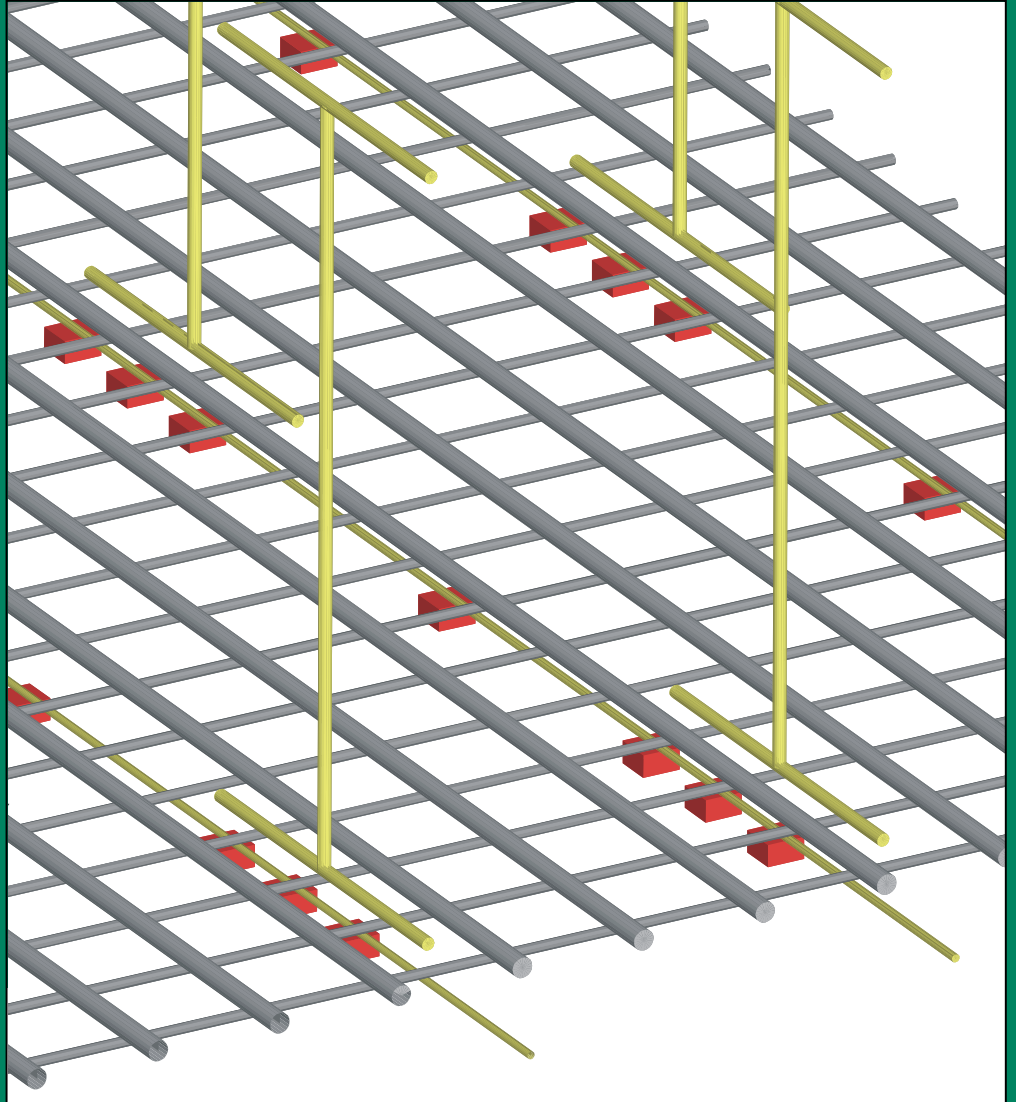




Tielaitos

# Betoniraudotteiden suunnittelu



Sillansuunnittelu

Helsinki 2000

TIEHALLINTO  
Siltayksikkö

# **Betoniraudotteiden suunnittelu**

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO

Helsinki 2000

ISBN 951-726-698-7  
TIEL 2170014

Raportin tuotanto:  
Tielaitos  
Tiehallinto  
Siltayksikkö

Oy Edita Ab  
Helsinki 2000

Julkaisua myy  
Tielaitos, julkaisumyynti  
Puhelin 0204 44 2053  
Faksi 0204 44 2652  
Sähköposti [elsa.juntunen@tielaitos.fi](mailto:elsa.juntunen@tielaitos.fi)

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Siltayksikkö  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihe 0204 44 150



OHJE

25.10.2000

1249/2000/20/1

**VASTAANOTTAJA**

Tiepiirit  
Tuotanto, tuotantoalueet  
Tuotannon konsultointi, alueyksiköt

**SÄÄDÖSPERUSTA**

KORVAA

**KOHDISTUVUUS**

Tielaitos

VOIMASSA

1.12.2000 - toistaiseksi

**ASIASANAT**

Ohjeet, sillat, sillansuunnittelu, betoniteräkset, betonirakenteet, raudoitus

---

**Betoniraidoiteiden suunnittelu (TIEL 2170014)**

Tielaitoksen siltayksikkö lähettää oheisena ohjeen Betoniraidoiteiden suunnittelu sillansuunnittelussa noudatettavaksi 1.12.2000 alkaen.

Ohje täydentää Tielaitoksen sillansuunnittelua varten Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjetta B4 Betonirakenteet sekä Tielaitoksen ohjetta Betonirakenneohjeet. Ohjeen avulla voidaan laatia työmaaystävällisiä raudoituksia ja laatia betoniteräsluettelo ja raudoituksen tuentasuunnitelma.

Apulaisjohtaja  
Siltayksikkö

Juhani Vähäaho

Tieinsinööri

Matti Piispanen

**LISÄTIETOJA**

Matti Piispanen  
Tielaitos, Siltayksikkö  
Puh.0204442385

**JAKELU/MYYNTI**

Tielaitos, kirjasto  
Puh.0204442053  
Telefax 0204 44 2652



JAKELU      Aulis Nironen (kirje + alkusanat)  
                  Jukka Isotalo (kirje + alkusanat)  
                  Tiepiirit  
                  Tiepiirit, siltainsinöörit  
                  Htl, Hte  
                  Hsi:n tekninen henkilökunta  
                  Tuotantoalueet  
                  Tuotannon sillansuunnittelijat  
                  Kirjasto 2 kpl  
                  TIEL:n ulkopuolinen jakelu

LIITE                                      Betoniraidoitteiden suunnittelu, TIEL 2170014

## **Alkusanat**

Ohje "Betoniraidoitteiden suunnittelu" on tarkoitettu Tielaitoksen siltojen suunnittelua ja rakentamista varten täydentämään ohjeita "Siltasuunnitelma" TVH 722067, "Betonirakenneohjeet" ja "Betonirakenteiden yksityiskohtien ja raudoituksen suunnitteluohjeet" BY 30-5 siltä osin kuin ne koskevat betoniraidoitteiden suunnittelua.

Ohjeen tarkoituksena on yhtenäistää suunnittelukäytäntöä ja koota yhteen julkaisuun betoniraidoituksen suunnittelussa huomioon otettavat asiat.

Ohjetta laatineeseen hankeryhmään on kuulunut edustajia Tielaitoksen siltayksiköstä, Tielaitoksen konsultoinnista ja Fundia Betoniteräkset Oy:stä.

Helsingissä kesäkuussa 2000

Siltayksikkö



## SISÄLTÖ

|   |    |
|---|----|
| 1 JOHDANTO  | 9  |
| 1.1 Ohjeen tarkoitus  | 9  |
| 1.2 Raudoituksen suunnitteluun liittyvät asiakirjat ja niiden soveltaminen      | 9  |
| 2 RAUDOITUKSEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA                              | 10 |
| 2.1 Betoniterästankojen maksimipituus   | 10 |
| 2.2 Betoniterästangon todellinen halkaisija                                     | 10 |
| 2.3 Suojaavan betonipeitteen minimiarvot  | 10 |
| 2.4 Raudoituksen valmistus ja asennus   | 10 |
| 2.5 Valmistus- ja asennustoleranssit  | 12 |
| 2.5.1 Yleisperiaatteet  | 12 |
| 2.5.2 Molemmista reunoistaan tai päistään muottia vasten sijaitsevat teräkset   | 12 |
| 2.5.3 Rakenteen yläpintaan rajoittuvat teräkset                                 | 15 |
| 3 BETONITERÄSLUETTELON LAADINTA   | 16 |
| 3.1 Yleisperiaatteet  | 16 |
| 3.2 Luettelon laadinnan yksityiskohdat  | 16 |
| 4 RAUDOITUKSEN TUENNAN SUUNNITTELU  | 19 |
| 4.1 Raudoituksen tuentasuunnitelma  | 19 |
| 4.2 Vaakatasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen                             | 19 |
| 4.3 Pystytasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen                             | 21 |
| 4.4 Välikkeiden, tuentaterästen ja sidontojen mitoitus                          | 22 |
| 4.4.1 Mitoitusperiaatteet   | 22 |
| 4.4.2 Vaakatasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen työteräksillä ja pukeilla | 24 |
| 4.4.3 Päällysrakenteen yläpinnan raudoituksen tukeminen sitomalla               | 30 |
| 5 ESIMERKKI RAUDOITUKSEN TUENTASUUNNITELMASTA                                   | 35 |
| 5.1 Kansilaatan työterästen ja välikkeiden mitoituslaskelma                     | 35 |
| 5.2 Raudoituksen tuentasuunnitelma  | 38 |
| VIITTEET  | 39 |

## LIITTEET

- 1A Betoniteräsluettelolomakkeet
- 1B Betoniterästen taivutustyytit
- 1C Yleisen taivutustyytin teräkset
- 1D Taivutusmitoiltaan muuttuvat terässarjat
- 1E Betoniteräsluettelon tiedonsiirtotiedosto

- 2 Esimerkki tuentasuunnitelman esittämisestä piirustuksessa





# 1 JOHDANTO

## 1.1 Ohjeen tarkoitus

Ohjeen tarkoituksena on yhtenäistää suunnittelukäytäntöä siten, että

- Raidoitteet voidaan valmistaa teollisesti ja mahdollisuuksien mukaan myös automaattisesti suunnittelijan paperi- ja sähköiseen muotoon tekemiä teräsluetteloita hyväksikäyttäen.
- Raidoituksen tuenta ja asennus on tarkoituksenmukaisesti esitetty.
- Kaikki raidoitteet, myös raidoituksen tuentateräksiset, voidaan toimittaa työmaalle esivalmistettuina, oikealla tavalla niputettuina ja terästen asentamisen edellyttämässä järjestyksessä.
- Suunnittelijoilla ja rakentajilla on yhteiset säännöt, joilla valmistus- ja asennustoleranssit otetaan huomioon.
- Tavoitteena on, että raidoiteiden valmistajien ei tarvitse tarkastaa piirustuksia eikä osaluetteloita. Rakentajien ja raidoitevalmistajien on voitava luottaa siihen, että asiakirjoissa annetut tiedot ovat virheettömät ja että raidoiteiden asennus ja betonointi on oikealla tavalla otettu huomioon.

