$ og $n=2$ angir anbefalte verdier for ξ forutsatt at kjennskapet til grunnforholdene er begrenset samtidig som det forventes betydelige variasjoner i grunnforholdene.

$n=3$ til $n=5$ angir anbefalte verdier for ξ forutsatt normalt god kjennskap til grunnforholdene.

$n=7$ og $n=10$ angir anbefalte verdier for ξ forutsatt at omfattende felt- og laboratoriedata foreligger, og forutsatt at usikkerhetene i vurderingene av jordparametrene er små.

^b Dersom dynamisk slagprøving brukes til påvisning av verdier beregnet fra resultater fra grunnundersøkelser, og den dynamiske slagprøvingen gir høyere karakteristisk verdi enn beregnet verdi, kan verdiene for ξ_3 til ξ_6 multipliseres med en modellfaktor på 0,90

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Geotekninen mitoitus korrelaatiokertoimet

Taulukko 4.10. Korrelaatiokertoimet ξ ominaisarvojen johtamiseksi dynaamisista koekuomituksista (n = koestettujen paalujen lukumäärä).

n^*	2–4/1–4 %	5–9/5–39 %	10–14/40–64 %	15–19/65–89 %	$\geq 20/90–100$ %
ξ_5	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_6	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

*Lukumäärällä n tarkoitetaan geoteknisen kassa tehtyjen samanlaisten paalujen mittauksista. Kappalemäärän tai prosenttiosuuden pienempi korrelaatiokerroin.

ξ -arvot kerrotaan mallikertoimella 1,05 tuudet vaihtelevat voimakkaasti tai vastoin on vähäinen.

ξ -arvot voidaan kertoa mallikertoimella

ξ -arvot voidaan kertoa luvulla 0, paalut tukeutuvat luotettavasti ja kestävyys riippuu lähinnä sen ra

Mikäli perustuksessa on erilaisia paaluja lään erillisinä, kun paalujen lukumäärä

ξ for $n=$	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
ξ_5	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_6	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

^a ξ -verdiene i tabellen gjelder for dynamiske slagprøvinger.

^b ξ -verdiene kan multipliseres med en modellfaktor på 0,85 ved bruk av dynamiske slagprøvinger med sammenfallende signaler.

^c ξ -verdiene bør multipliseres med en modellfaktor på 1,10 ved bruk av en rammeformel med måling av forskyvning av toppen av en tilnærmet elastisk pel under slagprøvingen.

^d ξ -verdiene skal multipliseres med en modellfaktor på 1,20 ved bruk av en rammeformel uten måling av forskyvning av toppen av en tilnærmet elastisk pel under slagprøvingen.

^e Hvis det finnes forskjellige peler i fundamenteringen, bør gupper av tilsvarende peler vurderes for seg ved valg av antallet prøvepeler n .

^f Dersom dynamisk slagprøving brukes til å verifisere verdier beregnet fra resultater fra grunnundersøkelser, og den dynamiske slagprøvingen gir høyere karakteristisk verdi enn beregnet verdi, kan verdiene for ξ_3 til ξ_6 multipliseres med en modellfaktor på 0,90.

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Geotekninen mitoitus osavarmuuskertoimet

Taulukko A.6(FI) – Syrjäyttävien paalujen kestävyys osavarmuusluvut

Kestävyys	Merkintä	Sarja R2
Kärki	γ_b	1,20
Vaippa (puristus)	γ_s	1,20
Kokonais-/yhdistetty (puristus)	γ_t	1,20
Vedetty vaippa:		
- lyhytaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,35
- pitkäaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,50

Taulukko A.7(FI) – Kaivettujen paalujen kestävyys osavarmuusluvut

Kestävyys	Merkintä	Sarja R2
Kärki	γ_b	1,20
Vaippa (puristus)	γ_s	1,20
Kokonais-/yhdistetty (puristus)	γ_t	1,20
Vedetty vaippa:		
- lyhytaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,35
- pitkäaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,50

Taulukko A.8(FI) – CFA-paalujen kestävyys osavarmuusluvut (γ_R)

Kestävyys	Merkintä	Sarja R2
Kärki	γ_b	1,20
Vaippa (puristus)	γ_s	1,20
Kokonais-/yhdistetty (puristus)	γ_t	1,20
Vedetty vaippa:		
- lyhytaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,35
- pitkäaikainen kuormitus	$\gamma_{s,t}$	1,50

Tabell NA.A.6: Partialfaktorer for motstand (γ_R) for rammede peler ^a

Motstand	Symbol	Sett
		R2
Spissmotstand	γ_b	1,1
Sidefriksjon (trykkpel)	γ_s	1,1
Total bæreevne (trykkpel)	γ_t	1,1
Sidefriksjon for strekkpel	γ_{st}	1,2

Tabell NA.A.7: Partialfaktorer for motstand (γ_R) for borede peler ^a

Motstand	Symbol	Sett
		R2
Spissmotstand	γ_b	1,3
Sidefriksjon (trykkpel)	γ_s	1,3
Total bæreevne (trykkpel)	γ_t	1,3
Sidefriksjon for strekkpel	γ_{st}	1,4

Tabell NA.A.8: Partialfaktorer for motstand (γ_R) for peler utgravd med kontinuerlig augerbor (CFA-pel) ^a

Motstand	Symbol	Sett
		R2
Spissmotstand	γ_b	1,2
Sidefriksjon (trykkpel)	γ_s	1,2
Total bæreevne (trykkpel)	γ_t	1,2
Sidefriksjon for strekkpel	γ_{st}	1,3

^a Pelen dimensjoneres i henhold til prosjekteringsstandarden for det aktuelle pelematerialet. Ved dimensjonering av pelen skal det tas hensyn til at ujevne grunnforhold som for eksempel blokker eller lagdelt sterkt skrående fjell, kan påføre pelen en krumning som reduserer dens bæreevne. Typiske reduksjonsfaktorer er fra 0,6 til 0,9. Ytterligere veiledning finnes i peleveiledningen.

