

LUJA-PIENPAALUOHJE

KUIN KALLIOOLLE RAKENTAISIT



19.2.2019 VERSIO 1

Lujabetoni
VAHVIN BETONIOSAAJA

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	3
2	KÄYTTÖKOHEET	3
2.1	Suunnitellut käyttökoheet	
2.2	Perustamisolosuhteet ja pohjatutkimukset	3
2.3	Suunniteltu käyttöikä ja rasitusluokka	3
3	MITAT, PAALUTYYPIT, MATERIAALIT JA VARUSTEET	4
3.1	Mitat ja toleranssit	4
3.1.1	Poikkileikkaus ja pituus	4
3.1.2	Valmistustoleranssit	5
3.1.3	Paalutyytit ja raudoitustapa	5
3.2	Materiaalit	6
3.3	Varusteet	6
3.4	Paaluihin tehtävät merkinnät	6
4	PAALUJEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY	7
4.1	Paalun tuenta varastoinnin aikana	7
4.2	Paalun nosto ja pystyynnosto	7
5	PIENPAALUPERUSTUKSEN SUUNNITTELU	8
5.1	Paalun mitoitus ja kestävyudet	8
5.1.1	Luja-pienpaalun kestävyudet murtorajatilassa	8
5.1.2	Lyhyet paalut	9
5.2	Paalujen sijoitus	10
5.2.1	Paalujen katkaisutaso	10
5.2.2	Paalujen minimietäisyydet ja sijaintitoleranssit	10
5.3	Anturat	11
5.3.1	Nivelliitos anturaan	11
5.3.2	Jäykkä liitos anturaan	12
5.3.3	Yhden paalun antura	15
5.3.4	Kahden paalun antura	18
5.3.5	Jatkuva antura	20
6	PAALUJEN YHTEISVAIKUTUSDIAGRAMMIT	21
7	PAALUTUSTYÖ	22
7.1	Yleistä	22
7.2	Soveltuva paalutuskalusto	22
7.3	Iskusuoja	22
7.4	Paalujen jatkaminen	23
7.5	Paalujen katkaisu ja uusi paalupiste	23
7.6	Upotuslyönnit	24
7.6.1	Käytetyt kalustot upotus- ja loppulyöntien laskennassa	24
7.6.2	Yleistä upotuslyönneistä	24
7.7	Loppulyönnit	25
7.7.1	Yleistä loppulyönneistä	26
8	LAADUNVALVONTA, MITTAUKSET JA DOKUMENTOINTI	27
8.1	Yleistä	27
8.2	Materiaalien laadunvalvonta	27
8.3	Paalujen tarkastaminen ennen asennusta	27
8.4	Paalutustyön valvonta	27
8.5	Seuranta ja mittaukset asentamisen aikana	27
8.6	Mittaukset asentamisen jälkeen	28
8.7	Paalutuspöytäkirjamalli	29

1 YLEISTÄ

Tämä ohje korvaa 8.1.2013 julkaistun Luja-pienpaaluohjeen.

Tässä ohjeessa käsitellään Lujabetoni Oy:n lyömällä asennettavia teräsbetonisia Luja-pienpaaluja. Ohjeessa esitetään Luja-pienpaalun käyttökohteet, mitat, paalutyypit, materiaalit, varastointi, käsittely ja Luja-pienpaaluperustuksen suunnitteluohjeet sekä Luja-pienpaalujen asennusohjeet. Lisäksi ohjeessa on esitetty pienpaalun laadunvalvonta-asiat, mittaukset ja dokumentointi.

Luja-pienpaalut on suunniteltu seuraavien normien ja standardien mukaan:

- SFS-EN 1992-1-1:2004 + A1:2014 + AC:2010 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu
- SFS-EN 12794:2005 + A1:2007 + AC:2008 Betonivalmisosat. Perustuspaalut
- SFS-EN 12699:2015 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut
- SFS-EN 13369:2018 Betonivalmisosien yleiset säännöt
- RIL 254-2016 Paalutusohje 2016 (PO-2016)

Edellä luetelluissa normeissa ja standardeissa esitetään vaatimuksia ja ohjeita paalujen ja paaluperustusten suunnittelua, asennusta ja valmistusta koskien. Tähän ohjeeseen on koottu tärkeimmät Luja-pienpaalua koskevat asiat edellä luetelluista normeista ja standardeista.

Luja-pienpaalut ja niissä käytettävät jatkokset, kalliokärjet ja muut osat valmistetaan teollisesti.

2 KÄYTTÖKOHTEET

2.1 Suunnitellut käyttökohteet

Luja-pienpaaluja voidaan käyttää esimerkiksi seuraavien käyttökohteiden perustamisessa:

- rivitalot
- pienkerrostalot
- omakotitalot
- teollisuusrakennukset
- maatalousrakennukset
- voimalinjojen perustukset

Luja-pienpaaluja käytetään pääasiassa tukipaaluina ja paalutustyöluokkana on yleensä PO-2016 mukainen paalutustyöluokka 2 (PTL2).

2.2 Perustamisolosuhteet ja pohjatutkimukset

Luja-pienpaaluja käytettäessä pohjatutkimuksen yleisiä vaatimuksia koskevat standardit SFS-EN 1997-1 ja SFS-EN 1997-2 sekä huomioon otettavat kansalliset asiakirjat. Yksityiskohtaisia ohjeita ja suosituksia pohjatutkimuksista annetaan Paalutusohje 2016:ssa (PO-2016).

2.3 Suunniteltu käyttöikä ja rasitusluokka

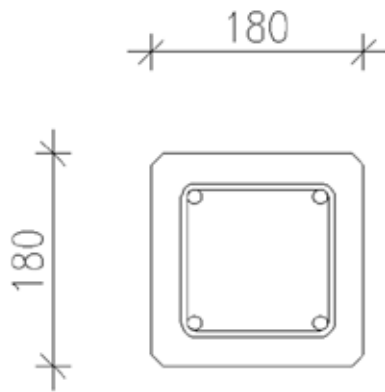
Luja-pienpaalujen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. Luja-pienpaalujen betonipeite-etäisyydet ja materiaalit on suunniteltu rasitusluokan XC2 mukaisten vaatimusten mukaan. Paalu voidaan suunnitella ja valmistaa tarvittaessa myös muihin rasitus- ja käyttöikäluokkiin.

3 MITAT, PAALUTYYPIT, MATERIAALIT JA VARUSTEET

3.1 Mitat ja toleranssit

3.1.1 Poikkileikkaus ja pituus

Luja-pienpaalun poikkileikkausmitat ovat 180 mm x 180 mm.



KUVA 1. LUJA-PIENPAALUN POIKKILEIKKAUS

Luja-pienpaalua valmistetaan ja toimitetaan 6 m pituisina paaluelementteinä, jotka liitetään työmaalla toisiinsa paalujatkoksilla. Paalun paino on 83 kg/m (0,83 kN/m).

3.1.2 Valmistustoleranssit

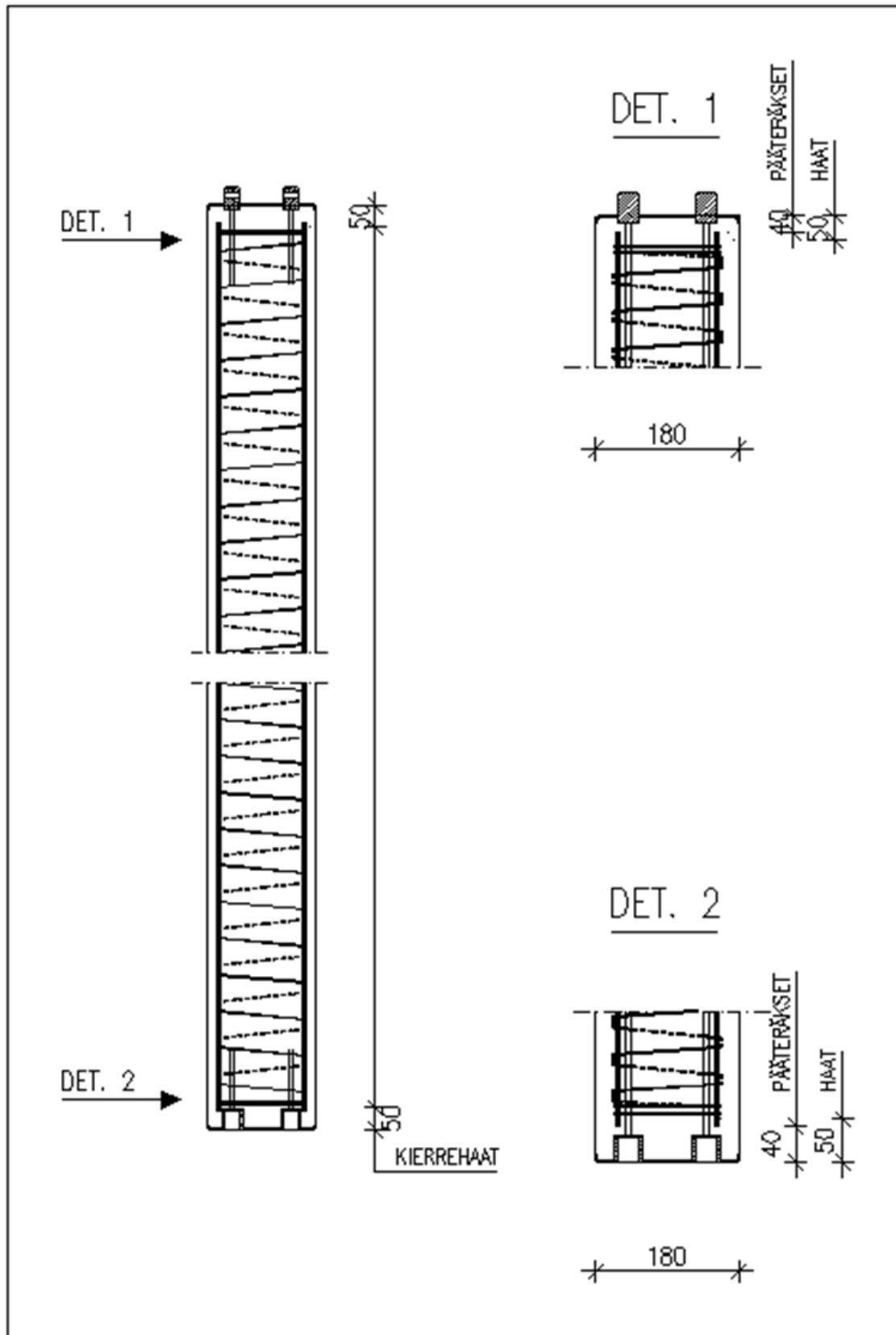
LUJA-PIENPAALUN VALMISTUSTOLERANSSIT:

Paalun sivumitta	-5 mm; +15 mm
Paalun pituus	± 100 mm
Paalun pään vinous paalun akselia vastaan kohtisuorasta tasosta	1:100
Paalun varren akselin suoruus	± 20 mm
Jatkoskappaleen päätytason vinous	1:150



3.1.3 Paalutyypit ja raudoitustapa

Luja-pienpaaluja valmistetaan kahta eri tyyppiä Lpp1 ja Lpp2, jotka molemmat ovat varastotuotteita. Paalutyypien kantokyvyt ja paalupituudet eroavat toisistaan (vrt. taulukko 2, kuvat 23–24 ja taulukko 6). Suunnittelija merkitsee valitun paalutyypin piirustuksiin.



