

Vahvan yhteistyön perusta



LUUKKI

**Teräspaalut pientalojen
perustamisessa -
suunnittelusta toteutukseen**
Veli-Matti Uotinen

**Ruukin
Teräspaalupäivä
26.1.2012**

Sisältö

- Rakentamisen tilastotietoa
- Teräspaaluperustusten suunnittelu
 - pohjatutkimukset
 - paalutyypin ja –koon sekä kärkityypin valinta
 - perustustenrakenteiden suunnittelu
- Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavat paalutuksen ympäristövaikutukset
- Teräspaaluperustuksen toteutus
 - kalustot
 - paalujen asentaminen
 - paalutustyön dokumentointi
 - erikoistilanteet ja korjaustoimenpiteet
- Yhteenveto

Rakentamisen tilastotietoa

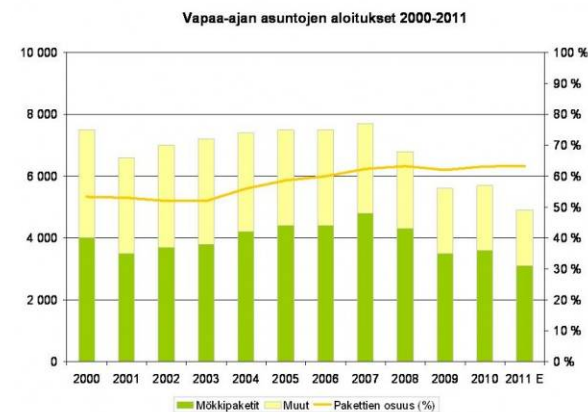
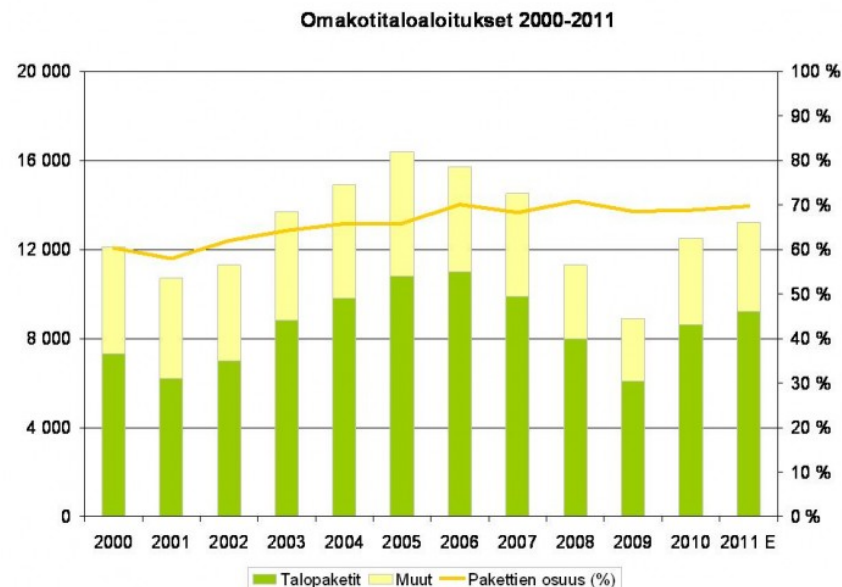
26.1.2012

www.ruukki.com | Veli-Matti Uotinen

RUUKKI

Yleistä pientalojen rakentamisesta Suomessa

		Valmistuneet asunnot (kpl)			
		Asunnot yhteensä	Erilliset pientalot	Rivi- ja ketjutalot	Asuin-kerrostalot
2002		27 171	10 335	3 793	12 539
2003		28 101	10 807	4 303	12 557
2004		30 662	12 798	4 651	12 949
2005		34 177	15 393	5 453	12 908
2006		33 885	16 153	5 459	11 945
2007		35 543	16 210	5 366	13 407
2008		30 542	14 471	4 094	11 430
2009		22 201	10 620	2 325	8 493
2010		25 894	10 484	2 867	11 762
2011 *	I	7 318	2 828	838	3 634
	II	9 256	3 405	1 315	4 319
	III	6 175	2 167	794	3 009



Lähde: Tilastokeskus marraskuu 2011

Arvio 2011: asunnot yhteensä ~ 28 – 30 000; ennuste v.2012 -10%

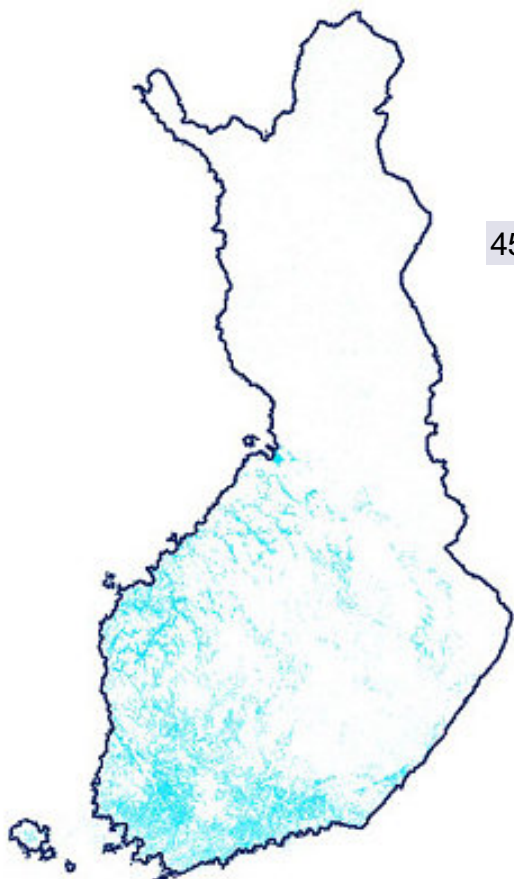
Lähde: www.pientaloteollisuus.fi



Asuntojen rakentamisen jakautuminen

Myönnetyt rakennusluvut maakunnittain

Maakunta	Tilavuus (1000 m3)		Asunnot (kpl)		Vapaa-ajan asuinrakennukset (kpl)	
	1-6/2011*	1-6/2010	1-6/2011*	1-6/2010	1-6/2011*	1-6/2010
Koko maa	24 111	23 254	19 076	18 071	2 622	3 231
Manner-Suomi	24 087	23 089	19 042	17 946	2 608	3 170
Uusimaa	6 549	5 537	6 951	5 769	179	133
Paäkaupunkiseutu	4 542	3 909	4 955	4 243	26 %	27
Itä-Uusimaa		514		436		33
Varsinais-Suomi	1 964	1 936	1 531	1 347	270	343
Satakunta	677	681	526	376	73	109
Kanta-Häme	1 247	892	491	516	72	81
Pirkanmaa	1 991	1 649	1 998	2 029	163	222
Päijät-Häme	654	836	478	487	129	127
Kymenlaakso	900	380	423	249	83	90
Etelä-Karjala	518	593	411	251	89	116
Etelä-Savo	641	691	389	242	255	318
Pohjois-Savo	1 388	1 082	495	851	142	191
Pohjois-Karjala	563	660	523	474	96	139
Keski-Suomi	984	1 200	1 036	835	194	278
Etelä-Pohjanmaa	1 202	1 290	684	680	77	79
Pohjanmaa	1 102	1 165	540	561	162	155
Keski-Pohjanmaa	267	568	197	257	53	31
Pohjois-Pohjanmaa	1 735	2 001	1 623	1 738	209	280
Kainuu	261	244	172	182	93	127
Lappi	1 443	1 168	574	666	269	318
Ahvenanmaa	25	166	34	125	14	61