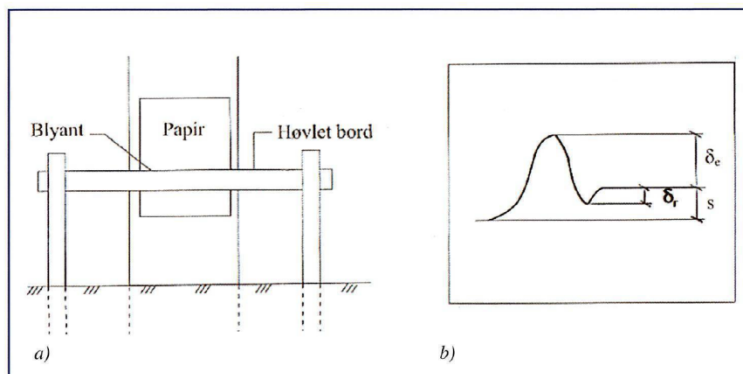
► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Paalujen mitoitus laskemalla

- Peleveledningen esittää paalujen mitoitukseen staattisia kantavuuskaavoja, jotka ottavat huomioon paikalliset olosuhteet –esimerkiksi savet
- Dynaamisia paalutuskaavoja voidaan myös käyttää. Vastaava paalutuskaava kuin PO 2011, mutta PO 2011 ottaa kertoimilla K1-K3 huomioon järkäletyypin, iskutyynyn ja maaperän. Norjassa käytetään yhtä kerrointa $\eta = 0,3-0,9$

$$R_{c;k} = \frac{\eta \cdot W \cdot h \cdot 1/\xi}{\left[s + \frac{\delta_e}{2} \right]}$$

$$R_c = k_3 \cdot \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot W_h \cdot h}{s + \frac{1}{2} \cdot C}$$



▶ **BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013**

Paalujen mitoitus

- Yleisimmin mitoitus tehdään PDA-mittauksilla ja CAPWAP analyysillä
- Kitkapaaluja mitoitetaan yleensä CPT- ja CPTU kairausten perusteella
- Kitkapaalujen mitoituksessa otetaan huomioon aikatekijä – vaippavastus kasvaa tietyllä tavalla aikayksikössä

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lyöntijännitykset

Peleveiledningen antaa kaavan lyöntijännitysten arviointiin:

$$\sigma_{\max} = f_w \cdot \sigma_0 = f_w \cdot f_0 \cdot \sqrt{\rho \cdot g \cdot h \cdot E}$$

$f_0 = 1,0 - 1,2$ for meget effektivt utstyr, for eksempel hydraulikklodd på vertikale peler

$f_0 = 0,7 - 0,8$ for konvensjonelt fallodd i meget god stand

$f_0 = 0,5 - 0,6$ for lette fallodd med store friksjonstap i lodd og slaghet, og ved skråpeler

Tabell 4.8 Anbefalte verdier for f_w faktoren

	Under nedramming Moderat rammemotstand $s > 5$ mm/ slag			Under sluttramming Betydelig spissmotstand $s < 1$ mm/ slag		
Friksjons- motstand	Liten	Middels	Stor	Middels	Liten	
Spiss- motstand	Liten		Middels	Moderat	Stor	Meget stor
Trykk	1,0	1,0	1,0	1,2 til 1,3	1,3 til 1,5	1,5 til 1,8
Strekk	-1,0 til -0,8	-0,8 til -0,4	-0,4 til -0,1	Strekk kan oppstå i det reflektert bølge når peletopp		

Tabell 4.7 Materialkonstanter for ulike pelematerialer

Materiale	E [kPa]	ρ [t/ m ³]	c [m/ s]
Stål	2,10E+08	7,85	5200
Betong	0,35E+08	2,5	3700
Tre	0,10E+08	0,7	3800

Upotuslyöntien aikaiset vetojännitykset pahimmassa tilanteessa

$$\sigma = -1,0 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2,5 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 35000000} = -4632 \text{ kPa (4,6 MPa)}$$

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **Lyöntijännitykset**

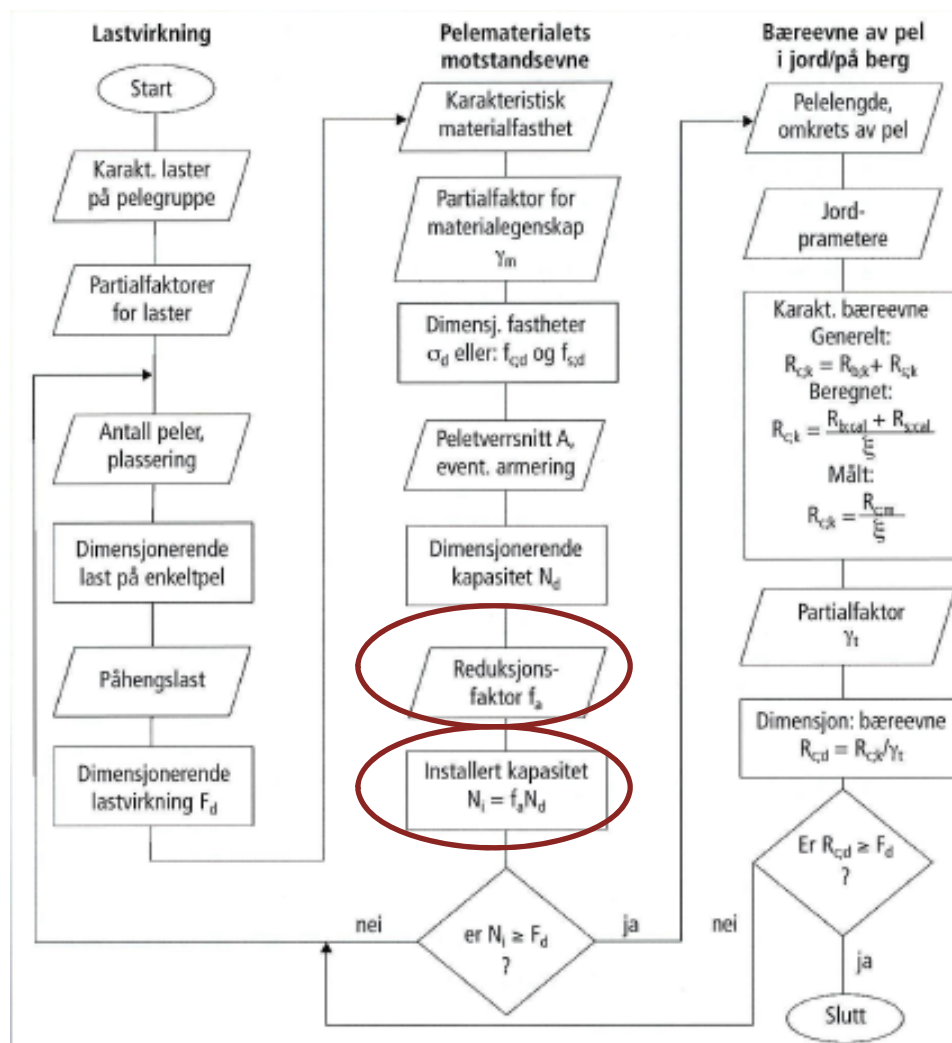
Tai vaihtoehtoisesti lyöntijännitykset voidaan laskea esimerkiksi GRLWEAP ohjelmalla

vertaa

PO 2011: Paaluvalmistaja ohjeistaa asennuksen, mukaan lukien sallitut pudotuskorkeudet.

