

TUOTELEHTI

PO-2016 MUKAISEEN
PAALUTUKSEN
SUUNNITTELUUN JA
PAALUTUSTYÖHÖN
RT BETONIPAALUILLA®

17.11.2022



TUOTELEHTI

PO-2016 MUKAISEEN PAALUTUKSEN SUUNNITTELUUN JA PAALUTUSTYÖHÖN RT BETONIPAALUILLA®

17.11.2022

Tämä Tuotelehti korvaa Rakennusteollisuus ry:n aiemman julkaisun "TUOTELEHTI PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön" vuodelta 2013.

Tämän Tuotelehden mukaisia RT Betonipaaluja® ovat oikeutettuja valmistamaan Rakennusteollisuus RT ry:n Betoniteollisuustoimialan Paalujaoksen jäsenyritykset, joilta saat myös lisätietoa aiheesta. RT Betonipaalu® on Betoniteollisuus ry:n (Betonía Oy) rekisteröity tavaramerkki.

RT Betonipaalujen® valmistajat/toimittajat

- HTM Yhtiöt Oy (www.htmyhtiot.fi)
- Lujabetoni Oy (www.lujabetoni.fi)
- Siikajoen Betonitukku Oy
- TB-Paalu Oy (www.jvb.fi)

Paaluvarusteiden valmistajat/toimittajat

- Emeca Oy (www.emeca.fi)
- Leimet Oy (www.leimet.fi)

Lisäksi julkaisun laadintaan ovat osallistuneet

Olli Asp, A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Jukka Haavisto, Tampereen yliopisto
Henri Kiiski, YIT Oyj
Anssi Laaksonen, Tampereen yliopisto
Teemu Riihimäki, A-Insinöörit Civil Oy

Ulkoasu ja taitto: Mika Kautto
Julkaisija: Rakennusteollisuus RT ry, Betoniteollisuustoimiala
Copyright: Rakennustuoteteollisuus ry

Tuotelehden pdf-version
voit ladata täältä:



Sisältö

1. YLEISTÄ	4
1.1 RT Betonipaalujen® tuotehyväksyntä	5
1.2 Käyttökohteet	6
1.3 Paalutyypit ja varusteet	7
1.3.1 Tyypit, mitat ja materiaalit	7
1.3.2 Valmistustoleranssit	8
1.4 Paalun merkintä	9
2. SUUNNITTELU	10
2.1 Geotekniset tutkimukset	10
2.1.1 Pohjatutkimukset	10
2.1.2 Maaperätutkimukset	10
2.2 Säilyvyys	10
2.2.1 Rasitusluokat	10
2.2.2 Paalutuotteet ja niiden soveltuvuus eri rasitusluokkiin	12
2.2.3 Suunniteltu käyttöikä	12
2.3 Suunnittelu ja ominaisuudet	13
2.3.1 Paalujen kiinnityksestä yläpuoliseen rakenteeseen – paalujen pääterästen ankkurointi	14
2.3.2 RT Betonipaalujen® puristuskapasiteetit	16
2.3.3 Yhteisvaikutuskäyrästöt RT Betonipaaluille®	21
2.3.4 Suunnitteluohjeita poikkeamatilanteisiin	24
2.4. RT-Betonipaalujen® hiilijalanjälki eli CO ₂ -päästöt	27
3. PAALUTUSTYÖ	28
3.1 Työturvallisuus	28
3.1.1 Paalujen kuljetus	28
3.1.2 Paalujen varastointi ja käsittely työmaalla	29
3.1.3 Paalujen pystyyn nosto työmaalla	29
3.2 Paalujen asentaminen	30
3.2.1 Paalutusalueista	30
3.2.2 Iskusuoja ja lyöntilevy	30
3.3 Upotuslyönnit	31
3.4 Lopetuslyönnit käytettäessä RT Betonipaaluja®	31

1. YLEISTÄ

Tämä Tuotelehti käsittelee lyömällä asennettavia teräsbetonipaaluja (RT Betonipaalut®), joiden nimelliskoko on 250x250, 300x300 ja 350x350 mm².

RT®-betonipaaluista tehdyt perustukset tarjoavat monenlaista lisäarvoa hankkeen tilaajille, suunnittelijoille ja paalutusurakoitsijoille.

Käyttöikä vähintään 100 vuotta

Lyötävillä teräsbetonipaaluilla voidaan rakentaa heikosti kantaville maapohjille nopeasti ja kustannuksiltaan kilpailukykyisiä perustuksia, joilla on pitkä käyttöikä. Rakennusten perustuksia, erityisesti heikon kantavuuden omaavilla maapohjilla (paaluperustukset), on erittäin hankala peruskorjata rakennuksen elinkaaren aikana verrattuna muihin rakenneosiin, joten niille suunniteltu käyttöikä on yleensä vähintään 100 vuotta, mikä saavutetaan jo normaaleilla RT®-betonipaalutuotteilla. Erikoistuotteilla tätäkin pidempi käyttöikä on mahdollinen. Teräsbetonipaalut on osoittaneet hyvän säilyvyytensä myös käytännössä, sillä niistä on maailmalla jo yli sadan vuoden käyttökokemus.

Hyvä kuormituksenkestävyys

Yksittäisillä teräsbetonipaaluilla on hyvä kantavuus sekä nurjahduskestävyys ja niillä on helppo rakentaa jäykkien liitosten ja jatkosten avulla rakennusta hyvin stabiloivia perustuksia, myös vaakakuormille. Teräsbetonipaalujen kantavuus riittää myös raskaasti kuormitetuissa kohteissa ja paalujen maksimaalinen kantavuus voidaan optimoida paalutustöiden yhteydessä suoritettujen PDA-mittausten avulla.

Nopeasti asennettava ja hinnaltaan kilpailukyinen

Pitkienkin peruspaalujen asentaminen on nopeata helposti asennettavien ja jäykkien jatkososien avulla. Tämä ja teräsbetonipaalujen erittäin kilpailukykyiset hinnat, erityisesti ottaen huomioon paalujen hyvä kantavuus, mahdollistavat taloudelliset ja pitkäikäiset paaluperustukset.

Ympäristöystävällinen ja vähäpäästöinen perustusratkaisu

Lyötäviä teräsbetonipaaluja käyttäen heikosti kantavien maapohjien perustuksissa on mahdollista alentaa rakentamisaikaisia CO₂-päästöjä ja siten säästää ympäristöä verrattuna muihin perustusratkaisuihin, lisäksi pitkä käyttöikä alentaa myös rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeä. Teräsbetonipaaluissa käytettävät raudoitusteräokset valmistetaan kierrätysteräksestä neutraalisen rautamalmin sijasta. RT®-betoni-paalutuotteita valmistava paalutehdasverkosto kattaa hyvin koko maan ja näin myös tuotteiden kuljetuksista aiheutuvat CO₂-päästöt voidaan minimoida. Hyvän säilyvyytensä ansiosta teräsbetonipaaluperustusta on mahdollista hyödyntää soveltuvien osien myös korvaavan rakennuksen perustuksissa, tämä kuitenkin edellyttää vanhan perustuksen kuntotutkimuksia. Tarkempaa tietoa RT-betonipaalujen ympäristövaikutuksista löytyy kohdasta 2.4.

Kestää maaperän kemiallisia rasituksia

Valitsemalla oikeita olosuhteisiin soveltuvia RT®-betonipaalutuotteita saadaan aikaan kestäviä paaluperustuksia erilaisiin maaperän aiheuttamiin kemiallisiin ja fyysisiin ympäristörasituksiin, jotka selvitetään ennakkolta maaperätutkimusten avulla.

Suomalainen tuote

RT®-betonipaalutuotteet ovat kotimaisia tuotteita, jotka on valmistettu kotimaisista raaka-aineista ja varusteista.

1.1 RT Betoni- paalujen® tuote- hyväksyntä

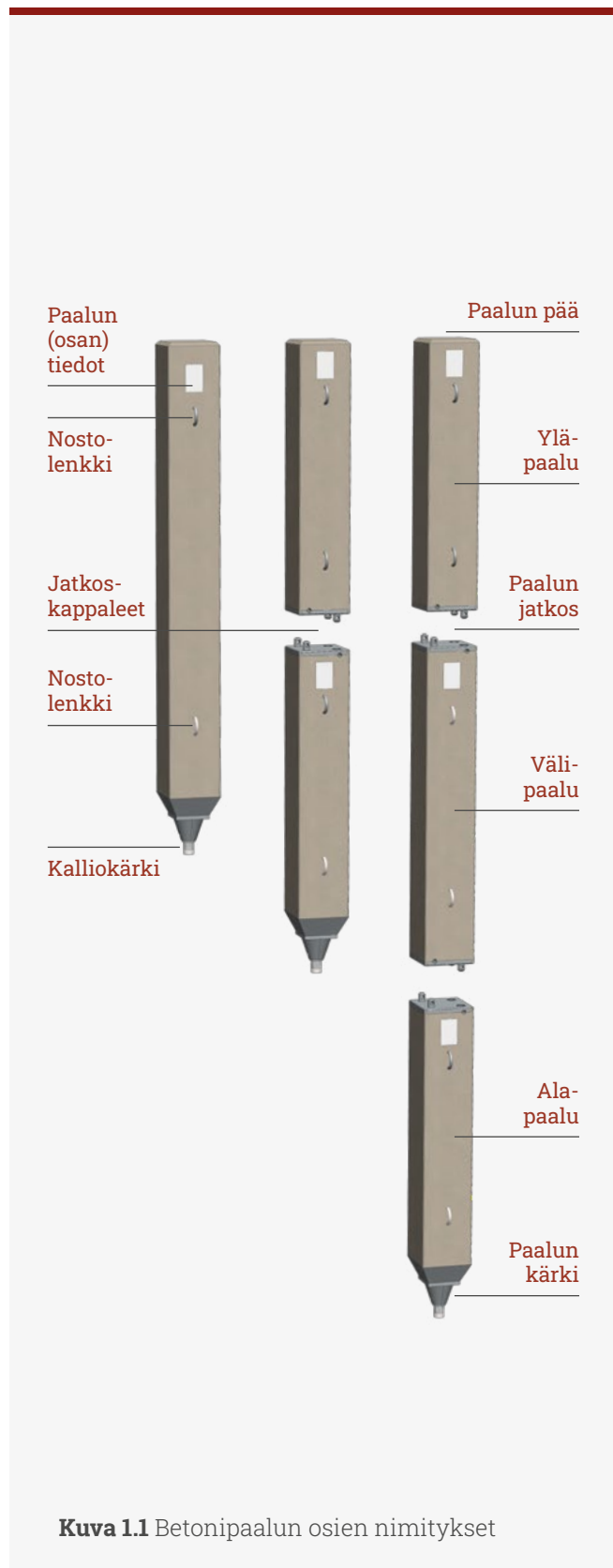
Teräsbetonipaalujen tulee olla CE-merkittyjä ja kansallisen Paalutusohjeeseen 2016 (RIL 254-2016) vaatimusten mukaisia.

Kalliokärjillä on Suomen Betoniyhdistys ry:n myöntämä käyttöseloste.

Tuotelehti pohjautuu Paalutusohjeeseen 2016 PO-2016 (RIL 254-2016) ja korvaa aikaisemmat Tuotelehden versiot. Tuotelehden mukaisten RT Betonipaalujen® ominaisuudet täyttävät seuraavien standardien ja ohjeiden vaatimukset:

- SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu
- SFS-EN 12794 Betonivalmisosat. Perustuspaalut
- SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut
- SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt
- SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
- SFS 7022 Betoni. Standardin SFS-EN 206:2014 käyttö Suomessa
- Paalutusohje 2016 (RIL 254-2016)

Paalut ja niissä käytettävät tarvikkeet ja varusteet valmistetaan tehdasolosuhteissa. Laadunvalvonta on kolmannen osapuolen varmentama.



Kuva 1.1 Betonipaalun osien nimitykset

1.2 Käyttökohteet

Teräsbetonipaalua voidaan käyttää erilaisten rakennusten ja infrarakenteiden paaluperustuksiin. Tyypillisiä käyttökohteita ovat liikenne- ja väylärakenteet, teollisuusrakennukset sekä massiiviset koneperustukset ja asuinrakentaminen, kuten kerros- ja pientalot.

Uudistuneen teräsbetonipaalun etuja ovat muun ohella

- Hyvä korroosionkestävyys
- Suuri nurjahduskestävyys
- Ympäristöystävällisyys
- Suuri kantavuus
- Nopea ja turvallinen jäykkäjätkos
- Kilpailukykyinen hinta
- Koko maan kattava paalutehdasverkosto

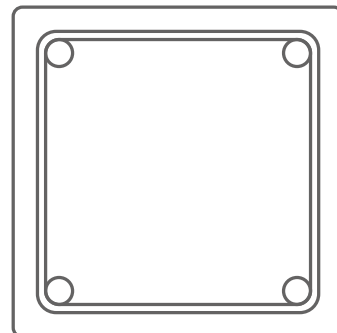


1.3 Paalutyypit ja varusteet

Paaluissa käytettävä betoni valmistetaan standardin SFS-EN 206 mukaisesti. Betonin lujuus on C40/50 (K-50) tai C45/55 (K-55).