45 %

Suomen savialueet

Lähde: www.geologia.fi

Lähde: Tilastokeskus kesäkuu 2011

Teräspaaluperustusten suunnittelu

26.1.2012

www.ruukki.com | Veli-Matti Uotinen

RUUKKI

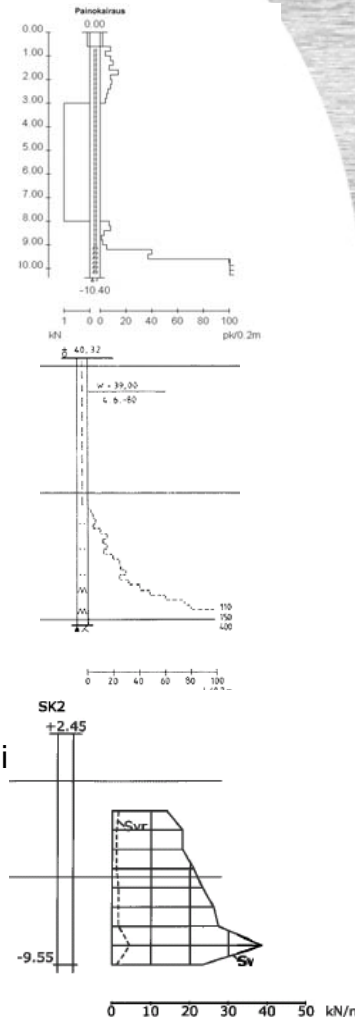
Suunnittelu - Pohjatutkimuksen tavoitteet

- Tietoa paalun tunkeutumistason määrittämiseen
 - tukipaaluilla kova pohja
 - kitkapaaluilla maakerrosten parametrit
 - kalliokärki vai maakärki?
- Tietoa paalutettavuudesta
 - maan kivisyys
 - pulterit, lohkat, tiiviit välikerrokset ja muut esteet
 - paalukoon valinta, kalliokärki vai maakärki, vai RD-paalu
- Tietoa paalun rakenteen mitoittamiseksi
 - Maan sivuvastus / saven suljettu leikkauslujuus
- Pohjavesiolosuhteet
- Lahirakenteet (rakennukset, putkijohdot yms. sijainti-, perustamistapa yms. tiedot)



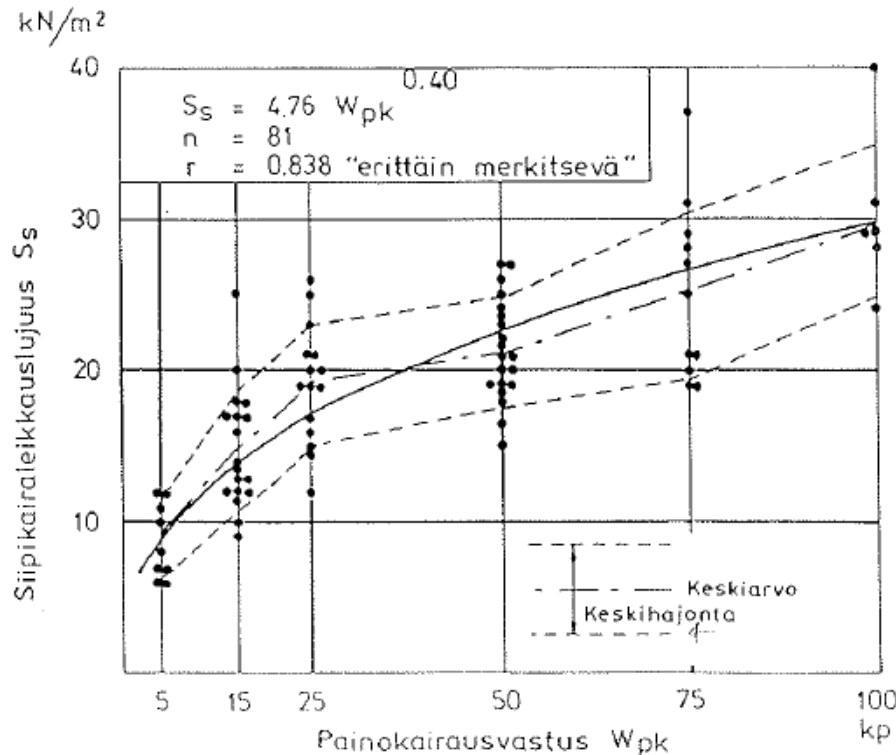
Suunnittelu – Pohjatutkimusmenetelmät pientalokohteissa

- **Painokairaus**
 - tukipaalujen tunkeutumistaso ”valistunut arvaus”, usein teräspaalut tunkeutuvat 1 – 2 metriä painokairausten alapuolelle, poikkeuksia löytyy esim. harjujen lievealueet, **pohjatutkijan ja paalutusurakoitsijoiden ”paikallistuntemuksella” suuri merkitys**
 - pehmeistä/löyhistä kerroksista kohtuulliset parametrit
- **Heijarikairaus**
 - luotettava tunkeutumistason määrittäminen
 - paksuissa moreeneissa voi tulla tilanteita, missä nopeaiskuisilla lyöntilaitteilla tunkeudutaan heijarikairauksen päättymistaso syvemmälle
 - pehmeistä kerroksista ei saada juurikaan tietoa
- **Puristin-heijarikairaus** kairaus tuki- ja kitkapaaluille
 - luotettava tunkeutumistason määrittäminen (käytännössä vastaava kuin heijarikairaus)
 - pehmeistä/löyhistä kerroksista hyvät lähtöparametrit
- **Siipikairaukset** saven suljetun leikkauslujuuden määrittämiseksi
 - ei välttämätöntä tarvetta, jos painokairauksissa ei ole menty ”vapaan painuman” puolelle yli 2 metrin matkalla kuivakuoren alla
 - mikäli painokairaus ”kierron puolella”, niin suljettu leikkauslujuus on yleensä varmasti yli 15 - 20 kPa, ohjeiden mukaan ”varovainen” arvio 10 kPa
- **Porakonekairaukset** kallioon tukeutuvilla (RD)-paaluilla
 - 3m kallioon