KUVA 2. LUJA-PIENPAALUN RAUDOITUSTAPA

3.2 Materiaalit

Luja-pienpaalun betonin lujuusluokka on C40/50. Pääterästen materiaali on A500HW, B500B tai A700HW ja hakaterästen materiaali on B400.

Betonin lujuuden paalua lyötäessä tulee olla suurempi kuin betonin nimellislujuus. Tehtaalta työmaalle toimitettavissa Luja-pienpaaluissa betonin lujuus on betonin nimellislujuutta korkeampi.

3.3 Varusteet

Paalujen jatkamiseen käytetään Luja-pienpaalulle suunniteltua paalujatkosta. Paalutyypin Lpp1 yhteydessä käytetään 1-lukkoista paalujatkosta. Paalutyypin Lpp2 yhteydessä käytetään 2-lukkoista paalujatkosta.

Kalliokärki on jälkiasennettava ns. rakenneteräskalliokärki, jolla paalu voidaan lyödä lohkareiseen maahan sekä ohueen pohjamoreeniin.

3.4 Paaluihin tehtävät merkinnät

Paaluihin merkitään nostokohdat nostoa varten, ja tuentakohdat varastointia ja kuljetusta varten.



4 PAALUJEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY

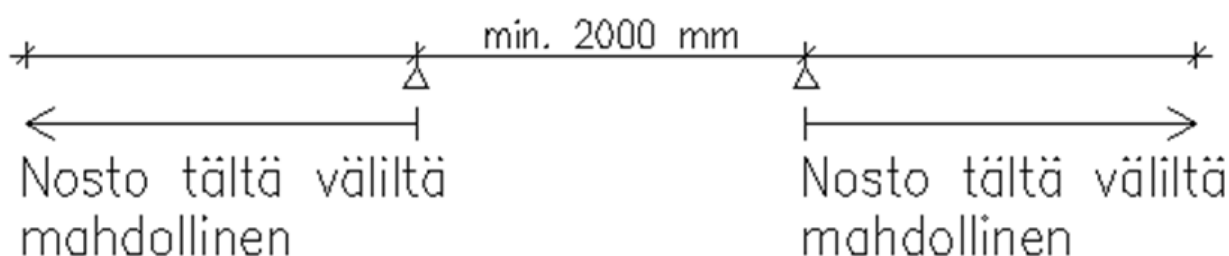
4.1 Paalun tuenta varastoinnin aikana

Paalu tuetaan varastoinnin ja kuljetuksen ajaksi tasaisesti koko matkaltaan tai 1,2 m etäisyydeltä paalun päistä ($\pm 0,3$ m).

4.2 Paalun nosto ja pystyynnosto

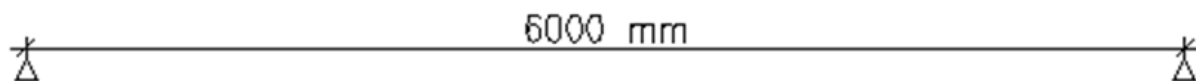
Paalujen siirroissa paalu voidaan nostaa ketjuilla, liinoilla tai trukkihaarukalla noudattaen työturvallisuusohjeita (kuva 3). Paaluihin on merkitty mahdolliset nostokohdat. Lyöntiä varten paalu nostetaan pystyyn paalun päästä (kuva 4). Paalua ei saa missään tilanteessa nostaa pystyyn nostolenkistä.

Nosto



KUVA 3. PAALUN NOSTOAIKKOJEN SIJAINNIT

Pystyynnosto



Pystyynnostopaikan sijainti $\pm 0,3$ m

KUVA 4. PAALUN PYSTYYNOSTOAIKON SIJAINNI

5 PIENPAALUPERUSTUKSEN SUUNNITTELU

5.1 Paalun mitoitus ja kestävyys

5.1.1 Luja-pienpaalun kestävyys murtorajatilassa

Rakennuskohteen perustussuunnittelija määrittää paaluille tulevat kuormat eurokoodien kuormitusohjeiden ja osavarmuuskertoimien mukaisesti ja valitsee paalujen lukumäärän ja sijainnit. Luja-pienpaaluperustus tulee suunnitella siten, ettei paaluille tule vetokuormituksia. Paaluanturoiden koot määritetään ottaen huomioon kohdan 5.2. mukaiset reunaetäisyydet ja sijaintitoleranssit.

Paalutuksen jälkeen mitataan pienpaalujen todelliset sijainnit, joiden perusteella lasketaan lopulliset paaluvoimat. Mikäli pienpaalujen todellisten sijaintien mukaiset lopulliset paaluvoimat ylittävät kohteessa käytettyjen paalujen kestävyys, tulee kohteeseen suunnitella lisää paaluja. Mikäli kohdan 5.2.2 mukaiset minimireunaetäisyydet eivät pienpaalujen todellisten sijaintien mukaan täyty, tulee paaluanturoiden kokoa kasvattaa. Paaluanturoiden lopullinen rauditus tulee suunnitella pienpaalujen todelliset sijainnit ja paaluanturoiden lopullinen koko huomioiden.

Taulukossa 2 on esitetty Luja-pienpaalujen puristuskapasiteetit murtorajatilassa. Luja-pienpaalun puristus-
kapasiteetti voi määräytyä geoteknisen kantavuuden ($R_d;geo$) tai hyvin pehmeissä maissa paalun rakenteellisen kestävyys ($R_d;str$) perusteella. Paalun puristuskapasiteetti on pienempi näistä kahdesta arvosta.

Paalujen rakenteelliset kestävyysarvot on määritetty laskemalla paaluille PO-2016:n (4.7.5.2) mukainen nurjahduskestävyys maan murtuessa sekä tarkistamalla poikkileikkauksen kestävyys tätä vastaavalle rasitukselle.

Taulukossa on esitetty paalun rakenteelliset kestävyysarvot neljälle erilaiselle paalua ympäröivän maan suljetulle leikkauslujuudelle, c_{uk} , sekä neljälle erilaiselle pitkä- ja lyhytaikaisen kuorman suhteelle (P = pitkäaikaiskuormien osuus, L = lyhytaikaisten kuormien osuus). Taulukon pitkäaikaiskuormilla tarkoitetaan Eurokoodin (SFS-EN 1990) mukaan määritettyä kuorman pitkäaikaisosuutta. Taulukossa esitettyjen maan suljettujen leikkauslujuuksien ja kuormien pitkäaikaissuhteiden väliltä kapasiteettiarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Rakenteelliset kestävyysarvot on esitetty erikseen jatketuille ja jatkamattomille paaluille. Jatketuilla paaluilla geometrisena alkutaipumana on käytetty PO-2016:n mukaista arvoa $L_{cr}/150$ ja jatkamattomilla paaluilla $L_{cr}/300$, joissa L_{cr} on PO-2016:n osan 1 kaavan 4.52 mukainen kriittinen nurjahduspituus. Taulukon rakenteellinen kestävyys on määritetty aksiaalisesti kuormitetulle teräsbetonipaaluille, joka on kiinnitetty yläpäästään sivusiirtymättömään rakenteeseen.



Paalun geotekninen kantavuus on määritetty iskuaaltoanalyysiin perustuen, jolloin korrelaatiokertoimenä on käytetty $\xi_5 = 1,47$. Geoteknisen kantavuuden maksimiarvo valitaan kohteen paalutustyöluokan perusteella (PTL1-PTL3).

TAULUKKO 2. LUJA-PIENPAALUJEN PURISTUSKAPASITEETIT MURTORAJATILASSA.

Paalutyyppi	$R_{d, \text{str}}$ [kN]							$R_{d, \text{geo}}$ [kN]		
		P [%]	L [%]	5	c_{uk} [kN/m ²]			PTL1	PTL2	PTL3
					7	10	15			
Lpp1	Jatkettu paalu	100	0	229	295	367	469	323	361	1)
		75	25	271	340	424	*			
		50	50	313	387	483	*			
		0	100	409	507	*	*			
	Jatkamaton paalu	100	0	313	380	465	*			
		75	25	368	448	550	*			
		50	50	425	518	*	*			
		0	100	573	*	*	*			
Lpp2	Jatkettu paalu	100	0	250	311	387	495	330	368	417
		75	25	289	356	444	570			
		50	50	326	403	504	*			
		0	100	420	522	*	*			
	Jatkamaton paalu	100	0	332	403	494	*			
		75	25	388	472	580	*			
		50	50	445	543	*	*			
		0	100	591	*	*	*			

1) Lpp1-paalutyyppiä ei käytetä paalutustyöluokassa 3

5.1.2 Lyhyet paalut

Jos paalut ovat lyhyitä (< 5 m) eikä niitä ympäröivä maa anna riittävää sivutukea, tarkistetaan sivusuuntaisen tuennan riittävyys sallittujen kaltevuuspoikkeamien suhteen. Pienin hyväksytty Luja-pienpaalun maassa oleva pituus asennettuna on 1,5 m.

Lyhyet 1,5 - 3 m paalut kiinnitetään anturaan yleensä jäykästi. Jäykkä liitos tehdään kohdan 5.3.2 mukaisesti. Jäykkää liitosta käytettäessä tulee paalun pään kestävyys normaalivoiman ja taivutusmomentin yhteisvaikutukselle tarkistaa kohdan 6 yhteisvaikutusdiagrammien perusteella.

Mikäli käytetään alle 5 m paaluelementtejä ja suunniteltu paalupituus on alle 5 m, on paalujen asennuksessa noudatettava erityistä varovaisuutta ja lopetuslyönnit suoritettava kohdan 7.7 taulukkojen mukaan, noudattaen ≤ 5 m paalupituus saraketta. Asennettaessa lyhyitä lyöntipaaluja erityisesti pehmeisiin maakerroksiin, on kiinnitettävä erityistä ja jatkuvaa huomiota paalujen paikallaan pysymisen sekä paalun kärjen ja kiinteän pohjan välisen kosketuksen varmistamiseen. Pakkasen vaikutukselle alttiissa tapauksissa kiinnitetään suunnittelussa erityistä huomiota lyhyisiin paaluihin kohdistuvaan roudan nostovoimaan routivassa maassa.

5.2 Paalujen sijoitus

5.2.1 Paalujen katkaisutaso

Paalujen katkaisutaso on se + korko, josta paalut katkaistaan.

Nivelliitos paalun ja anturan välissä:

Tavallisesti Luja-pienpaalut katkaistaan siten, että ne ulottuvat 50 mm paaluanturaan, ellei rakenteen suunnittelu tai paalujen kiinnittyminen paaluanturaan muuta edellytä.