Lisäksi ohjeella korostetaan sillansuunnittelijoille oikeiden ja käytännönläheisten raidoitusratkaisujen merkitystä ja vaikutusta työn toteuttamiskelpoisuuteen ja laatuun. Ohjeessa tuodaan esille niitä teknillisiä ja taloudellisia etuja, joita voidaan saavuttaa sillan suunnittelijan laatiessa raidoituksen tuentasuunnitelman.

Tässä ohjeessa on myös esitetty hyväksyttäviä suunnitteluperiaatteita, ratkaisuja ja esimerkkejä raidoituksen tuennalle ja asennukselle. Suunnittelija voi esittää näiltä osin tarkempia menetelmiä.

Ohjeessa ei käsitellä vedenalaisiin valuihin liittyvää raidoituksen tuentaa.

## 1.2 Raidoituksen suunnitteluun liittyvät asiakirjat ja niiden soveltaminen

Raidoituspiirustukset ja betoniteräsluettelot kuuluvat sillan rakennussuunnitelmaan. Raidoitus on suunniteltava siten, että raidoituksen tuenta on mahdollinen. Raidoituksen tulee ilmetä raidoituspiirustuksista ilman erillisiä teräsluetteloita. Betoniteräsluettelot esitetään sekä paperi- että sähköisessä muodossa.

Raidoituksen tuentasuunnitelma on osa raidoitusyösuunnitelmaa. Se voidaan niin haluttaessa sisällyttää suunnittelutoimeksiantoon. Työteräksiset voidaan esittää sillan betoniteräsluetteloissa ja raidoituspiirustuksissa, mutta ne erotetaan toimivista teräksistä esim. teräsposition T-etuliitteellä. Työterästen tiedot esitetään samalla periaatteella kuin toimivien terästen tiedot.

## 2 RAUDOITUKSEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA

### 2.1 Betoniterästankojen maksimipituus

Suomessa käytettävien betoniterästen varastopituus on 12 m +100/-0, mikä on myös betoniterästangon maksimipituus halkaisijaltaan 12 mm tai sitä ohuemmilla teräksillä. Halkaisijaltaan vähintään 16 mm:n teräkset voidaan toimittaa myös määrämittäisinä aina 18 metriin saakka, mikä on myös suositeltavaa silloin kun yli 12 m pitkien terästen tarve samassa hankkeessa on vähintään 5000 kg yhtä teräshalkaisijaa kohti. Tällöin terästen pituus kannattaa useimmissa tapauksissa rajoittaa 16 m, koska tätä pidempien tankojen kuljetus työmaalle edellyttää erikoiskuljetusta.

### 2.2 Betoniterästangon todellinen halkaisija

Suunniteltaessa päällekkäisiä raudoituserroksia on otettava huomioon, että harjatangon todellinen halkaisija on suurempi kuin tangon nimellishalkaisija. Yksittäisen harjatangon todellinen halkaisija on noin 15% suurempi kuin tangon nimellishalkaisija. Ristikkein sijaitsevilla raudoituserroksissa harjatangoille voidaan kuitenkin suunnittelussa käyttää arvoa 10 %, koska harjat "asettavat" aina jonkin verran toistensa lomaan.

### 2.3 Suojaavan betonipeitteen minimiarvot

Raudoituspöörustuksiin on nimiön yläpuolelle merkittävä yksiselitteisesti teräksiä suojaavan betonipeitteen arvot.

Suojaava betonipeite määräytyy telaitoksen suunnitteluohjeiden [4] mukaan.

Betonipeitteelle annetut minimiarvot koskevat myös työteräksiä.

Työterästen käyttö on otettava huomioon suunnitelmissa. Esim. kannen alapinnan toimivan teräksen suojaetäisyydeksi saadaan  $35 + 12 \cdot 1,1 \text{ mm} = 48 \text{ mm}$ , kun tuentaan käytetään 12 mm:n työteräksiä.

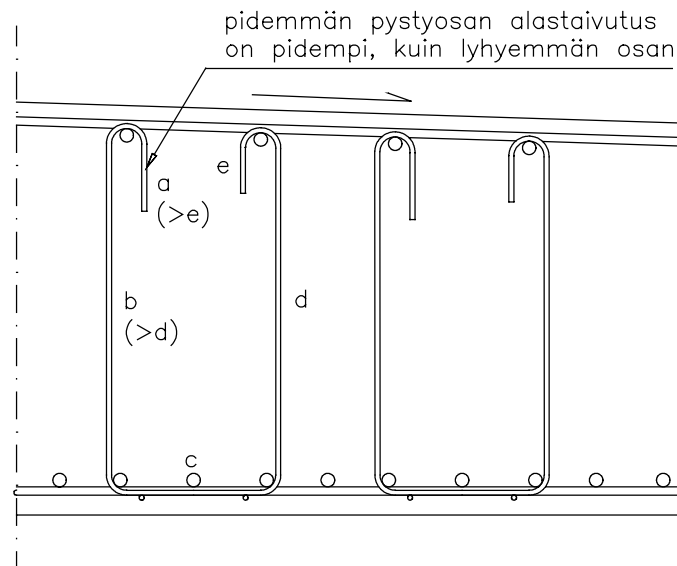
### 2.4 Raudoituksen valmistus ja asennus

Raudoituksen yksityiskohtaisessa suunnittelussa otetaan huomioon Betoniyhdistys ry:n julkaisussa By30-5 esitetyt asiat. Yli 1,5 m korkeissa rakenteissa on lisäksi oltava vähintään 150 mm leveät valuaukot enintään 1,2 m välein betonointiputkea varten. Betonin tiivistämistä varten on raudoituksen yläpinnassa oltava 80 - 100 mm leveät aukot noin 300 mm:n jaolla molempiin suuntiin.

Samalla positionumerolle merkittyjen raudotteiden mitat voivat olla myös muuttuvia. Pieniä osamittojen muutoksia on vältettävä, jotta erikokoiset te-

räkset voidaan asennusvaiheessa erottaa toisistaan. Yksittäisen osamitan muutoksen ("minimiporrastuksen") on oltava vähintään 10 mm. Mikäli muutos on tätä pienempi, raudotteet ryhmitetään vakiomittaisiin eriin, joissa eri ryhmiin kuuluvien terästen osamittojen pituusero on 10 mm. Tämä ryhmitely tehdään raudoitetehtaalla automaattisesti, mikäli teräsluettelo on merkitty minimiporrastus luvussa 3 esitetyllä tavalla.

Mikäli saman teräksen kahden vastakkaisen osan mitat poikkeavat toisistaan vähemmän kuin 20 mm on taivutusmitat annettava siten, että sen erimittaiset osat ovat helposti tunnistettavissa (kuva 1).



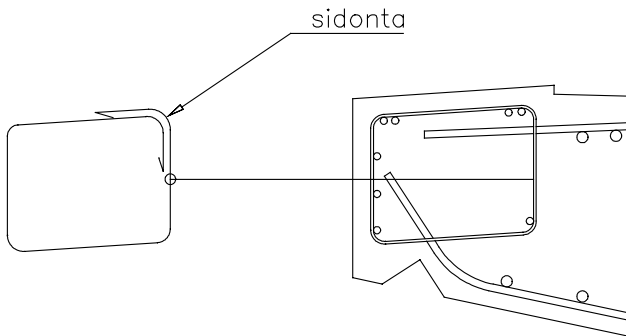
*Kuva 1 Esimerkki alas taivutettujen osien pituuseron käytöstä hakateräksen lyhyemmän ja pidemmän pystyosan merkitsemiseen.*

Hattuhakojen (D-typin hakateräksistä koottujen umpihakojen) käyttöä ei suositella tavanomaisissa siltarakenteissa. Esimerkiksi kuvan 1 W-typin hakojen käytöllä pystytään paremmin varmistamaan raudoituksen yläpinnan oikea korko.

Halkaisijaltaan suuria teräskokoja on vältettävä silloin kun nämä raudotteet ovat vaikeita sitoa. Tämä koskee erityisesti vinoon asentoon asennettavia pitkiä teräksiä.

Taivutetuissa teräksissä vain yksi sivumitta saa ylittää 2 m. Kahden taivutuksen väli saa olla enintään 2 m. Tällöin pieniä taivutuskulmia ei tarvitse ottaa huomioon. Vaakatasossa sijaitsevia pitkiä tankoja, joissa on pieni taivutuskulma (esim. kahteen suuntaan kallistetun kansilaatan yläpinnan jako-raudoitus) ei tarvitse taivuttaa etukäteen, kun teräksen halkaisija on 16 mm tai sitä pienempi.

Umpihaan jatkokset sidotaan toisiinsa yhdestä nurkasta, joka sijaitsee raudituksen yläpinnassa sillan keskiosan puolella (kuva 2).



Kuva 2 Reunapalkin haan sidonta.

## 2.5 Valmistus- ja asennustoleranssit

### 2.5.1 Yleisperiaatteet

Raidoiteiden mitoituksessa, asennuksessa ja valmiissa betonirakenteissa sallitaan betoninormien B4 kohdan 4.2.7 taulukon 4.9 mukaan tietyt mittapoikkeamia, joita pidetään satunnaisina ja tahattomina. Sallittujen mittapoikkeamien hyväksikäyttö raudituksen suunnittelun ja toteutuksen helpottamiseksi ei ole sallittua, koska se johtaisi rakenteiden systemaattiseen alimitoitukseen. On myös nähtävissä, että mikäli muottien ja raidoiteiden sallitut mittapoikkeamat sattuvat samanaikaisesti epäedulliseen suuntaan, alittuvat valmiin rakenteen laatuvaatimukset esimerkiksi suojaavan betonipeitteen ja pääraudoituksen tehollisen korkeuden osalta. Näin ollen suunnittelijan on annettava raidoiteiden mitat siten, ettei tuentasuunnitelmassa ole tarpeen muuttaa raidoiteiden osamittoja.

### 2.5.2 Molemmista reunoistaan tai päistään muottia vasten sijaitsevat teräkset

Palkkien hakojen vaakamitalla kuten ei myöskään sillan poikittaisen raudituksen pituudella ole ratkaisevaa merkitystä rakenteen kantavuuteen. Näistä mitoista suunnittelija tekee vähennyksiä, jotta nämä raidoitteet eivät tulisi liian lähelle muottipintaa. Vähennyksen suuruus riippuu rakenteen sivumitoista (taulukko 1).