Suunnittelu- Pohjatutkimus, maan suljetun leikkauslujuuden arviointi

- painokairauksen ja suljetun leikkauslujuuden suhde



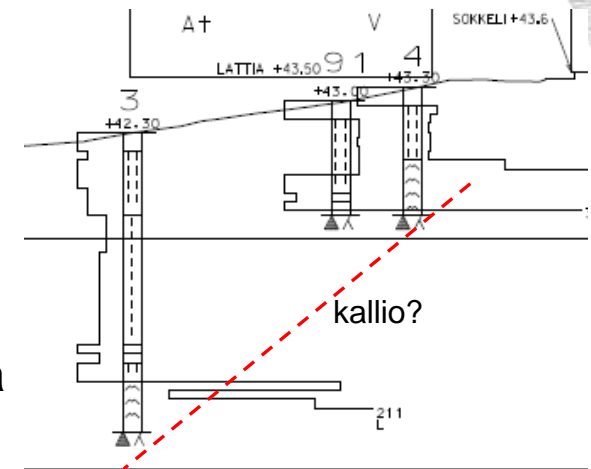
Mikko Smura, diplomityö:

Koheesiomaan suljetun leikkauslujuuden arvioiminen kairausvastuksen ja luokitusominaisuuksien perusteella, TKK, 1988

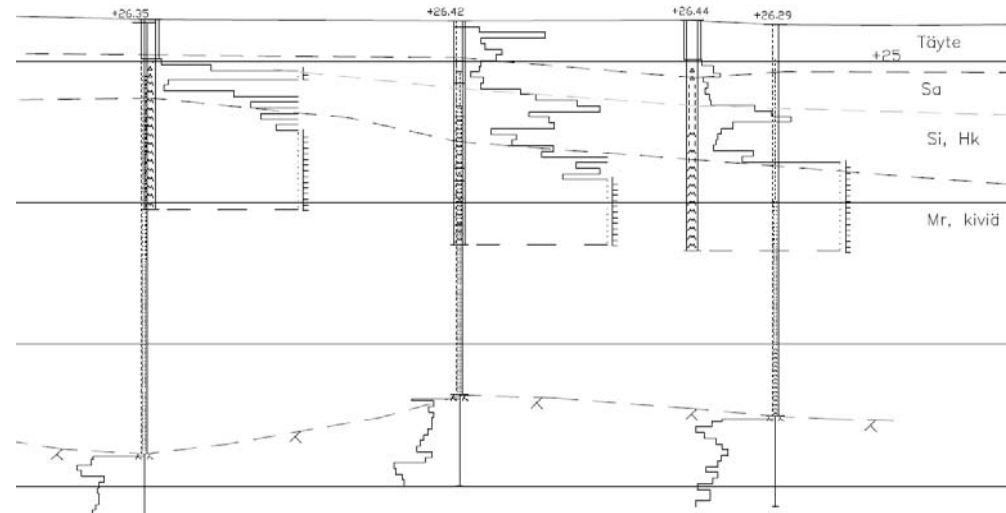
Kuva 28. Painokairausvastuksen ja siipikairalla mitatun leikkauslujuuden välinen vuorosuhde.

Suunnittelu – Pohjatutkimukset, paalukoon ja kärkityypin valinta

- Kalliokärki aina, kun kallionpinta kalteva
 - Kivinen pohjamaa → paalujen käyryyksien ja sijaintipoikkeamien riski kasvaa
 - Paalun tunkeutumiskyky ja suoruus paranee, kun paalun jäykkyys = paaludimensio kasvaa
- > usein RR115/6,3 pientalokohteissa riittävän jäykkä haastavissakin pohjasuhteissa



- Kalliokärkien käyttö yleensä parantaa paalun suoruutta, kalliokärki rikkoo tieltään kiven
- Kalliokärjen lisähinta vrt. maakärkeen (merkityksettömän) pieni RR75/RR90 < 10 €
RR115 < 20 €, RR140 < 25 €



Suunnittelu- Sallitut paalukuormat PPO-2007

Korroosiovara 2,0 mm											
Paalu	Alkutaipuma δ_g	Suljettu tsikkauslujuus, c_{uk} [kPa]						P_{sall} (PPO-2007) [kN]			
		5	7	10	15	20	30	III	II	IB	IA
RR75	Lcr/400	126	153	175	192	203	217	133	161	201	234
	Lcr/600	142	166	184	203	214	227				
RR90	Lcr/400	165	198	217	237	249	264	158	192	240	278
	Lcr/600	186	209	229	240	262	276				
RR115/6,3	Lcr/400	253	281	304	328	342	358	208	252	315	365
	Lcr/600	270	296	321	344	358	373				
RR115/8	Lcr/400	285	347	385	421	444	471	285	346	433	502
	Lcr/600	322	368	406	444	467	494				
RR140/8	Lcr/400	401	463	505	547	572	603	355	430	538	624
	Lcr/600	442	488	533	575	601	629				

- $P_{sall} = 0.4 * A_{s(cor)} * f_y$
- Geotekninen murtokestävyys loppulyöntiperusteella on $\geq 2.0 \times P_{sall}$
- P_{sall} verrataan kuormien ominaisarvoon (kuormia ei ole kerrottu osavarmuusluvulla)

Suunnittelu- Kestävyyden mitoitusarvo PO-2011

Korroosiovara 2.0mm												
Paalu	alkutaipuma δ_g	Rakenteen puristuskestävyyden mitoitussarvo [kN] suljettu leikkauslujuus c_{uk} [kPa]						Geoteknisen kestävyyden mitoitusarvo R_d [kN]				
		5	7	10	15	20	30	PTL1 _{max}	PTL2	PTL2 _{max}	PTL3	PTL3 _{max}
RR75	Lcr/400	191	234	269	290	303	318	186	220	248	274	310
	Lcr/600	223	262	284	305	318	332					
RR90	Lcr/400	251	308	332	355	369	386	220	260	294	324	367
	Lcr/600	292	325	350	373	386	401					
RR115/6,3	Lcr/400	388	430	459	486	502	520	288	345	384	423	480
	Lcr/600	422	454	482	508	523	540					
RR115/8	Lcr/400	435	532	590	634	660	691	360	435	480	529	600
	Lcr/600	506	576	622	666	691	720					
RRs115/8	Lcr/400	435	532	659	750	790	839	450	535	600	661	749
	Lcr/600	506	614	720	788	829	876					
RR140/8	Lcr/400	613	714	766	815	844	878	446	535	594	655	743
	Lcr/600	696	754	806	853	881	912					