Jäykkä liitos paalun ja anturan välissä:

Mikäli Luja-pienpaalut liitetään jäykästi anturaan, paalujen katkaisutaso on 50 mm paaluanturan alapinnasta ylöspäin lisättynä Luja-pienpaalun pääterästen ankkurointipituudella kuvan 7 mukaisesti.

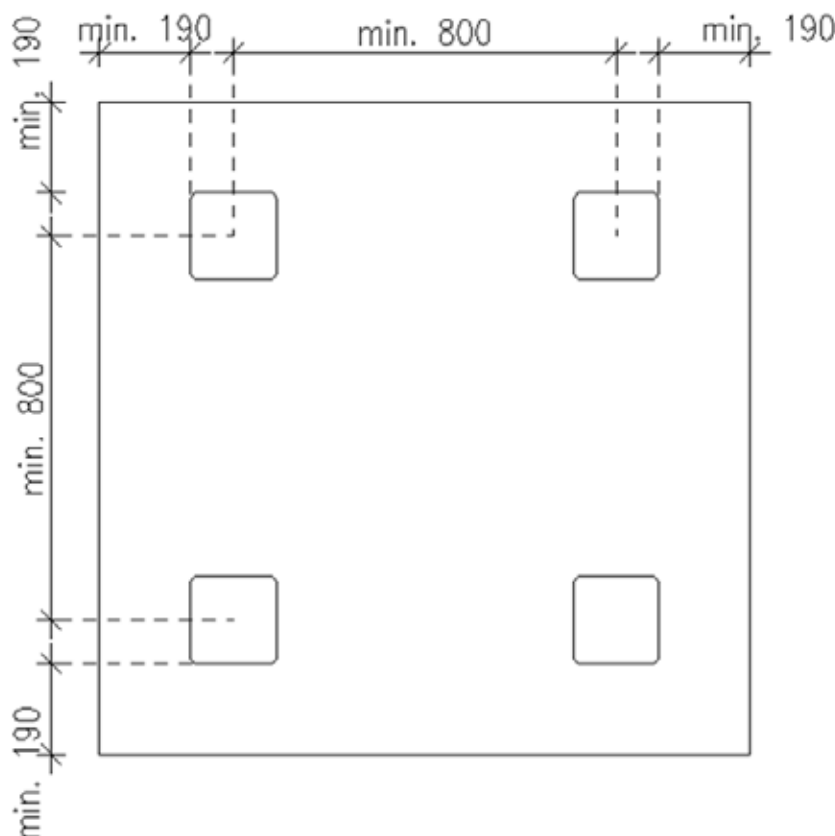
Luja-pienpaalujen katkaisutaso ja mahdollinen jäykkä liitos paaluanturaan tulee esittää paalutussuunnitelmassa.

5.2.2 Paalujen minimietäisyydet ja sijaintitoleranssit

Luja-pienpaalujen minimikeskiöetäisyys on 0,8 m.

Luja-pienpaalun ulkopinnan etäisyys paaluanturan reunasta tulee suunnitella vähintään 0,19 m mittaiseksi, ellei käytetä tätä ohjetta tiukempia asennustoleransseja.

Luja-pienpaaluperustuksen paaluille tulevien kuormitusten ja paaluanturoiden suunnittelussa tulee huomioida paalujen sijaintitoleranssit. Jos suunnitelmien mukaiset sallitut sijaintitoleranssit ylitetään, tulee jokaisen rakenteen osan mahdollinen ylikuormitus tutkia ja tarvittaessa lisätä paalujen määrää tai vahvistaa paaluanturoita.



KUVA 5. LUJA-PIENPAALUJEN MINIMIREUNA- JA -KESKIÖETÄISYYDET

Luja-pienpaalujen minimietäisyydet muista rakenteista suunnitellaan kussakin tapauksessa erikseen ottaen huomioon paalutuksen, pohjasuhteiden ja ympäröivien rakenteiden aiheuttamat erityisvaatimukset ja rajoitukset.

Luja-pienpaalun asennustoleranssit:

- yksittäinen paalu $e_1 \leq e_1(\text{tavoite}) = 0,05 \text{ m}$, $e_1 \leq e_{\text{max}} = 0,10 \text{ m}$
- paaluryhmän painopisteen $e_2 \leq e_{2\text{max}} = 0,05 \text{ m}$
- paalurivin yksittäisen paalun $e_3 \leq e_3(\text{tavoite}) = 0,10 \text{ m}$, $e_3 \leq e_{3\text{max}} = 0,15 \text{ m}$ kuitenkin koko rivin painopisteen $e_2 \leq e_{2\text{max}} = 0,05 \text{ m}$ riviin nähden kohtisuorassa suunnassa
- yksittäiset pystypaalut $i \leq i_{\text{max}} = 0,04 \text{ (0,04 m/m)}$
- samansuuntaisten paalujen ryhmässä $i \leq i_{\text{max}} = 0,02 \text{ (0,02 m/m)}$

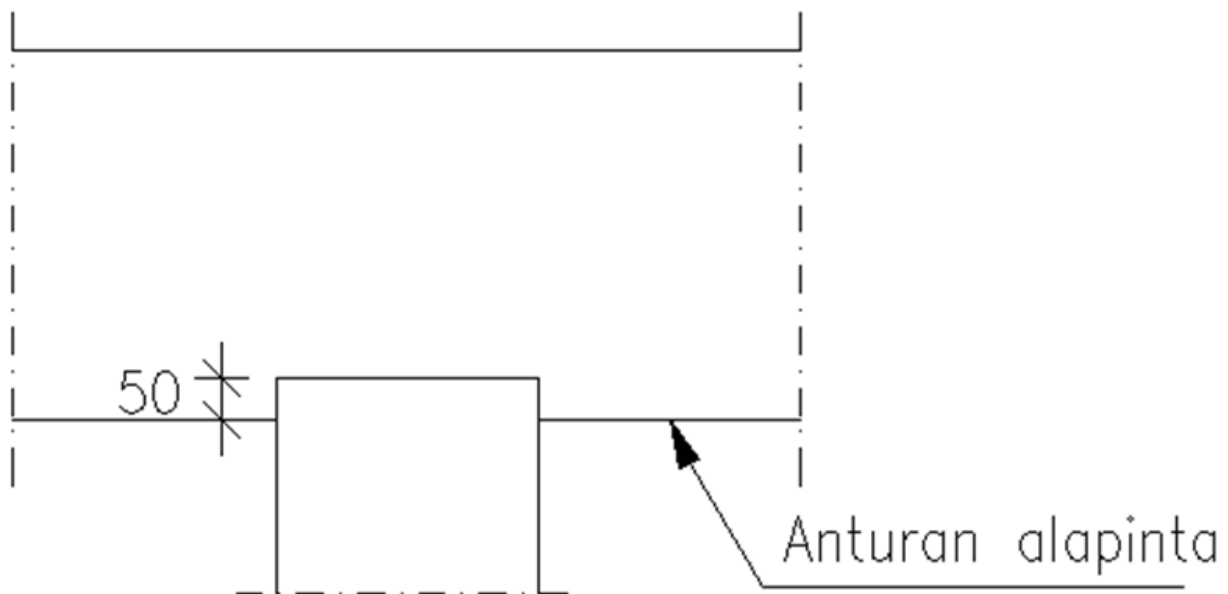
e = poikkeama vaakatasossa mitattuna työskentelytasolta

i = poikkeamakulman (paalun suunnitellun ja toteutuneen keskilinjan välisen kulman) tangentti

5.3 Anturat

5.3.1 Nivelliitos anturaan

Luja-pienpaalu liitetään jatkuviin ja muihin usean paalun paaluanturoihin yleensä kuvan 6 mukaisella liitoksella, jossa paalu on tasakatkaistu ja paalun upotussyvyys anturaan on vähintään 50 mm. Tällainen liitos ajatellaan nivelellisenä, jolloin paalu voi välittää pelkästään puristavaa normaalivoimaa.



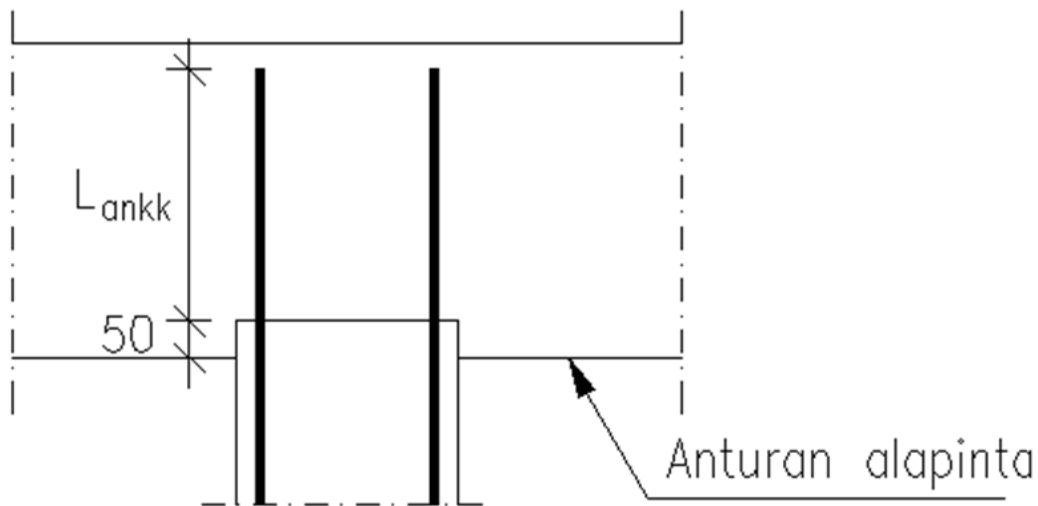
KUVA 6. LUJA-PIENPAALUN NIVELLIITOS ANTURAAN

5.3.2 Jäykkä liitos anturaan

Luja-pienpaalu voidaan tarvittaessa liittää jäykästi paaluanturaan, jolloin liitos toteutetaan yleensä paljastamalla paalun pääteräkset kuvan 7 mukaisesti. Pienpaalun katkaisutaso on silloin anturan alapinta + 50 mm + taulukon 3 mukainen vaadittava ankkurointipituus. Pääteräkset paljastetaan kokonaan ankkurointipituudelta ennen paaluanturan valua.

Taulukossa 3 on esitetty kolmelle paaluanturassa käytetylle betonin lujuusluokalle ankkurointipituuden mitoitusarvo l_{bd} paalun pääterästen täydelle murtorajatilalla vetokapasiteetille $F_{t,d,max}$. Mikäli pääterästen ankkuroinnilla ei vaadita pääterästen täyttä vetokapasiteettia, voidaan tarvittava ankkurointipituus määrittää lineaarisesti interpoloiden mitoittavan vetovoiman ja täyden murtorajatilalla vetokapasiteetin suhteella ($F_{t,d} / F_{t,d,max}$) * l_{bd} . Ankkurointipituuden vähimmäisarvon $l_{b,min}$ tulee jäykällä kiinnitystavalla kuitenkin aina täyttyä. Mikäli raudoitteet alittavat tämän minimipituuden, käsitellään paalun ja anturan välinen liitos tasakatkaisun tapaan vetoa kestävämmänä nivelenä.