Taulukko 1 Raidoitteen osamittävähennys.

| Rakenneosan sivumitta [mm] | Vähennys [mm] |
|----------------------------|---------------|
| ≤500                       | 10            |
| >500-1000                  | 15            |
| >1000-2000                 | 20            |

Raidoituspirstuksiin ja -luetteloihin merkitään todelliset mitat (mitat joissa vähennys on mukana). Osamittojen muutos raidoitetehtaalla tai työmaalla edellyttää suunnittelijan hyväksymää suunnitelman muutosta.

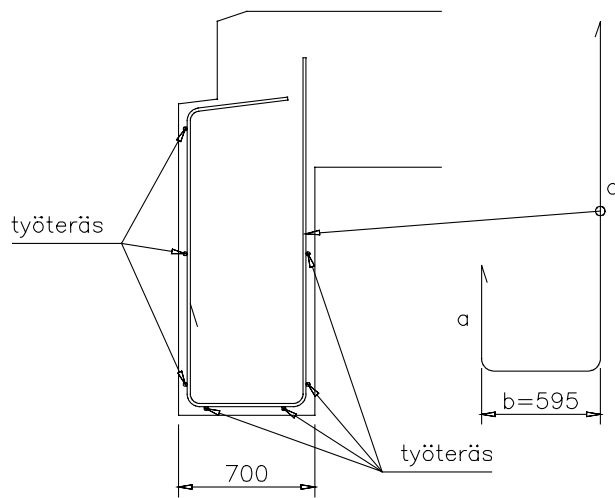
Näin menetellen voidaan sallia raidotteiden osamitoissa satunnaisia ja tahattomia poikkeamia, jotka ovat 5 mm edellä esitettyjä vähennyksiä pienemmät ja jotka myös voivat olla  $\pm$  merkkisiä.

Kuvassa 3 on esitetty esimerkki päätypalkin hakateräksen mitoituksesta.

Pilareissa ja levymaisissa tai seinämaisissa rakenteissa ei edellä esitettyä vähennystä sallita, koska tämä johtaisi rakenteen alimitoitukseen:

- Pilareissa on pyrittävä tekemään haat siten, että taivutettu haka tukeutuu ainoastaan toisesta päästään muottia vasten. Haan toinen sivu tai tangon toinen pää tulee mieluummin olla limitetty toisen haan kanssa (kuva 4a).
- Pilareiden kierrehakoihin ei tehdä vähennyksiä. Riittävä betonipeite varmistetaan hitsattujen rengasmaisten työterästen avulla (kuva 4b), jotka valmistetaan käyttäen halkaisijalle toleranssia  $\pm 5$  mm.
- Seinä- ja levyrakenteissa voidaan betonirakennetta paksunaa muottia suljettaessa betoninormin B4 mittatoleranssien sallimissa puitteissa.

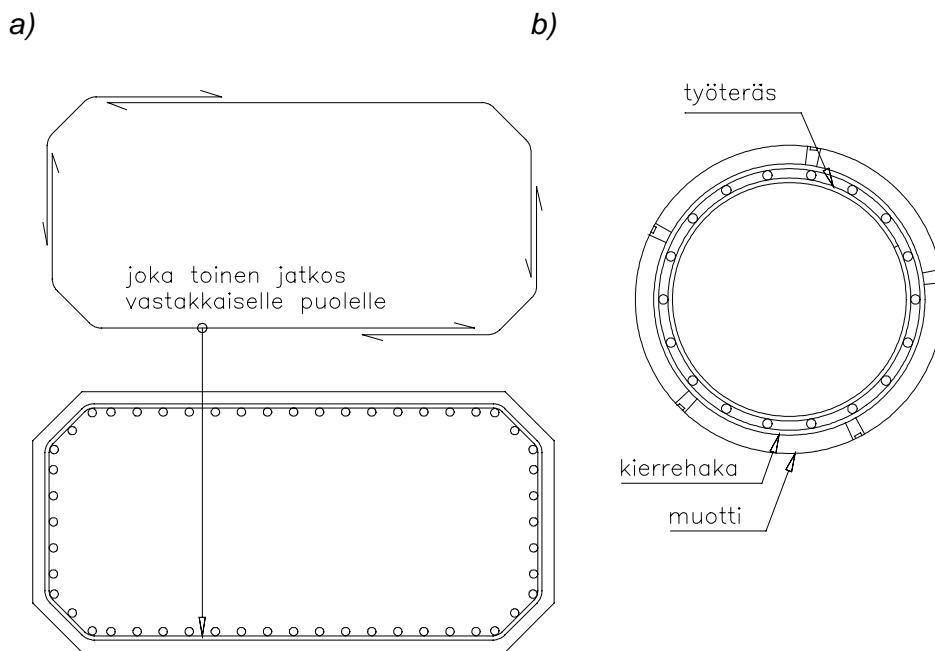
Kun edellä mainitut toimenpiteet eivät ole mahdollisia, riittävän betonipeitteen saavuttamiseksi suunnittelija pienentää rakenne- ja työterästen osamitat ja ottaa huomioon rakenteen kapasiteetin pienentymisen rakennelaskelmissa.



|   |        |
|---|--------|
| <i>Palkin leveys</i>                    | 700 mm |
| <i>Suojaava betonipeite</i>             | 35 mm  |
| <i>Sivupinnoissa olevat työteräkset</i> | 10 mm  |
| <i>Toleranssivähennys</i>               | 15 mm  |

$$b = 700 - 2 \cdot 35 - 2 \cdot 10 - 15 = 595 \text{ mm.}$$

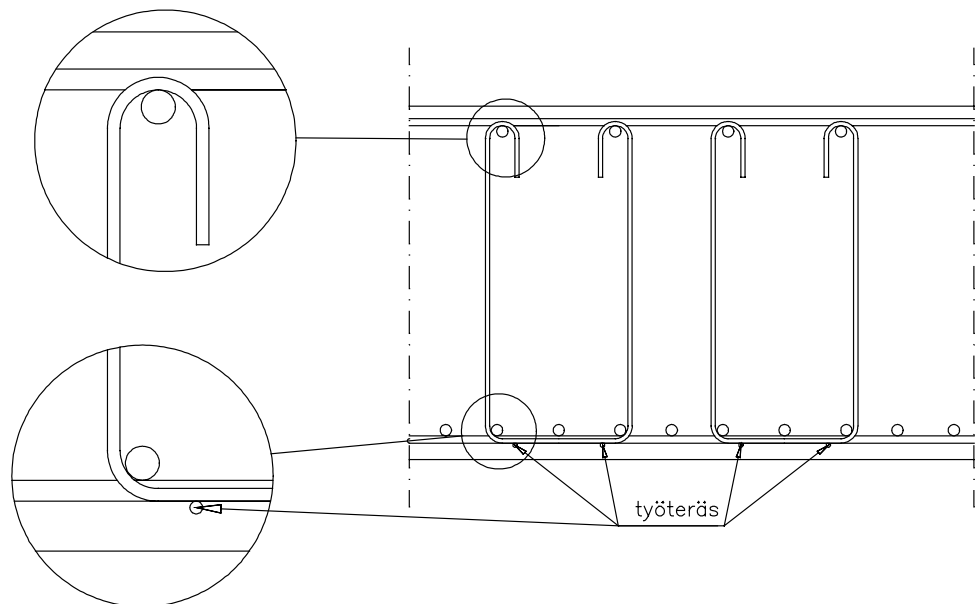
Kuva 3 Esimerkki laatan päätypalkin haan mitoituksesta.



Kuva 4 a) Esimerkki hakaterästen limityksestä suuressa pilarissa, b) Pyöreän pilarin työteräs ja raudoituksen tukeminen välikkeillä, kun hakateräksinä on kierrehaka.

### 2.5.3 Rakenteen yläpintaan rajoittuvat teräkset

Hakojen ja vastaavien taivutettujen terästen osamittoihin ei tehdä kohdan 2.5.2 mukaisia vähennyksiä silloin, kun ko. teräs rajoittuu samanaikaisesti muotin pohjaan ja valun yläpintaan. Vähennys johtaisi tässä tapauksessa rakenteen kantokyvyn pienentymiseen. Osamittojen määrityksessä otetaan huomioon terästen dimensioerot. Esimerkiksi kansilaatan W-tyyppin hakaterästen pystymitassa otetaan huomioon jakoteräksen ja hakateräksen välinen dimensioero kuvan 5 mukaisesti. Mikäli tämä vähennys ei riitä ylikorkeiden hakojen peittämiseksi vaatimusten mukaisella suojaavalla betonipeitteellä, on rakenne tarvittaessa paksunnettava betoninormissa B4 määritettyjen sallittujen mittapoikkeamien puitteissa tai ryhdyttävä muihin korjaaviin toimenpiteisiin.



Kuva 5 Kansilaatan tai palkin hakateräksen mitoitus ja tuenta.



## 3 BETONITERÄSLUETTELON LAADINTA

### 3.1 Yleisperiaatteet

Sillan rakennussuunnitelman betoniteräsluettelon ja sen sähköisen version, määrämuotoisen tiedonsiirtotiedoston, on sisällettävä tiedot kaikista silta-työmaalla käsiteltävistä (jännittämättömistä) toimivista teräksistä. Vastavasti raudoitteiden tuentasuunnitelmaan liittyvän teräsluettelon on sisällettävä tiedot kaikista raudoituksen tuentaan käytettävistä teräksistä.

Raudoitteiden valmistus on voitava suorittaa teräsluetteloiden tietojen perusteella siten, ettei raudoitteiden teollisella valmistajalla tai työmaalla ole tarvetta muuttaa alkuperäisiä teräsluetteloita.

Teräsluettelot laaditaan määrämuotoisille lomakkeille (Liite 1A) siten, että yhtä raudoituspiirustusta vastaa yksi luettelo. Luetteloon liittyvän piirustuksen numero kirjoitetaan jokaiseen luetteloon sille varattuun kenttään. Lomakkeet sisältävät lisäksi "luettelon numero" ja "projekti" kentät, joilla suunnitelman eri luettelot voidaan yksilöidä.

Luettelon yhdellä sivulla (= omalla lomakkeella) esitetään vain niiden terästen tietoja, joiden teräslaatu on sama, ja jotka kuuluvat samaan rakenneosaan ja työvaiheeseen. Lomakkeiden "Osa/alue" kenttää käytetään vastaavien tietojen nimeämiseen. Raudoitteet jaetaan eri osiin esim. sillan pääosien tai määräluettelon rakenneosajaon mukaisesti. Osajakoa tarkennetaan aluejaolla, jolla eritellään teräkset riittävällä tarkkuudella raudoitusjärjestys huomioon ottaen. Taulukon 2 esimerkissä on käytetty määräluettelon rakennusosakoodeja aluekentässä erittelemään sillan rakenneosat ja valujaksot toisistaan. Osakenttänä on käytetty sillan ominaistietokortin mukaisia pääosia.