Raudoitteissa käytetään pääteräksinä tyyppihyväksytyjä harjateräksiä, jotka täyttävät Paalutusohjeen 2016 tekniset vaatimukset.

RT Betonipaalu® on aina varustettu kalliokärjillä. Paalutusohjeen 2016 mukaisesti lyötävien paalujen kärjet on suojattava kalliokärjellä, mikäli paalutus läpäisee kivisiä maakerroksia (GEO-luokitus raekoko $d > 60$ mm). Kalliokärjessä on karkaistu kärkitappi, joka varmistaa paalun tartunnan kallion pintaan.



1.3.1 Tyypit, mitat ja materiaalit

Taulukko 1.1 RT Betonipaalujen® perustiedot

Paalutyyppi	Sivumitta [mm]		Paino [kg/m]	Poikki-leikkauksen ala [mm ²]	Vaipan ala [m ² /m]	Betonin lujuus [MPa]
RTB-250-16	250	+15	156	62 500	1,00	C40/50
RTB-300-16	300		225	90 000	1,20	C40/50
RTC-300-16	300	-10	225	90 000	1,20	C45/55
RTC-350-16	350		307	122 500	1,40	C45/55

1.3.2 Valmistustoleranssit

Mikäli paalun sivumitta on nimellismittaa suurempi, voidaan betonipeitteen paksuus mitata nimellimitasta.

Paalun nimellispituus: +150mm / -100mm

RT Betonipaalut® valmistetaan RT:n valmistuspiirustusten ja PO-2016 mukaisesti.

Jatkettavien sekä yksimittaisten RT Betonipaalujen® valmistusmitat

RTB-250-16	4–13 m
RTB-300-16	4–15 m
RTC-300-16	4–15 m
RTC-350-16	4–14 m

Teräsbetonipaalujen valmistuspituudet määritellään vakiopituuksina tasametrein.



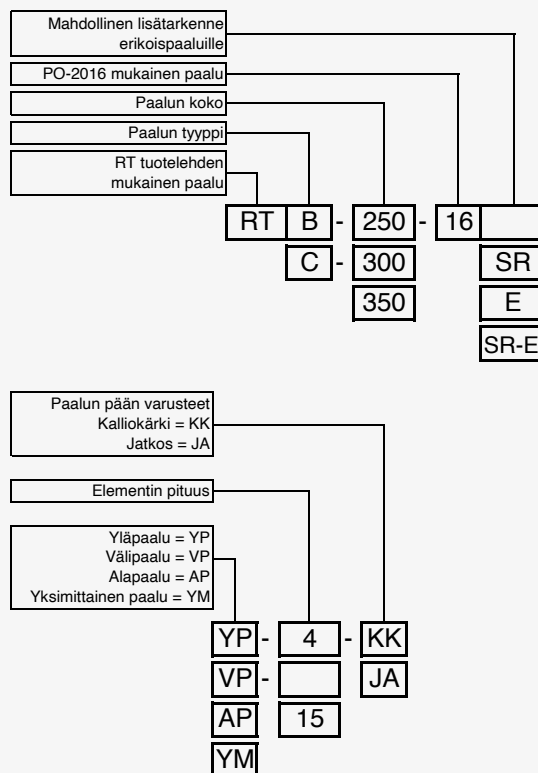
1.4 Paalun merkintä

Tämän Tuotelehden mukaisesti valmistettu RT Betonipaalu® on merkitty Rakennusteollisuuden RT- tunnuksella, paalun poikkileikkauksen mitalla ja perustana olevan Paalutusohjeen julkaisuvuodella sekä tarvittaessa säilyvyyteen viittaavalla tunnuksella.

Esim. RTB-300-16SR, jossa

- RTB on RT Betonipaalun® tyyppi (RTB, RTC), kirjaintunnus B tai C osoittaa paalun kantavuusluokkaa
- 300 on paalun poikkaismitta (250 mm, 300 mm, 350 mm)
- 16 tarkoittaa, että tuote on PO-2016 mukainen
- Lisämerkintä (tässä tapauksessa SR (sulfaatinkestävyys)) osoittaa, että (erikois)paalu on suunniteltu normaalista (XC2) poikkeavaan ympäristörasitukseen (-, SR, E, SR-E)

Paalun valmistaja Oy Perustajantie 1 00100 Osoite www.valmistaja.fi/D DoP: 333 EN 12794 Perustuspaalut Paaluluokka 1 Jatkoluokka A	 22
 Paalun tyyppi	
RTB-300-16SR	
Paalun tiedot	
AP-12-KK	
Paaluelementin paino	Valupäivä
2700 kg	17.11.2022
Paalun pituus	Rasitusluokat
12 m	XC2, XA3



Paaluun kohdistuvat ympäristön rasitusluokat, vrt. kohta 2.2.1

Kuva 1.2 Esimerkki betonipaalun tuotemerkinnästä

2. SUUNNITTELU

2.1 Geotekniset tutkimukset

2.1.1 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksien yleisiä vaatimuksia koskevat standardit SFS-EN 1997-1 ja SFS-EN 1997-2 sekä huomioon otettavat kansalliset asiakirjat. Yksityiskohtaisia ohjeita ja suosituksia pohjatutkimuksista annetaan Paalutusohjeessa 2016.

2.1.2 Maaperätutkimukset

Tulee selvittää, vaikuttaako teräsbetonipaaluja ympäröivän maaperän ominaisuudet paalujen säilyvyyteen. Tämä suositellaan tehtäväksi maaperätutkimuksilla, mikäli maaperän ominaisuuksia ei muiden selvitysten perusteella tunneta riittävästi.

Maaperä- ja pohjavesianalyysien perusteella määritellään teräsbetonipaaluihin kohdistuvat rasitusluokat, jotka vaikuttavat paaluilta vaadittaviin ominaisuuksiin. Lisätietoa ks. Paalutusohje PO-2016, OSA 1, kohdat 3.2.4 ja 4.7.6.2.

2.2 Säilyvyys

2.2.1 Rasitusluokat

Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden kestävyys suunnittelua säilyvyyden osalta. Lähtötietona käyttöikäsuunnitteluun tarvitaan materiaali- ja rakennetietojen lisäksi tietoa maaperän ympäristöolosuhteista (rasitusluokat) sekä ajanjakson pituus, jonka rakenteen edellytetään kestävän (suunniteltu käyttöikä).

Teräsbetonipaalut säilyvät maaperässä hyvin ja paalujen korkealujuuksinen betoni karbonatisoituu hyvin hitaasti suojaten paalun raudoitusta korroosiolta, myös maaperä suojaa betonia ilman hiili-dioksidin vaikutukselta. Mikäli paalua ympäröivästä maaperästä tai pohjavedestä aiheutuu paalulle poikkeuksellista kemiallista rasitusta, kuten esimerkiksi betonia rasittavaa sulfaattirasitusta happamissa sulfiittisavimaissa tai teräskorroosioriskiä pohjaveden korkean kloridipitoisuuden vuoksi, tulee riittävän käyttöiän varmistamiseksi RT Betonipaalutyypin® valita kyseisen ympäristörasituksen mukaiseksi.

Maaperän sulfaattipitoisuus voi olla haitallista normaalin betonipaalun säilyvyydelle, joutuessaan kosketuksiin hapen kanssa maankohoamisen tai maankäytön aiheuttaman pohjavedenpinnan las-
kun vaikutuksesta. Tällöin sulfaattipitoinen maaperä happamoituu ($\text{pH} < 4,0$) muodostaen rikkihappoa ja edellyttää SR-paalutyypin. Happamia sulfaattimaita esiintyy pääosin rannikkoalueilla jääkauden jälkeisen Litorinameren pohjasedimenteissä noin 100 metrin korkeuskäyrän alapuolella Pohjois-Suomessa sekä 40 metrin korkeuskäyrän alapuolella Etelä-Suomessa.

RT Betonipaalujen® vakiopaalutuotteiden suunnittelukäyttöikä on 100 vuotta ja rasitusluokka XC2, joka kattaa betonin karbonatisoitumisen aiheuttaman teräskorroosioriskin normaaleissa olosuhteis-

sa. Mikäli maaperästä aiheutuu paaluun poikkeuksellista kemiallista tai kloridirasitusta, käytetään E-paaluja tai SR-E-paaluja riippuen rasituksen laadusta.

Rasitusluokat kuvaavat millaisiin ympäristöolosuhteisiin (rasituksiin) betonirakenne joutuu käyttökänsä aikana:

1. Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio

- XC1 paalu on kokonaisuudessaan jatkuvasti (pohja)vedenpinnan alla
- XC2 Märkä, harvoin kuiva. Paalujen yleisin rasitusluokka. Tämä on paalun säilyvyyden kannalta vaativampi kuin rasitusluokka XC1.

2. Kloridien (ei-merivesi) aiheuttama korroosio XD (esim. maantiesuola)

- esiintyy paaluissa vain erittäin poikkeuksellisissa tapauksissa
- XD2, mikäli pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l

3. Kloridien (merivesi) aiheuttama korroosio XS

- XS2, mikäli pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l

4. Jäädytys-sulatusrasitus XF

- ei normaalisti esiinny paaluissa

5. Sulfaattirasitus XA

- määritellään maaperä-/pohjavesianalyysien tai vastaavien selvitysten perusteella PO-2016 OSA 1, kohtien 3.2.4 ja 4.7.6.2 mukaisesti.

6. Muu kemiallinen rasitus XA

- vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti (esim. kemiallisesti saastunut maa).

Paaluille määritellään normaalin XC rasitusluokan lisäksi täydentäviä rasitusluokkia, mikäli siihen on perusteltuja syitä, eli on mahdollista, että maaperä/pohjavesi sisältää sulfaatteja, klorideja tai muuta kemiallista rasitusta. Tällöin on pitoisuudet selvitettävä maaperä-/pohjavesianalyysillä. Osoitteesta www.gtk.fi löytyy Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden alueellisten yleiskartoitusten tuloksia. Nämä soveltuvat varsinaisten maaperäanalyysien suunnitteluun, mutta eivät ole riittävän tarkkoja perustusten säilyvyysuunnittelun perusteeksi.

Käytännössä paalujen osalta mahdollisia kloridirasitusluokkia ovat ainoastaan luokat XD2 ja XS2. Tällöinkin edellytyksenä on, että pohjaveden mitattu kloridipitoisuus on vähintään 1000 mg/l, esimerkiksi meriveden välittömässä läheisyydessä pohjaveden kloridipitoisuus tulee mitata ennen rasitusluokan määrittämistä. Mikäli kloridipitoisuus jää alle 1000 mg/l, ei rasitusluokkaa XD2 tai XS2 tarvita, vaan terästen korroosion osalta rasitusluokaksi asetetaan normaali paalujen rasitusluokka XC2.

Esimerkiksi pakkasrasitukselle paalut eivät normaalisti altistu maanalaisina rakenteina ja näin XF-rasitusluokkia ei tarvita. Myöskään jäänsulatusaineet (XD-luokat) eivät normaalisti aiheuta paaluihin rasituksia, vaikka paalut olisivat esim. tierakenteen yhteydessä.

Mikäli paaluja käytetään esim. laiturirakenteissa niin, että paalut ovat alttiina merivedelle ja jäätymiselle, on säilyvyysuunnittelu tehtävä laiturirakenteiden periaatteiden mukaisesti.

XA rasitusluokat valitaan maaperä-/pohjavesianalyysin perusteella ja muihin kuin sulfaattirasitukseen perustuvat XA-luokat ja tarvittavat kemiallisten rasitusten aiheuttamat vaatimukset suunnittelijan tulee määritellä tapauskohtaisesti maaperä-/pohjavesianalyysien perusteella.

2.2.2 Paalutuotteet ja niiden soveltuvuus eri rasisitusluokkiin

Taulukko 2.1 RT Betonipaalojen® tyypit eri rasisitusluokkiin

	Vakiopaalu	Vakiopaalu + SR sementti	E-paalu	E-paalu + SR sementti
Paalutyyppi	RTx-xxx-16	RTx-xxx-16SR	RTx-xxx-16E	RTx-xxx-16SR-E
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.
- Taulukko on voimassa, kun rasisitusluokkien XA1 ja XA2 kemiallinen rasisitus muodostuu sulfaattirasisituksesta.

Vakiopaalu on normaalisti suunniteltu täyttämään rasisitusluokan XC2 vaatimukset (suunniteltu käyttöikä 100 v).