-> Suomessa kaikki laskelmat tehty mallintamalla

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 Norjalainen mitoitusmenetelmä



► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Installert kapasitet

- *Installert kapasitet:*

$$N_i = N_{c,Rd} \cdot f_a$$

Tabell 1.2 Anbefalte reduksjonsfaktorer

Vurderte forhold	f_a
Gunstige	0,90
Midlere	0,75
Ugunstige	0,60

- N_c = paalun rakenteen mitoituskestävyys
- Redusointikerroin f_a :han vaikuttaa esim
 - Paalun käyryys, paalun lyöntimäärä, asennusmenetelmä poraus/lyönti, korroosio, geometrinen suhde, virheet paaluissa yms...
 - Vertaa PO 2011 paalutustyöluokat PTL 1-PTL 3

Teräsbetonipaalu	$\leq 0,8 \cdot f_{ck} \cdot A_c^a$	PTL3: $R_{k;geo;max} \leq F_{c;lyönti}$ PTL2: $R_{k;geo;max} \leq 0,8 \cdot F_{c;lyönti}$ PTL1: $R_{k;geo;max} \leq 0,6 \cdot F_{c;lyönti}$
------------------	-------------------------------------	---

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **Paalutyypit**

Norjassa käytetyt paalutyypit ja tyypillinen laskennallinen kapasiteetti (rakenteellinen)

Tabell 3.1. Typiske kapasiteter og lengder for de mest aktuelle peletypene.

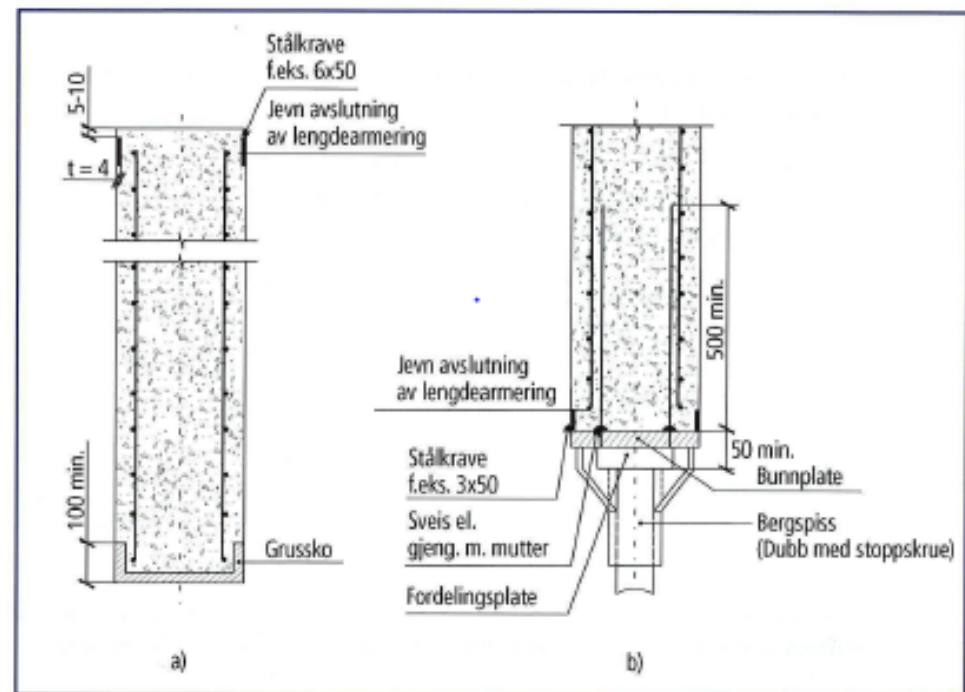
Peletype	Dimensjonerende tverrsnittskapasitet uten opptredende moment [kN]	Aktuelle pelelengder [m]
Betongpeler	1 500 – 3 000	8 – 50
Stålpeler	2 000 – 7 000	20 – 70
Rammede stålrørspeler	4 000 – 16 000	20 – 70
Borede stålrørspeler	8 000 – 25 000	10 – 50
Stålkjernepeler	1 000 – 5 700	5 – 70
Plaststøpte peler (pilarer)	5 000 – 25 000	5 – 50

-Vertaa Suomessa (RT tuotelehti) Rd;max 900-2700 kN

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Paalutyypit

- Norjalaiset paalutyypit P230, P270 ja P345
- Ympäristöluokka paalutyypin perässä (Miljöklass) NA (normaalipaalu) tai MA (aggressiiviset olosuhteet) esim P270NA
- Norjassa valmistetaan noin 200 000 m tb-paaluja vuodessa (30% P230, 65% P270 ja 5% P345)
- Betoni B45
- Betoniteräs B500NC
- TB250a,b,(c) TB300a,b,c TB350a
- Suomessa valmistetaan... km?
- Betoni C35/45, C40/50
- Betoniteräs A700HW



► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Paalujen osat



Figur 5.2 Typisk pelespiss.



Figur 5.3 Typisk peleskjøt.



Figur 5.4 Låsebolter til peleskjøt.

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 Paalutuskalustot



BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **PO 2011 vs Peleveledningen 2012**

Yhteenveto teräsbetonipaalujen lyönti Norjassa ja Suomessa

- Paalutuskalustot samanlaisia
- Paalukoot erilaisia, Norjassa pienemmät paalukoot, mutta otetaan enemmän irti paaluista
- Kalliokärjet järeämpiä kuin Suomessa käytetyt
- Lopetuslyöntitaulukoita paaluille ei ole

- Ohjeet loppujen lopuksi hyvin samankaltaisia
- Ohjeissa on otettu kansalliset työtavat ja pohjasuhteet huomioon
- PDA-mittaus ja CAPWAP yleisin menetelmä paalun geoteknisessä mitoituksessa