Luettelon sähköistä muotoa, tiedonsiirtotiedostoa, voivat hyödyntää siltahankkeen eri osapuolet - erityisesti raudoitteiden valmistaja tarjouspyyntöjen käsittelyssä ja automatisoidussa tuotannossa. Siltahankkeen teräsluettelot on yleensä laadittu valmiiksi ennen rakennustöitä, jolloin kaikki suunnitelman teräsluettelot voidaan esittää yhdessä tiedonsiirtotiedostossa. Tiedonsiirtotiedosto sisältää tiedot suunnittelijan määräämästä osa/alue jaosta, jolloin raudoitteiden valmistaja voi valmistaa ja toimittaa työmaalle oikea-aikaisesti sillan eri rakennusvaiheissa tarvittavat raudoitteet.

### 3.2 Luettelon laadinnan yksityiskohdat

Kohdassa 3.1 esitettyjen yleisten periaatteiden lisäksi otetaan luetteloiden laadinnassa huomioon:

- Taivutustyyppinä käytetään Tielaitoksen taivutustyyppijä (Liite 1B). Teräs, jota ei voida esittää muilla taivutustyypeillä esitetään (mikäli mahdollista) Y-typin teräksenä. Y-typin teräs voi sisältää korkeintaan 5 suoraa osaa ja 4 kulmaa (Liite 1C). Y-typin teräksen kuva piirretään luettelon liitelomakkeelle.

- Raudituspiirustuksissa ja teräsluettelossa teräkset jaetaan aina yksittäisiin teräksiin. Tämä koskee myös koko rakenteen läpi meneviä teräksisiä sekä työteräksiä ja niiden tuentaan käytettäviä hitsattuja pukkeja. Terästen ilmoittaminen kokonaispituuksina jatkospituuksineen ei riitä.
- Jokaisella luettelon teräksellä (= luettelon rivillä) on oltava oma, muista teräksistä eroava positionumero.
- Terästen positionumeroinnin ei tarvitse olla jatkuva. Positioneroissa voidaan käyttää myös kirjaimia (esim. 1a, 1b, 1c ...) saman raudoitteen eri terästen esittämiseen.
- Työteräkset erotetaan toimivista teräksistä käyttämällä positioneroissa esimerkiksi "T" etuliitettä. Niiden toimivien terästankojen osalta jotka toimivat myös työteräksinä, etuliite jätetään pois.
- Jos samalle positionerolle on merkitty suuri määrä teräksiä, nämä teräkset voidaan jakaa nippuihin raudoitteiden käsittelyn helpottamiseksi työmaalla. Niput esitetään luetteloissa merkitsemällä teräsposition terästen lukumäärä muodossa NxM, jossa N on nippujen määrä ja M on terästen määrä nipussa (esim. 2x40).
- Osamitaltaan vakio muutoksinkin vaihtelevat terässarjat voidaan esittää teräsluettelossa kahdella peräkkäisellä rivillä (Liite 1D). Ylemmälle riville merkitään sarjan ensimmäisen teräksen tiedot; kpl sarakkeeseen merkitään sarjojen lukumäärä. Jälkimmäiselle riville merkitään sarjan viimeisen teräksen ne osamitat, jotka poikkeavat sarjan ensimmäisestä teräksestä; kpl sarakkeeseen merkitään terästen lukumäärä yhdessä terässarjassa. Ylemmän rivin porrastussarakkeeseen ( $\Delta L$ ) merkitään todellisen porrastuksen sijasta minimiporrastus (10 mm), silloin, kun todellinen porrastus on minimiporrastusta pienempi (kohta 2.4).
- Erillisiä kommenttirivejä ei käytetä, vaan tarvittavat kommentit kirjoitetaan rivien "Huom." kenttiin.
- Luettelon laatija esittää luettelon tiedot myös sähköisessä muodossa "siirtotiedostoina". Siirtotiedostona käytetään vakio muotoista tekstitiedostoa (liite 1E).
- Terästen pituudet ja painot lasketaan ilman taivutussäteistä aiheutuvia korjauksia. Teräksen tiheys on  $7850 \text{ kg/m}^3$ .
- Jänneteräksiä ja niiden tuentateräksiä ei esitetä sillan rakennussuunnitelman raudoiteluetteloissa.
- Hitsattaviin pukkeihin liittyvät työteräkset, muhvi-jatketut teräkset tai muut "ylimääräisiä" asennustyövaiheita vaativat raudoitteet on suositeltavaa esittää luetteloissa omilla sivuillaan.

Taulukko 2 Esimerkki teräsluettelon jakamisesta osiin ja alueisiin.

| Osa:                   | Alue:  |
|------------------------|--|
| Maatukien perustukset  | 100: peruslaatta<br>100: paalut<br>200: peruslaatta<br>200: paalut   |
| Välitukien perustukset | 310: peruslaatta/-antura<br>310: paalut<br>320: peruslaatta/-antura<br>320: paalut   |
| Maatuet                | 100: pilari/ripa<br>100: laakeripalkki<br>100: maatuen etumuuri ja otsamuuri<br>100: maatukeen liittyvä siipimuuri<br>100: maatukeen liittyvä siirtymälaatta<br>200: pilari/ripa<br>200: laakeripalkki<br>200: maatuen etumuuri ja otsamuuri<br>200: maatukeen liittyvä siipimuuri<br>200: maatukeen liittyvä siirtymälaatta   |
| Välituet               | 310: pilari<br>310: laakeripalkki/pilareiden poikkipalkki<br>320: pilari<br>320: laakeripalkki/pilareiden poikkipalkki   |
| Päällysrakenne         | 400: alapinnan teräkset, valujakso 1<br>400: yläpinnan teräkset, valujakso 1<br>400: alapinnan teräkset, valujakso 2<br>400: yläpinnan teräkset, valujakso 2<br>410: kansilaatan päätypalkki<br>410: päätypalkkiin liittyvät siipimuurit<br>410: päätypalkkiin liittyvä siirtymälaatta<br>420: kansilaatan päätypalkki<br>420: päätypalkkiin liittyvät siipimuurit<br>420: päätypalkkiin liittyvä siirtymälaatta |

*Huom.*

- Tartuntateräkset, hakateräkset ja työteräkset sisällytetään osiin/alueisiin rauditusjärjestys huomioon ottaen. Esimerkiksi peruslaatan tartunnat esitetään peruslaatan terästen yhteydessä ja työsauman tartunnat ensin valettavan osan terästiedoissa.
- Kansilaatan/palkin haat ja reunapalkin teräkset esitetään alapinnan terästen yhteydessä.
- Elementtivalmisteisten osien (esim. lyöntipaalut ja siirtymälaattaelementit) teräksiä ei esitetä sillan rakennussuunnitelman teräsluettelossa, vaan ne esitetään tarvittaessa elementin rakennesuunnitelmassa.
- Paikalla valettujen siirtymälaattojen teräkset esitetään teräsluettelossa.
- Jos piirustuksissa esitetään työsauman sijainti, on eri valujaksojen teräkset jaettava eri alueisiin (tai osiin).

## 4 RAUDOITUKSEN TUENNAN SUUNNITTELU

### 4.1 Raudoituksen tuentasuunnitelma

Raudoituksen tuentasuunnitelmassa esitetään mm:

- Työterästen, jänteiden tuentaterästen ja asennuspukkien koko, jakoväli, sijainti ja lukumäärä.
- Työnaikaiset kulkureitit, joilla raudoitukseen kohdistuva hyötykuorma pienennetään.
- Välikkeiden jakoväli, korkeus ja laatu.
- Välikkeiden pienin sallittu tukipinta-ala ja kantokyky kN.
- Lautamuotin sallittu leimapaine.
- Kansilaatan ylä- ja alapinnan raudoituksen paino kentässä ja tuella  $\text{kN/m}^2$ .
- Pukeille tuleva maksimikuorma kN/pystyteräs.
- Työnaikainen hyötykuorma.
- Jänneterästen paino kN/m ja tuentaväli.

Jos sidontoja käytetään hyväksi raudoituksen tuennassa, on tuentasuunnitelmassa esitettävä lisäksi:

- Sidonnalle sallittu rasitus kN.
- Sidontalangan pienin sallittu teräspinta-ala.
- Sidontalangan pienin sallittu murtolujuus.
- Sidottavat raudoitusalueet. Sidontojen välit sillan pituus- ja poikkisuunnassa sekä sidottavat hakalinjat.

Silloin, kun tuentasuunnitelman laatii sillan suunnittelija, tuentasuunnitelma voidaan esittää raudoituspiirustuksissa. Muissa tapauksessa tuentasuunnitelma on esitettävä erillisissä piirustuksissa.

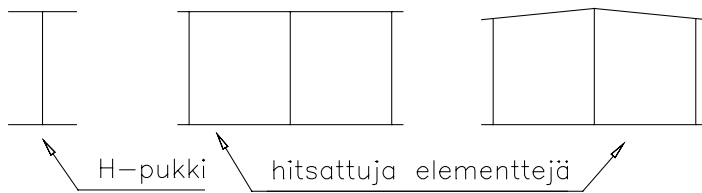
Työteräkset esitetään raudoituspiirustuksissa ja teräsluetteloissa samalla periaatteella kuin muut raudoitteet. Työteräksiä ei yleensä tarvitse esittää pituusleikkauksissa, vaan pääsääntöisesti riittää, kun ne on esitetty poikkileikkauksissa. Ne työteräkset joista hitsataan raudoituspukkeja, esitetään yksittäisinä teräksinä.