Sulfaattirasisituksen perusteella XA1 ja XA2 luokitelluissa rasisitusluokissa vaatimukset täyttäviä paalutuotteita valmistetaan betonin koostumusta muuttamalla. XS ja XD rasisitusluokat edellyttävät myös paalun rakenteellisia muutoksia (E-paalu).

2.2.3 Suunniteltu käyttöikä

Teräsbetonipaalut suunnitellaan normaalisti 100v käyttöiälle. Mikäli suunnittelukäyttöikä ylittää 100 vuotta, on paalojen säilyvyysuunnittelu tehtävä tapauskohtaisesti.

Lisätietoa paalojen säilyvyysuunnittelusta

Paaluinfo 2/2016: Teräsbetonipaalojen säilyvyysuunnittelu ja Paaluinfo 1/2019: Kloridirasitus ten (XD- ja XS-rasisitusluokat) huomioiminen betonipaalojen suunnittelussa (ladattavissa sivustolta betoni.com)

by68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille, Suomen Betoniyhdistys ry



2.3 Suunnittelu ja ominaisuudet

Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon ja ilmoittaa

- Paalun tyyppi
- Paalun kärjen tyyppi
- Paalun jatkaminen, sijainti ja ohjeet paalujen jatkamisesta
- Paalutustyöluokka
- Noudatettavat toleranssit (ks. PO-2016, osa 2 kappale 4.4.3)
- Suunniteltu käyttöikä
- Rasitusluokat, muille rasitusluokille kuin XC2 myös perustelut
- Katkaisutaso/kiinnitys anturaan (paaluittain)
- Paalutusjärjestys – mahdollinen koepaalutus
- Tarvittava työpeti, kivistä ja epähomogeenista työpetiä käytettäessä otettava huomioon sijaintipoikkeaman kasvaminen tavanomaisesta
- Suurin paalukuorma (F_{cd}) murtorajatilassa
- Paaluluettelo (paalujen numerointi, sijainti (X, Y, Z), paalutyyppi, -koko, -kärki, vinopaalujen kaltevuudet (kaltevuus ilmoitetaan asteina), tavoite- ja katkaisutaso/kiinnitys anturaan (paaluittain)
- Tarvittavat tiedot PDA-mittauksen suorittamiseksi tai loppulyöntiehto

Lisäohjeita suunnittelijalle

- Paalun kuormitus lasketaan Paalutusohjeen 2016 (RIL-254-2016) OSAN 1 kohdan 4.2 mukaisesti.
- PDA-mitattavat paalut tai paalujoukot tulee yksilöidä. PDA-mittauksella saatavat kantavuuden keski- ja minimiarvo esitettävä suunnitelmissa paalujoukoittain. PDA-mittauksen perusteella on mahdollista määrittää paaluille loppulyöntiehto ja varmistua oikeasta tavoitetasosta.
 - Mitattavaksi paalujoukoksi katsotaan riittävän samankaltaisissa geoteknisissä olosuhteissa olevat samanlaiset paalut
- Suomessa ensisijainen vaihtoehto on varustaa paalut kalliokärjin (PO-2016 kohta 3.9.4.1). Tukipaalut tulee varustaa aina kalliokärjellä.
- Mikäli poiketaan Tuotelehden vakiopaalusta esimerkiksi lisäämällä paalun rakenteellista kapasiteettia betonin lujuusluokkaa nostamalla ja/tai terästä lisäämällä, tulee varmistua paaluun liittyvien varusteiden riittävästä kapasiteetista.
- Paalun rasitusluokka on tyypillisesti XC2. Tästä poikkeavien rasitusluokkien valinnan perusteet tulee esittää suunnitelma-asiakirjoissa.
- Paalut pyritään katkaisemaan tasakatkaisuna perustuksen pohjan suuntaisesti ja ulottaen ne vähintään 50 mm anturan sisään. Perustuksen lävistyskapasiteettia määritettäessä laatan paksuudeksi valitaan paalun pään yläpuolella oleva laatan osa.
- Paalujen katkaisutaso tulee määritellä noin 20 cm maanpinnan yläpuolelle, riippuen katkaisuun käytettävästä kalustosta.
- Työpedin vaikutus paalutustyön suorittamiseen ja paalujen asennusjärjestykseen tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi viimeiset paalut tulee pystyä lyömään tasaiselta työpediltä.
- Ympäristön esteet ja paalutuskoneen rajoitukset vinopaalujen lyönnille eri suunnissa tulee ottaa huomioon.

- Paalujen kaltevuuden ääriarvot määritetään paalutuskoneen mukaan. Suurin sallittu kallistus on myös riippuvainen paalun metripainosta ja pituudesta, sekä kaltevuuden suunnasta paalutuskoneeseen nähden. Vinopaalujen yhteydessä paalutusalan kantavuuteen on kiinnitettävä erityisesti huomiota.
 - Yleisesti takakallistuksella saavutetaan suurin kaltevuus: Lyhyillä paaluilla jopa 3:1, tyypillisesti 4:1 tai 5:1.
 - Sivukallistuksella 10:1 tai 20:1
 - Etukallistuksella 8:1 lyhyillä paaluilla, tyypillisesti 10:1 tai 20:1

Vakiopaaluanturoiden suunnitteluohje ja autoCad-blokit ovat ladattavissa maksutta osoitteessa: betoni.com kohdassa Paalut

Paaluperustusten Tekla Structures suunnitteluohjelma (sis. SGY ry:n vakiopaalutuspyytäkirjapohjan) on ladattavissa Tekla Warehousesta kohdasta Concrete (BEC) / BEC Pile (RT Betonipaalu).

Lisätietoa paaluperustusten suunnitteluun:

Paaluinfo 1/2021: Täydentäviä ohjeita teräsbetonipaaluksen suunnitteluun ja toteutukseen (ladattavissa sivustolta betoni.com)



2.3.1 Paalujen kiinnityksestä yläpuoliseen rakenteeseen – paalujen pääterästen ankkurointi

Tasakatkaistu paalu välittää ainoastaan puristavaa normaalivoimaa.

Mikäli paalu ja raudotteet tasakatkaistaan tai ankkurointipituus alittaa minimiankkurointipituuden ($l_{b,min}$), käsitellään paalun ja rakenteen liitos laskennallisesti vetoa kestäväksi nivelenä. Paalun hyötypituuden alittaessa 3 metriä tulee paalu kiinnittää jäykästi yläpuoliseen rakenteeseen.

Tarvittaessa paalu voidaan ankkuroida yläpuoliseen rakenteeseen paljastamalla paalun pääraudoitus. Tällöin ankkurointipituus määräytyy paalun pääterästen ja yläpuolisen rakenteen betonin ominaisuuksien perusteella.

Taulukko 2.2 RT Betonipaalujen® pääterästen ankkurointipituudet liittyvään rakenteeseen eri liittyvän rakenteen betonin lujuusluokilla. Raudoitteen vetovoimakapasiteetti.

Paalutyyppe	Tartuntapituus [mm]				$F_{t,d,min}$	$F_{t,d,max}$
	$l_{b,min}$	C25/30	C30/37	C35/45	[kN]	[kN]
RTB-250-16	140	560	490	450	93	370
RTB-300-16	160	670	560	510	110	490
RTC-300-16	250	960	850	770	190	750
RTC-350-16	280	1100	970	880	240	980

$F_{t,d,min}$ = paalun raudoitteen yhteenlaskettu murtorajatilän vetokapasiteetti kaikki pääteräkset

huomioon ottaen ankkurointipituuden vähimmäisarvolla $l_{b,min}$ (Betoni C25/30)

$F_{t,d,max}$ = paalun raudoitteen suurin murtorajatilän vetokapasiteetti kaikki pääteräkset huomioon ottaen ja suoralle paalun suuntaiselle vetovoimalle.

$l_{b,min}$ = pääterästen ankkurointipituuden vähimmäisarvo

Taulukossa esitetyt arvot on laskettu paalun raudoitteen täydelle murtorajatilän vetokapasiteetille sarakkeen mukaisessa betonissa teräslajilla, jonka myötöraja 700 MPa ja toteutusluokassa 2. Raudoitteen ja rakenteen välillä oletetaan vallitsevan hyvät tartuntaolosuhteet.

Ankkurointipituus voidaan määrittää raudoitteessa vallitsevan voiman mukaan lineaarisesti interpoloimalla, kuitenkin siten, että ankkurointipituuden minimiarvo $l_{b,min}$ täyttyy. Ankkurointipituuteen rakenteessa lasketaan raudoitteen osuus, jolla betonissa ei esiinny raudoitustangon suuntaisia halkeamia, esim. perustusanturan alapinnan raudoituksen yläpuolella sijaitseva raudoitustankojen osuus.

Esimerkiksi paalulle RTB-300-16: Raudoituksen suhteen suurin mahdollinen vetovoima on 490 kN. Jos paaluun kohdistuvan vetovoiman mitoitusarvo on 100kN, tulee tartuntapituuden olla betonissa C30/37 $(100 \text{ kN} / 490 \text{ kN}) \cdot 560 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$, joka jää alle minimiarvon ($l_{b,min} = 160 \text{ mm}$). Eli valitaan minimiarvo. Minimiarvolla laskettuna paalun ankkuroinnin vetokapasiteetti on $(160 \text{ mm} / 560 \text{ mm}) \cdot 490 \text{ kN} = 140 \text{ kN}$. Lyöntipaalun suurin vetovoimakapasiteetti määräytyy paalun omasta painosta ja paalun sivupintoihin vaikuttavasta vaippavastuksesta.

Ankkurointipituutta on mahdollista pienentää taivuttamalla raudoitetta, hitsaamalla poikkitankoja tai päätyankkureita. Ankkurointipituuden laskennallisessa määrittämisessä noudatetaan standardia SFS-EN 1992-1-1

2.3.2 RT Betonipaalujen® puristuskapasiteetit

R_{dstr} = paalun rakenteellinen kestävyys, jolloin murtotapana on paalun stabiliteetin menetyt paalua ympäröivän maakerroksen murtuessa tai paalupoikkileikkauksen kapasiteetin ylittyminen.

R_{dgeo} = geotekninen kantavuus eli paalun suurin lyömällä osoitettavissa oleva murtorajatilän puristuskestävyys eri paalutustyyloissä tämän Tuotelehden loppulyöntiehtoja käytettäessä

HUOM! R_{dstr} vastaa sisällöltään eurokoodeissa käytettävää termiä N_{Rd} .

Taulukossa 2.3 on esitetty RT Betonipaalujen® puristuskapasiteettien mitoitusarvot paalun rakenteellisen kestävyden (R_{dstr}) ja tämän Tuotelehden loppulyöntitaulukkoa käytettäessä paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvon (R_{dgeo}) osalta. Paalun puristuskestävyydeksi valitaan pienempi näistä kahdesta arvosta.

Taulukon 2.3 puristuskapasiteetteja voidaan käyttää RT Betonipaaluille® kaikissa standardin SFS-EN 13670 mukaisissa toteutusluokissa. .

Paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvoissa on käytetty korrelaatiokertoimena PO-2016 mukaista arvoa $\xi_s = 1,47$ (geotekninen puristuskestävyys iskuaaltoanalyysin avulla). Geoteknisen kantavuuden maksimiarvo valitaan kohteen paalutustyylokan perusteella (PTL1-PTL3).

Paalun rakenteellinen kestävyys, R_{dstr} on määritetty Tampereen teknillisessä yliopistossa kehitetyn mitoitusmenettelyn avulla. Taulukon rakenteellinen kestävyys on määritetty aksiaalisesti kuormitetulle teräsbetonipaalulle, joka on kiinnitetty yläpäästään sivusiirtymättömään rakenteeseen.

Rakenteellisen kestävyden arvot on määritetty 4-5 erilaisella maan suljetulla leikkauslujuudella (c_u = maan suljetun leikkauslujuuden keskiarvo maaperätutkimusten perusteella) ja kolmella erilaisella käyttörajatilan pitkä- ja lyhytaikaisten kuormien suhteella (P = pitkäaikaiskuormien osuus; L = lyhytaikaisten kuormien osuus). Näiden väliltä kestävyys voidaan määrittää lineaarisesti interpoloiden. Taulukon pitkäaikaiskuormalla tarkoitetaan Eurokoodin (SFS-EN 1990) mukaan määritettyä kuorman pitkäaikaisuutta.

Rakenteellisen kestävyden arvot esitetään taulukossa sekä jatketuille että jatkamattomille paaluille. Tällöin PO-2016:n mukaisesti paalun geometrinen alkutaipuma δ_g on jatkamattomalla paalulla = $L_{cr}/300$ ja jatketulla paalulla = $L_{cr}/150$, kun L_{cr} = PO-2016 osan 1 kaavan 4.52 mukainen kriittinen nurjahduspituus.

Taulukko 2.3 RT Betonipaalojen® puristuskapasiteetit murtorajatilassa
(Puristuskapasiteetit nurjahduksen osalta on tarkasteltu erikseen sekä paalun sivun että diagonaalin suuntaiselle taivutukselle, näistä on on taulukkoon valittu alempi kapasiteettiarvo).