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **Lopetuslyönnit**

Lopetuslyönnit Suomessa ja Ruotsissa

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit

Lopetuslyöntien laadintaperusteet PO 2011

- Lopetuslyönnit laaditaan iskuaaltoanalyysin avulla
- Paalun lyönti mallinnetaan esimerkiksi GRLWEAP-ohjelmalla
- PO 2011 antaa ohjeet loppulyöntien laskentaan
- Laskentaan vaikuttavat parametrit
 - Oletus tukipaalu: paalukuorma 80% paalun kärjellä ja 20% paalun vaipalla
 - Maaparametrit annettu (quake ja vaimennuskerroin)
 - Iskusuojalle määritetty keskimääräiset parametrit
 - Pudotuskorkeus valittu siten, että paalun painuma sarjalla 10-30 mm
 - Pudotuskorkeutta rajoittaa toki paalun jännitykset
- Sovellettava varmuuskerroin iskuaaltoanalyysissä , kun lasketaan paalun geoteknisen puristuskestävyyden mitoitusarvo $R_{c;d} = 1,05 \cdot \xi_5 \cdot \gamma_t \rightarrow 1,05 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 1,764$

▶ BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit-maamalli

- Tukipaalujen loppulyöntiohjeita laskettaessa käytetään seuraavanlaista mallia: paalun vaippavastus on jakautunut tasaisesti alaspäin kasvavaksi kolmioksi ja vaippavastus on 20% paalun kokonaisvastuksesta.
- Määritettäessä tukipaalujen loppulyönnejä iskuaaltoteoriaan perustuvilla simuloinneilla käytetään seuraavia dynaamisia maaparametreja:
- J_t 0,5 Smithin vaimennuskerroin, [s/m]
(Pålkommissionen rapport 92 suositus)
- J_s Smithin vaimennuskerroin paalun vaipalla kitkamaat $J_s=0,16$ s/m
koheesiomaat $J_s=0,65$ s/m
- q_t $d/120$ mm, kuitenkin ≥ 1 mm
- q_s 2,5 mm paalun vaippaa ympäröivän maan kimmainen
kokoonpuristuminen ennen murtumista

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

• Lopetuslyönnit- paalu ja järkäle

- Paalu mallinnetaan
 - Kimmomoduuli E (lasketaan)
 - Paalun tilavuuspaino 2500 kg/m^3
 - Paalun dimensiot ja paalupituus (haluttu paalupituus)
-
- Järkäle voidaan mallintaa itse järkäleen dimensioiden ja massojen ja materiaalien mukaan, tai voidaan käyttää suoraan ohjelmiston järkälekirjastoa.

$$E = 23000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3}$$

▶ **BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013**

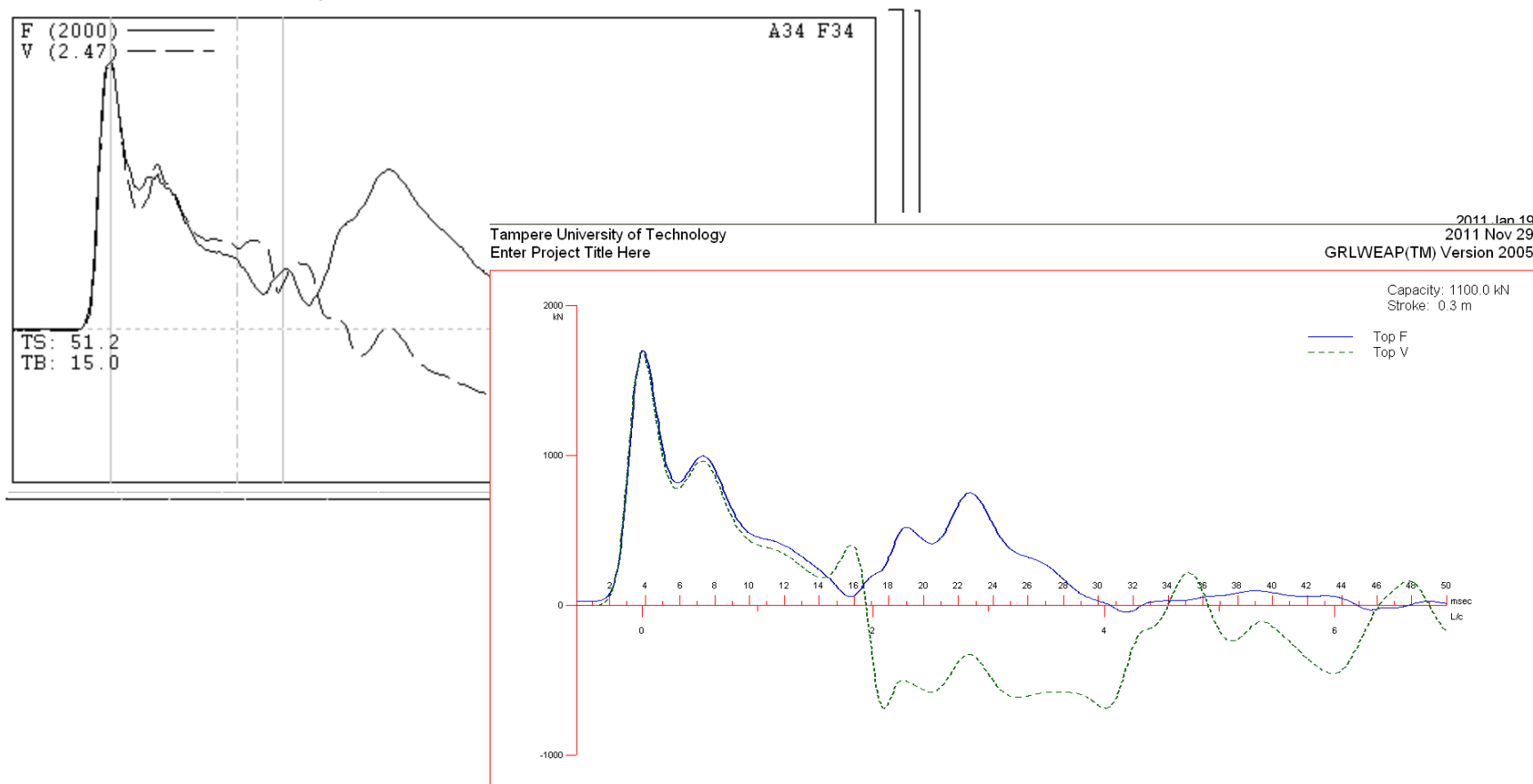
Lopetuslyönnit - iskusuoja

- Iskusuojan mallintaminen ei ole yksiselitteistä.
 - Iskusuojan puumateriaalia ei ole määritetty, eikä standardisoitu
 - Iskusuoja kuluu lyönnin aikana, etenkin tapauksissa, jossa paaluun joudutaan lyömään upotuksen aikana tuhansia iskuja
 - Materiaalin paksuus ja kimmomoduuli muuttuu
-
- Millainen olisi hyvä iskusuojan malli?
 - Pyritään mallintamaan mitatun signaalin mukainen iskuaalto muuttamalla iskutyynyn materiaali ominaisuuksia (signaalit valittu tyypillisistä tapauksista PDA-mittauksissa)