### 4.2 Vaakatasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen

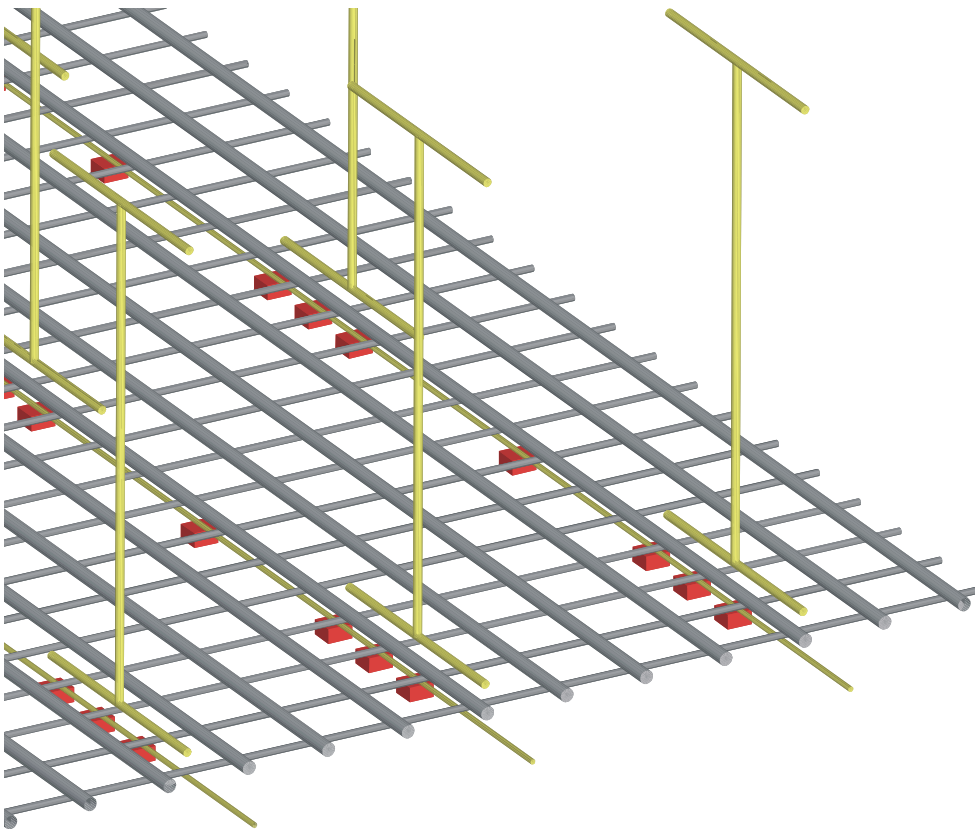
Vaakatasossa sijaitsevan raudoituksen tukemiseen käytetään työteräksiä, välikkeitä ja erilaisia pukkeja (kuva 6) suunnitelman mukaisen raudoituksen aseman varmistamiseksi. Kannen alapinnan työteräksinä käytetään vähintään  $\varnothing 12$  mm terästankoja ja niiden alla välikkeitä. Yläpinnan tuentaan käytetään yleensä suuremmista teräksistä koottuja hitsattuja pukkeja tai erikoistapauksissa sidontaa toimiviin hakateräksiin. Pukkien kuormat siirretään muoteille välikkeiden avulla. Sopivien välikkeiden puuttuessa voidaan pukkien kuorma siirtää alapinnan työterästen alle sijoitettavien lisävälikkeiden avulla (kuva 7). Tällöin jokaisen pukin jalan vieressä ( $n \leq 0,2$  m etäisyydellä) on sijaittava alapinnan työtanko.

Raidoituksen tuennassa on mahdollista käyttää osaa toimivista rakenneteräksistä työteräksinä, kuten esimerkiksi sijoittamalla osa kannen yläpinnan poikittaisista tangoista sopivin välein sillan pituussuuntaisten pääterästen alapuolelle. Rakenneterästen käytössä on otettava huomioon, etteivät normaalit siltavälitteet ole yhteensopivia  $\varnothing 25$  ja  $\varnothing 32$  mm terästen kanssa.

Hakojen alle sijoitetaan aina vähintään kaksi rinnakkaista työterästä kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 6 Esimerkkejä hitsatuista pukeista.



Kuva 7 Esimerkki raidoituksen alapinnan tuennasta laatta- tai palkkirakenteessa. Kuvan H-pukeilla tuetaan yläpinnan työteräkset.

Yläpinnan työteräkset voidaan suunnittelijan harkinnan mukaan myös tukea hitsaamalla toimiviin hakateräksiin. Hitsaaminen toimiviin rakenneteräksiin edellyttää kuitenkin aina sen sisällyttämistä suunnitelmaan, koska hitsaaminen heikentää oleellisesti varsinkin teräksen väsymislujuutta.

Ylä- ja alapinnan väliin tulevat teräkset voidaan tukea paikoilleen pelkästään sitomalla edellyttäen, että ne ovat suojassa kävelijöiltä ja että rasitus yhtä sidontaa kohti on enintään 0,2 kN.

Päälysrakenteen yläpinnan teräkset voidaan tukea pelkästään sitomalla toimiviin hakateräksiin, jos seuraavat ehdot ovat voimassa:

- Hakateräksinä käytetään jatkoksettomia V- tai W-tyypin teräksiä.
- Yläpinnan jakoraidoitus on riittävän tiheä ja raudoitus työ on järjestetty siten, että työaikaiset kuormat, mukaan lukien pistemäiset kuormat, välittymään jakoraidoituksen kautta alapuolisille teräskerroksille. Riittävän tiheänä jakoraidoituksena voidaan pitää k140 tai tätä pienempää jakoväliä.
- Sidontalankaan tai hakateräkseen kohdistuva laskennallinen rasitus ei ylitä sallittua tasoa.
- Tuentaan käytettävien hakateräsrivien alle on asetettu vähintään 2 työterästä kuvan 5 mukaisesti, ja työterästen alle sijoitetaan tarpeellinen määrä lisävälitteitä yläpinnalta välittyvien kuormien tukemiseksi.
- Yläpinnan raudoituksen kokonaisvakavuus sillan pituussuuntaisille vaakavoimille on varmistettu erillisellä tuennalla tai vaakasiirtymä on muilla tavoin estetty.
- Tuenta laskelmineen on esitetty tuentasuunnitelmassa.

Sopivia kohteita tällaiselle tuennalle voivat olla esim. liikenne- tai junakuormalle mitoitettut läpihaoitetut laatta- tai palkkisillat. Erityisesti rakennekorkeudeltaan muuttuvissa laatoissa ja palkeissa kannattaa kuitenkin harkita hitsattujen pukkien käyttöä, koska näillä pystystään paremmin varmistamaan raudoituksen oikea sijainti.

Tuentaterästen ja välitteiden sekä sidontojen mitoitus on esitetty kohdassa 4.4.

### 4.3 Pystytasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen

Pystytasossa sijaitsevan raudoituksen tukemiseen käytetään työteräksiä, välitteitä ja erilaisia pukkeja samalla tavalla kuin vaakarakenteissa. Seinissä, siipimuureissa ja vastaavissa rakenteissa voidaan kuitenkin toisen puolen työteräkset jättää pois ja raudoitus tukea pelkästään välitteillä edellyttäen, että terästen väliin sijoitetaan kuvan 8 mukaiset D-tyypin haat tai vastaavat ja raudoitus sidotaan verkon joka solmupisteestä. Pienempää sidontaväliä kuin

- 400 mm teräksen halkaisijan ollessa  $\leq 10$  mm
- 600 mm teräksen halkaisijan ollessa  $\geq 12$  mm,

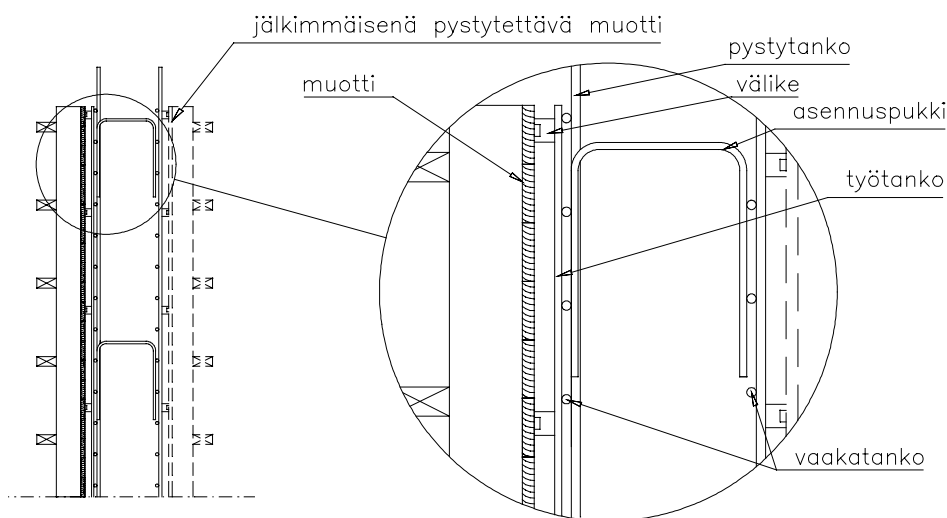
ei kuitenkaan tarvitse käyttää.

Pilareissa työteräkset voidaan myös jättää pois kun jokainen haka on sidottu vähintään neljästä nurkkapisteestä tai kun kysymyksessä on kierrehaka.

Palkkien sivupinnoissa käytetään työteräksiä. Reunapalkeissa työteräksiä ei kuitenkaan käytetä, vaan jokainen haka sidotaan kaikista nurkkapisteistään sillan pituussuuntaisiin tankoihin.

Tuettavan raudoituksen halkaisijan ollessa  $\leq 10$  mm on työterästen jako enintään 0,8 m ja välikkeiden väli molempiin suuntiin enintään 0,8 m. Halkaisijan ollessa  $\geq 12$  mm suurin väli on vastaavasti 1,2 m. Reunapalkeissa välikkeitä sijoitetaan reunapalkin molempien sivujen ylä- ja alareunaan enintään 1,2 m:n jaolla. Pilareiden välikkeiden sijoituksessa otetaan huomioon lisäksi seuraavat ohjeet:

- suorakaidepoikkileikkauksisen pilarin teräkset tuetaan jokaisesta nurkasta kahdella välikkeellä, ja
- pyöreän pilarin rauditus tuetaan vähintään viidellä välikkeellä (kuva 4b) tuettavaa poikkileikkausta kohden.



*Kuva 8 Esimerkki seinän tai seinämäisen rakenteen raudoituksen tuennasta.*

## 4.4 Välikkeiden, tuentaterästen ja sidontojen mitoitus

### 4.4.1 Mitoitusperiaatteet

Vaakasuoran raudoituksen tuenta mitoitetaan aina tapauskohtaisesti ottaen huomioon raudoituksen omapaino jänneteräkset mukaan lukien ja tarpeellinen työnaikainen kuorma.

Raidoituksen omapaino voidaan olettaa tasan jakaantuneeksi tarkastelu-alueelle. Jänneterästen omapaino otetaan huomioon pistemäisenä kuormana, joka vaikuttaa jänneterästen tuentakohdassa.

Työnaikainen hyötykuorma on 1,5 kN/m<sup>2</sup>. Rakenteen yläpinnan raidoituksen tuenta tarkastetaan myös vaihtoehtoisesti työnaikaiselle pistemäiselle kuormalle 1,4 kN. Tälle pistekuormalle raidoitteita ei kuitenkaan mitoiteta, jos kulku raidoituksen päällä on ohjattu kulkusilloille. Tämä on suositeltavaa varsinkin silloin, kun molempien suuntien terästen halkaisija on 16 mm tai pienempi.