Taulukon 3 ankkurointipituudet on määritetty EN 1992-1-1 mukaisesti otaksumalla liitoksessa vallitsevan hyvät tartuntaolosuhteet. Ankkurointipituuteen rakenteessa lasketaan raudoitteen osuus, jolla betonissa ei esiinny raudoitustangon suuntaisia halkeamia, esim. perustasanturan alapinnan raudoituksen yläpuolella sijaitseva raudoitustankojen osuus.



KUVA 7. LUJA-PIENPAALUN KIINNITYS JÄYKÄSTI ANTURAAN

TAULUKKO 3. LUJA-PIENPAALUJEN PÄÄTERÄSTEN ANKKUROUTIPITUUDET PAALUANTURAAN

Paalutyyppi	$l_{b,min}$ [mm]	l_{bd} [mm]			$F_{t,d,max}$ [kN]
		C25/30	C30/37	C35/45	
Lpp1	100	290	250	230	130
Lpp2	120	480	420	380	270

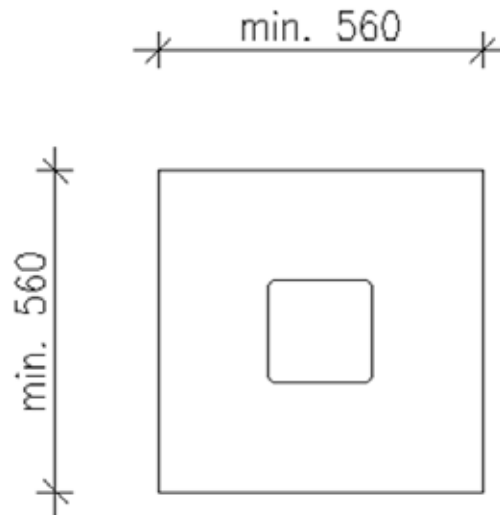
- $l_{b,min}$ on ankkurointipituuden vähimmäisarvo
- l_{bd} on ankkurointipituuden mitoitusarvo paalun kaikkien pääterästen yhteenlasketulle täydelle kapasiteetille ($F_{t,d,max}$) erilaisilla anturassa käytetyillä betonin lujuusluokilla
- $F_{t,d,max}$ on paalun pääterästen kapasiteetti murtorajatilassa puhtaalle vetorasitukselle

Liitettäessä Luja-pienpaaluja taivutusmomenttia ja vetoa siirtävällä liitoksella anturaan, tulee suunnittelijan tarkistaa, ettei normaalivoiman ja momentin yhteisvaikutus paalussa ylitä kohdassa 6 esitettyjen yhteisvaikutusdiagrammien arvoja. Normaalivoiman ja momentin murtorajatilalla mitoitusarvojen tulee sijaita yhteisvaikutusdiagrammien kuvaajien sisäpuolella.

5.3.3 Yhden paalun antura

Mikäli anturan yläpuolinen rakenne (yl. sokkeli) on liitetty jäykästi anturaan, voidaan Luja-pienpaalu liittää anturaan nivelliitoksella kohdan 5.3.1 mukaisesti. Luja-pienpaalun kestävyyttä määritettäessä tulee ottaa huomioon mahdollisesta voiman epäkeskisyydestä aiheutuva momenttirasitus kohdan 6 yhteisvaikutusdiagrammien mukaan.

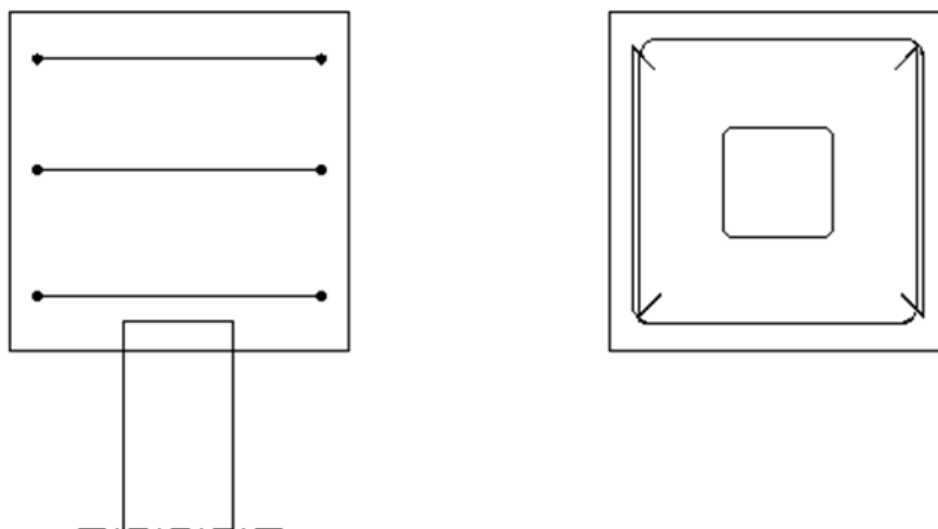
Luja-pienpaaluja käytettäessä yhden paalun paaluanturan minimimitat ovat kuvan 10 mukaiset. Kohteen rakennesuunnittelijan tulee valita paaluanturoiden koko ottaen huomioon paalutusolosuhteiden vaikutus pienpaalujen sijaintipoikkeamiin.



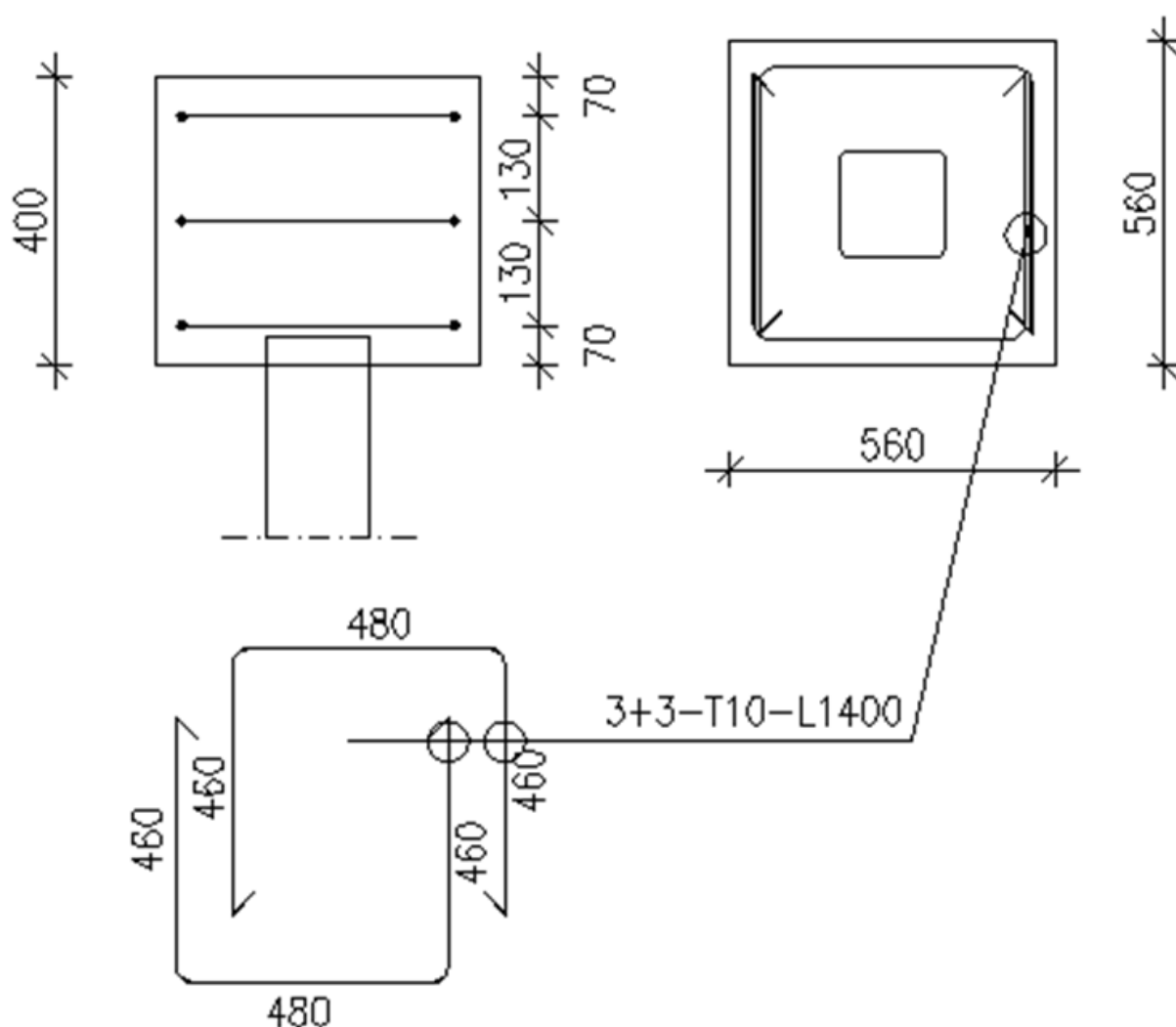
KUVA 8. YHDEN PAALUN ANTURAN MINIMIMITAT LUJA-PIENPAALULLA

Yhden paalun anturan rauditus tulee tehdä kuvassa 11 esitetyn rauditusperiaatteen mukaisesti. Anturan rauditus tulee suunnitella kaikille anturaan kohdistuville voimille. Erityistä huomiota tulee kiinnittää anturan raudituksen suunnitteluun jos Luja-pienpaalu kiinnitetään yhden paalun anturaan jäykällä liitoksella.





KUVA 9. YHDEN PAALUN ANTURAN RAUDOITUSPERIAATE



KUVA 10. YHDEN PAALUN ANTURAN MALLIRAUDOITUSESIMERKKI

Anturan raudointi on aina suunniteltava tapauskohtaisesti huomioiden anturaan kohdistuvat rasitukset ja tarvittavat suojabetonietäisyydet, kuvassa 12 esitettyä malliraudoitusta ei voida suoraan käyttää anturan raudoituksena tarkistamatta raudoituksen riittävyyttä.

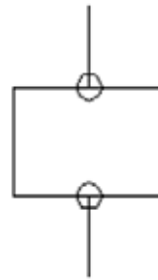
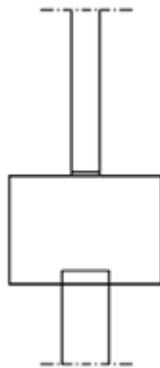
5.3.3.1 Yhden paalun anturan paaluperustusten rakenteita ja rakennemalleja

Mikäli käytetään yhden paalun anturoita, tulee joko sokkelielementti tai Luja-pienpaalu kiinnittää anturaan jäykästi. Jäykän liitoksen momenttikestävyys tulee olla suurempi kuin liitoksen murtorajatilän mitoitusmomentti. Luja-pienpaalun jäykkä liitos yhden paalun anturaan voidaan tehdä kohdan 5.3.2 mukaan. Kuvissa 13-20 esitetään periaatepiirustus sokkelielementtiperustuksesta yhden paalun anturalla ja mahdolliset rakennemallit.