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit- iskusoja

- PDA-mittaussignaalin mallinnus



▶ BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit - iskusoija

- Edelliset mallit:
- 1. Uusi suoja E=180 MPa, paksuus 100mm
- 2. Lyöty suoja E=500 MPa, paksuus 70 mm
- 3. Lähes loppuun kulunut tyyny E=1200 MPa, paksuus 50 mm
- → Iskusoijan ominaisuudet muuttuvat käyttöikänsä aikana todella paljon
- → Oletetaan, että 2. tilanne on sellainen, joka useimmiten toteutuu lopetuslyöntien aikana (yleensä hän paalua tarvitsee lyödä ennen lopetuslyöntejä) => PO 2011 mukainen loppulyöntilaskentamalli iskusoijalle – kompromissi

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetusyönnit

GRLWEAP 2005-2-Tampere University of Technology - [Untitled1]

File Edit View Options Tools Window Help

Select from following list (21.4.2008-2009):

ID	Name	Type	Ram Wt	Energy/Power
481	JUNTAN HHK 3	ECH	29.430	35.316
482	JUNTAN HHK 4	ECH	39.240	47.088
483	JUNTAN HHK 5	ECH	49.050	58.860

Hammer parameters

Efficiency: 0.8

Stroke: 1.2 m

Pile material

Concrete Steel Timber

Cushion Information

	Hammer	Pile	
Area	1590.32	900	cm ²
Elastic Modulus	2500	300	MPa
Thickness	200	80	mm
C.O.R.	0.9	0.5	
Stiffness	0	0	kN/mm
Helmet Weight	4.511		kN

Pile Information

Length	30	m	Auto
Penetration	30	m	Auto
Section Area	900	cm ²	Auto
Elast Modulus	34500	MPa	
Spec Weight	23.6	kN/m ³	
Toe Area	900	cm ²	Splices
Perimeter	1.2	m	Pile Type:
Pile Size	300	mm	Square

Ultimate Capacity

1	0.0	6
2	0.0	7
3	0.0	8
4	0.0	9
5	0.0	10

Incr. 0

Soil Parameters

Quake

Shaft 2.5 mm

Toe 2.5 mm

Damping

Shaft 0.65 s/m

Toe 0.5 s/m

Shaft Resistance Percentage

Dist. Shape Num 0.0

Residual Stress Analysis: No

Drive System Help

View

All JUNTTAN HHK 4; PS=300(mm)

Parameter Type Marker Description:

Manufacturer

Model

Pile Cap

Pile Type

Pile Size Inches (mm)

Check values to return to input file

Helmet Weight: 4.51 kN

Elas. Mod.: 2499.97 MPa

C.o.R.: 0.90

Thickness: 200.00 mm

Area: 1590.32 cm²

Check All Uncheck All OK Cancel

JUNTAN HHK 4

200.0 mm

4.51 kN

20.0 mm

20 24 28 30.0

Press F1 for General Help Topics or F3 for Specific Help on Current Parameters

NUM

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit

Paalutus luokka	Paalun koko	Suurin sallittu painuma [mm/10iskua]	Loppulyöntien iskunpituus [m] paalun pituuden ollessa	
			35 m	50 m

Taulukko 9. Lopetuslyönnit paalulle TB300b

PTL 1	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
	Hydraulijärkäle 4t	22	18	17	17	17	17	0,35	1,40
PTL 2	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	22	19	18	18	18	18	0,30	1,20
	Hydraulijärkäle 5t	23	21	20	20	20	20	0,30	1,50
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	22	18	17	17	17	16	0,25	1,25
PTL 2	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
	Hydraulijärkäle 4t	21	17	16	16	16	16	0,40	1,60
PTL 3	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	23	18	18	18	17	17	0,35	1,40
	Hydraulijärkäle 5t	24	21	20	20	20	19	0,35	1,75
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	23	19	18	18	17	17	0,30	1,50
PTL 3	Lyöntilaite	Paalupituus [m]						Pudotuskorkeus lyöntienergia	
		5	10	20	30	40	50	H[m]	E[tm]
	Hydraulijärkäle 4t	25	19	19	18	18	18	0,50	2,00
PTL 3	Kiihdytetty hydraulijärkäle 4t	22	17	16	16	16	16	0,40	1,60
	Hydraulijärkäle 5t	23	19	18	18	18	17	0,40	2,00
	Kiihdytetty hydraulijärkäle 5t	24	18	17	17	16	16	0,35	1,75

0,40	0,45
0,35	0,40
0,30	0,35

▶ BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönnit- esimerkki

Lyödään paalu 10 mm/iskusarja 0,3m pudotuskorkeudella kiihdyttämätön 4t järkäle.

- Mitä jos järkäleen tehokkuus ei ole 80% kuten oletetaan

Tehokkuus [%]	60	70	80	90
Murtokuorma Rcm [kNm]	1245	1360	1465	1565
Muutos [%]	-15,0 %	-7,2 %	0,0 %	6,8 %

- Mitä jos pudotuskorkeus ei ole 0,3m

Pudotuskorkeus H [m]	0,2	0,25	0,3	0,35
Murtokuorma Rcm [kNm]	1160	1320	1465	1590
Muutos [%]	-20,8 %	-9,9 %	0,0 %	8,5 %

- Mitä jos iskusuoja on uusi/vanha

Kimmomoduuli [Mpa]	300	400	500	1000
paksuus [mm]	150	100	80	50
Murtokuorma Rcm [kNm]	1300	1400	1465	1550
Muutos [%]	-11,3 %	-4,4 %	0,0 %	5,8 %

Mitä jos kaikki asiat ei ole kuten on arvattu?

Loppulyönnit 10mm/10 lyöntiä, onko hyvä?