Rakenteen alapinnan teräksiä ei mitoiteta työnaikaiselle pistemäiselle hyötykuormalle. Periaatteena on, että raidoitteiden päällä on kuljettava siten, ettei raidoitteisiin synny pysyviä muodonmuutoksia ja että välikkeet säilyvät ehjinä.

Teräkselle, jonka ominaislujuus  $f_{yk} = 500 \text{ MN/m}^2$  tai suurempi, sallitut rasi-  
tukset ja taipumat edellä mainituille ominaiskuormille ovat:

- Jännitys omalle painolle ja hyötykuormalle 400 MN/m<sup>2</sup>
- Jännitys omalle painolle 250 MN/m<sup>2</sup>
- Taipuma omalle painolle 3 mm.

Taulukossa 3 on esitetty suurimmat sidonnalle sallitut rasi-  
tukset käytettäessä tavanomaisia sidontalankoja. Sidonnan laskennalliset rasi-  
tukset ja kapasiteetit on määritettävä silloin, kun terästen sidontaa käytetään hyväksi raidoituksen tuennassa.

Taulukko 3 Lankasidonnan sallittu rasitus.

| Langan hal-<br>kaisija [mm] | Materiaalin murto-<br>lujuus [N/mm <sup>2</sup> ] | Sidonnan sallittu<br>rasitus [kN] |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| 0,9                         | ≥ 400   | 0,25                              |
| 1,2                         | ≥ 400   | 0,45                              |

Välikkeiden on oltava lujuustestattuja ja Tielaitoksen hyväksymiä. Lautamuottia vastaan tulevan välikkeen yhteenlasketun pinta-alan on oltava vähintään 314 mm<sup>2</sup> (esimerkiksi 4-jalkainen siltavälিকে, jonka jalan halkaisija on 10 mm). Välikkeiden on oltava suunniteltua betonipeitettä n. 2 mm korkeammat välikkeen painuman ennakoimiseksi. Lautamuottia vasten tuleva välikkeen sallittu leimapaine on 4,5 MN/m<sup>2</sup>, ja tavallisen siltavälikkeen sallittu kuorma näin ollen 1,4 kN.

Maata vasten asetettavien välikkeiden halkaisijan on oltava vähintään 80 mm. Välikkeiden on oltava suunniteltua betonipeitettä 5 mm korkeammat välikkeen painuman ennakoimiseksi. Sallittu pohjapaine tällaisen välikkeen tukiessa raidoitusta tiiviin murskeen tai soran maan varaan on 0,3 MN/m<sup>2</sup> ja sallittu kuorma välikettä kohti 1,4 kN.



### Työteräket

Tuettaessa raudoitusta vaakatasossa työteräksinä käytetään vähintään 12 mm harjaterästä. Pystyasossa käytetään vähintään 10 mm harjaterästä. Myös toimivia teräksiä voidaan käyttää tapauskohtaisesti työteräksinä. Tällöin on kuitenkin huomioitava, että yleensä rakenteen tehollinen korkeus pienenee mitä paksumpia työteräksiä käytetään.

Sopivia kohteita toimivien terästen käyttöön työteräksinä rakenteen alapinnassa voivat olla esim. peruslaatan alapinta, laattapalkin uloke ja liittopalkkisillan kansilaatta. Yläpinnassa työteräksinä voidaan käyttää esimerkiksi kansilaatan tai peruslaatan jakoteräksiä.

#### **4.4.2 Vaakatasossa sijaitsevan raudoituksen tukeminen työteräksillä ja pukeilla**

Mitoituksen helpottamiseksi on harjaterästen paino neliometriä kohti eri jakoväleillä esitetty taulukossa 4.

Mitoitettaessa raudoitus pelkästään omalle painolle on toimivien- tai työterästen tukiväli oltava vähintään taulukon 5 mukainen. Taulukossa on huomioitu sallittu teräsjännitys 250 MN/m<sup>2</sup> ja sallittu taipuma 3 mm. Lisäksi on otettava huomioon välikkeen suurin sallittu kuorma. Taulukossa on esitetty harmaalla pohjaväriillä ne tuentavälit, joille välikkeitä käytettäessä välikkeen kuormaksi tulee suurempi kuin 1,4 kN.

*Taulukko 4 Harjaterästen omapaino [kN/m<sup>2</sup>].*

| k/k | φ10   | φ12   | φ16   | φ20   | φ25   | φ32   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 50  | 0,123 | 0,178 | 0,316 | 0,493 | 0,771 | 1,263 |
| 75  | 0,082 | 0,118 | 0,210 | 0,329 | 0,514 | 0,842 |
| 100 | 0,062 | 0,089 | 0,158 | 0,247 | 0,385 | 0,631 |
| 125 | 0,049 | 0,071 | 0,126 | 0,197 | 0,308 | 0,505 |
| 150 | 0,041 | 0,059 | 0,105 | 0,164 | 0,257 | 0,421 |
| 175 | 0,035 | 0,051 | 0,090 | 0,141 | 0,220 | 0,361 |
| 200 | 0,031 | 0,044 | 0,079 | 0,123 | 0,193 | 0,316 |
| 225 | 0,027 | 0,039 | 0,070 | 0,110 | 0,171 | 0,281 |
| 250 | 0,025 | 0,036 | 0,063 | 0,099 | 0,154 | 0,253 |
| 275 | 0,022 | 0,032 | 0,057 | 0,090 | 0,140 | 0,230 |
| 300 | 0,021 | 0,030 | 0,053 | 0,082 | 0,128 | 0,210 |
| 325 | 0,019 | 0,027 | 0,049 | 0,076 | 0,119 | 0,194 |
| 350 | 0,018 | 0,025 | 0,045 | 0,070 | 0,110 | 0,180 |
| 375 | 0,016 | 0,024 | 0,042 | 0,066 | 0,103 | 0,168 |
| 400 | 0,015 | 0,022 | 0,039 | 0,062 | 0,096 | 0,158 |

Mitoitettaessa raudoitus omalle painolle ja hyötykuormalle on tukiväli oltava vähintään taulukon 6 mukainen.

Taulukossa 7a on esitetty suurimmat sallitut tuentavälit, kun kuormana on raudoituksen omapaino ja pistemäinen hyötykuorma 1,4 kN.

Mitoitettaessa yläpinnan pituussuuntaisen pääraudoituksen tuentaväliä pistemäiselle hyötykuormalle voidaan jakoraidoituksen kuormia jakava vaikutus ottaa huomioon. Edellytyksenä on, että yläpinnan jakoraidoitus on riittävän tiheä siten, että kuorma voi välittyä vain jakoraidoitustankojen kautta. Riittävän tiheänä raudoituksena voidaan pitää k140 tai pienempää jakoväliä. Tällaisen raudoituksen tuentavälit on esitetty taulukossa 7b. Tuentavälin määräävä ehto on useimmissa tapauksissa pistekuorman välittävän jakoraidoitustangon sallittu jännitys.

Taulukoiden 5,6 ja 7a teräsvälit on laskettu käyttäen rakennemallina vapaasti tuettua yksiaukkoista palkkia. Taulukon 7b teräsvälit on laskettu epälineaarilla arinamallilla. Epälineaarisuus on tyypiltään geometrista ja sillä otetaan huomioon jakoraidoitustangon päiden irtoaminen alapuolisista pääteräksistä.

Hitsattujen pukkien vaakaraidoituksen mitoituksessa pätevät samat ohjeet kuin hitsaamattomille terästangoille. Pystyteräkset on mitoitettava sallittujen jännitysten mukaan sekä nurjahtamista vastaan. Rakennemallina on molemmista päistä nivelöity sauva. Yleensä pukin normaalivoimaa rajoittaa pukin alle sijoitettavien välikkeiden määrä. Taulukossa 8 on esitetty suurimmat sallitut pystytankojen pituudet eri teräsdimensioille, kun kuormana on keskeinen pistemäinen kuorma. Jos pukin pystytangolle tuleva kuorma on epäkeskinen tai pukin yläosaa ei voida otaksua sivusiirtymättömäksi, on pystyosan kapasiteetti osoitettava erillisellä laskelmalla. Taulukon 8 arvot on laskettu teräsnormin B7 mukaisesti ottaen huomioon puristetun sauvan rajajoikkuus  $\lambda_k = 250$ . Epäkeskisyydelle on käytetty arvoa L/50. Sallitun kuorman määrityksessä on käytetty varmuuskerrointa 1,6.

Pukkien pystyterästen alle on sijoitettava välikkeitä todellisen tarpeen mukaan ottaen huomioon pukin jalan ja sen alla olevan raudoituksen kyky jakaa kuormia eri välikkeille.

## RAUDOITUKSEN TUENNAN SUUNNITTELU

Taulukko 5 Raidoituksen suurin sallittu tuentaväli teräkselle  $f_{yk} = 500$  N/mm<sup>2</sup>, kun kuormituksena on raidoituksen omapaino.