Paalutyypin	$R_{d, str}$ [kN]							$R_{d, geo}$ [kN] *)		
		P [%]	L [%]	5	7	10	12	PTL1	PTL2	PTL3**)
RTB-250-16	Jatkettu paalu	100	0	508	613	739	805	624	698	791
		50	50	636	760	899	(947)			
		0	100	721	838	(947)	(1000)			
	Jatkamaton paalu	100	0	692	808	(927)				
		50	50	867	990	(1077)				
		0	100	933	1017	(1103)				
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	1036	1204	(1357)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	995	1161	(1325)				
		50	50	1247	1415	(1532)				
		0	100	1338	1455	(1574)				
RTC-300-16	Jatkettu paalu	100	0	788	957	1163	1277	1026	1147	1300
		50	50	987	1184	1427	(1549)			
		0	100	1121	1324	(1526)	(1622)			
	Jatkamaton paalu	100	0	1087	1283	1498				
		50	50	1369	1595	(1778)				
		0	100	1496	1661	(1821)				
RTC-350-16	Jatkettu paalu	100	0	1077	1307	1589	1746	1394	1558	1765
		50	50	1346	1616	1946	(2092)			
		0	100	1529	1805	(2078)	(2209)			
	Jatkamaton paalu	100	0	1484	1750	2043				
		50	50	1868	2174	(2411)				
		0	100	2039	2260	(2478)				

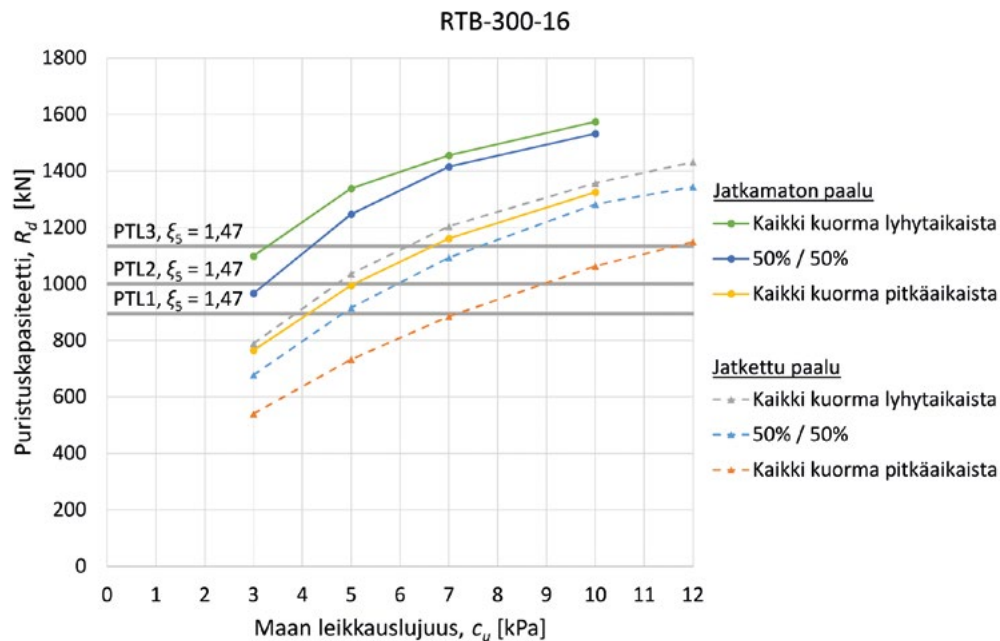
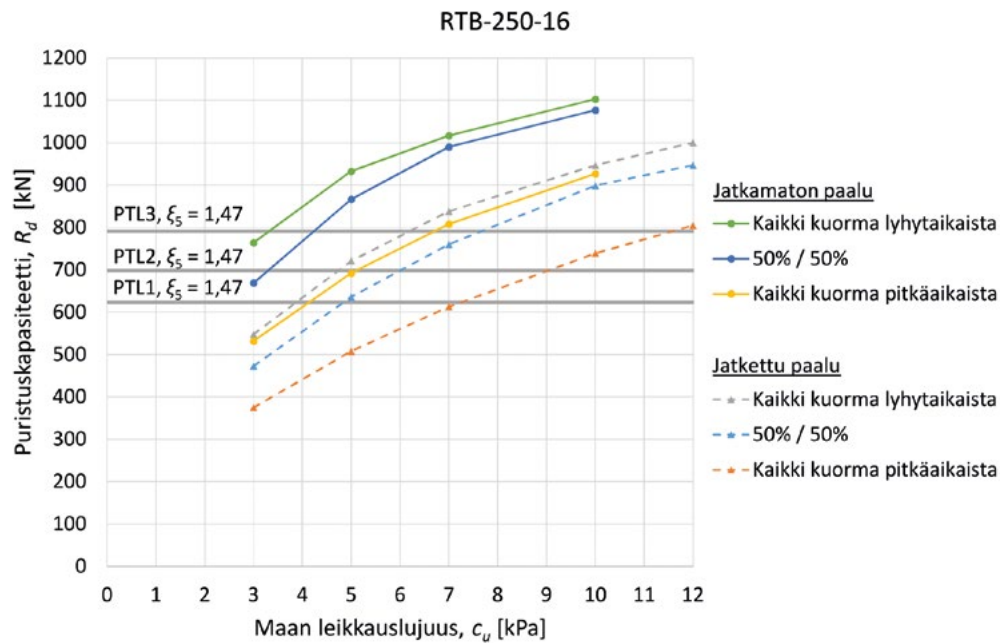
*) Korrelaatiokerroin $\xi_s = 1,47$

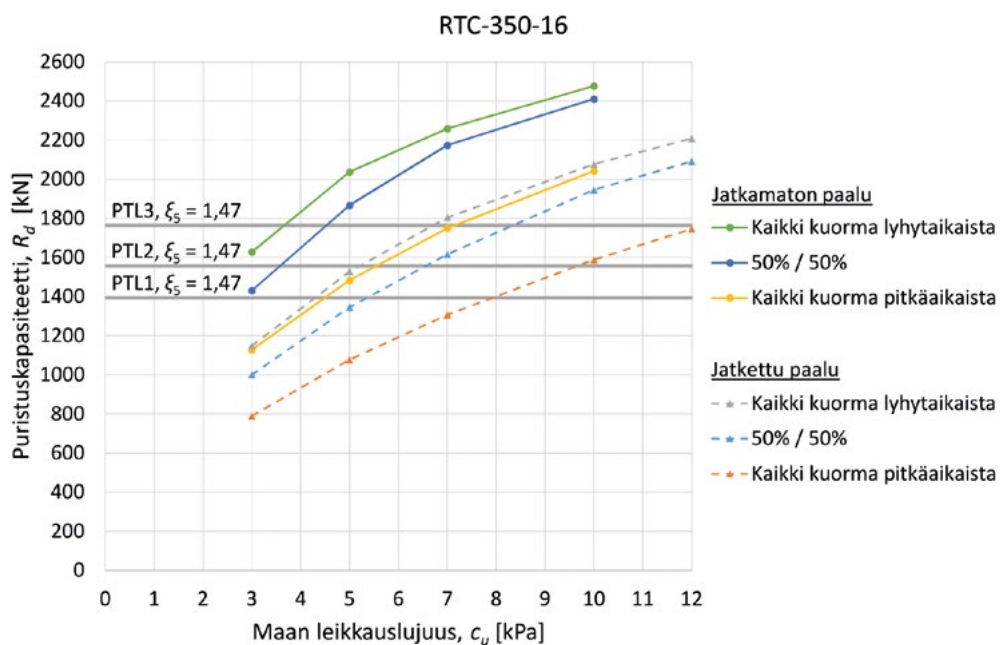
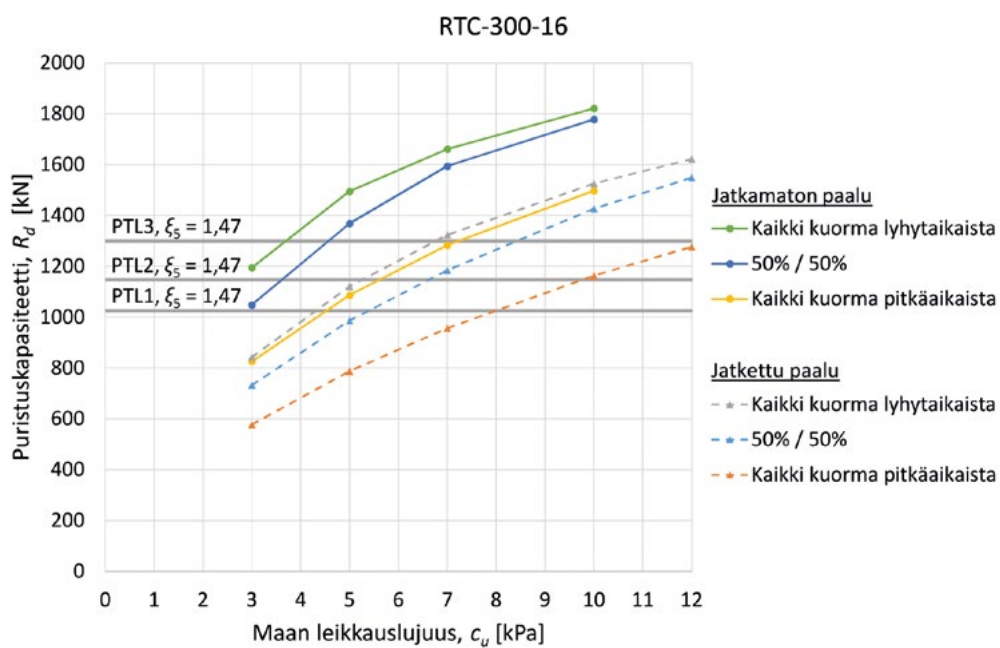
**) Paalutustyöluokassa PTL3 lyötävien paalojen geotekninen kestävyys $R_{d, geo}$ on aina varmistettava joko dynaamisilla tai staattisilla koekuormituksilla.

Suluissa esitetty paalun rakenteellinen kestävyys ($R_{d, str}$) arvo tai tyhjä ruutu tarkoittaa sitä, että paalun puristuskestävyys tulee Tuotelehden loppulyöntitaulukkoa käytettäessä kaikissa tapauksissa määräytymään paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvon perusteella.

Alla olevassa kuvassa on esitetty RT Betonipaalojen® eri paalutyypin rakenteelliset puristuskestävyydet murtorajatilassa maan leikkauslujuuden funktiona sekä jatkamattomille että jatketuille paaluille kolmelle lyhyt ja pitkäaikaisten kuormien suhteelle (100% / 50% / 0%).

Lisäksi vaakaviivoilla on esitetty geotekniset kantavuudet eri paalutustyöluokissa.





Kuva 2.1 RT Betonipaalojen® eri paalutyyppeiden rakenteelliset puristuskestävyydet murtorajatilassa maan leikkauslujuuden funktiona sekä geotekniset kantavuudet eri paalutustyyloissa noudatettaessa kohdan 3.4 lopetuslyöntiehtoja.

Mikäli paalun geotekninen puristuskestävyys tullaan varmistamaan tämän tuotelehden loppulyöntiehtojen sijaan dynaamisten koekuormitusten avulla, määritetään paalun kantokyky suunnitteluvaiheessa taulukon 2.4 $R_{c,max}$ -arvojen avulla. $R_{c,max}$ tarkoittaa paalun geoteknisen puristuskestävyyden arvoa, joka paalusta voidaan enimmillään suunnitella osoitettavaksi lyöntityön perusteella. Paalun geotekninen puristuskestävyys voidaan suunnitella enintään mitoitusarvoon, joka saadaan jakamalla paalutustyöluokan perusteella määräytyvä $R_{c,max}$ -arvo korrelaatiokertoimella ξ_5 ja paalun osavarmuudsluvulla $\gamma = 1,2$. Korrelaatiokerroin ξ_5 määräytyy muun muassa koekuormitettavien paalujen lukumäärän perusteella ja sen määrittämisestä on kerrottu tarkemmin PO-2016:n osan 1 luvussa 4.5.2.4.

Paalujen toteutunut geotekninen puristuskestävyyden mitoitusarvo määräytyy lopulta dynaamisten koekuormitustulosten keskiarvon tai minimiarvon perusteella ja sen tulee aina olla vähintään yhtä suuri kuin suunnitteluvaiheessa määritetty geoteknisen puristuskestävyyden mitoitusarvo. Asennustyössä ja dynaamisen koekuormituksen aikana lyöntivoiman (mitattu maksimivoima FMX) ja mobilisoituneen staattisen vastuksen on mahdollista ylittää $R_{c,max}$ -arvot, mutta betonin puristusjännitys asennuksen aikana saa olla maksimissaan 80 % betonin puristuslujuudesta (vaihtoehtoisesti 88 %, mikäli jännityksiä mitataan).