Järkäle tehoton-60%, pudotuskorkeus 0,2m ja uusi puu -> murtokuorma 690 kN ja varmuus on ulosmitattu tehokkaasti

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013 **Lopetuslyönnit**

Huomioitavaa lopetuslyöntien laadinnassa

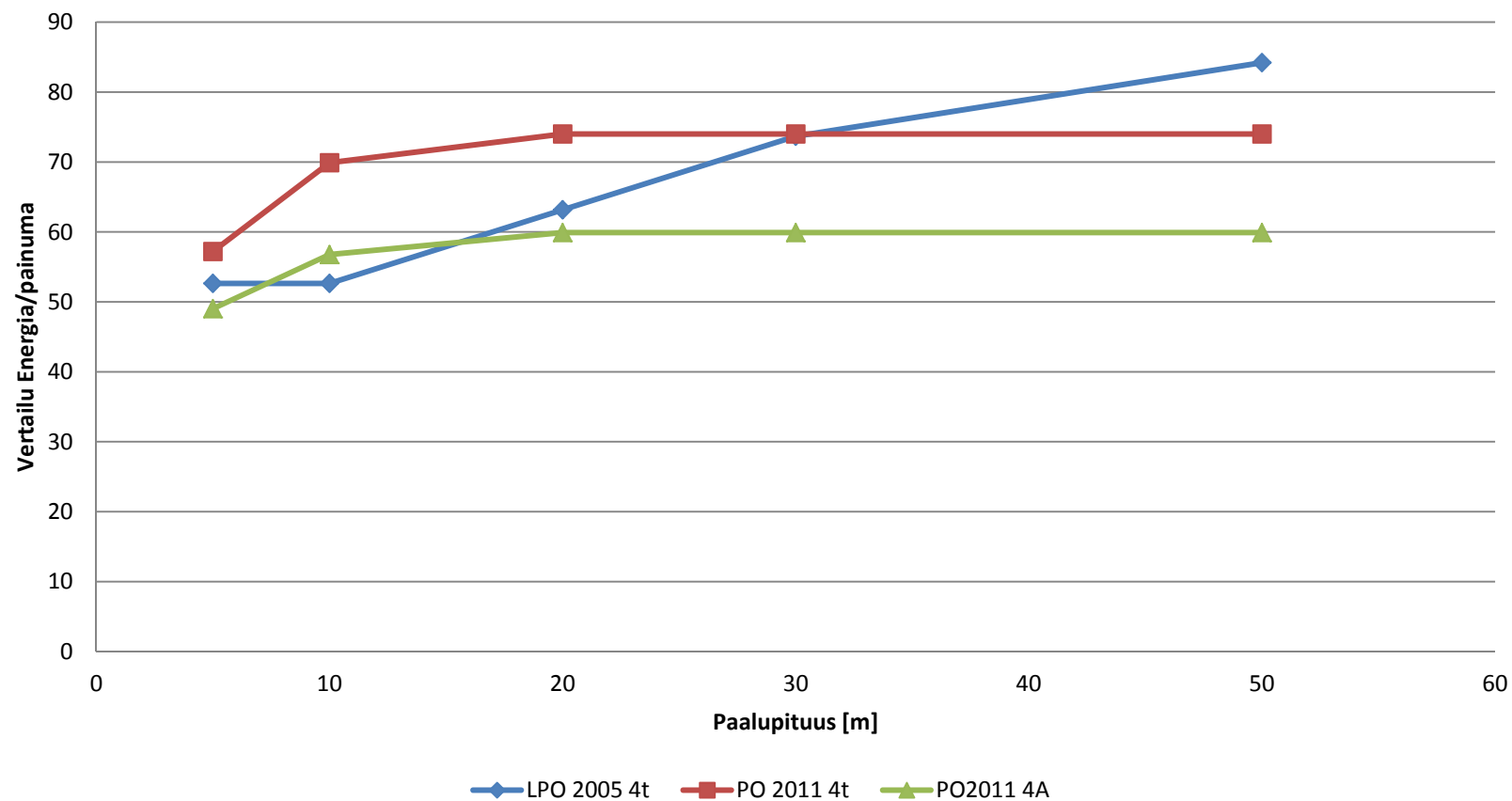
- Varmuustaso säilytettävä, laadintaperusteet ovat aina varmalla puolella
- Johtaa usein paalujen lyöntiin tiukkaan, etenkin PTL3 – PTL3 edellyttää mittauksia, joten miksi lyödä paalut liian tiukkaan ennen PDA-mittausta
- Aina voidaan laatia kohdekohtaiset loppulyöntiohjeet käyttämällä sivistyneitä menetelmiä, kuten esimerkiksi PDA-mittauksia

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

- Ja yleisön pyynnöstä vertailu LPO-2005 loppulyöntiohjeisiin (huomio kelmu nro 28)
- Jotta painumat ja pudotuskorkeudet ja sallitut kuormat ja mitoituskuormat saadaan vertailukelpoisiksi on tehtävä muutama peliliike
- Jos verrataan esim LPO 2005 300 II luokka on murtokuorma 1260 kN ja lähin tätä vastaava arvo on RT tuotelehti 300b paalu ja $PTL1 = 1,47 * 1,2 * 795 = 1402$ kN
- PO 2011 pitää pudotuskorkeuden vakiona ja vaihtelee painumaa ja LPO 2005 toisinpäin, joten vertailussa on järkevää käyttää suhdelukua
Lyöntienergia/painuma, jotta tuloksista saadaan vertailukelpoisia
- Ja kun nyt vielä tarkkoja ollaan niin suhdeluku on vielä kerrottava $1260/1402$, jotta vertailu on aukoton 😊
- JA tulokset