| Omapaino<br>kN/m | Tuentaväli [mm] |     |      |      |      |      |
|------------------|-----------------|-----|------|------|------|------|
|                  | φ10             | φ12 | φ16  | φ20  | φ25  | φ32  |
| 0,1              | 690             | 830 | 1110 | 1390 | 1740 | 2230 |
| 0,2              | 580             | 700 | 930  | 1170 | 1460 | 1870 |
| 0,3              | 530             | 630 | 840  | 1060 | 1320 | 1690 |
| 0,4              | 490             | 590 | 780  | 980  | 1230 | 1570 |
| 0,5              | 460             | 560 | 740  | 930  | 1160 | 1490 |
| 0,6              | 440             | 530 | 710  | 890  | 1110 | 1420 |
| 0,7              | 420             | 510 | 680  | 850  | 1070 | 1370 |
| 0,8              | 410             | 490 | 660  | 830  | 1030 | 1320 |
| 0,9              | 400             | 480 | 640  | 800  | 1000 | 1280 |
| 1,0              | 390             | 470 | 620  | 780  | 980  | 1250 |
| 1,1              | 380             | 450 | 610  | 760  | 950  | 1220 |
| 1,2              | 370             | 450 | 600  | 750  | 930  | 1200 |
| 1,3              | 360             | 440 | 580  | 730  | 910  | 1170 |
| 1,4              | 360             | 430 | 570  | 720  | 900  | 1150 |
| 1,5              | 350             | 420 | 560  | 700  | 880  | 1130 |
| 1,6              | 340             | 410 | 550  | 690  | 870  | 1110 |
| 1,7              | 330             | 410 | 550  | 680  | 850  | 1100 |
| 1,8              | 330             | 400 | 540  | 670  | 840  | 1080 |
| 1,9              | 320             | 400 | 530  | 660  | 830  | 1060 |
| 2,0              | 310             | 390 | 520  | 660  | 820  | 1050 |
| 2,1              | 300             | 390 | 520  | 650  | 810  | 1040 |
| 2,2              | 290             | 380 | 510  | 640  | 800  | 1030 |
| 2,3              | 290             | 380 | 510  | 630  | 790  | 1020 |
| 2,4              | 280             | 370 | 500  | 630  | 780  | 1000 |
| 2,5              | 280             | 360 | 490  | 620  | 780  | 990  |
| 2,6              | 270             | 360 | 490  | 610  | 770  | 980  |
| 2,7              | 260             | 350 | 490  | 610  | 760  | 980  |
| 2,8              | 260             | 340 | 480  | 600  | 750  | 970  |
| 2,9              | 260             | 340 | 480  | 600  | 750  | 960  |
| 3,0              | 250             | 330 | 470  | 590  | 740  | 950  |
| 3,1              | 250             | 330 | 470  | 590  | 730  | 940  |
| 3,2              | 240             | 320 | 460  | 580  | 730  | 930  |
| 3,3              | 240             | 320 | 460  | 580  | 720  | 930  |
| 3,4              | 240             | 310 | 460  | 570  | 720  | 920  |
| 3,5              | 230             | 310 | 450  | 570  | 710  | 910  |
| 3,6              | 230             | 300 | 450  | 560  | 710  | 910  |
| 3,7              | 230             | 300 | 450  | 560  | 700  | 900  |
| 3,8              | 220             | 290 | 440  | 560  | 700  | 890  |
| 3,9              | 220             | 290 | 440  | 550  | 690  | 890  |
| 4,0              | 220             | 290 | 440  | 550  | 690  | 880  |
| 4,1              | 210             | 280 | 440  | 550  | 680  | 880  |
| 4,2              | 210             | 280 | 430  | 540  | 680  | 870  |
| 4,3              | 210             | 280 | 430  | 540  | 680  | 870  |
| 4,4              | 210             | 270 | 420  | 540  | 670  | 860  |
| 4,5              | 200             | 270 | 420  | 530  | 670  | 860  |
| 4,6              | 200             | 270 | 410  | 530  | 670  | 850  |
| 4,7              | 200             | 260 | 410  | 530  | 660  | 850  |

Teräksen sallittu jännitys 250 N/mm<sup>2</sup>

Teräksen sallittu taipuma 3 mm

Harmaalla pohjaväriillä merkityissä tuentaväleissä (välkkeen) tukireaktio on suurempi kuin 1,4 kN

Taulukko 6 Raidoituksen suurin sallittu tuentaväli teräkselle A500HW, kun kuormituksenä on raidoituksen omapaino ja tasaisesti jakaantunut hyötykuorma.

| Kuorma kN/m (omapaino ja hyötykuorma) | Tuentaväli [mm] |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|                                       | φ10             | φ12  | φ16  | φ20  | φ25  | φ32  |
| 0,5                                   | 790             | 1040 | 1600 | 2240 | 3130 | 4530 |
| 0,6                                   | 720             | 950  | 1460 | 2040 | 2860 | 4140 |
| 0,7                                   | 660             | 880  | 1350 | 1890 | 2640 | 3830 |
| 0,8                                   | 620             | 820  | 1260 | 1770 | 2470 | 3580 |
| 0,9                                   | 590             | 770  | 1190 | 1670 | 2330 | 3380 |
| 1,0                                   | 560             | 730  | 1130 | 1580 | 2210 | 3200 |
| 1,1                                   | 530             | 700  | 1080 | 1510 | 2110 | 3050 |
| 1,2                                   | 510             | 670  | 1030 | 1440 | 2020 | 2920 |
| 1,3                                   | 490             | 640  | 990  | 1390 | 1940 | 2810 |
| 1,4                                   | 470             | 620  | 950  | 1330 | 1870 | 2710 |
| 1,5                                   | 450             | 600  | 920  | 1290 | 1800 | 2610 |
| 1,6                                   | 440             | 580  | 890  | 1250 | 1750 | 2530 |
| 1,7                                   | 420             | 560  | 870  | 1210 | 1690 | 2460 |
| 1,8                                   | 410             | 540  | 840  | 1180 | 1650 | 2390 |
| 1,9                                   | 400             | 530  | 820  | 1150 | 1600 | 2320 |
| 2,0                                   | 390             | 520  | 800  | 1120 | 1560 | 2260 |
| 2,1                                   | 380             | 500  | 780  | 1090 | 1520 | 2210 |
| 2,2                                   | 370             | 490  | 760  | 1060 | 1490 | 2160 |
| 2,3                                   | 360             | 480  | 740  | 1040 | 1460 | 2110 |
| 2,4                                   | 360             | 470  | 730  | 1020 | 1430 | 2070 |
| 2,5                                   | 350             | 460  | 710  | 1000 | 1400 | 2020 |
| 2,6                                   | 340             | 450  | 700  | 980  | 1370 | 1980 |
| 2,7                                   | 340             | 440  | 690  | 960  | 1340 | 1950 |
| 2,8                                   | 330             | 440  | 670  | 940  | 1320 | 1910 |
| 2,9                                   | 320             | 430  | 660  | 930  | 1300 | 1880 |
| 3,0                                   | 320             | 420  | 650  | 910  | 1270 | 1850 |
| 3,1                                   | 310             | 410  | 640  | 900  | 1250 | 1820 |
| 3,2                                   | 310             | 410  | 630  | 880  | 1230 | 1790 |
| 3,3                                   | 300             | 400  | 620  | 870  | 1210 | 1760 |
| 3,4                                   | 300             | 390  | 610  | 850  | 1200 | 1740 |
| 3,5                                   | 290             | 390  | 600  | 840  | 1180 | 1710 |
| 3,6                                   | 290             | 380  | 590  | 830  | 1160 | 1690 |
| 3,7                                   | 290             | 380  | 580  | 820  | 1150 | 1660 |
| 3,8                                   | 280             | 370  | 580  | 810  | 1130 | 1640 |
| 3,9                                   | 280             | 370  | 570  | 800  | 1120 | 1620 |
| 4,0                                   | 280             | 360  | 560  | 790  | 1100 | 1600 |
| 4,1                                   | 270             | 360  | 560  | 780  | 1090 | 1580 |
| 4,2                                   | 270             | 350  | 550  | 770  | 1080 | 1560 |
| 4,3                                   | 270             | 350  | 540  | 760  | 1060 | 1540 |
| 4,4                                   | 260             | 350  | 540  | 750  | 1050 | 1520 |
| 4,5                                   | 260             | 340  | 530  | 740  | 1040 | 1510 |
| 4,6                                   | 260             | 340  | 520  | 730  | 1030 | 1490 |
| 4,7                                   | 250             | 330  | 520  | 730  | 1020 | 1470 |
| 4,8                                   | 250             | 330  | 510  | 720  | 1010 | 1460 |
| 4,9                                   | 250             | 330  | 510  | 710  | 1000 | 1440 |
| 5,0                                   | 250             | 320  | 500  | 700  | 990  | 1430 |
| 5,1                                   | 240             | 320  | 500  | 700  | 980  | 1420 |
| 5,2                                   | 240             | 320  | 490  | 690  | 970  | 1400 |

Teräksen sallittu jännitys

400 N/mm<sup>2</sup>

Harmaalla pohjaväriällä merkityissä tuentaväleissä (välkkeen) tukireaktio on suurempi kuin 1,4 kN

Taulukko 7a Raidoituksen suurin sallittu tuentaväli teräkselle A500HW, kun kuormituksena on raidoituksen omapaino ja pistemäinen hyötykuorma 1,4 kN.

| Omapaino<br>kN/m | Tuentaväli [mm] |     |     |     |      |      |
|------------------|-----------------|-----|-----|-----|------|------|
|                  | φ10             | φ12 | φ16 | φ20 | φ25  | φ32  |
| 0,1              | 110             | 190 | 450 | 870 | 1650 | 3280 |
| 0,2              | 110             | 190 | 440 | 840 | 1570 | 3020 |
| 0,3              | 110             | 190 | 430 | 820 | 1500 | 2820 |
| 0,4              | 110             | 180 | 430 | 800 | 1450 | 2660 |
| 0,5              | 110             | 180 | 420 | 780 | 1400 | 2530 |
| 0,6              | 100             | 180 | 420 | 770 | 1350 | 2420 |
| 0,7              | 100             | 180 | 410 | 750 | 1310 | 2320 |
| 0,8              | 100             | 180 | 410 | 740 | 1280 | 2240 |
| 0,9              | 100             | 180 | 400 | 720 | 1250 | 2160 |
| 1,0              | 100             | 180 | 400 | 710 | 1220 | 2100 |
| 1,1              | 100             | 180 | 390 | 700 | 1190 | 2040 |
| 1,2              | 100             | 170 | 390 | 690 | 1160 | 1980 |
| 1,3              | 100             | 170 | 380 | 680 | 1140 | 1930 |
| 1,4              | 100             | 170 | 380 | 670 | 1120 | 1890 |
| 1,5              | 100             | 170 | 380 | 660 | 1100 | 1840 |
| 1,6              | 100             | 170 | 370 | 650 | 1080 | 1800 |
| 1,7              | 100             | 170 | 370 | 640 | 1060 | 1770 |
| 1,8              | 100             | 170 | 370 | 630 | 1040 | 1730 |
| 1,9              | 100             | 170 | 360 | 620 | 1030 | 1700 |
| 2,0              | 100             | 170 | 360 | 620 | 1010 | 1670 |
| 2,1              | 100             | 170 | 360 | 610 | 1000 | 1640 |
| 2,2              | 100             | 170 | 350 | 600 | 980  | 1610 |
| 2,3              | 100             | 170 | 350 | 600 | 970  | 1590 |
| 2,4              | 100             | 160 | 350 | 590 | 960  | 1560 |
| 2,5              | 100             | 160 | 350 | 580 | 940  | 1540 |
| 2,6              | 100             | 160 | 340 | 580 | 930  | 1520 |
| 2,7              | 100             | 160 | 340 | 570 | 920  | 1500 |
| 2,8              | 100             | 160 | 340 | 570 | 910  | 1480 |
| 2,9              | 100             | 160 | 330 | 560 | 900  | 1460 |
| 3,0              | 100             | 160 | 330 | 560 | 890  | 1440 |
| 3,1              | 100             | 160 | 330 | 550 | 880  | 1420 |
| 3,2              | 100             | 160 | 330 | 550 | 870  | 1400 |
| 3,3              | 100             | 160 | 330 | 540 | 860  | 1390 |
| 3,4              | 100             | 160 | 320 | 540 | 850  | 1370 |
| 3,5              | 90              | 160 | 320 | 530 | 840  | 1360 |
| 3,6              | 90              | 160 | 320 | 530 | 840  | 1340 |
| 3,7              | 90              | 160 | 320 | 520 | 830  | 1330 |
| 3,8              | 90              | 150 | 320 | 520 | 820  | 1310 |
| 3,9              | 90              | 150 | 310 | 520 | 810  | 1300 |
| 4,0              | 90              | 150 | 310 | 510 | 810  | 1290 |
| 4,1              | 90              | 150 | 310 | 510 | 800  | 1270 |
| 4,2              | 90              | 150 | 310 | 500 | 790  | 1260 |
| 4,3              | 90              | 150 | 310 | 500 | 790  | 1250 |
| 4,4              | 90              | 150 | 300 | 500 | 780  | 1240 |
| 4,5              | 90              | 150 | 300 | 490 | 770  | 1230 |
| 4,6              | 90              | 150 | 300 | 490 | 770  | 1220 |
| 4,7              | 90              | 150 | 300 | 490 | 760  | 1210 |