Rakenne

Rakennemalli

Molemmat nivelliitoksia



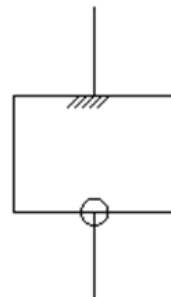
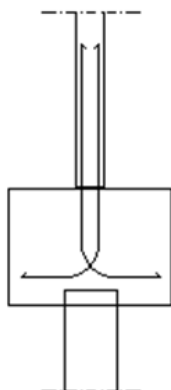
Voidaan käyttää vain jos perustus on jatkuva ja vääntöjäykkä

KUVA 11. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, MOLEMMAT NIVELLIITOKSIA

Rakenne

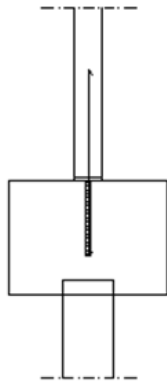
Rakennemalli

Sokkelielementin jäykkä liitos



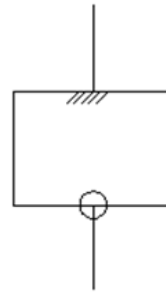
KUVA 12. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, SOKKELIELEMENTIN JÄYKKÄ LIITOS, ANTURAN VALUUN ASENNETTAVAT TARTUNNAT

Rakenne



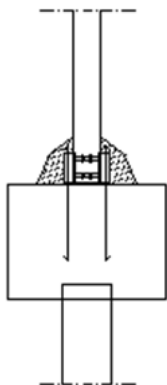
Rakennemalli

Sokkelielementin jäykkä liitos



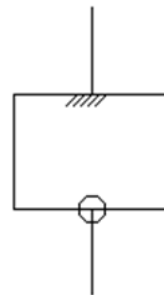
KUVA 13. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, SOKKELIELEMENTIN JÄYKKÄ LIITOS, ANTURAAN PORATTAVA TARTUNTA

Rakenne



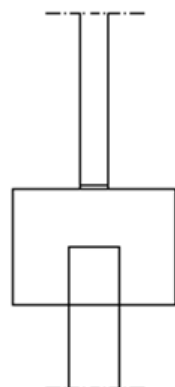
Rakennemalli

Sokkelielementin jäykkä liitos



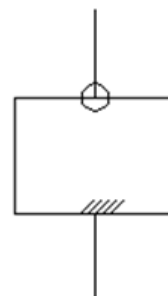
KUVA 14. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, SOKKELIELEMENTIN JÄYKKÄ LIITOS, ANTURASSA HARJATERÄKSET, SOKKELIELEMENTISSÄ TARTUNTALEVY, HITSAUS

Rakenne



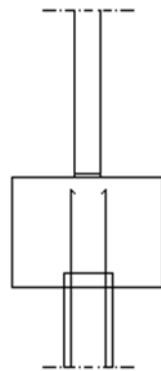
Rakennemalli

Paalun jäykkä liitos



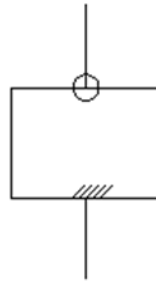
KUVA 15. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, PAALUN JÄYKKÄ LIITOS, PAALUN PAALUUN ASENNUS SYVEMMÄLLE ANTURAAN

Rakenne



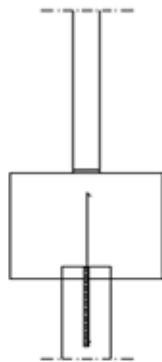
Rakennemalli

Paalun jäykkä liitos



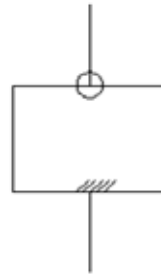
KUVA 16. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, PAALUN JÄYKKÄ LIITOS, PAALUN PÄÄTERÄSTEN PALJASTAMINEN

Rakenne



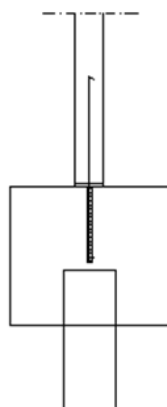
Rakennemalli

Paalun jäykkä liitos



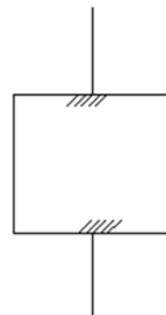
KUVA 17. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, PAALUN JÄYKKÄ LIITOS, PAALUUN PORATTAVA TARTUNTA

Rakenne



Rakennemalli

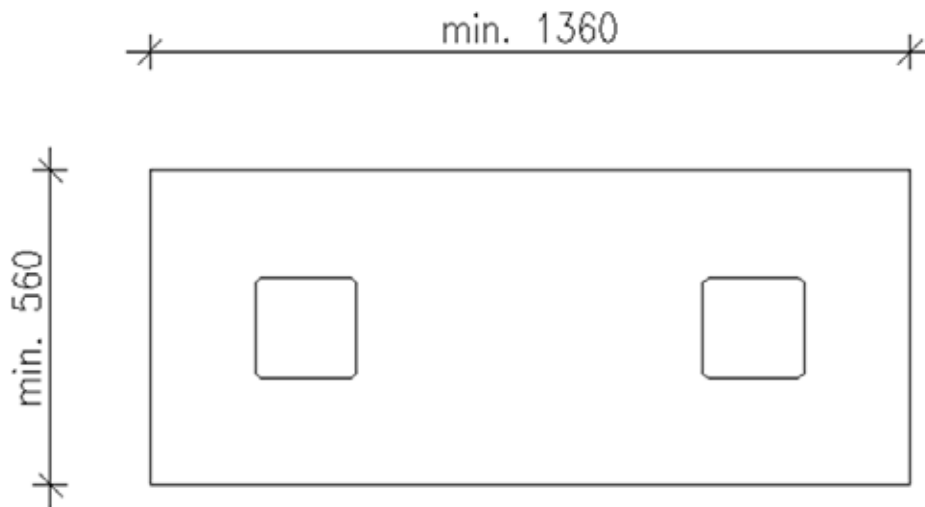
Sokkelielementin ja paalun jäykkä liitos



KUVA 18. SOKKELIELEMENTIN LIITOS YHDEN PAALUN ANTURAAN, SOKKELIELEMENTIN JA PAALUN JÄYKKÄ LIITOS, ANTURAAN PORATTAVA TARTUNTA JA PAALUN ASENNUS SYVEMMÄLLE ANTURAAN

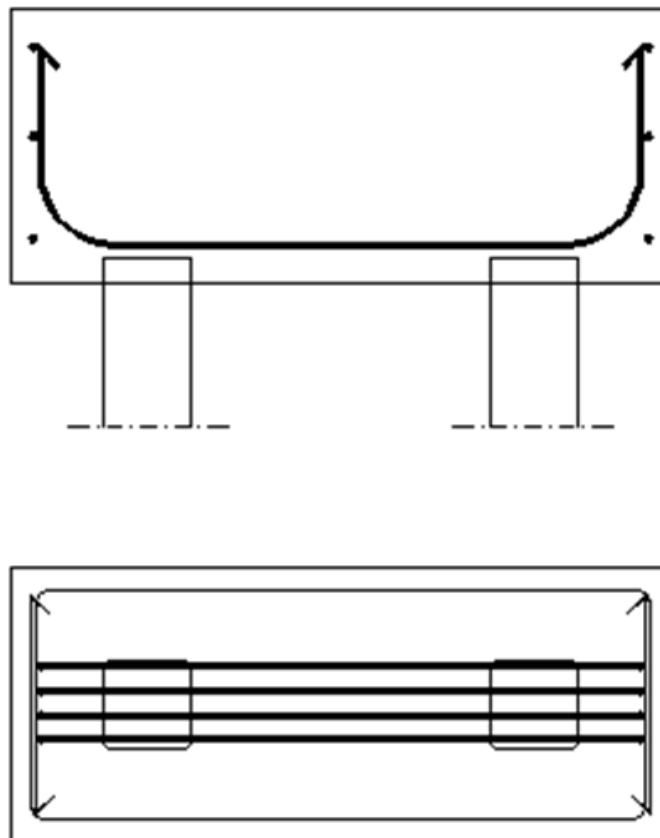
5.3.4 Kahden paalun antura

Paalutettavan jatkuvan seinän alla suositellaan käytettäväksi kahden paalun anturoita. Kahden paalun antura on vakaa ja paalu voidaan yleensä liittää nivelellisesti paaluanturaan.