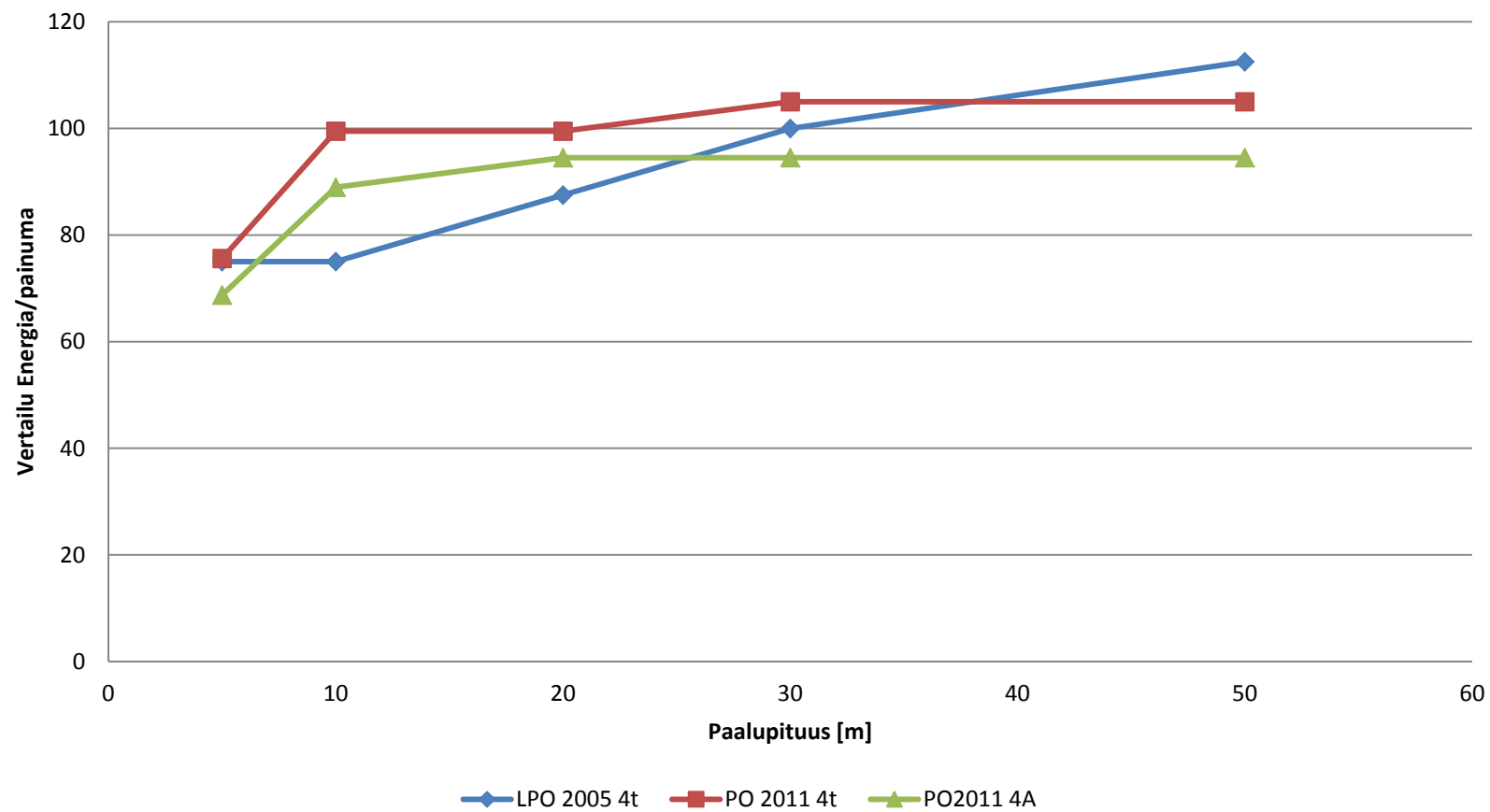
BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

LPO 2005 300 II/ PO 2011 300b vertailu $R_u=1260$ kN



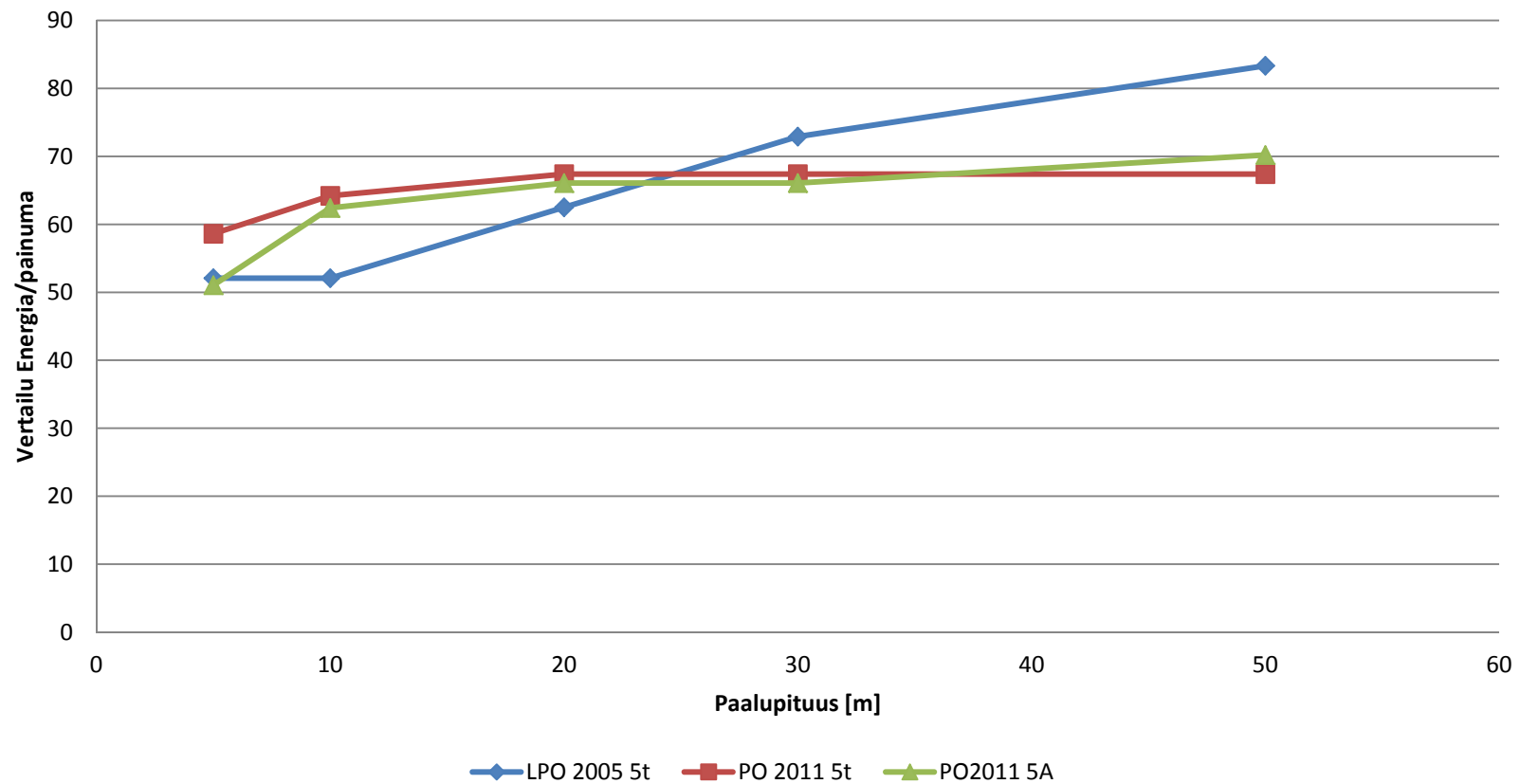
BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