- Geoteknisen kestävyyden maksimi PTL 2:ssa $R_{k'geo, max} = 0.72 * A_s * f_y$
- Geoteknisen kestävyyden mitoitusarvo PTL 2:ssa on $R_d = R_m / (1.47 \times 1.2)$
- R_d verrataan kuormien mitoitusarvoon (kuormien osavarmuusluku CC2:ssa 1.19 – 1.5)

Suunnittelu- Paalujen kapasiteetit [kN]

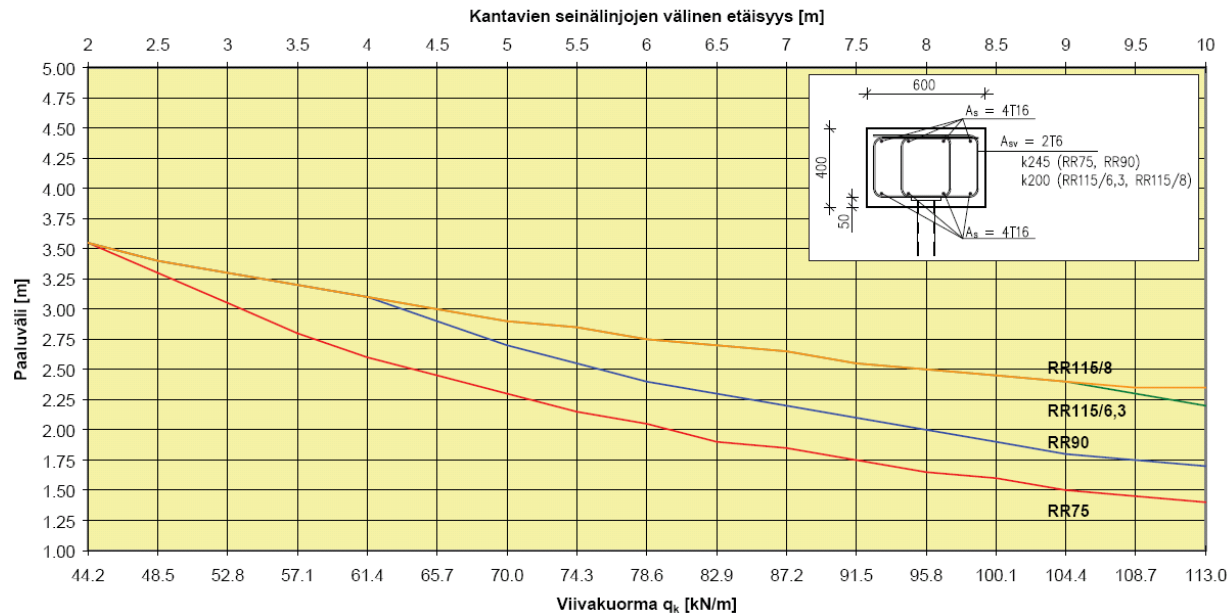
PPO-2007 vrs PO-2011

	RR75	RR90	RR115/6,3	RR115/8	RR140/8
$P_{sall II}$	161	192	252	346	430
Geotekninen murtokuorma	322	384	504	692	860
$R_d PTL 2_{max}$	248	294	384	480	600
$R_d PTL 2_{max}$ vastaa P_{sall}^*	198	234	306	382	478
Geotekninen murtokuorma	437	519	677	847	1058
PO2011 P_{sall} kasvaa	23 %	22 %	21 %	11 %	11 %
PO2011 loppulyöntitiukkuus kasvaa	36 %	35 %	34 %	22 %	23 %
"Alennettu R_d "	220	260	345	435	535
R_d vastaa P_{sall}^*	175	207	275	347	426
Geotekninen murtokuorma	388	459	609	767	944
PO2011 P_{sall} kasvaa	9 %	8 %	9 %	0 %	-1 %
PO2011 loppulyöntitiukkuus kasvaa	21 %	19 %	21 %	11 %	10 %

* Kuorman osavarmuuslukuna käytetty 1.255 (70% pysyvä kuorma, 30 % muuttuva kuorma)

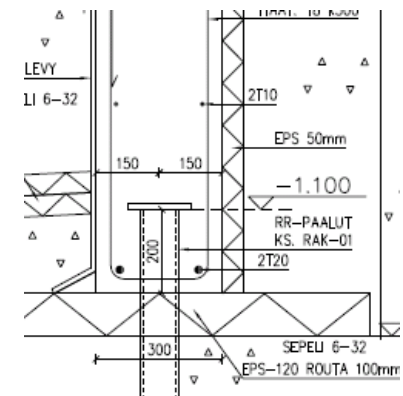
Suunnittelu- Perustusten rakennesuunnittelusta

- Paalukuormat ja k/k-väli
 - useamman eri paalukoon käyttö samassa kohteessa mahdollista ja usein taloudellisesti perusteltua
 - paalukuormien laskennassa huomioitava sijaintitoleranssit
 - **todellisten paalukuormien merkitsemisellä paalutuspiirustukseen helpotetaan paalutusurakoitsijan ja suunnittelijoiden työtä erityisesti pohjasuhteiltaan haastavissa kohteissa**



Suunnittelu- Perustusten rakennesuunnittelusta

- Sijaintitoleranssit
 - 50 mm ehdoton minimi, kivisissä pohjasuhteissa suositellaan ≥ 100 mm
 - tavallisesti sijaintitoleransseissa pysytään \rightarrow mahdollistaa kapeat antura- ja sokkelirakenteet
 - toleransseihin vaikuttaa pohjamaan lisäksi mm.: lumi, paalutus-alustamateriaalin rakeisuus ja paalutus-alustan tasaisuus, kaivantojen riittävät työvarat
 - Pohjatutkijat voisivat ottaa suunnitelmissa kantaa sijaintitoleransseihin pohjasuhteiden mukaisesti
- Anturan / sokkelipalkin leveys
 - reunaetäisyyden yleissääntö: paaluhatun reunasta anturan reunaan vähintään puolet paaluhatun leveydestä, mitoissa huomioitava sijaintitoleranssit
 - tilanteissa missä paalu on upotettu enemmän anturaan ja pitkittäisraudoitteet ovat paaluhatun alapuolella, reunan lohkeamiskestävyys on pienemmälläkin reunaetäisyydellä riittävä
 - toisaalta toleranssiylitykset ovat suhteellisen helposti korjattavissa anturoiden levityksillä ja lisäraudoituksilla



