



Tuotelehti P0-2016 mukaiseen paalutukseen:  
- Ohjeita suunnittelijalle  
Teräsbetonipaaluseminaari  
15.11.2018

AINUTLAATUIVEN  
KUMPPANI



## Esityksen sisältö

- Yleistä suunnittelusta
- Paalutussuunnitelman sisältö
- Erityisohjeita suunnittelijalle
- Paalujen dynaamisesta koekuormituksesta



## Paaluperustuksen suunnittelusta yleensä

- Teräsbetonipaalut:
  - RTB-250-16
  - RTB-300-16
  - RTC-300-16
  - RTC-350-16
- Suunnittelussa noudatettavat ohjeet:
  - SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu
  - SFS-EN 12794 + A1 Betonivalmisosat. Perustuspaalut
  - SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut
  - SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt
  - NCCI 7 Eurokoodin soveltamisohje Geotekn. suunnittelu (LIVI)
  - Paalutusohje PO-2016 (RIL 254-2016)
- Suunnitelma-asiakirjat
  - Rakenne- ja geotekniset piirustukset
  - Suunnitteluraportit
  - Työselitykset ja laatuvaatimukset

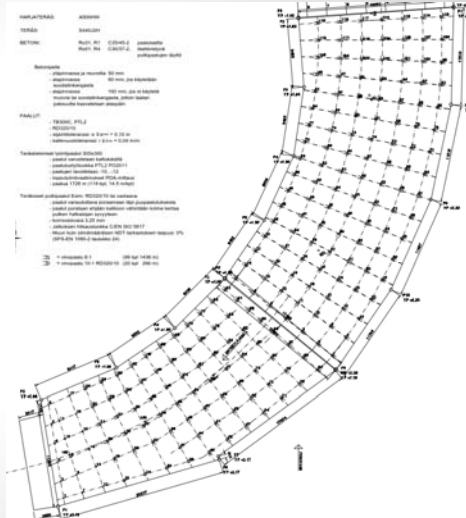
## Paalujen vastaavuus PO-2011 vs. PO-2016

Taulukko 1.2 Paalutyypin vastaavuudet

Paalutusohje PO-2016:n mukaiset RT Betonipaalujen <sup>®</sup> tyypit	Paalutusohje PO-2011:n mukaiset paalutyypit
RTB-250-16	TB250b
RTB-300-16	TB300b
RTC-300-16	TB300c
RTC-350-16	TB350a
Näillä voi suoraan korvata PO-2011 mukaiset vastaavat paalutyypit	HUOM! Näillä ei voi korvata PO-2016 mukaisia RT Betonipaaluja <sup>®</sup> ilman tarkempia lisätarkasteluja.

## Paalutussuunnitelman sisältö 1/2: - Kohdetta koskevat tiedot

- Seuraamusluokka
- Geotekninen luokka
- Paalutustyöluokka
- Noudatettavat toleranssit
- Suunniteltu käyttöikä
- Rasitusluokat (tav. XC2)
- Paalutusjärjestys
  - Mahdollinen koepaalutus
- Tarvittava työpeti
- Suurin paalukuorma ( $F_{cd}$ ) murtorajatilassa
- Tarvittavat tiedot PDA-mittauksen suorittamiseksi tai loppulyöntiehto



A-INSINÖÖRIT

## Paalutussuunnitelman sisältö 2/2: - Paaluja koskevat tiedot

- Paalun tyyppi
- Paalun kärjen tyyppi
- Ohjeet paalujen jatkamisesta
- Katkaisutaso/kiinnitys anturaan (paaluittain)
- Paaluluettelo:
  - Paalujen numerointi
  - Sijainti
  - Tyyppi
  - Koko
  - Kärki
  - Kaltevuudet
  - Tavoite- ja katkaisutaso
  - (Asennusjärjestys, koepaalutus)



A-INSINÖÖRIT

## TB-paalujen rasitusluokat

Taulukko 2.1 RT Betonipaaluja<sup>®</sup> tyypit eri rasitusluokkiin

	Vakiopaalu	Vakiopaalu + SR sementti	E-paalu	E-paalu + SR sementti
Paalutyyppi	RTx-xxx-16	RTx-xxx-16SR	RTx-xxx-16E	RTx-xxx-16SRE
RTB-250-16	XC2	XC2 + XA2	-	-
RTB-300-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
RTC-300-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
RTC-350-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
	VAKIOPAALU			

- Muut kuin vakiopaalut ovat tilaustuotteita. Vakiopaalu on varustettu kalliokärjellä
- Suunniteltu käyttöikä max. 100 vuotta.
- Paalutyyppien tuotemerkinnät, katso kohta 1.4.
- Taulukossa mainittujen rasitusluokkien XA1 ja XA2 kemiallinen rasitus muodostuu sulfaattirasituksesta.