LPO 2005 300 IB/ PO 2011 300b vertailu $R_u=1620$ kN



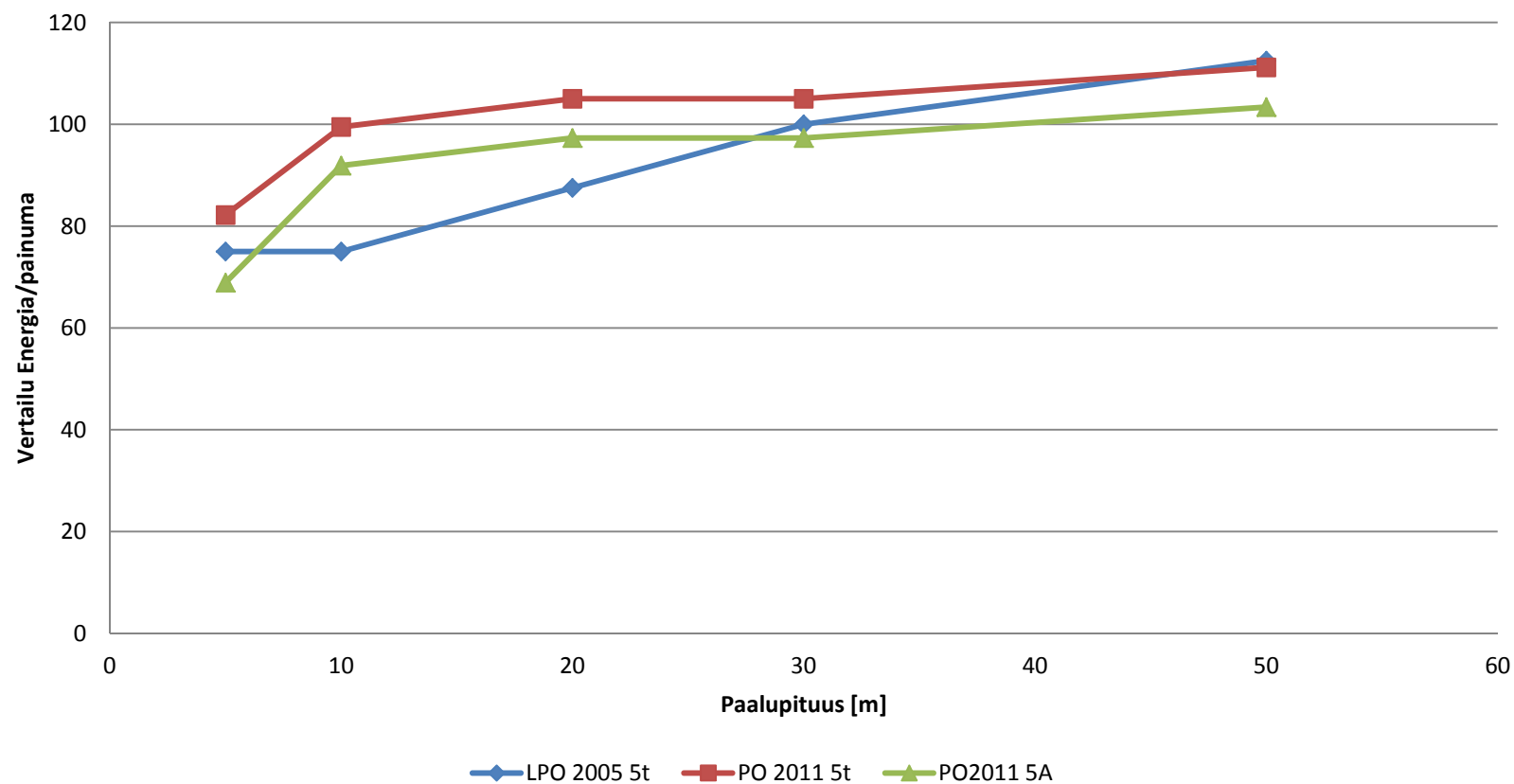
BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

LPO 2005 300 II/ PO 2011 300b vertailu $R_u=1260$ kN



BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

LPO 2005 300 IB/ PO 2011 300b vertailu $R_u=1620$ kN



BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopputulema:

- PO 2011 loppulyönnit ovat ja eivät ole tiukemman kuin LPO 2005

Mikä vaikuttaa asiaan?

- Aikatekijä vaippavastuksessa
- Nykyiset loppulyönnit eivät ennusta tulevaisuuden vaippavastusta

Miksi LPO 2005 loppulyönnit ovat olleet toimivat

- Millä verifioitu- PDA-mittaus – kuinka usein mitataan heti paalujen upotuksen jälkeen – onko mitattu suurissa painumissa olevia paaluja

Tarvitaanko uudet loppulyöntiohjeet, jotka ennustavat asioita??

Kuka vastaa?

Harjakainen?

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Lopetuslyönit Ruotsissa

Ruotsalaiset loppulyöntiohjeet perustuvat WEAP analyysiin

Tabell 3. Stoppslagning samt Dimensionerande geoteknisk bärförmåga R_d (SK 1), i kN för sjunkning 10 mm/10 slag samt 3 mm/10 slag för SP 1 pålar. Regler enligt Pålkommisionen Rapport 94.

SP1 mm/10 slag	Fallhöjd m	3 ton	4 ton		5 ton	
			L>8 m	L< 8 m	L>8 m	L< 8 m
10 (jord)	0,2	350	410	450	480	550
	0,3	480	540	605	590	605 ¹⁾
	0,4	570	640		635 ¹⁾	
	0,5	605 ¹⁾				
3 (berg)	0,2	385	450	500	530	605
	0,3	525	605	605 ¹⁾	640	
	0,4	625				

Tabell 4. Stoppslagning samt Dimensionerande geoteknisk bärförmåga R_d (SK 1), i kN för sjunkning 10 mm/10 slag samt 3 mm/10 slag för SP2 / SP3 pålar. Regler enligt Pålkommisionen Rapport 94.

SP2/ SP3 mm/10 slag	Fallhöjd m	3 ton	4 ton	5 ton
10 (jord)	0,2	410	475	500
	0,3	525	620	670
	0,4	630	730	800
	0,5	725	825	850 ¹⁾
3 (berg)	0,2	450	525	550
	0,3	580	680	740
	0,4	690	800	830 ¹⁾
	0,5	800	855 ¹⁾	

1) Understrukna tabellvärden innebär att fallhöjden skall sänkas med 5 cm

BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013

Ruotsalaiset lopetuslyöntiohjeet ovat kovin tiukat

- Ruotsissa kaikki paalut varustetaan kalliokärjillä
- Ruotsissa paaluja PDA-mitataan huomattavasti enemmän kuin Suomessa ->
- Lopetuslyönnit siis määritellään PDA-mittausten perusteella

► BETONITEOLLISUUDEN PAALUSEMINAARI 2013



▶ TRUST & QUALITY www.inspecta.com