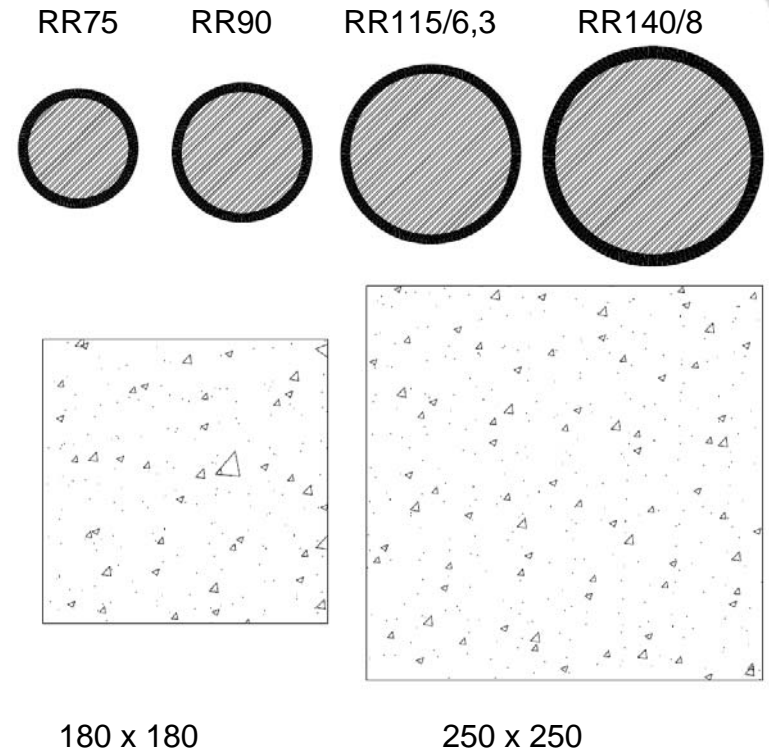
Suunnittelu- Perustusten rakennesuunnittelusta, vaakakuormitukset ja lyhyet paalut

- Vaakakuormat saadaan vietyä maahan paalujen sivuvastuksen ja anturoiden / sokkelipalkkien välityksellä (ei laskelmien tarvetta tavallisesti)
- Vaakakapasiteetilaskelmat voivat olla tarpeen esim. rinneratkaisuissa (suuri toispuoleinen maanpaine) ja ratkaisuissa, missä vaakakuormat viedään pohjamaahan ainoastaan paalujen sivuvastuksen avulla
- Lyhyet paalut
 - lyhin paalun sallittu mitta maassa 1.5 metriä
 - alle 5 metrin paaluilla on huolehdittava, että paalun sivusuuntainen tuenta on riittävä sallittujen kaltevuuspoikkeamien suhteen
 - alle 3.0 metrin paalun jäykästi anturaan (paalun pään momentin kestävyys tarkistettava) → suunnitteluvaiheessa ei kannata ottaa lyhyille paalulle ”täysiä” paalukuormia
 - suositeltavaa käyttää kalliokärkiä (parempi tunkeutuvuus ja ”tartunta” kallioon)

Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavat teräspaalutuksen ympäristövaikutukset

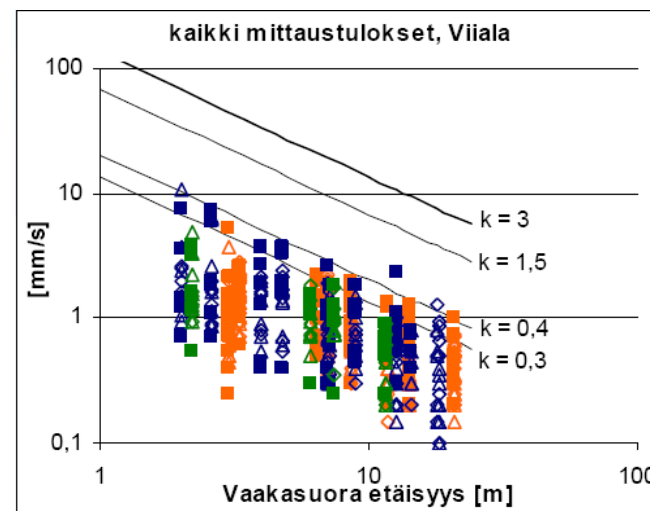
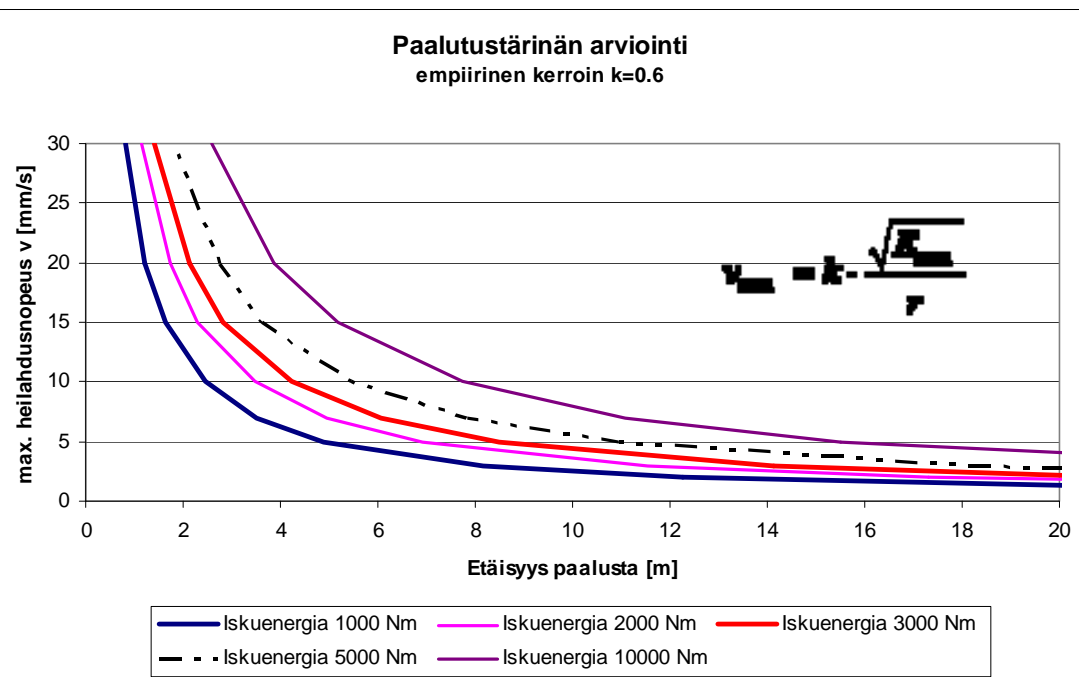
Suunnittelu- Paalutuksen ympäristövaikutukset ja niiden huomiointi

- RR-paalujen poikkileikkauspinta-ala pieni → maan syrjäytyminen pehmeissä maissa vähäistä, maan tiivistyminen löyhissä kitkamaissa vähäistä, paalutuksesta aiheutuva värinä vähäistä
 - Hydraulinen ja paineilmasarasat aiheuttavat vähemmän värinää kuin pudotus- tai hydraulijärkäleet
 - Yleensä pientalokohteissa suurin värinä aiheutuu maankaivutöiden yhteydessä
- Mahdolliset värinämittarit on syytä asentaa jo ennen kaivutöitä!