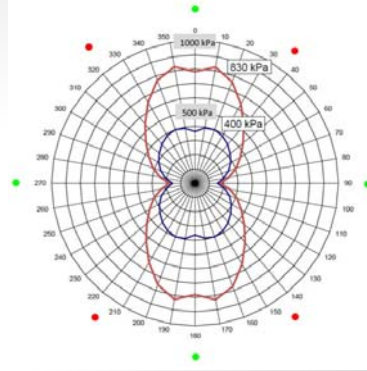
## Suunitelmassa muuta huomioitavaa:

- **Katkaisutaso:**
  - Tyypillisesti rakenteen pohjan suuntaisesti ja siten, että paalu ulottuu 50 mm rakenteen sisään.
  - 100-200 mm maanpinnan yläpuolella.
- **Paalutusjärjestys:**
  - Maksimikallistukset / suunta
    - Riippuu paalun massasta ja pituudesta
    - Konekohtainen
  - Vältettävä valmiin paalutuksen yli ajamista
  - Paalujen kaltevuudet ja asennettavuus
  - Pehmeiköillä maan tiivistymisestä ja siirtymisestä johtuva kumuloituva siirtymä valmiiseen paalutukseen

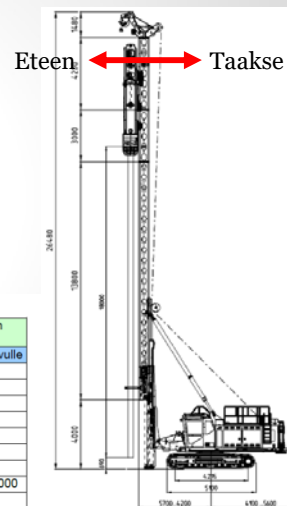
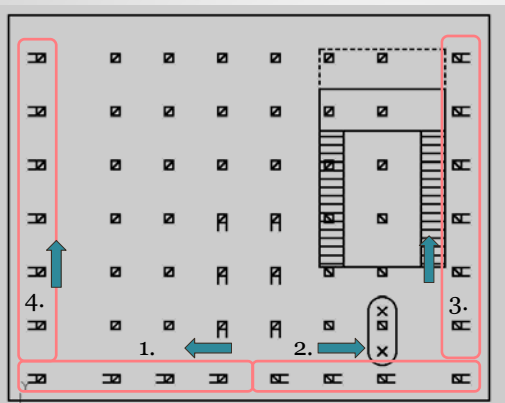


## Paalutuskoneen ominaisuuksista sekä työalustasta

- Työalusta
  - Riittävä laajuus, koneen mahtuminen
  - Riittävä kantavuus
  - Max kaltevuus 5 astetta
  - Kivikkoisuus voi poikkeuttaa paaluja
- Paalujen maksimikaltevuus
  - Riippuu paalun massasta ja pituudesta
  - Huomioitava alustan vinous lisäksi!
  - Painavat vinopaalut → suurempi kone
  - Paalutuskoneen tilantarve
    - 3:1 ... 6:1 → 10-12 metriä ”merkin taakse”
    - 8:1... → vähemmän



## Paalutuskoneen ominaisuuksista ja paalutusjärjestyksestä



Paalu 12 m

Vaakapuomin asento	Maks. 300 mm ulkona			Maks. 600 mm ulkona			Maks. 900 mm ulkona			Maks. 1200 mm ulkona		
	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle
1:3 18.43°												
1:3.5 15.95°		2000			2000			2000			2000	
1:4 14.03°		4000			4000			4000			3000	
1:5 11.31°	2500	5500			5500			4000			3000	
1:6 9.46°	4500	5500		2500	5500			4000			3000	
1:8 7.12°	5500	5500		5000	5500		3000	4000		1500	3000	
1:10 5.71°	5500	5500	5500	5500	5500	5500	4000	4000		2500	3000	
1:20 2.86°	5500	5500	5500	5500	5500	5500	4000	4000	4000	3000	3000	3000
Pystyssä 0°		5500			5500			4000			3000	

## Paalujen kiinnittämisestä yläpuoliseen rakenteeseen

- Yleisesti pyrittävä suunnittelussa sellaiseen rakenteeseen, jossa paalut voidaan tasakatkaista
- Laskennallisesti paalun liitos on vetoa kestävä nivel, kun:
  - Paalu on tasakatkaistu
  - Paljastetut teräkset ulottuvat alle  $l_{b,min}$  anturaan
- Muussa tapauksessa tartuntapitoisuudet ja kapasiteetit:

Paalun tyyppi	Pääraudoit e /nurkka	Tartuntapituus [mm]				$F_{t,d,min}$	$F_{t,d,max}$
		$l_{b,min}$	C25/30	C30/37	C35/45	[kN]*	[kN]**
RTB-250-16	T14	140	560	490	450	93	370
RTB-300-16	T16	160	670	560	510	110	490
RTC-300-16	T20/2xT14	200/250	800/960	700/850	640/770	190	760/750
RTC-350-16	2xT16	280	1100	970	880	240	980