Tämän ohjeen kohdan 3.4 lopetuslyöntiohjeita noudatettaessa betonin puristusjännitysten voidaan olettaa pysyvän sallituissa rajoissa riittävällä varmuudella asennustyön aikana. Dynaamisen koekuormituksen aikana sallitun jännityksen pieni ylitys yhdellä koekuormitusiskulla on hyväksyttävissä, mikäli paalussa ei näy silmämääräisiä vauriota ja paalun ehjyys todennetaan kovan iskun jälkeen tehdyllä uudella koekuormitusiskulla.

Edelleen tulee huomioida, että pehmeissä maakerroksissa paalun kantokyky voi määräytyä geoteknisen puristuskestävyyden sijaan paalun rakenteellisen kestävyysperusteella, jonka osalta kapasiteettiarvot on esitetty Taulukossa 2.3.

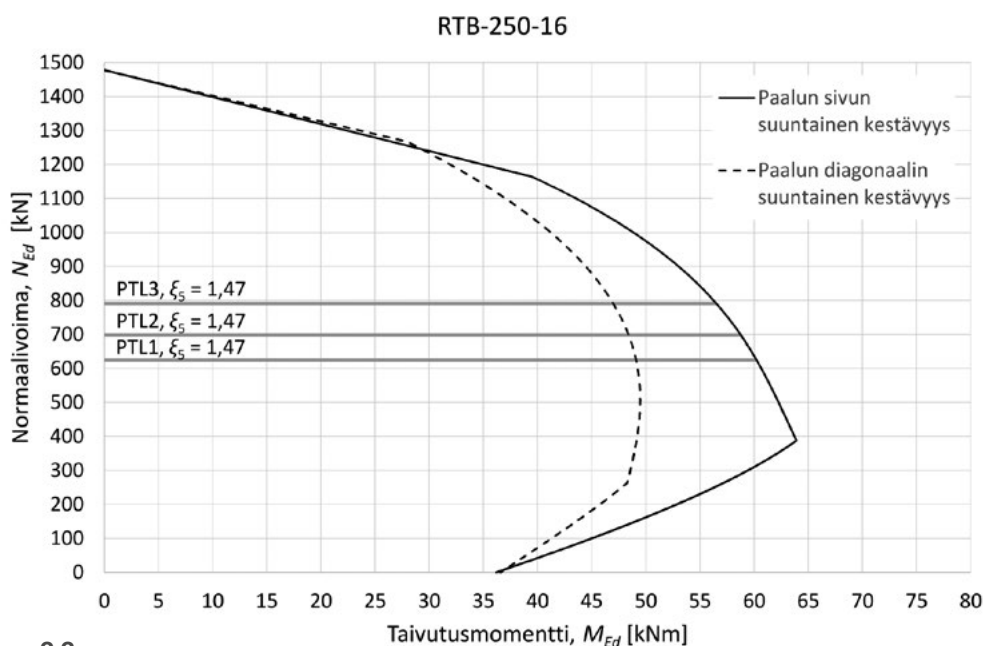
Taulukko 2.4 Lyönninkestävyyden kautta määräytyvä paalun puristuskestävyyden maksimiarvo $R_{c,max}$ RT betonipaaluille®.

	$R_{c,max}$ [kN]		
Paalutyyppi	PTL1	PTL2	PTL3
RTB-250-16	1101	1231	1395
RTB-300-16	1579	1765	2000
RTC-300-16	1811	2024	2293
RTC-350-16	2459	2748	3114

2.3.3 Yhteisvaikutuskäyrästöt RT Betonipaaluille®

Kuvissa 2.2-2.5 on esitetty normaalivoiman ja taivutusmomentin yhteisvaikutuskäyrästöt tässä Tuotelehdessä esitettyjen RT Betonipaalujen® eri tyyppien osalta. Käyrästöissä on esitetty paalun kestävyys tapauksissa, joissa taivutusmomentti vaikuttaa joko paalun sivun tai paalun diagonaalin suunnassa. Suositellaan käytettäväksi diagonaalin suuntaista yhteisvaikutuskäyrää, sillä yleensä on vaikeata varmistaa, että paalun sivun suunta saadaan asennettua taivutusmomentin vaikutussuuntaan. Yhteisvaikutuskäyrästä kestävyys verrataan mitoituskuormista aiheutuviin paalun rasituksiin. Kuvaajissa on esitetty myös paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvot paalutustyöluokittain tämän Tuotelehden loppulyöntiehtoja käytettäessä.

Yhteisvaikutuskäyrästöt on määritetty käyttäen Eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 mukaista betonin bilineaarista materiaalmallia.



Kuva 2.2

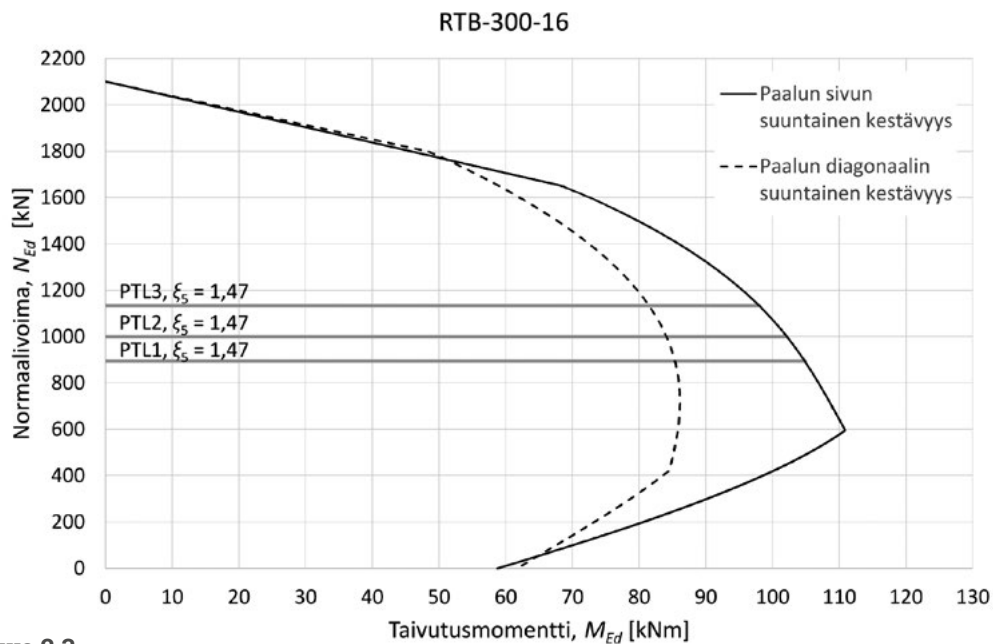
Paalutyyppi RTB-250-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyöluokka 1

PTL2 = paalutustyöluokka 2

PTL3 = paalutustyöluokka 3



Kuva 2.3

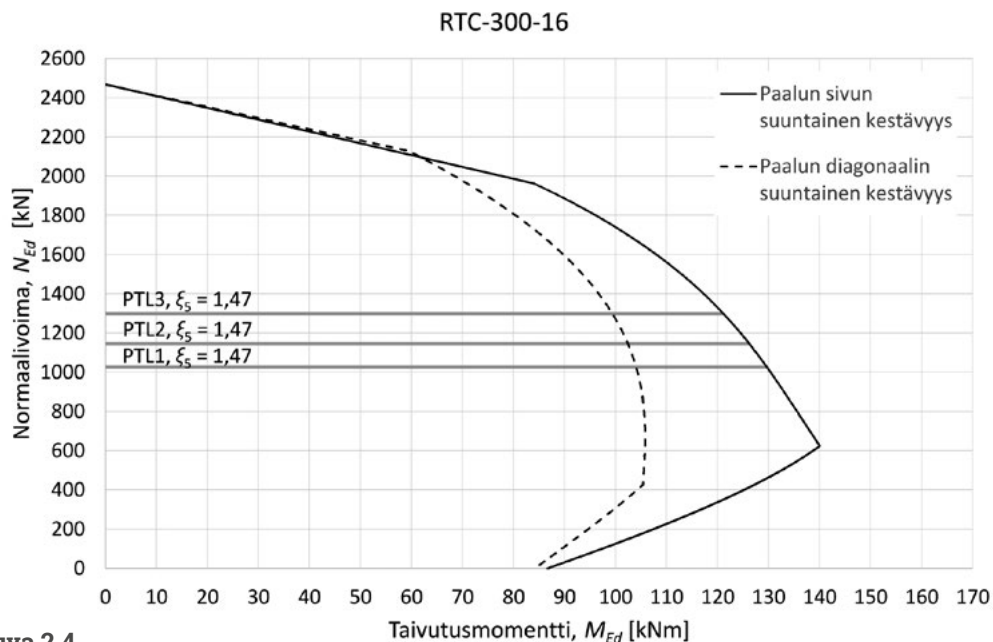
Paalutyypin RTB-300-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyyli luokka 1

PTL2 = paalutustyyli luokka 2

PTL3 = paalutustyyli luokka 3



Kuva 2.4

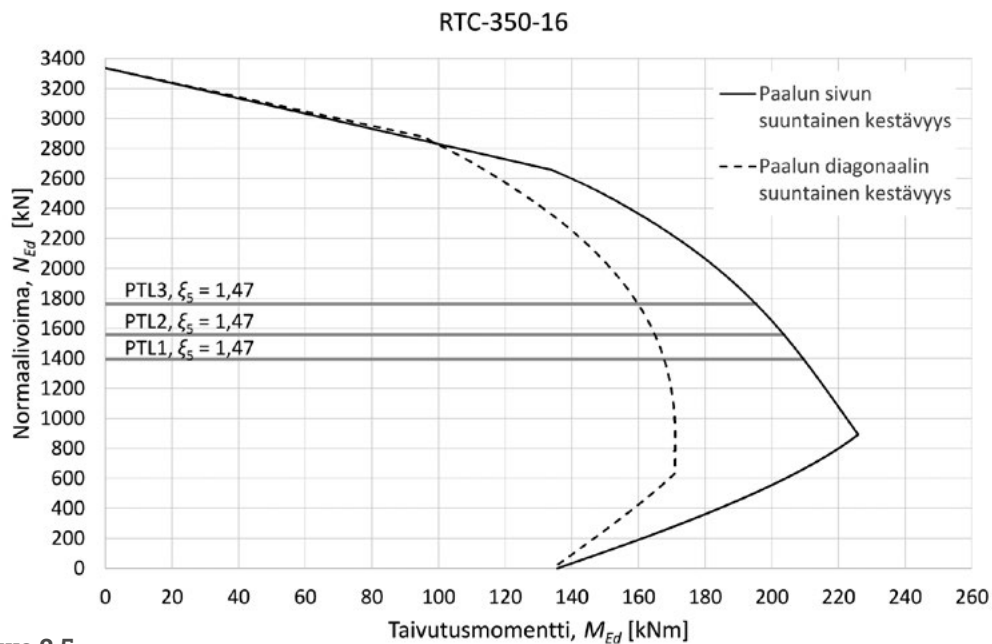
Paalutyypin RTC-300-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyyli luokka 1

PTL2 = paalutustyyli luokka 2

PTL3 = paalutustyyli luokka 3



Kuva 2.5

Paalutyypin RTC-350-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyöluokka 1

PTL2 = paalutustyöluokka 2

PTL3 = paalutustyöluokka 3

Lisätietoa suunnitteluun poikkeamatilanteissa

Paaluinfo 1/2021: Täydentäviä ohjeita teräsbetonipaaluksen suunnitteluun ja toteutukseen (ladattavissa sivustolta betoni.com).



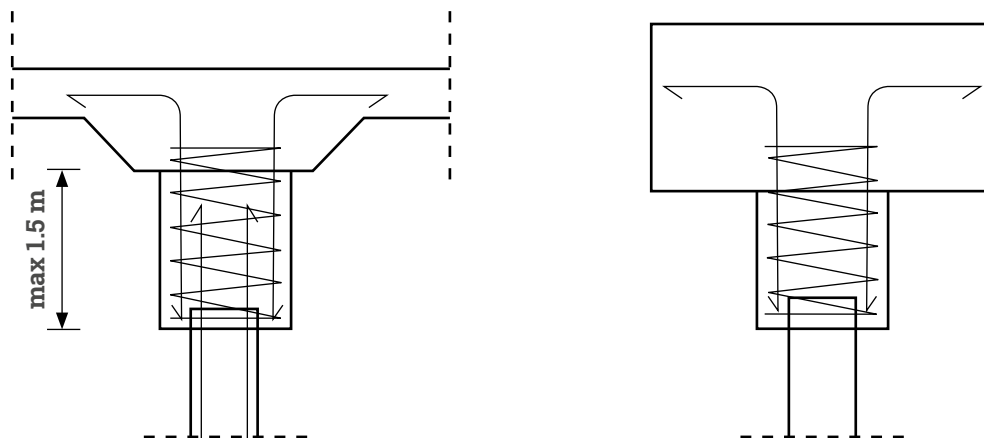
2.3.4 Suunnitteluohjeita poikkeamatilanteisiin

Paalun sukeltaminen

Joissain tapauksissa paalu uppoaa ennakoimattomasti työn aikana ts. paalujen kärki saavuttaa riittävän kantavuuden ennakoitua tavoitetasoa alempana. Teräsbetonipaalun normaalijatkoksen tulee olla aina ennalta suunniteltu ja jatkososien asennettu valmistuksen yhteydessä, joten ennakoimaton jatkamistarve paalutustyömaalla täytyy ratkaista muilla keinoin. Tässä tapauksessa paaluun voidaan tehdä jatkos, jolla paalun yläpää saadaan kytkettyä rakenteeseen.