Suunnittelu – Paalutustärinän huomiointi

- Milloin tärinän hallintaan kannattaa teräspaaluksessa kiinnittää huomioita:
 - kun lähellä herkästi vaurioituvia rakennuksia ja rakenteita, riittävän varoetäisyyden määrittäminen?
 - kun paalutusalueelta tai pohjamaa päässyt jäätymään
 - pohjamaassa tiiviitä ja/tai kivisiä kerroksia



Rakentamisen aiheuttamat tärinät – tutkimushanke, Hydraram SG800 (n.2kNm), RR90 ja RR115

Teräspaaluperustuksen toteutus

A faded background image of a construction site. In the foreground, a worker in a yellow high-visibility jacket and white hard hat stands on the left. In the center, a large vertical drilling rig is being operated by another worker. To the right, a third worker in a yellow jacket and white hard hat holds a clipboard and looks towards the rig. In the background, a fourth worker is visible near a piece of heavy machinery. The scene is set outdoors on a construction site with a clear sky.

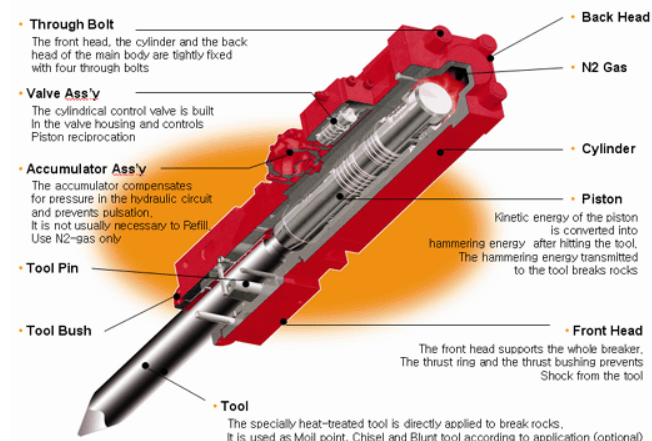
26.1.2012

www.ruukki.com | Veli-Matti Uotinen

RUUKKI

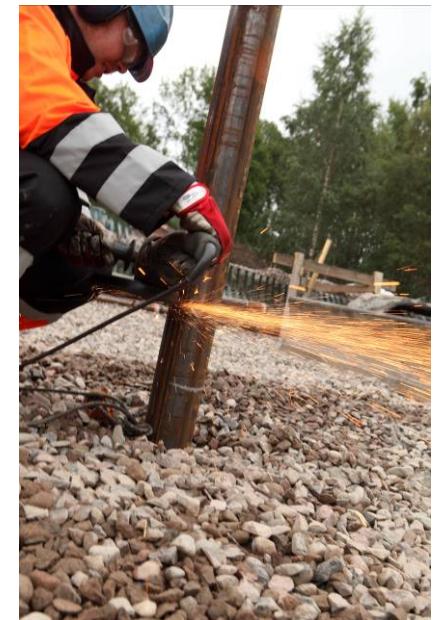
Paalujen asentaminen – kalustot

- Pääasiassa kevyet peruskoneet ja kevyet lyöntilaitteet (**hydrauli-** ja **paineilmavasarat**)
- Peruskoneiden paino vähäinen
 - helppo kuljettaa työmaalle
 - hyvä liikkuvuus työmaalla
 - vähäiset tärinät
 - ei järeitä paalutuslustoja
- Erityisesti hydraulivasarat tehokkaita asennuskalustoja iskuvoiman ja iskuluvun takia:
 - paalutus nopeaa
 - paalut suoria (keskeinen lyönti)
- Asentaminen mahdollista myös 300 – 2000 kg:n pudotus- ja hydraulijärkäleillä (RR75 – RR115/8)



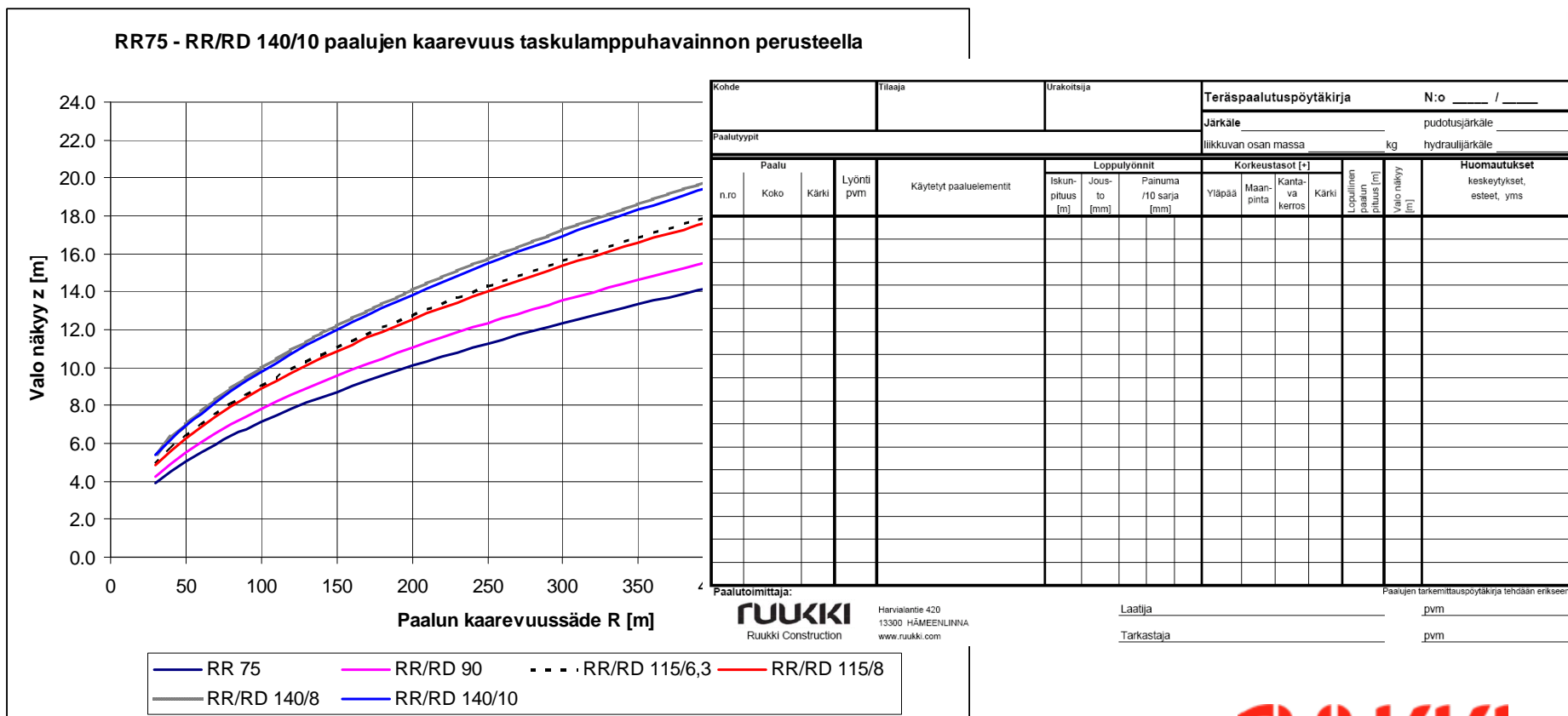
Paalujen asentaminen – asennusolosuhteet, jatkaminen, loppulyönnit ja katkaisu