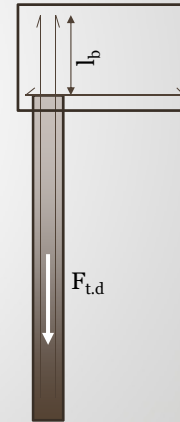
\*lineaarinen interpolointi mahdollista, huomioitava kuitenkin minimimitta  $l_{b,min}$

$$F_{t,d} = 100 \text{ kN} \rightarrow 100 \text{ kN} / 490 \text{ kN} * 560 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$$

$$\text{RTB-300-16} \quad l_{b,min} = 160 \text{ mm}$$

$$\text{C30/37} \rightarrow R_{t,d} = 160 / 560 * 490 \text{ kN} = 140 \text{ kN}$$

A-INSINÖÖRIT



## Mitoitus: Paalujen geo- ja rakennetekninen kantokyky

- Geotekninen kantavuus – kärjen tukeutuminen (tai kitka)
  - Osoitettava riittäväksi: PDA, loppulyönnit jne..
- Rakenteellinen kantavuus – Paalun nurjahtaminen
  - Oleellinen pehmeillä mailla

Taulukko 2.3 RT Betonipaalujuen\* puristus- ja vetokapasiteetit murtorajatilassa

Paalutyyppi	P [kN]	L [m]	$R_{t,geo}$ [kN]					$R_{t,geo}$ [kN] (*)			
			$c_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]					FTL1	FTL2	FTL3*	
			3	5	7	10	12				
RTB-250-16	Jatkettu paalu	100	0	375	508	613	739	805	624	698	791
		50	50	473	636	760	899	(947)			
		0	100	548	721	838	(947)	(1000)			
	Jatkamaton paalu	100	0	532	692	808	(927)				
		50	50	669	867	990	(1077)				
		0	100	764	933	1017	(1103)				
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	541	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	678	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	789	1036	1204	(1387)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	765	995	1161	(1325)				
		50	50	967	1247	1415	(1532)				
		0	100	1099	1338	1455	(1574)				

A-INSI

## Loppulyönnit

- ENNEN: "Taulukoissa on ilmoitettu eripituisten paalujen painaumamat millimetreinä kymmenen loppulyönnin sarjalle"
- NYT: "**Kaikki paalutyypit lyödään 20 mm pysyvään painumaan 10 lyönnillä tai tiukempaan käyttäen taulukoissa esitettyä lyöntienergiaa tai pudotuskorkeutta**"
- "Mikäli paalun painuma alittaa 10 mm 10 lyönnillä, on lyönti lopetettava välittömästi paalun vaurioitumisen estämiseksi" → jos täytyy jatkaa,  $H < 20$  cm

Taulukko 3.2 RTB-300-16 pudotuskokeus / lyöntienergia H - pudotuskorkeus E - lyöntienergia

Paalutustyyppi	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty +lg	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	50	12	40	12	35	12
	4 t	40	13	35	13	30	13
	5 t	30	14	30	14	25	14
PTL2	3 t	60	15	50	15	45	15
	4 t	45	16	40	16	35	16
	5 t	40	17	35	17	30	17
PTL3	3 t	75	19	65	19	55	19
	4 t	60	20	50	20	40	20
	5 t	50	21	40	21	35	21

A-INSINÖÖRI

## Paalujen dynaamisesta koekuormituksesta

- Tavoitteena varmistua suunnitelmissa esitetystä tavoitetasosta ja/tai loppulyöntiehdon riittävydestä kantavuuden varmistamiseksi.
  - Suoritetaan koepaalutukselle
  - Signaalinsovituksella:
    - Vaippa- ja kärkikestävyyksien arviointi
    - Kuorma-painumakäyttämisen mallintaminen
- Koekuormitus voi olla mitoituksellisesti määräävä paalun rakenteen kannalta.

A-INSINÖÖRI

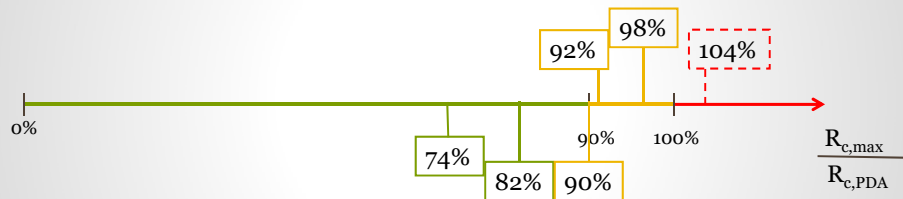


## Dynaamisten koekuormitusvaatimusten määrittäminen

RTB-300-16      2 paalua mitataan:  
 $F_{c,d}=1021 \text{ kN}$        $\xi_5=1,60$   
 $R_{c,max}=2000 \text{ kN}$        $\xi_6=1,50$



$R_{c,m,mean}=1960 \text{ kN (98 \%)}$   
 $R_{c,m,min}=1838 \text{ kN (92 \%)}$



5 paalua mitataan  
 +signaalinsovitus:

$\xi_5=1,35$   
 $\xi_6=1,22$



$R_{c,m,mean}=1654 \text{ kN (82 \%)}$   
 $R_{c,m,min}=1489 \text{ kN (74 \%)}$



**Kiitos!**

Lisätiedot:

Olli Asp

[Olli.asp@ains.fi](mailto:Olli.asp@ains.fi)

+358 40 1716 008