Paalun työmaajatkoksen tapauksessa kiinnityksen joko rakenteeseen tai paalun jatkokseen on suositeltavaa olla jäykkä, jotta mekanisminmuodostus vältetään.

Kun paalun tukeutumistaso on ennakoitua alempana, suunniteltu paalupituus ei riitä ja paalun yläpää päätyy paalutustason alapuolelle. Kuvatussa tapauksessa asennus on tehty todennäköisesti apupaalua käyttäen, jolloin paalun yläpää tunkeutuu paalutus-alustan alapuolelle. Paalun yläpää tulee kaivaa esiin riittävästi, piikata esiin teräkset (Kuva 2.6 a) ja valmistella valumuotti paalun jatkamista varten. Vaihtoehtoisesti voidaan paalu ulottaa noin 50-100 mm jatkoksen sisään paljastamatta teräksiä (Kuva 2.6 b) ja käsitellä liitosta nivelellisenä. Tässä tapauksessa pitää jatkos kiinnittää yläpuoliseen rakenteeseen jäykästi.



Kuva 2.6 Liian syvälle painuneen paalun ja anturan välinen liitos

- a.) momenttia johtava jäykkä liitos (paalun pääterästen tartunta anturaan)**
b.) ei-momenttiajohtava nivelellinen liitos (paalun pääteräksiä ei paljastettu).

Jos paalu painuu ennakoimattomasti syvemmälle kuin 1.5 metriä suunnitellusta pinnasta, on paalun esiin kaivaminen hankalampaa, koska kaivantoa täytyy joko tukea tai tehdä se hyvin laajana. Tällöin todennäköisesti taloudellisempi vaihtoehto paalun jatkamiselle on asentaa uusi korvaava paalu, jossa tunkeutumistaso poikkeamaan on paalun pituudessa varauduttu. Korvaavan paalun sijainnin vaikutus yläpuoliseen rakenteeseen on huomioitava tapauskohtaisesti.

Suosituksset suunnittelijalle:

- Mikäli paalun tunkeumatasosta on epävarmuutta, tulee asiasta keskustella urakoitsijan kanssa, jotta mahdolliseen ongelmaan voidaan varautua ennaltaehkäisevästi.
- Suunnitellaan tarvittaessa koepaalutus, jotta saadaan paalujen tunkeumatasolle lisävarmuutta
- Jos mahdollista, niin suunnitellaan rakenne siten, että korvaavien paalujen sijoittaminen on mahdollista. Tämä on suositeltavaa myös siksi että paalu voidaan joutua hylkäämään esimerkiksi vaurioitumisen tai katkeamisen takia.

Paalun pyörähtäminen akselinsa ympäri asennuksen aikana

Ainoastaan puristetun paalun nurjahduksen kannalta paalun pyörähtämisellä akselinsa ympäri ei ole merkitystä kapasiteettiin. Paalu pyrkii nurjahtamaan aina heikompaan suuntaansa.

Paalun taivutusmomenttikapasiteettiin taivutussuunnalla on vaikutus, etenkin normaalivoiman vaikuttaessa samanaikaisesti. Paaluun yläpäähän voi syntyä taivutusta seuraavien ehtojen ollessa voimassa:

- Paalu on kiinnitetty jäykästi anturaan
- Paalun liikkumisesta ympäröivän maan suhteen paalun sivuun mobilisoituvasta si-vuvastuksesta aiheutuu taivuttavaa momenttia paaluun
- Anturan liikkeen takia jäykästi kiinnitetty paalu pyrkii kiertymään anturan suhteen
- Paalua kuormittaa jokin epäkeskeinen voima tai momentti paalun yläpäässä

Diagonaalien suunnassa paalun momenttikapasiteetti on aina heikompi ja paalun murtotapa taivutuksessa terästen vetomurto, vastaavasti kuin paalun sivua vastaan kohtisuorassa taivutuksessa. Siksi paalun kiinnitys anturaan tulee tehdä vastaavalla tavalla molemmissa tapauksissa eli tartuntapituus määritetään täydelle teräsjännitykselle, mikäli koko taivutusmurtokapasiteetti on käytössä. Tällöin on otettava huomioon kohdassa 2.3.3 esitettyjen yhteisvaikutuskäyrien esittämä kapasiteettien ero erisuuntaisissa taivutuksissa.

Diagonaalien suunnassa ympäröivän maan suhteen siirtyvällä paalulla on suurempi projektioala. Tällä on vaikutusta rakenteen ja maaperän yhteistoimintaan, jolloin murtotilassa saavutettavalla sivuvastuksen ääriarvolla PO-2016:n mukaisesti laskettaessa näiden kahden tapauksen sivuvastuksella ei ole eroa. Sen sijaan diagonaalien suunnassa kuormitettu paalu voi mobilisoida suuremman voiman pituusyksikköä kohden, suuremman pinta-alansa johdosta. Vastaavasti sivuvastuksen ääriarvo eli maan murtoon vaadittava siirtymä on diagonaalien suunnassa suurempi.

Mikäli paaluun kohdistuu taivutusmomenttia diagonaalien suunnassa, on se otettava huomioon mitoistustarkastelussa käyttämällä vastaavaa kapasiteettia. Paalun pyörähtämisriskin takia ei ole tarkoituksenmukaista mitoittaa uudissuunnittelussa paaluja taivutusmomentin ylärajoille, vaan jätettävä 'toleranssivaraa' toteutuksenaikaisia poikkeamia varten. Taivutusmurron luonne paaluantura rajapinnassa säilyy terästen vetomurtona huolimatta siitä, että anturan betonin lujuus on alhaisempi kuin paalun betonin. Jos raudoitteen tartuntapituus anturaan ei ole riittävä, tapahtuu ankkurointi-

murto, jota voidaan pitää paalun liitoksen kannalta terästen vetomurron kaltaisena. Suosituksia suunnittelijalle:

- Teräsbetonipaaluilla ei suositella aktiivisesti otettavan vaakakuormia sivuvastuksen avulla.
- Pyörähtäminen tulee ottaa huomioon suunnittelussa esimerkiksi varautumalla siihen käyttämällä alemmaa taivutuskapasiteettia
- Paalun tartuntateräket riittävät kiinnitykseen, mutta vinossa taivutuksessa kapasiteetti on alhaisempi ja tulee tarkastella erikseen.



2.4 RT-Betonipaalujen® hiilijalanjälki eli CO₂ -päästöt

Lyötävät teräsbetonipaalut ovat hiilijalanjäljeltään edullisin perustamistapa heikosti kanta-villa maapohjilla pelkästään rakentamisaikaistenkin CO₂ -päästöjen kannalta, lisäksi niiden pitkä suunniteltu käyttöikä alentaa myös rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeä.

RT-Betonipaalujen® vakiotuotteille on laadittu varmennettu standardin SFS-EN 15804+A1 mukainen elinkaariarvio (LCA), jossa esitettyjä ympäristövaikutuksia voi hyödyntää esimerkiksi rakennushankkeen ympäristövaikutusanalyseissa. Siinä on esitetty RT-Betonipaalujen® GWP-arvot, joita käytetään perustusten rakennusaikaisten CO₂ -päästöjen laskennassa. GWP (Global Warming Potential) kattaa paalun CO₂ -päästöt ”kehdestä portille” eli elinkaaren moduulit A1-A3, sisältäen paalun raaka-aineiden ja teräsosien, näiden kuljetusten sekä paalun valmistuksen CO₂ -päästöt. Paalutuotteen kuljetuksesta työmaalle aiheutuvat päästöt eivät sisälly GWP-arvoon.

RT-Betonipaalujen® CO₂ -päästöarvot GWP_{TOTAL}:

- RTB-250-16: GWP = 26,3 kg CO₂ eq / paalu-jm
- RTB-300-16: GWP = 36,6 kg CO₂ eq / paalu-jm
- RTC-350-16: GWP = 52,1 kg CO₂ eq / paalu-jm

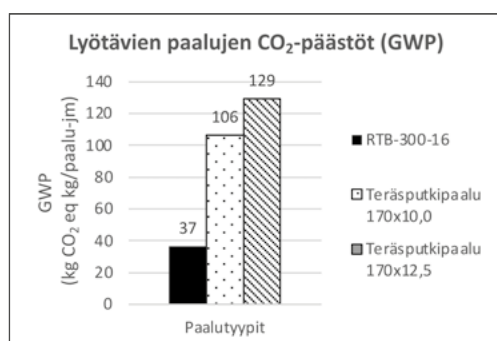
Erikoispaalujen CO₂ -päästöt vaihtelevat tapauskohtaisesti, tässä muutamia esimerkkejä:

- Paalun RTB-300-SR GWP = 37 kg CO₂ eq / paalu-jm
- Paalun RTB-300-E GWP = 41–43 kg CO₂ eq / paalu-jm
- Paalun RTC-300-16 GWP = 39–41 kg CO₂ eq / paalu-jm

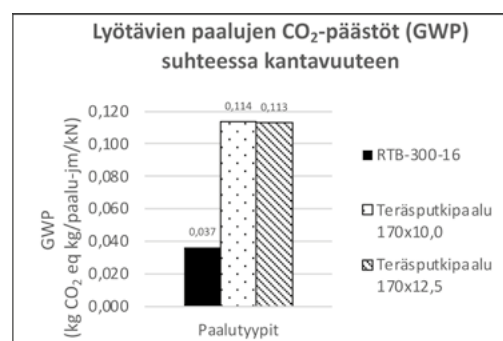
RT®-betonipaalutuotteita valmistava paalutehdasverkosto kattaa hyvin koko maan ja näin myös tuotteiden kuljetuksista aiheutuvat CO₂ -päästöt voidaan minimoida.

Kuvassa 2.7 on esitetty erityyppisten lyöntipaalujen CO₂ -päästöjä, joihin sisältyy raaka-aineiden ja niiden kuljetusten sekä paalunvalmistuksen aiheuttamat CO₂ -päästöt (GWP_{TOTAL}) paalumetriä kohti. Toisessa kuvassa esitetään paalujen päästöt suhteessa niiden kantavuuteen eli paalumetriä ja kilonewtonia kohti, tällöin tuotteiden väliset kantavuuserot eivät vaikuta vertailuun.

Lyötävien paalujen CO₂ -päästöt (GWP)



Lyötävien paalujen CO₂ -päästöt (GWP) suhteessa kantavuuteen



Lähteet:

1. Teräsbetoninen lyöntipaalu, Verifioitu elinkaariarvio (LCA), Vahanen Environment Oy, 30.4.2021
2. SSAB, Steel piles EPD (S-P-02243, version 1.0), Ecobio Oy, 2020

Kuva 2.7 Lyötävien paalujen CO₂ -päästöjä (moduulit 1-A3)

Lisätietoa RT®-betonipaalujen ympäristövaikutuksista

RT-Betonipaalujen® varmennettu ympäristöseloste (LCA-raportti) on ladattavissa täältä



3. PAALUTUSTYÖ

Paalujen kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä on noudatettava tämän Tuotelehden ohjeita.

3.1 Työturvallisuus

Tämä Tuotelehti antaa suosituksia paalujen ja paaluvarusteiden käsittelystä. Valmistaja ei vastaa työmaalla tapahtuvista vahingoista, tapaturmista tai vaurioista. Tuotelehti ei ole kaiken kattava eikä se sisällä kaikkia paalujen ja paaluvarusteiden käsittelyssä huomioitavia yleisiä tai tapauskohtaisesti huomioitava asioita. Käsittelyssä noudatetaan ensisijaisesti lakeja ja määräyksiä sekä PO-2016 ja työmaan ohjeita.

Paaluja käsiteltäessä on käytettävä kypärää, turvakengkiä, suojalaseja, -vaatetusta ja -käsineitä ottaen huomioon työmaan ohjeet.

3.1.1 Paalujen kuljetus

Työmaan ajoteiden ja kuorman purkupaikan tulee olla ajokelpoisia (maksimikaltevuus 1:7, talviolosuhteissa hiekoitettuja ja puhdistettuja lumesta), riittävän kantavia sekä riittävän tilavia paalujen kuljetusauton ominaisuudet huomioon ottaen.