- Paalutustyön turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta paras, jos paalutusalue tasainen (ei syviä anturakaivantoja / ”poteroita”)
- Paalun jatkaminen nopeaa, varmaa ja luotettavaa Ruukin ulkopuolisilla holkkijatkoksilla
- Ei paaluhukkaa – ei teknisiä ongelmia, jos paalut tunkeutuvat ennakoitua syvemmälle
- Loppulyönnit laskettu eri lyöntilaitteille eri paalukooille ja paalupituuksille
 - hydraulijärjestelmät ja paineilmapölykoneet GRLWEAP pysyvä painuma / 30 s tai 10s
 - pudotus- ja hydraulijärjestelmät dynaamisilla paalutuskaavoilla, pudotuskorkeus kullekin järkäleelle, paalukoolle ja paalupituudelle, pysyvä painuma 10 mm / 10 iskua, uusissa ohjeissa loppulyöntiohjeet laskettu GRLWEAPilla
- Katkaisu nopeaa ja vaivatonta, kun pohjat tehty oikeaan tasoon



Paalujen asentaminen – paalutuksen tarkastus ja dokumentointi

- Jokaisen paalun suoruus tarkastetaan taskulampun valohavainnon perusteella
- Paalutuspöytäkirjat



Paalujen asentamisen erikoistilanteet – paalupituus ennakoitua huomattavasti suurempi, normaali loppulyöntiehto ei täyty

- Mahdollista paksuissa kitkamaa- tai moreenimaakerroksissa, missä painokairaukset päätyneet esim. ko. kerroksen yläpinnan kiviin tai kairaus on päätetty tiiviiseen maakerrokseen
- Tavallisesti suunnitelmissa on ilmoitettu vain ”sallittu paalukuorma”, mikä on valittu II-paalutustyöluokkaa ja 2.0 mm korroosiovaraa vastaavaksi
- Tarkastetaan suunnittelijalta tai paalutuspiirustuksesta ko. paalun todellinen paalukuorma ja määritetään loppulyöntiehdot sen perusteella
- Tarvittaessa (kun paalupituus reilusti yli 30 m) lasketaan GRLWEAPilla lopetuslyöntiehto
- Toinen vaihtoehto on koestaa paalut hidasiskuisella pudotus- tai hydraulijärkäleellä tai erillisellä koekuormitusjärkäleellä ja PDA-mittauksen perusteella tai dynaamisilla paalutuskaavoilla (pysyvä painuma, paalun jousto) laskettuna määritetään paalun geotekninen murtokuorma, tarvittaessa paalujen annetaan ”jämähtää” maahan muutaman päivän

Paalujen asentaminen – paalupituus ennakoitua huomattavasti suurempi, normaali loppulyöntiehto ei täyty