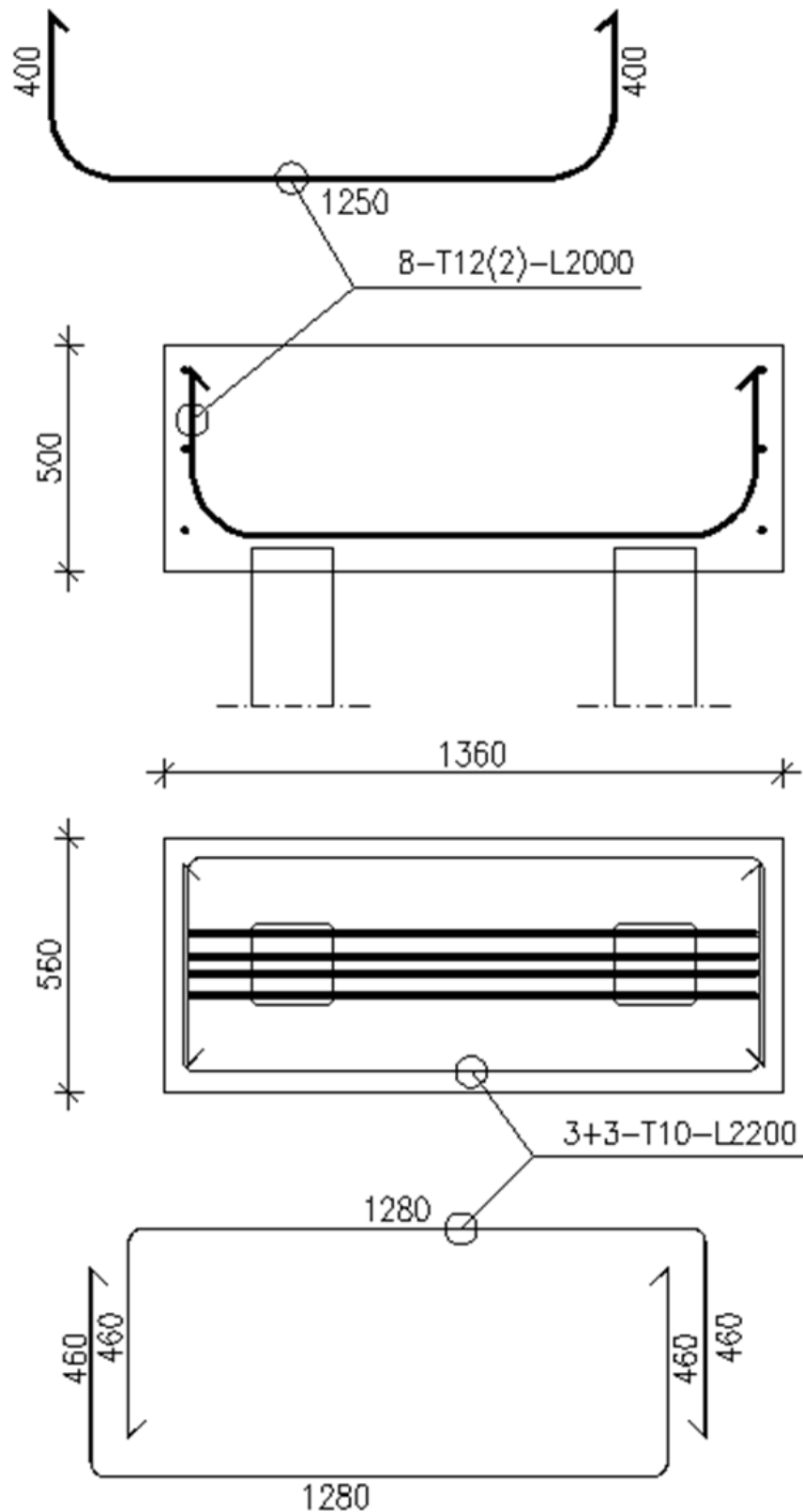


KUVA 19. KAHDEN PAALUN ANTURAN MINIMIMITAT LUJA-PIENPAALUILLA

Kahden paalun anturan raudoitus tulee tehdä kuvassa 22 esitetyn raudoitusperiaatteen mukaisesti. Anturan alapinnan raudoitus tulee viedä paalulta toiselle ja ankkuroida paalun reunalinjan ulkopuolelle. Anturan alapinnan raudoitus keskitetään paalujen kohdalle.



KUVA 20. KAHDEN PAALUN ANTURAN RAUDOITUSPERIAATE



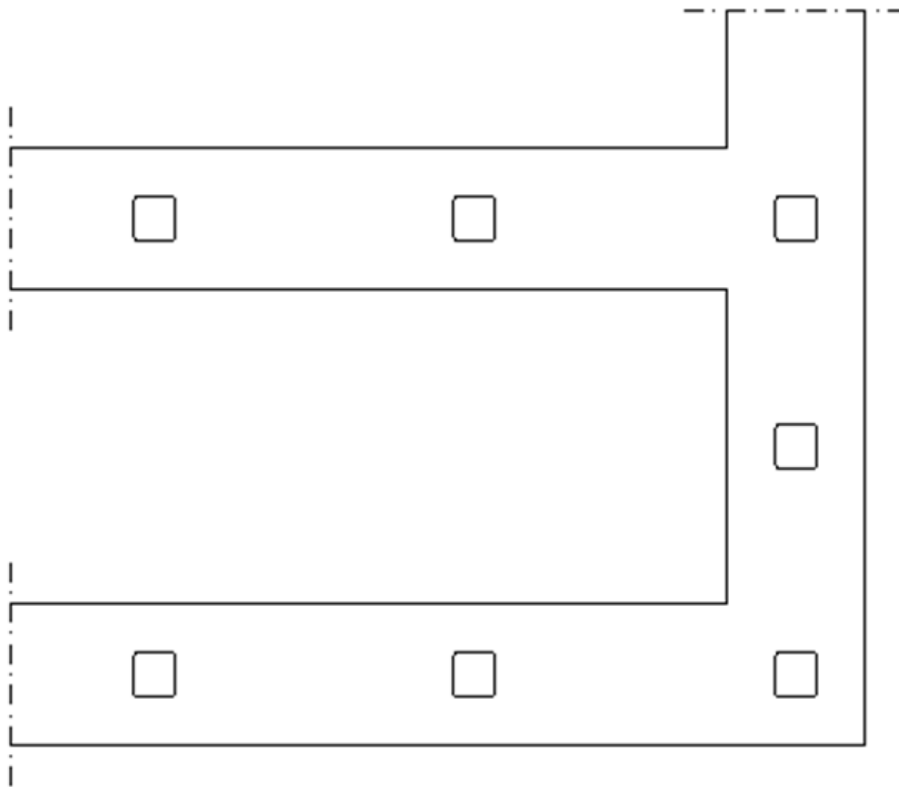
KUVA 21. KAHDEN PAALUN ANTURAN MALLIRAUDOITUSESIMERKKI

Anturan raudointi on aina suunniteltava tapauskohtaisesti huomioiden anturaan kohdistuvat rasitukset ja tarvittavat suojabetonietäisyydet, kuvassa 23 esitettyä malliraudoitusta ei voida suoraan käyttää anturan raudoituksena tarkistamatta raudoituksen riittävyyttä.

5.3.5 Jatkuva antura

Jatkuvan paaluanturan alla Luja-pienpaalut suositellaan sijoitettavaksi yhteen riviin, sik-sak-paalutusta ei suositella. Jatkuvan paaluanturan nurkissa ja liitoskohdissa paalut suositellaan sijoitettavaksi kuvan 24 mukaisesti. Paalut sijoitetaan kuormituslinjojen painopisteeseen anturan vääntörasitusten minimoimiseksi. Jos paalukuorma tai jatkuvan anturan vääntörasitus tulee liian suureksi, käytetään kahden tai useamman paalun anturaa.

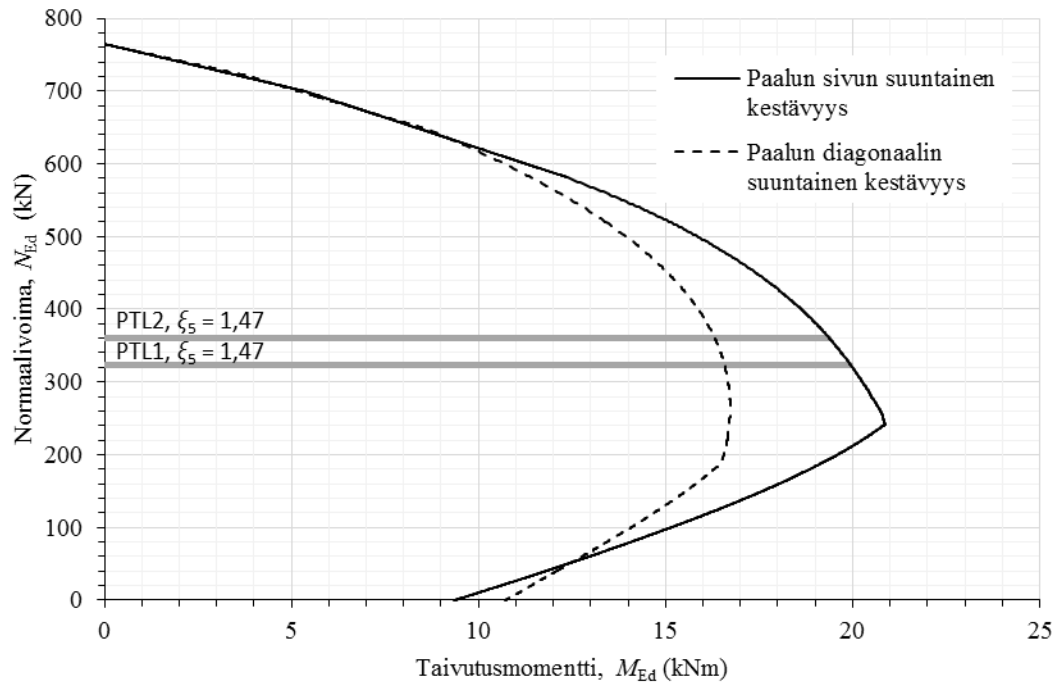
Jatkuva paikallavalettu antura tulee suunnitella ja raudoittaa siten, että antura toimii jäykkänä rakenteena ja siirtää yläpuolisen rakenteen kuormat paaluille toimien jatkuvana vääntöjäykkänä palkkina paalujen välillä. Anturan nurkat ja liitoskohdat tulee suunnitella ja raudoittaa siten, että anturan pituussuuntainen kiertyminen on estetty. Tällöin Luja-pienpaalut voidaan liittää anturaan kuvan 6 mukaisella nivelliitoksella. Anturan liitoskohdissa ja nurkissa on kiinnitettävä erityistä huomiota harjaterästen ankkurointiin ja jatkoksiin. Epäkeskisyydestä aiheutuva vääntö tulee huomioida perustusten raudoituksessa.



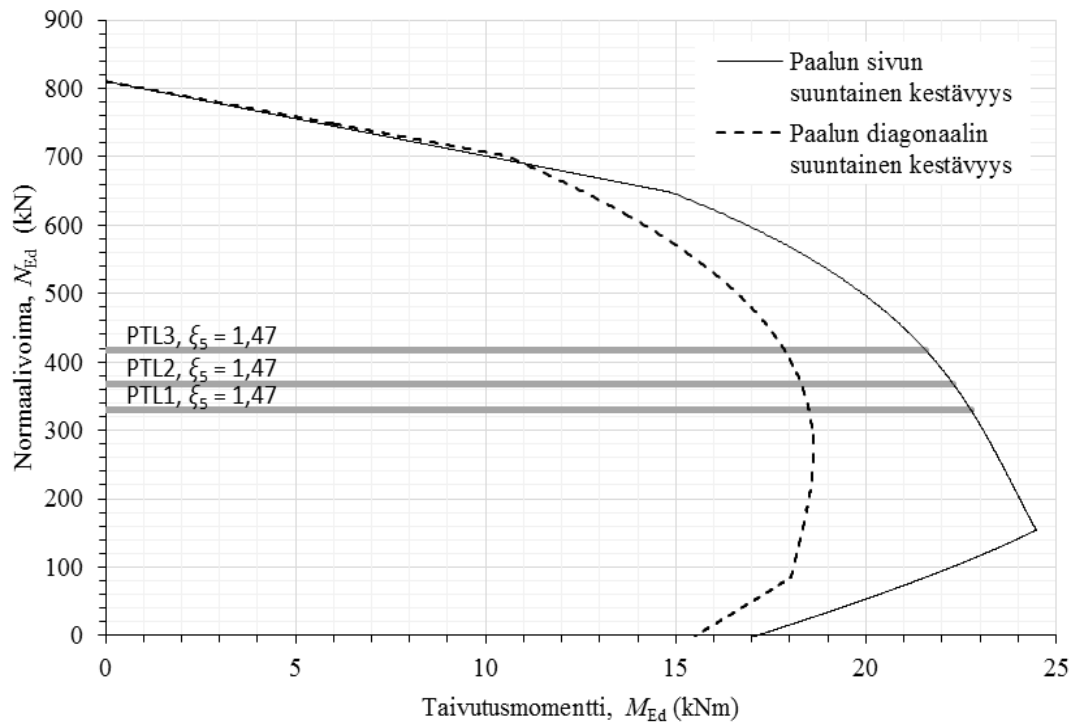
KUVA 20. KAHDEN PAALUN ANTURAN RAUDOITUSPERIAATE

6 PAALUJEN YHTEISVAIKUTUSDIAGRAMMIT

Luja-pienpaalujen yhteisvaikutusdiagrammit yhdistetylle normaalivoima- ja taivutusmomenttirasitukselle on esitetty kuvissa 23 ja 24. Käyrästöissä on esitetty paalun kestävydet tapauksissa, joissa taivutusmomentti vaikuttaa joko paalun sivun tai paalun diagonaalin suunnassa. Yhteisvaikutuskäyrästöjen kestävyksiä verrataan mitoituskuormista aiheutuviin paalun rasituksiin. Kuvissa on esitetty myös paalun geoteknisen kantavuuden maksimi-arvot paalutustyöluokittain tämän suunnitteluohjeen loppulyöntiehtoja käytettäessä. Paalujen yhteisvaikutusdiagrammit on laadittu käyttäen betonin materiaalmallina EN 1992-1-1 mukaista bilineaarista jännitys-venymäyhteyttä.