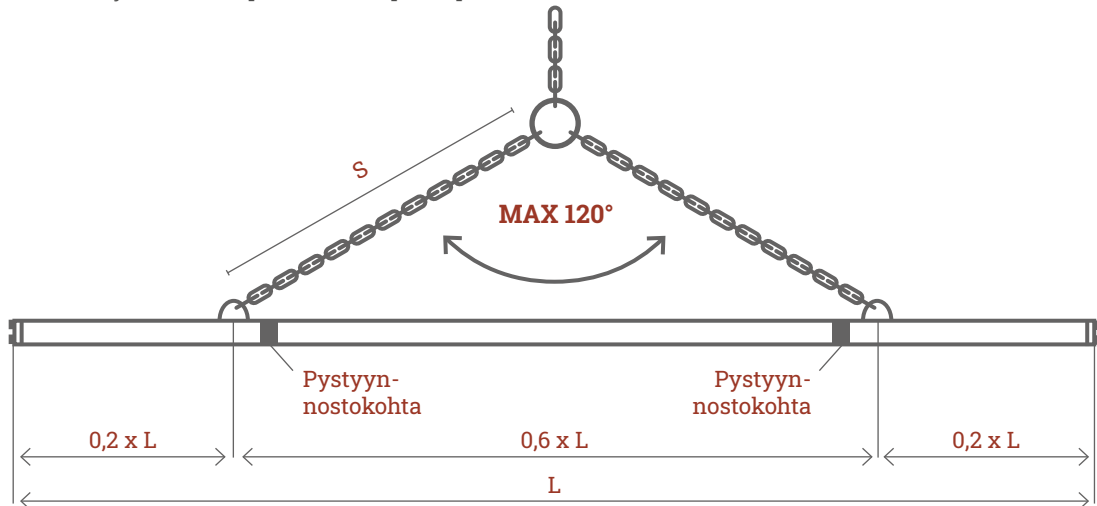
Toimitukseen liittyvä työskentelyalue ja alusta tulee olla riittävän tasainen ja laaja sekä kantava ja eristetty, jotta toimituksen toiminnot voidaan suorittaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa ympäristölle, sivullisille tai toimituksen suorittajalle. Ostajan edustajan tulee informoida paalutoimituksen suorittajaa ennen työskentelyn aloittamista toimitusalueella purkutyön suorittamiseen ja turvallisuuden vaikuttavista tekijöistä, kuten esimerkiksi työskentelyalustan kantavuuteen vaikuttavista rakenteista (kaivannoista, kaivoista ja viemäreistä, jne.), samoin kuin mahdollisista purkupaikan yläpuolisista asennuksista, kuten sähkölinjoista, joiden vaikutus purkutyön suoritukseen tulee ottaa huomioon ja siten varmistaa turvallinen työnsuoritus.

Nostoissa on huomioitava aina mm. nostotöille yleisesti asetetut turvallisuusmääräykset, lait ja asetukset sekä nostolaitteiden ja nostoapuvälineiden toimittajien ohjeet. Nostoissa ja siirroissa tulee käyttää vain hyväksytyjä nostoapuvälineitä. Nostoissa on varmistuttava, että välineitä käytetään ohjeiden mukaisesti. Roikkuvan taakan alle ei saa mennä. Paalut tulee tukea kuljetuksen ajaksi kuten varastoitaessa ja kiinnittää huolellisesti vaurioiden estämiseksi.

Paalut ja tarvikkeet eivät rikkoudu helposti, mutta huolimattomalla käsittelyllä niihinkin voidaan aikaansaada vaurioita, jotka vaikuttavat paalujen käyttöön ja ominaisuuksiin. Käsittelyssä on varmistuttava, että tuotteisiin ei aiheuteta pysyviä muodonmuutoksia eikä muita vaurioita.

3.1.2 Paalujen varastointi ja käsittely työmaalla

Paalut ja niissä käytettävät varusteet varastoidaan ja niitä käsitellään työmaalla siten, että niihin ei synny vaurioita. Suositeltavin tapa paalun siirtämiseen työmaalla on nostaa sitä kumpaakin nostolenkkiä ja sallittua ketjujen haarakulmaa käyttäen. Taulukossa 3.1 on esitetty nostoketjun minimipituudet eri paalupituuksille.



Kuva 3.1 Paalun siirto työmaalla

Työturvallisuussyistä paaluja ei saa siirtää työmaalla nostolenkistä vetämällä, koska se voi aiheuttaa nostolenkin äkillisen katkeamisen. Paalua voidaan vetää vain tasaisella alustalla nostoketjulla, joka on kiinnitetty paaluun vastaavasti kuin kohdassa 3.1.3 paalun pystyynnoston yhteydessä.

Alustan, jolle paalutuotteet sijoitetaan, on oltava niin suora, että paalut eivät varastoinnin aikana vaurioidu. Paalut varastoidaan nostolenkkien kohdalle asetettujen (puisten) tukien varaan tai tasaiselle maalle rinnakkain. Paalut varastoidaan työmaalla mahdollisimman lähelle niiden lyöntipaikkaa. Paalujen varastoimista pinoamalla useampaan kerrokseen ei suositella.

Paalukuorman purku työmaalla

- Auton vieressä ei voi olla telineitä, koska paalut puretaan suoraan maahan.
- Nostokoukkujen asennus paalujen nostolenkkeihin suoritetaan lavalla seisten (työskentelykorkeus on tällöin alle 2 m).

3.1.3 Paalujen pystyyn nosto työmaalla

Paalu nostetaan pystyyn kiinnittämällä nostoketju kiristytvästi paalun varteen, siten ettei kiinnityskohta tule nostolenkin ja paalun pään väliselle paalun osalle. Kuvassa 3.1 on esitetty nostoketjun oikea kiinnityskohta (= pystyynnostonostokohta).

Paalua ei saa nostaa pystyyn nostolenkistä, koska se aiheuttaa nostolenkkiin vetorasituksen suuntaan, johon sitä ei ole mitoitettu ja voi siten johtaa lenkin katkeamiseen.

Lisätietoa turvallisesta paalutustyöstä

Väylävirasto:
Paalutustyön
turvallisuusohje
2020



Väylävirasto:
Paalutustyöturvallisuuden
huomioiminen suunnitteluvaiheessa,
Väyläviraston oppaita 1/2020



3.2 Paalujen asentaminen

Työmaa-alueen tulee olla riittävän laaja, jotta paalutus voidaan suorittaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa ympäristölle. Pää toteuttajan on tehtävä kirjallinen rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelma (PO-2016 5.3.1).

Paalutustoissa suositellaan käyttämään dokumentointiin Suomen geoteknillisen yhdistyksen vakiopaalutuspyytäkirjapohjaa, joka on maksutta ladattavissa RIL Kirjakaupan sivustolta kohdasta Paalutusohje.

3.2.1 Paalutusalusta

Paalutusalusta on aina suunniteltava tapauskohtaisesti maaperän lujuuden ja käytettävän kaluston mukaan. Paalutusalustan suunnittelusta vastaa kohteen vastaava pohjarakenne-suunnittelija.

Ennen työn aloittamista paalutusurakan osapuolten on yhdessä on tarkastettava työmaa-alueen olosuhteet: paalutusalustan kantavuus, kaltevuus ja mahdolliset kaivannot sekä paalujen varastointipaikka..

Lisätietoa paalutusalustan suunnittelusta:

- Väylävirasto: Paalutustyöturvallisuuden huomioiminen suunnitteluvaiheessa, Väyläviraston oppaita 1/2020

3.2.2 Iskusuoja ja lyöntilevy

ISKUSUOJA

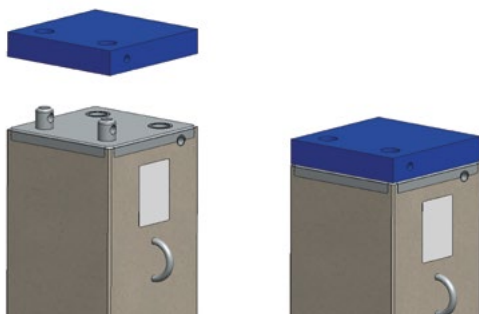
Iskusuojan tehtävä on vähentää paaluun lyönnin aikana syntyviä vetoaalloja sekä suojata paalun yläpäästä. Iskusuoja suositellaan käytettäväksi materiaalia, jonka ominaisuudet säilyvät mahdollisimman muuttumattomina paalutuslyöntien aikana, tämä koskee erityisesti kimmomoduulia. Iskusuojan kimmomoduulin tulee olla alle 1000 MPa ja pysyä muuttumattomana lyöntien aikana.

Yleisesti käytetty materiaali on kuiva lehtipuu (koivu, pyökki, tammi), jonka syyt ovat pystysuoraan paalua vasten. Mikäli ympäristö- ja työsuojeluvaatimusten takia (palokaasut, savu, tuli) puinen iskusuoja ei sovellu käytettäväksi, suositellaan sulavaa/käyttölämpötilassa palamatonta teollisesti valmistettua erikoismateriaalia.

Iskusuojan kunto tulee tarkastaa ennen jokaisen paalun lyöntien aloittamista ja sen liiallinen kuluminen on tärkeää havaita nopeasti myös paalun asennuksen aikana.

LYÖNTILEVY

Lyötäessä alapaalua tiiviiseen maaperään suojataan paalujatkos tähän tarkoitukseen valmistetulla lyöntilevyllä. Lyöntilevy estää paalujatkoksen lukitusosien vaurioitumisen.



Jatkospaalun lyönnissä käytetään lyöntilevyä, joka on putoamisen estämiseksi lukittava paikalleen.

3.3 Upotuslyönnit

Paaluun syntyy puristus- ja vetojännityksiä aina, kun sitä lyödään. Jännitykset eivät saa missään asennuksen vaiheessa ylittää standardissa SFS-EN 12699 esitettyjä rajoja.

Suurimmat vetojännitykset paaluun syntyvät yleensä upotuslyöntien aikana paalun kärjen ollessa pehmeässä maakerroksessa. RT-Tuotelehden mukaisille RT Betonipaaluille® on tehty PO-2016 mukainen vetojännitystarkastelu.

- Lyötäessä paalua koheesiomaahan, suositellaan käytettäväksi mahdollisimman pientä pudotuskorkeutta, rajauksena voidaan pitää noin 10 cm pudotuskorkeutta kaikille 3-5 tonnin järkäletyypeille.
- Lyötäessä paalua täytön läpi, jonka alapuolella on koheesiomaakerros, on noudatettava erityistä varovaisuutta ja pudotuskorkeus pidetään mahdollisimman pienenä.

3.4 Lopetuslyönnit käytettäessä RT Betonipaaluja®

Tuotelehden lopetuslyönnit on laskettu PO-2016 mukaisella menetelmällä. Lopetuslyönnit on laskettu 3t, 4t ja 5t järkäleille. Järkäletyypit on jaettu 3 eri ryhmään: kiihdyttämätön (kaikki vapaasti putoavat järkäleet), kiihdytetty (hydraulisesti kiihdytetty järkäleet esimerkiksi Junttan HHK A/S- sarjan järkäleet) ja kiihdytetty>1g (hydraulisesti kiihdytetty järkäleet, jossa kiihdytys on yli 1g, esimerkiksi Junttan SHK- sarjan järkäleet).

Kaikki paalutyypit lyödään **20 mm pysyvään painumaan 10 lyönnillä** tai tiukempaan käyttäen taulukoissa esitettyä lyöntienergiaa tai pudotuskorkeutta. Energiamittareilla varustetuissa koneissa käytetään ensisijaisesti lyöntienergiaa kriteerinä. Taulukoissa pudotuskorkeus on pyöristetty lähimpään 5 cm. Lyöntikorkeuden tarkempi esitys ei ole järkevää, koska lyöntikorkeuden määrittäminen paalutustyössä perustuu yleensä silmämääräiseen arviointiin.

Lopetuslyöntitaulukkoja voidaan käyttää järkäleille, mikäli iskusoja on kohdan 3.2.2 mukainen (iskusojan kimmomoduuli on n. 1 000 MPa)

Paalutustyöluokan PTL3 paalujen lopetuslyönnit varmistetaan aina PDA-mittauksilla. Taulukossa on esitetty PTL3 mukaiset lopetuslyöntikorkeudet, joita voidaan käyttää vain alustavina arvioina.

Kun paalun kärki ulottuu kantavaan maakerrokseen ja paalun painuma pienenee, lyödään loppulyönnit, yleensä 3–5 kymmenen lyönnin sarjaa. Loppulyöntisarjojen lukumäärä määritellään olosuhteiden mukaan. Jos paalun painuminen pienenee hitaasti, lyödään useampia sarjoja, ja jos painuma pienenee nopeasti, lyödään vähemmän.