Paalupituus noin 30 m, $P_{sall} = 192$ kN,
loppulyöntiehto 45 mm / 30s

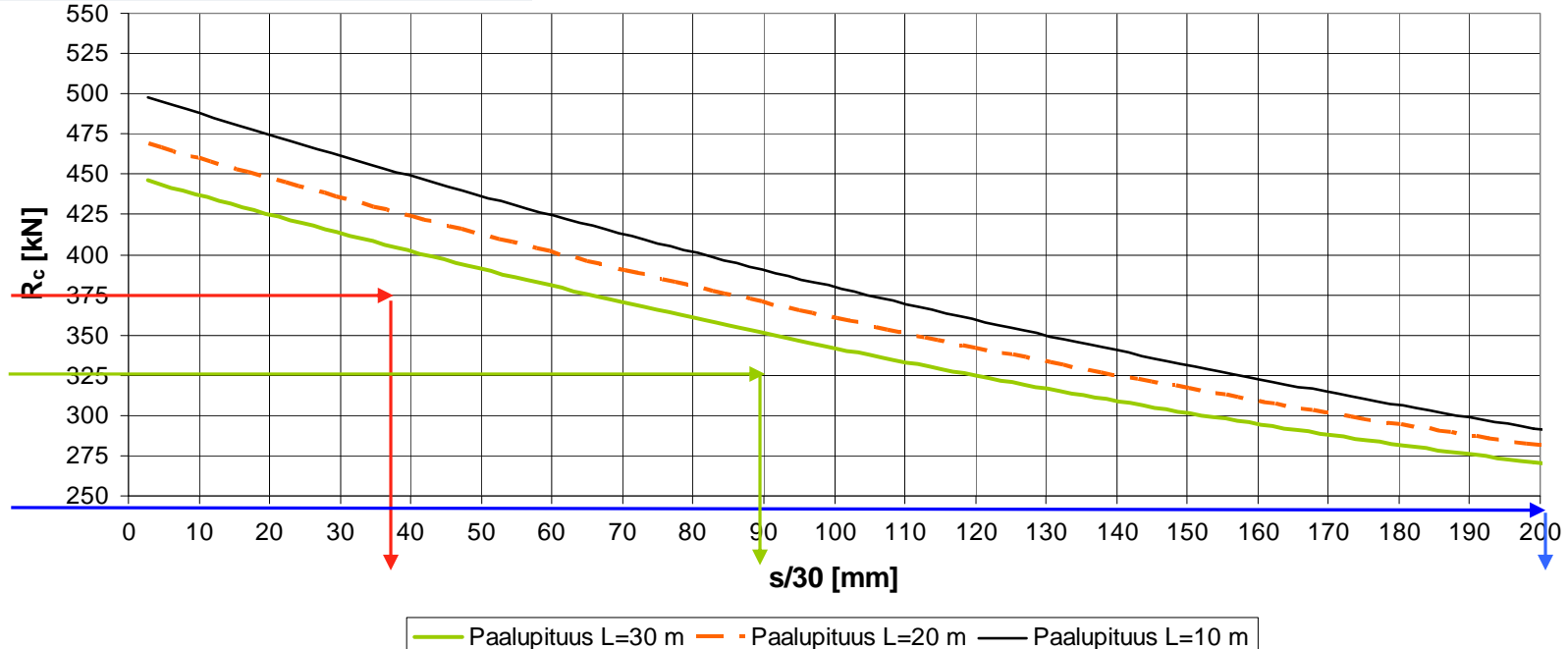
Tod. paalukuorma 140 kN → 185 mm / 30 s

F=2.0

Hydraram SG600S - RR90

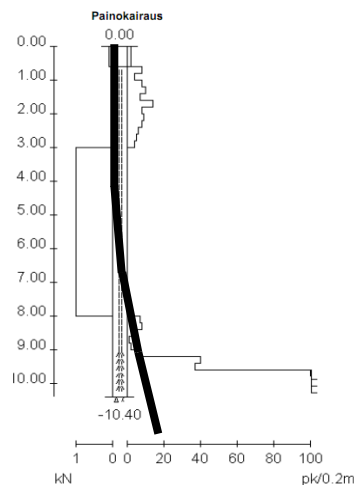
PO-2011: Kuorman mitoitusarvo $F_d = 200$ kN (PTL2 max $R_d = 294$ kN)

$R_c = 200 \times 1.764 = 352$ kN →
90 mm / 30s



Paalujen asentaminen – paalujen käyryys suuri

- Esimerkki RR90:
 - loppulyöntiehdot täyttyneet
 - suljettu redusoitu leikkauslujuus 8 kPa
 - valo katoaa 6.0 m → $R = 58$ m
 - rakenteen nurjahdusmurtokestävyys $R_d = 225$ kN, verrataan todelliseen kuorman



RUUKKI RR[®] - / RD[®] -paalu Betonoimaton paalu ver 4.00

Rakenteen kestävyys

Paalutyyppi	RR				
Paalun koko	RR90/6,3				
Korroosiovara	2.0	mm			
Paalumateriaalin osavarmuusluku [Y _{st}]	1.0				
Suljettu leikkauslujuus [c _{uk}]	8	kPa			
Maan kestävyuden osavarmuusluku [Y _{st}]	1.5				
Alustaluvun kerroin A (A=20...150; k _q =A*c _u /d _{eff})	50				
Sivuvastuksen ääriarvon kerroin B (B=6...9; p _{st} =B*c _u)	9				
Paalun geometrinen alkutaipuma	L _{CR} / Anna R				
Voit antaa suoraan paalun kaarevuusasteen R		58			

Paalun nurjahdusmurtokestävyys

c _{uk} [kPa]	6	7	8	9	10
F _{c,d} [kN]	195	211	225	239	252

R = 58 m

Paaluputki:	$t_{eff} = 4.3$ mm	Nurjahdus, maa murtuu:	$R = 58.00$ m	Nurjahdus, paalu murtuu
$d_s = 88.9$ mm	$A_{s1} = 1088.8$ mm ²	$k_s = 4711$ kPa/m	$\delta_0 = 14.5$ mm	$\delta_0 = 17.9$ mm
$t_y = 6.3$ mm	$f_{yd} = 440$ MPa	$p_{nd} = 48$ kPa	$F_{cd} = 546$ kN	$M_{uk} = 11.0$ kNm
$d_{eff} = 84.9$ mm	$EI = 186.2$ kNm ²	$L_{cr} = 2.59$ m	$F_{d,s} = 225$ kN	$F_{c,uk} = 479$ kN
				$F_{d,p} = 271$ kN

Jos / kun valohavainto katoaa useita metrejä pehmeän kerroksen alapuolella, ei paalu välttämättä ole heikossa kerroksessa käyrä. Tällä menetelmällä tällöin päästään yleensä varmallu puolella olevaan ratkaisu. Tiukassa maakerroksessa teräspaalu saa olla hyvinkin käyrä, kunhan loppulyöntiehdot täyttyvät eikä paalu jousa liikaa

Yhteenveto

- Pientaloissa käytettävät yleisimmät paalukoot RR75, RR90, RR115/6,3
- Paalut saadaan useimmiten asennettua pienin sijainti- ja kaltevuuspoikkeamin nopeasti ja luotettavasti
- Varmin ja luotettavin pientalojen perustamistapa
- Monien vuosien kokemus sekä pohjatutkimuksissa että RR-paalutuksissa on lisännyt paalupituuden ennakoarvioinnin tarkkuutta
- Hankalat pohjaolosuhteet tulisi ottaa huomioon suunnittelussa:
 - paalukoon valinta
 - sijaintitoleranssit
 - kalliokärki auttaa paalun suoruteen, toleransseissa pysymiseen ja tärinään
- PO-2011:n ja Eurokoodeihin siirtyminen aiheuttaa lähinnä suunnittelijoille muutoksia, paalujen määriin ja anturarakenteisiin suunnittelujärjestelmän muutos ei käytännössä vaikuta
- Paalutuksesta vähäiset ympäristöhaitat; tärinä, maan syrjäytyminen ja tiivistyminen vähäistä ja tontti pysyy siistinä, näiden merkitys kasvaa rakentamisen tiivistyessä entisestään
- Perustustöiden ”kokonaispaketit” tuovat etuja:
 - suunnitteluratkaisujen vakioiminen, kokonaisuuden huomioon ottaminen jo suunnittelussa
 - hyvällä aikataulutuksella, paalutustöitä edeltävien töiden laadulla parannetaan työmaaolosuhteita ja päästään laadullisesti hyvään lopputulokseen
- Ruukilla paalutuksen suunnittelua ja toteutusta helpottavat ohjeet ja laskentatyökalut sekä tekninen asiakaspalvelu käytettävissä



Kiitokset mielenkiinnosta!



26.1.2012

RUUKKI