KUVA 23. LPP1-PAALUN YHTEISVAIKUTUSDIAGRAMMI.



KUVA 24. LPP2-PAALUN YHTEISVAIKUTUSDIAGRAMMI.

7 PAALUTUSTYÖ

7.1 Yleistä

Paalut pyritään asentamaan tarkalleen suunnitelmissa esitettyyn paikkaan ja asentoon. Paalua ei kuitenkaan saa vääntää asennuksen aikana tai sen jälkeen.

Paalujen asennusjärjestys tulee suunnitella ennen paalutustyön aloittamista.

Ennen paalutustyön aloittamista tulee varmistua siitä, ettei paalutus vaikuta haitallisesti jo asennettuihin paaluihin, muihin pohjarakenteisiin tai lähiympäristöön tai sen rakenteisiin.

Paalutustyön toteuttaja laatii ennen paalutustyön aloittamista kohdekohtaisen paalutuksen toteutussuunnitelman. Jos paalutuksen paalutustyluokka on PTL2 tai PTL3, on osana toteutussuunnitelmaa laadittava kirjallinen suunnitelma laadunvarmistamisesta. Toteutus- ja laatusuunnitelmassa käsiteltävät asiat tarkemmin, ks. PO-2016 Osa 2 luku 5.1.

Paalutustyö tehdään hyväksytyn toteutussuunnitelman mukaan. Paalutustyö tulee suorittaa siten, että voidaan havaita kaikki merkitykselliset maaperäolosuhteiden poikkeamat niistä olosuhteista, joihin paalujen suunnittelu on perustunut.

7.2 Soveltuva paalutuskalusto

Paalutuskalustojen yleisvaatimukset on esitetty PO 2016 osan 2 luvussa 5.4.2.1.

Lyöntipaalutuskoneen peruskoneen tulee olla ominaisuuksiltaan sellainen, että sillä voidaan liikkua työmaan olosuhteissa luotettavasti ja turvallisesti ja että se täyttää suunnitelmissa mahdollisesti paalutuskaluston koolle tai painolle sekä asennettavan paaluelementin pituudelle asetetut vaatimukset.

Paalujen lyöntilaitteiden tulee olla ominaisuuksiltaan sellaisia, että paalu voidaan lyödä suunniteltuun syvyyteen siten, että paalu säilyy rakenteellisesti ehjänä ja iskut ovat paalun akselin suuntaisia.

7.3 Iskusuoja

Iskusuojan tehtävä on vähentää paaluun lyönnin aikana syntyviä vetoaaltoja sekä suojata paalun yläpäästä. Iskusuojassa suositellaan käytettäväksi materiaalia, jonka ominaisuudet säilyvät mahdollisimman muuttumattomina paalutuslyöntien aikana. Yleisesti käytetty materiaali on kuiva lehtipuu (koivu, pyökki, tammi), jonka syyt ovat pystysuoraan paalua vasten.

Iskusuojan kunto tulee tarkastaa ennen jokaisen paalun lyöntien aloittamista.

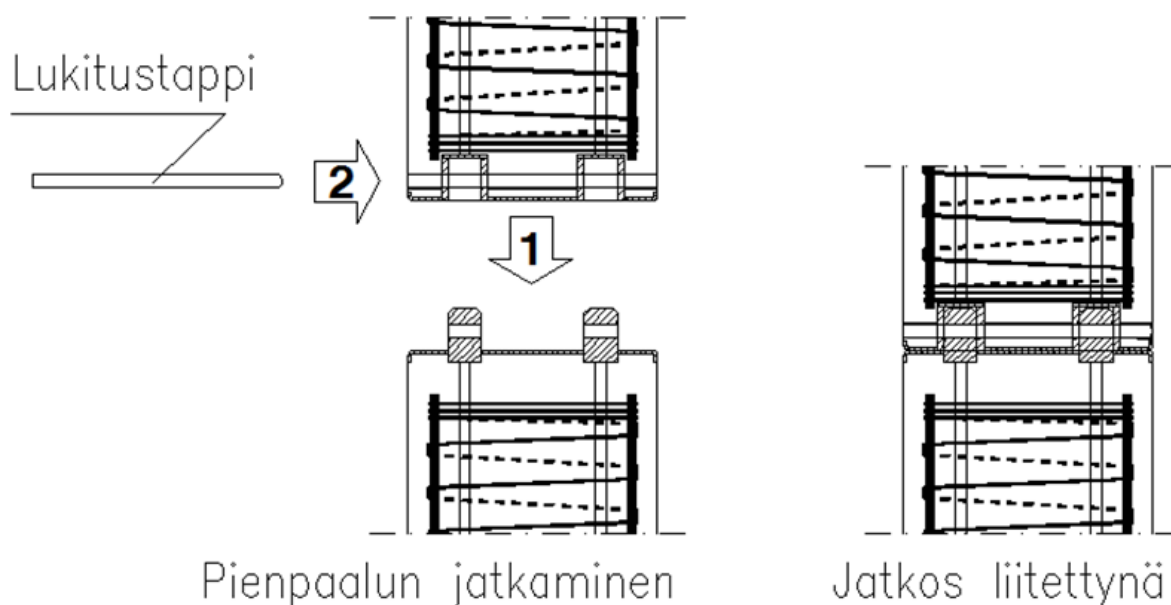
Jatkopaaluja lyödessä paalun yläpää suojataan tähän tarkoitukseen valmistetulla lyöntilevyllä. Lyöntilevy estää paalujatkoksen lukitusosien vaurioitumisen.

7.4 Paalujen jatkaminen

Luja-pienpaalujen toimituspituus on 6 m. Paalutussyvyyden ollessa suurempi kuin 6 m, Luja-pienpaalu jatke-
taan. Luja-pienpaaluihin asennetaan tehtaalla jatkoskappaleet, joiden avulla paaluelementtejä voidaan liittää
työmaalla toisiinsa vaaditun paalutussyvyyden saavuttamiseksi.

Paaluja jatkettaessa tulee varmistua paalun jatkospintojen puhtaudesta ja tarkasta liittymisestä yhteen. Liitos-
pinnat tulee puhdistaa kaikista epäpuhtauksista ja jatkoksen oikeasta liittämisestä tulee huolehtia. Lisäksi tulee
huolehtia siitä, että jatkospinnat ovat samansuuntaiset. Suurin sallittu jatkoksen kulmanmuutos on 1:150. Jat-
koksen toiminta on erittäin tärkeää paalun rakenteen kestävyys kannalta.

Jatkokseen asennettava lukitustappi tulee kiinnittää huolellisesti jokaiseen jatkokseen.



KUVA 37. LUJA-PIENPAALUN JATKAMINEN

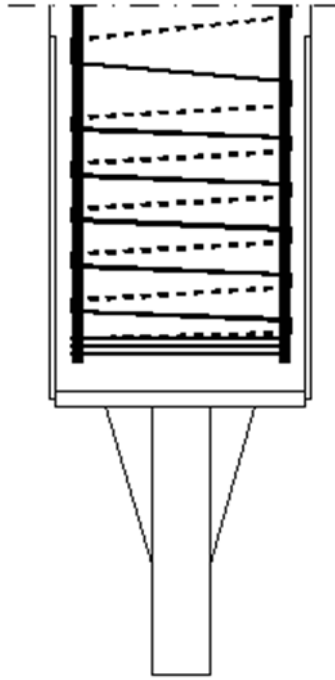
7.5 Paalujen katkaisu ja uusi paalupiste

Luja-pienpaalut katkaistaan suunnitelmissa esitettyyn YP+ korkoon. Katkaisu tehdään PO-2016 osan 2 luvun
4.3.1 mukaisesti.

Mikäli katkaisutason yläpuolelle jäävä paalun osa on pidempi kuin 1 m, voidaan tätä paalun osaa käyttää uu-
dessa paalupisteessä.

Paalun alapäässä käytetään tarvittaessa paalukärkeä. Paalukärki on ns. jälkiasennettava rakenneteräskallio-
kärki, jolla paalu voidaan lyödä lohkareiseen maahan sekä pohjamoreeniin.

Katkaistu paalu jatketaan normaalisti paaluissa olevien paalujatkosten avulla.



KUVA 38. LUJA-PIENPAALUN KALLIOKÄRKI

7.6 Upotuslyönnit

7.6.1 Käytetyt kalustot upotus- ja loppulyöntien laskennassa

Lopetus- ja upotuslyöntienaikaiset jännitystarkastelut on tehty PO-2016 Osan 1 liitteen 2 mukaisesti. Lyöntikalustona simuloinneissa on käytetty:

- vapaasti putoava 1000 kg järkäle
- vapaasti putoava 1500 kg järkäle
- vapaasti putoava 2500 kg järkäle
- vapaasti putoava 3000 kg järkäle
- vapaasti putoava 4000 kg järkäle

Lyöntilaitteet on valittu tyypillisesti käytössä olevista kalustoista ja kokonaistehokkuuksina laitteille on käytetty PDA-mittauksista saatuja arvoja.

7.6.2 Yleistä upotuslyönneistä

Paaluun syntyy aina vetojännityksiä, kun paalua lyödään. Upotuslyönneissä vetojännitys on suurimmillaan, kun paalua lyödään löysään maakerrokseen / läpäistään täyttöjä, jonka alla on pehmeä maakerros. Jännitystarkasteluissa on otettu huomioon veto- ja puristusjännitykset sekä upotus- että loppulyöntien aikana eri lyöntilaitteille.

Tulokset on koottu taulukkoon 6.

TAULUKKO 6. LPP 1 JA LPP 2 RAJOITUKSET PAALUPITUUDELLE ERI PAALUTUSTYÖLUOKISSA JA UPOTUKSEN AIKAINEN MAKSIMIPUDOTUSKORKEUS. LPP 2 SOVELTUVUUS PAALUTUSTYÖLUOKKAAN PTL 3 VARMISTETAAN PDA-MITTAUKSILLA.