Mikäli paalun painuma alittaa 10 mm 10 lyönnillä, on lyönti lopetettava välittömästi paalun vaurioitumisen estämiseksi. Lyönti voidaan lopettaa, jos paalu on lähellä tavoitetasoa, tai jos mikään muu erityispiirre ei pakota jatkamaan paalun upotusta, esimerkiksi jos paalu on kaukana tavoitetasosta tai paalun on tukeuduttava kallioon tms. Mikäli upotusta jatketaan, käytetään maksimissaan 0,2 m pudotuskorkeutta.

Pituuden vaikutus lyöntienergiaan/pudotuskorkeuteen:

Lyhyet paalut

- 5 m < paalun pituus ≤ 10 m: voidaan lyöntienergiaa pienentää 10%, vastaa käytännössä 5 cm pudotuskorkeutena
- paalun pituus ≤ 5 m: voidaan lyöntienergiaa pienentää 20%, vastaa käytännössä 10 cm pudotuskorkeutena

Pitkät paalut

- Paalu ≥ 50 m, on lyöntienergiaa nostettava 10%, vastaa käytännössä 5 cm pudotuskorkeutena

Jos taulukossa esitetty pudotuskorkeus on yli 50 cm, suositellaan käyttämään painavampaa tai tehokkaampaa järkälettä tai tarkistamaan loppulyöntiehto PDA-mittauksen avulla.

Taulukko 3.1 RTB-250-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	35	9	30	9	25	9
	4 t	30	9	25	9	20	9
	5 t	25	10	20	10	20	10
PTL2	3 t	40	11	40	11	30	11
	4 t	35	12	30	12	25	12
	5 t	30	13	25	13	20	13
PTL3	3 t	55	14	45	14	40	14
	4 t	45	15	40	15	30	15
	5 t	40	16	30	16	25	16

Taulukko 3.2 RTB-300-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		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

Taulukko 3.3 RTC-300-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	60	16	55	16	45	16
	4 t	50	16	40	16	35	16
	5 t	40	17	35	17	30	17
PTL2	3 t	75	19	65	19	55	19
	4 t	60	20	50	20	40	20
	5 t	50	21	45	21	35	21
PTL3	3 t	90	24	80	24	65	24
	4 t	70	25	65	25	50	25
	5 t	60	26	55	26	45	26

Taulukko 3.4 RTC-350-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	80	21	75	21	60	21
	4 t	65	22	55	22	45	22
	5 t	55	23	45	23	40	23
PTL2	3 t	100	26	90	26	75	26
	4 t	75	26	65	26	55	26
	5 t	65	27	55	27	45	27
PTL3	3 t	125	31	110	31	90	31
	4 t	95	33	85	33	70	33
	5 t	80	34	70	34	60	34

Uusi JPAD-lyöntisuoja teräsbetonipaaluille



MUITA OMINAISUUKSIA:

- ei liukene veteen DIN ISO 62
- laaja käyttölämpötila -40...+40 Cels.
- muokkautumislämpö +80 Cels.
- sulamislämpö +200 Cels.
- syttymislämpö +340 Celsius, materiaalin palaessa haisee steariinille
- REACH luokittelu ja rekisteröinti ei rekisteröitävä aine
- paalukoot 250*250, 300*300, 350*350, 400*400 tai erillinen paalukoko/malli
- yhtäjaksoinen lyöntimäärän kesto 3000 - 5000 lyöntiä, pienemmillä lyöntimäärillä lyöty 63kpl 350*350 paalua L=12m
- lyöntimäärä kahdella s=40 mm JPAD-lyöntisuojaalla (käytetään parina) on noin 9000 lyöntiä

Junttan on kehittänyt uuden JPAD-lyöntisuojan puisten tai muista puun kaltaisista materiaaleista valmistettujen lyöntisuojiin korvaamiseksi paremmin toimivalla ratkaisulla. Uuden konseptin mukainen JPAD-lyöntisuoja valmistetaan PE-erikoismateriaalista.

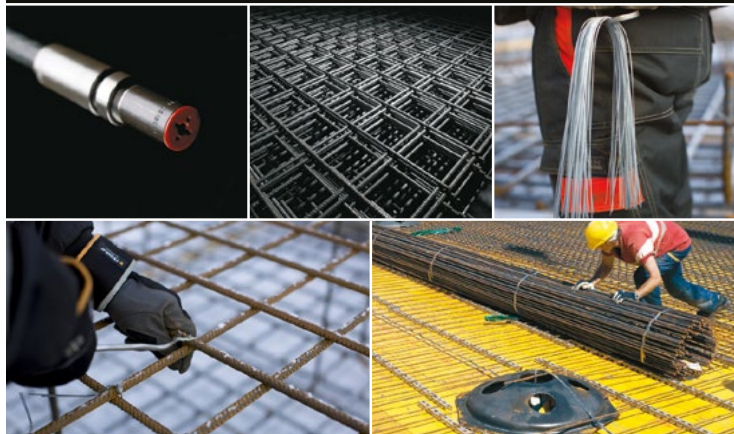
PE-ERIKOISMATERIAALISTA VALMISTETUN JPAD-LYÖNTISUOJAN EDUT:

- Testaustyön tuloksena on löydetty materiaali, joka omaa optimaalisen energian siirtymisen paaluun jokaisella lyönnillä homogeenisen rakenteen ja erityisesti tarkoitukseen kehitetyn kimmokertoimen avulla. Kimmomoduli pysyy vakiona lähes koko käyttöiän < 1000MPa koko elinkaari.
- Puhtaampaa ja turvallisempaa paalutusta, ei pala tai savua, ei haitallisia päästöjä. Työntekijöiden altistus savukaasuille ja pienhiukkasille vähenee verrattuna puun käyttöön paalun ja iskutyynyn välissä. Savua ei myöskään leviä paalutustyömaan lähialueille. Riippuvan taakan alla työskentely myös vähenee.
- Paalun suojaus, sulan lyöntisuojan näkee visuaalisesti valumana paalun päällä.
- JPAD-lyöntisuoja on helppo vaihtaa, ja kulunut pehmike sulaa paalun päälle eikä pakkaudu paalupesään.
- JPAD-lyöntisuoja kestää pidempään ja on tasalaatuista.
- JPAD-lyöntisuoja on täysin kierrätettävää materiaalia, ja syntynyt jäte voidaan hävittää energiatehtaan tai toimittaa muihin muovin kierrätyspalveluihin uuden muovin valmistamiseksi. EC jättekoodi 120105 ja 200139, EWC: ei vaarallinen aine.
- Materiaali on varastointikelpoinen, vähäiset mitta- ja ominaisuuksien muutokset.



Rakentajan valinta

Betoniteräkset, valmisraudoitteet,
raudoitusverkot ja betonirakentamisen
tarvikkeet kaikki yhdestä osoitteesta – Celsalta!



celsa
steelservice

www.celsa-steelservice.com

Perusta laadulle.

Parhaat paalujen valmistajat
haluavat laadukkaita paalu-
tarvikkeita luotettavasti ja kil-
pailukykyisesti, siksi Emecan
tuotteet menestyvät. Ne var-
mistavat laadukkaan, turval-
lisen ja kustannustehokkaan
työskentelyn paalutuksen koko
ketjussa.

WWW.EMECA.FI

EMECA
WORLD'S FINEST
PILING COMPONENTS

Paalujatkokset, kalliokärjet, maakärjet ja muut paalutarvikkeet

Emeca Oy Metallitie 47 27710 Köyliö Puh. 044 3006 783 Sähköposti: emeca@emeca.fi

HTM
PAALUT

www.htmyhtiot.fi

**Jatkuvasti kärjessä
jo vuodesta 1964.**



PAALU-
JATKOKSET



KALLIO-
KÄRJET

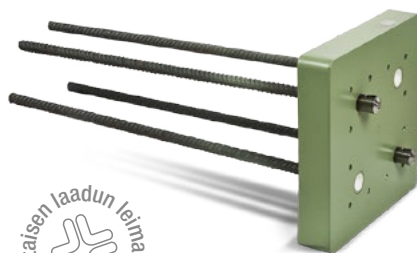


VALU-
OHJAIMET



TEKNIINEN
TUKI

**CE -MERKITTY
PAALUTARVIKKEET**



LEIMET
Piling Quality™

Leimet Oy | Yrittäjätie 7 | 27230 LAPPI | www.leimet.fi

BETONIPAALUTUKSEN VAHVA KEHITTÄJÄ



AMMATTIMATKASEEN RAKENTAMISEEN

Lujabetonin vahvasta paalutustietämyksestä on hyötyä asiakkaalle. Lujabetoni on kehittänyt järjestelmällisesti paalutusratkaisuja tuotteista koneisiin ja kehitystyö jatkuu. Asiakkaiden käytössä on koko projektin ajan tekninen tukemme. Meiltä saat tuotteet kaikkiin paalutustarpeisiin ja hyvin sijoittunut tehdasverkkomme takaa toimitusvarmuuden valtakunnallisesti.

Kannattaa ottaa yhteyttä vahvimpaan betoniosajaan.
Myyntimme on valmiina kertomaan lisää!

P. 020 789 5500

Lujabetoni
VAHVIN BETONIOSAAJA

WWW.LUJABETONI.FI



- Betonipaalaus
- RR-paalaus 90–1200mm



MAASTOSEPPO

www.maasto-seppo.fi

0400 580 660

**KAIVAA • URAKOI
KULJETTAA • PAALUTTAA
PONTTAA • PORAA**



Urakointi: Juha Mykrä +358 440 379 152

Myynti: Mari Mykrä +358 50 364 6755

Työmaat: Pasi Pihlaja +358 440 379 155

Vuokraus: Juha Lammela +358 440 379 159

Maanrakennus Mykrä Oy
Päivöläntie 1, 28400 Ulvila
p. 02 5379150 | www.mm-mykra.fi

- Lyöntipaalaus
- Paalunkatkaisu
- Kaivannon tuenta
teräsponteilla
- Lavettikuljetukset
- Maansiirto- ja
vesihuoltotyöt



**NISKASEN
MAANSIIRTO OY**

Viikatie 14, Haapajärvi p. (08) 764 600
www.niskasenmaansiirto.fi

Vuodesta
1948



Pirkan Rakentajapalvelu



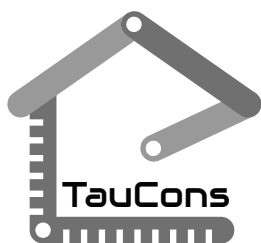
- Lyöntipaalutukset
- Porapaalutukset
- Mittaukset
- Pontitukset
- Tukiseinät ja ankkuroinnit

**Luotettavaa kokemusta ja
ammattitaitoa jo yli 30 vuotta**

PRP

Puh: 0400 625 084

jouni.valkila@pirkanrakentajapalvelu.fi



PDA | PIT | CAPWAP

Paalumittaukset

Joustavasti ammattitaidolla



www.taucons.fi

Junttapojat Oy

Betoniteollisuus ry Paalujaos

www.betoni.com

paalujaos@rakennusteollisuus.fi



Rakennusteollisuus



Kangasala-talo, Kangasala.
Arkkitehtuuritoimisto Heikkinen-Komonen Oy.
Vuoden Betonirakenne 2015.

Tuomas Uusheimo

turvallisesti kivistä
betoni.com
lue



RT Betonipaalujen® Tuotelehti 2018 on uudistettu versio "TUOTELEHTI PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön" -julkaisusta, joka on päivitetty vastaamaan tämän päivän tarpeita ja vaatimuksia. Päivitystarpeen käynnisti uusi RIL ry:n Paalutusohje 2016 sekä paalujen kantavuuden mitoituksesta teetetty laaja tutkimus Tampereen teknillisellä yliopistolla Liikenneviraston ja RTT ry:n paalujaoksen toimesta. Kyseisen tutkimuksen tuloksena on saatu käyttöön aiempaa täsmällisempi paalujen mitoitusmalli ja sen perusteella on kehitetty uusi tuoteryhmä RT Betonipaalut®, jonka paalutuotteille voidaan sallia aiempaa korkeampia kuormituksia. Tämä Tuotelehti on ajanmukaistettu opas betonipaalu-

perustusten suunnittelulle ja paalutustyölle käyttäessä RT Betonipaaluja®, siihen on lisätty myös työturvallisuusohjeistusta. Tuotelehti toimii tiiviinä käsikirjana RT Betonipaalujen® käyttöön ja paaluperustusten suunnitteluun, uudistuneen Paalutusohjeen 2016 ja standardien mukaisesti. Siinä esitellään uusia tuoteratkaisuja erilaisiin olosuhteisiin ja työohjeita paalutustyöhön.

Tämä Tuotelehden päivitysversion korvaa 18.9.2018 ilmestyneen Tuotelehden. Tähän versioon on lisätty mm. RT Betonipaalujen® CO2-päästötietoja.



Rakennusteollisuus