LPP 1				
Lyöntilaite	PTL 1 L_{max}	PTL 2 L_{max}	Lyönti saveen	Lyönti täyttöön
1000 kg	20 m	15 m	<10 cm	<10 cm
1500 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<10 cm	<10 cm
2500 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	10 cm	10 cm
3000 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	10 cm	10 cm
4000 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	10 cm	10 cm
LPP 2				
Lyöntilaite	PTL 1 L_{max}	PTL 2 L_{max}	Lyönti saveen	Lyönti täyttöön
1000 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	20 cm	20 cm
1500 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	20 cm	20 cm
2500 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	20 cm	20 cm
3000 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	20 cm	10 cm
4000 kg	ei rajoitusta	ei rajoitusta	20 cm	10 cm

Mikäli upotuksen aikana käytetään kiihdytettyä järkälettä, on taulukon mukaisia maksimipudotus-korkeuksia laskettava 5 cm.

7.7 Loppulyönnit

7.7.1 Yleistä loppulyönnistä

Paalujen lyöminen voidaan lopettaa, kun paalulle taulukoissa 7-8 määritellyt loppulyöntiehdot täyttyvät.

Taulukoissa 7-8 esitetyillä loppulyöntipainumilla saavutetaan Luja-pienpaalujen täysi kestävyys eri paalutustyöluokissa. Loppulyöntisarjojen lukumäärä määritetään olosuhteiden mukaan. Jos paalun painuma pienenee hyvin hitaasti tai kohteen pohjaolosuhteet ovat vaihtelevat, täytyy taulukkojen 7-9 täyttäviä sarjoja olla 3 peräkkäin, jotta varmistetaan paalun riittävästä tukeutumisesta kantavaan maakerrokseen. Toisaalta jos painuma 10 lyönnin sarjalla on 10 mm tai alle, paalu on saavuttanut täyden kestävyytensä ja paalun lyönti voidaan lopettaa heti.



TAULUKKO 7. LUJA PIENPAALU LPP 1 LOPPULYÖNNIT, PUDOTUSKORKEUS H [CM] JA S/10 [MM]

		5 m		10 m		15 m		20 m		30 m		40 m	
Lyöntilaite	PTL	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10
1000 kg	1	45	13	50	14	50	14	50	14	-	-	-	-
	2	50	11	55	12	55	11	-	-	-	-	-	-
1500 kg	1	40	22	40	17	40	17	40	16	40	16	40	16
	2	45	20	45	15	45	14	45	14	45	14	45	13
2500 kg	1	20	17	25	18	30	23	30	23	30	22	30	21
	2	25	18	30	18	35	21	35	20	35	19	35	19
3000 kg	1	20	27	20	18	25	23	25	21	30	29	30	29
	2	20	19	25	20	30	23	30	20	30	19	30	19
4000 kg	1	15	29	15	19	20	30	20	22	20	19	20	18
	2	15	20	20	25	20	18	25	24	25	20	25	19

- 1000 kg järkäleellä PTL1 maksimipituus 20 m
- 1000 kg järkäleellä PTL2 maksimipituus 15 m

TAULUKKO 8. LUJA PIENPAALU LPP 2 LOPPULYÖNNIT, PUDOTUSKORKEUS H [CM] JA S/10 [MM]

		5 m		10 m		15 m		20 m		30 m		40 m	
Lyöntilaite	PTL	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10	H	s/10
1000 kg	1	45	12	50	13	50	13	50	13	50	12	50	12
	2	55	13	60	13	60	13	60	13	60	12	60	12
	3	65	12	70	12	70	12	70	11	70	11	70	11
1500 kg	1	40	21	40	16	40	15	40	15	40	15	40	15
	2	45	19	45	14	45	13	45	13	45	13	45	13
	3	50	16	55	13	55	13	55	13	55	12	55	12
2500 kg	1	25	26	30	27	30	21	30	21	20	20	30	20
	2	30	26	35	25	35	19	35	19	35	18	35	17
	3	30	16	40	20	45	20	45	19	45	18	45	18
3000 kg	1	20	26	25	29	25	21	25	19	30	27	30	27
	2	20	17	25	18	30	21	30	18	30	17	30	17
	3	25	18	35	25	40	26	40	21	40	20	40	19
4000 kg	1	15	28	15	17	20	28	20	20	20	17	20	17
	2	15	19	20	23	20	16	25	22	25	18	25	17
	3	20	23	20	11	25	16	30	19	30	15	30	14

PO-2016 mukaisesti paalutustyöluokassa PTL 3 lopetuslyöntikriteerit tarkistetaan ja paalun geotekninen kestävyys varmistetaan dynaamisilla koekuormituksilla.

Mikäli loppulyönnissä käytetään kiihdytettyä järkälettä, voidaan taulukon mukaisia pudotuskorkeuksia laskea

8 LAADUNVALVONTA, MITTAUKSET JA DOKUMENTOINTI

8.1 Yleistä

Paalutustyöhön kuuluvia töitä tulee valvoa standardin EN 1997-1 lukujen 4 ja 7 mukaisesti.

Tarkempia tietoja, määräyksiä ja ohjeita paalujen laadunvalvontaan, mittauksiin ja dokumentointiin löytyy PO-2016 Osa 2:sta.

8.2 Materiaalien laadunvalvonta

Luja-pienpaalujen valmistuksessa käytetyn betonin kelpoisuuden toteamisessa noudatetaan standardia SFS-EN 206-1.

8.3 Paalujen tarkastaminen ennen asennusta

Ennen asentamista Luja-pienpaaluissa ei saa esiintyä poikittaista halkeamaa, jonka pituus on yli 360 mm ja jonka leveys suurimmasta kohdasta mitattuna ylittää 0,2 mm. Paalussa ei myöskään saa olla pituussuuntaista, leveimmältä kohdaltaan yli 0,2 mm levyistä ja yli 200 mm pituista, halkeamaa. Näitä lyhempien halkeamien leveys saa olla suurimmillaan 0,5 mm ja ne tulee korjata ennen paalun asentamista.

Paalujen suoruus ja halkeamat sekä päiden kohtisuoruus tarkastetaan alustavasti silmämääräisesti. Mikäli käyristymiä, vinoutumia tai halkeamia on havaittavissa, paaluille tehdään tarkistusmittauksia langan, suorakulman ja luupin avulla.

Jos paalu lohkeaa niin, että teräkset paljastuvat, paalu hylätään.

Valvoja merkitsee hylätyt paalut pohjarakennustöiden aloituskokouksessa sovitulla tavalla. Hylätyt paalut poistetaan työmaalta.

8.4 Paalutustyön valvonta

Paalutustyönjohtaja johtaa ja valvoo kaikkia paalutukseen liittyviä tehtäviä ja töitä sekä hoitaa tarpeelliset tarkastukset. Paalutustyönjohtajan tekee tarpeelliset muistiinpanot tehtäviinsä kuuluvista toimenpiteistä ja vastaa paalutuspöytäkirjan pitämisestä.

Laadunvarmistus hoidetaan siten, että työn lopputulos ja kelpoisuus voidaan luotettavasti todeta vertaamalla suorituspöytäkirjoja ja raportteja suunnitelma-asiakirjoihin.

8.5 Seuranta ja mittaukset asentamisen aikana

Maata syrjäyttävien paalujen asennustyön eri työvaiheita tulee tarkkailla seuranta- ja mittaustarkkailun avulla. Tämän tarkkailun tulee olla paalutustyön menetelmäkuvauksen ja toteutussuunnitelman mukaista. Menetelmäkuvauksen ja toteutussuunnitelman tulee olla suunnittelun ja julkaisun EN 1997-1 mukaisia.

Lopetuslyönnit dokumentoidaan siten, että suunnitelman mukainen asennuksen lopettamisehto voidaan osoittaa saavutetuksi.

8.6 Mittaukset asentamisen jälkeen

Paalujen sijainti, korkeustasot ja kaltevuus mitataan ja dokumentoidaan asennuksen jälkeen. Mittaukset suoritetaan mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Sijainnin mittauksen tarkkuuden on oltava 10 mm, korkeustason 5 mm, kaltevuuden 0,5 % ja suunnan 5 gon (gon = gooni eli uusaste = 1/100 suorasta kulmasta. 1 gon = $\pi/200$ rad. 1 gon = 0,9 astetta).

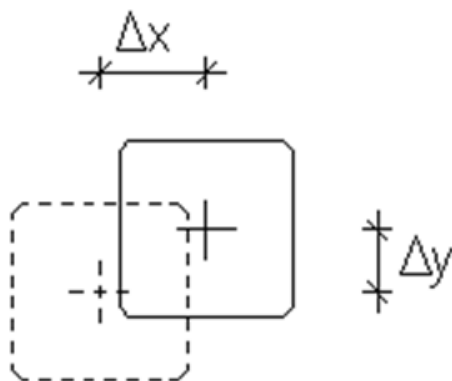
Asennettujen paalujen mahdollisia siirtymiä seurataan jatkuvasti paalutustyön aikana.

Paalutustyön päätyttyä mitataan paalujen sijaintipoikkeamat katkaisutasossa.

Seuraavat poikkeamat dokumentoidaan:

$$\Delta xy = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$$

Δxy	kokonaispoikkeama
Δx	paalun sijaintipoikkeama x-koordinaatin suunnassa
Δy	paalun sijaintipoikkeama y-koordinaatin suunnassa



KUVA 25. PAALUN SIJAINIPOIKKEAMAT Δx JA Δy . KUVASSA KATKOVIIVALLA ON ESITETTY PAALUN SUUNNITELTU SIJAINTI JA EHIÄLLÄ VIIVALLA PAALUN TOTEUTUNUT SIJAINTI.

Paalujen tarkemittaaja mittaa paalujen sijaintipoikkeamat Δx ja Δy . Ne mitataan ja dokumentoidaan rakennuksen paalutuspiirustusten koordinaatistossa. Paalujen kokonaispoikkeaman Δxy suunnittelija määrittää tarvittaessa.

Paaluryhmän tai -rivin painopisteen kokonaispoikkeama lasketaan seuraavasti:

$$\Delta x_r = \frac{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n_p} \Delta x_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n_p} \Delta y_i\right)^2}}{n_p} \quad (\text{SUUNNITTELIJA LASKEE})$$

Δx_r	paaluryhmän painopisteen kokonaispoikkeama
Δx_i	yksittäisen paalun sijaintipoikkeama x-koordinaatin suunnassa
Δy_i	yksittäisen paalun sijaintipoikkeama y-koordinaatin suunnassa
n_p	paalujen lukumäärä

Näiden lisäksi tarkastetaan paalurivien painopisteiden poikkeamat paaluriviin nähden kohtisuorassa suunnassa.

8.7 Paalutuspöytäkirjamalli

[illegible]

KUVA 26. LUJA-PIENPAALUJEN PAALUTUSTYÖPÖYTÄKIRJAMALLI

KAIKESSA RAKENTAMISESSA OTA YHTEYS VAHVIMPAAN BETONIOSAAJAAN!



Lujabetoni
VAHVIN BETONIOSAAJA

WWW.LUJABETONI.FI