Teräksen sallittu jännitys

400 N/mm<sup>2</sup>

Taulukko 7b Tiheällä jakoraidoituksella ( $k \leq 140$ ) raudoitetun sillan pituus-suuntaisen pääraudoituksen (A500HW) suurin sallittu tuentaväli, kun kuormituksena on raudoituksen omapaino ja pistemäinen hyötykuorma 1,4 kN.

| Omapaino<br>kN/m | Pääraud.<br>k | Tuentaväli [mm] |       |       |       |       |       |
|------------------|---------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |               | φ10             | φ12   | φ16   | φ20   | φ25   | φ32   |
| 0,00             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 300             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 300             | 530   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,05             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 170             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 450   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,10             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 430   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,15             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 400   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,20             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 370   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,25             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2600  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 360   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,30             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2500  | 3600  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 350   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,35             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2350  | 3400  | 5100  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2150  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 350   | 750   | 2000  | 2700  | 3700  |
| 0,40             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2200  | 3200  | 4800  |
|                  | 100           | 160             | 550   | 810   | 2100  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 340   | 750   | 1950  | 2700  | 3700  |
| 0,45             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2100  | 3050  | 4500  |
|                  | 100           | 150             | 340   | 810   | 2000  | 2900  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 330   | 750   | 1850  | 2700  | 3700  |
| 0,50             | 50            | 320             | 630   | 950   | 2000  | 2900  | 4300  |
|                  | 100           | 150             | 500   | 810   | 1900  | 2800  | 4100  |
|                  | 150           | 110             | 320   | 750   | 1750  | 2700  | 3700  |
| 0,55             | 50            | 320             | 630   | 950   | 1900  | 2800  | 4100  |
|                  | 100           | 150             | 480   | 810   | 1800  | 2700  | 4000  |
|                  | 150           | 110             | 310   | 750   | 1650  | 2550  | 3720  |
| 0,60             | 50            | 320             | 630   | 950   | 1850  | 2700  | 3900  |
|                  | 100           | 140             | 470   | 810   | 1700  | 2550  | 3800  |
|                  | 150           | 100             | 310   | 750   | 1600  | 2450  | 3700  |
| 0,65             | 50            | 320             | 630   | 950   | 1800  | 2600  | 3700  |
|                  | 100           | 140             | 460   | 810   | 1650  | 2500  | 3650  |
|                  | 150           | 100             | 300   | 750   | 1550  | 2350  | 3550  |
| 0,70             | 50            | 320             | 620   | 950   | 1700  | 2500  | 3600  |
|                  | 100           | 150             | 450   | 810   | 1600  | 2400  | 3500  |
|                  | 150           | 100             | 300   | 750   | 1500  | 2300  | 3400  |
| Jakoraidoitus    |               | ≥ φ10           | ≥ φ12 | ≥ φ12 | ≥ φ16 | ≥ φ16 | ≥ φ16 |

Tuettavan teräksen sallittu jännitys  $400 \text{ N/mm}^2$

Jakoraidoitusosan sallittu jännitys  $400 \text{ N/mm}^2$

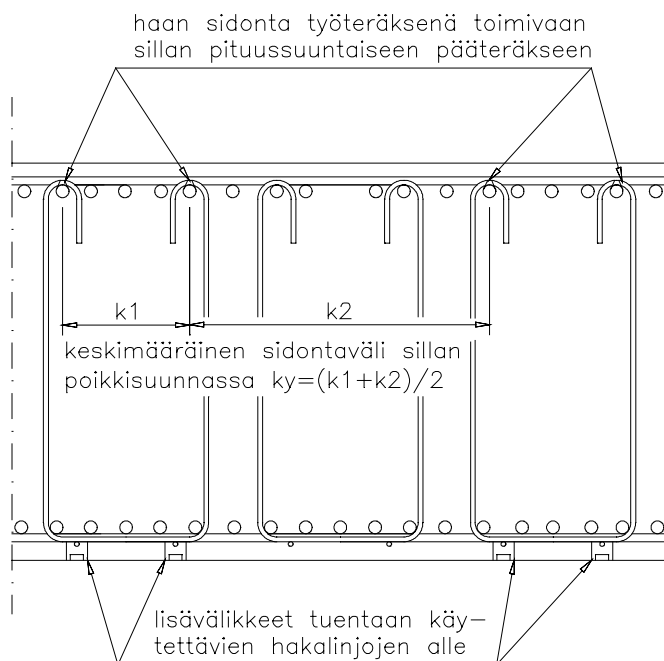
Taulukon arvoja voidaan käyttää ainoastaan yläpinnan pituussuuntaisten pääterästen tuentavälin määritykseen

*Taulukko 8 Pystytangon suurimmat sallitut pituudet keskeisille pistekuormille. Teräslaatu = A500HW.*

| Kuorma | Tangon pituus [mm] |        |        |        |        |
|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|        | 1,4 kN             | 2,8 kN | 4,2 kN | 5,6 kN | 7,0 kN |
| φ10    | 460                | 270    | 190    | 140    | 110    |
| φ12    | 710                | 430    | 320    | 250    | 200    |
| φ16    | 1000               | 870    | 660    | 530    | 450    |
| φ20    | 1250               | 1250   | 1120   | 920    | 790    |
| φ25    | 1560               | 1560   | 1560   | 1560   | 1340   |
| φ32    | 2000               | 2000   | 2000   | 2000   | 2000   |

#### 4.4.3 Päällysrakenteen yläpinnan raudoituksen tukeminen sitomalla

Kun kohdassa 4.2 esitetyt rakenteelliset ehdot ovat voimassa, voidaan päällysrakenteen yläpinnan teräkset tukea pelkästään sitomalla toimiviin hakateräksiin (kuva 9). Tuenta suoritetaan tällöin sitomalla V- tai W-tyyppin hakateräksen yläosan silmukoiden läpi kulkevat pääteräkset hakateräkseen kiinni. Sidotut hakalinjat muodostavat "pukin", jonka päälle voidaan asettaa jakoraidoitustangot. Jakoraidoitustankoihin voidaan edelleen ripustaa ne sillan pituussuuntaiset pääteräkset, joita ei käytetä raudoituksen tuentaan.



*Kuva 9 Rakenteelliset ehdot täyttävän yläpinnan raudoituksen tukeminen sitomalla.*

Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty sidonnan kapasiteetin suhteen määritetyt suurimmat sallitut sidontavälit halkaisijaltaan 12 ja 16 mm V- tai W-tyyppin hakateräksille, kun kuormana on pistemäinen hyötykuorma 1,4 kN ja raudoituksen omapaino. Taulukon arvot on laskettu yksityiskohtaisella kolmidimensioisella elementtimallilla. Hakaterästen taivutussäteinä on käytetty minimitaivutussäteitä 36 mm ja 80 mm teräsdimensioita vastaten. Hakaterästen alle on oletettu jäykkä pystysuuntainen tuenta työterästen kohdelle (hakalinjojen alapuolisten työterästen taipumaa ei ole otettu huomioon).

Sidontojen rasitukset on taulukkojen 9 ja 10 lisäksi tarkastettava ottaen huomioon tasaisesti jakaantunut hyötykuorman ja raudoituksen omapainon yhteisvaikutus. Kuorman vaikutusalueena voidaan käyttää pinta-alaa  $k_x k_y$ , missä  $k_x$  on sidontaväli sillan pituussuunnassa ja  $k_y$  on keskimääräinen sidontaväli sillan poikkisuunnassa (kuva 9).

Tuentaan käytettävien hakaterästen suurimmat sallitut korkeudet on esitetty taulukossa 11. Taulukon arvot on laskettu ottaen huomioon geometrinen epälineaarisuus (siirtymien aiheuttamat lisärasitukset), epäkeskisyys  $H/50$  (missä  $H$  = haan korkeus), sallittu jännitys  $250 \text{ N/mm}^2$  sekä sallittu pystysuuntainen siirtymä 3 mm. Siirtymärajoitus on ollut tarkastelluissa tapauksissa määräävä.

Raudoituksen tuennassa käyttämättömien sillan pituussuuntaisten päätte-  
rästen sidontaväli riippuu tangon taipumasta oman painon johdosta sekä valun aiheuttamista rasituksista. Taipumaa on rajoitettava raudoituksen suunnitelman mukaisen sijainnin turvaamiseksi. Taulukossa 12 on esitetty sidontavälin arviointia varten eri maksimitaipuman arvoja vastaavat sidontavälit.

Välikkeiden mitoitus sekä tuettavan raudoituksen taipuma- ja jännitystar-  
kastelu suoritetaan kohdassa 4.4.2 esitetyillä periaatteilla.



## RAUDOITUKSEN TUENNAN SUUNNITTELU

Taulukko 9 Suurimmat sallitut sidontavälit pistekuormalle 1,4 kN: sidottava pääteräs Ø32, V- tai W-typin hakateräs A500HW Ø12 tai Ø16.

| Sidonnalle sallittu rasitus 0,45 kN             |   |                                 |            |            |            |                      |
|---|---|---------------------------------|------------|------------|------------|----------------------|
| Jakoraidoituksen dimensio                       | Tuettavan raidoituksen omapaino: $g_1$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Haan korkeus [mm]               |            |            |            |                      |
|   |   | <300                            | 300...<400 | 400...<600 | 600...<800 | ≥ 800 <sup>**)</sup> |
| Sidontaväli [mm], kun $k_x=k_y$ <sup>***)</sup> |   |                                 |            |            |            |                      |
| Ø32   | 0,5   | 340                             | 380        | 400        | 430        | 450                  |
|   | 1,0   | 310                             | 340        | 350        | 370        | 390                  |
|   | 1,5   | 290                             | 310        | 320        | 340        | 350                  |
|   | 2,0   | 270                             | 290        | 300        | 310        | 320                  |
|   | 2,5   | 260                             | 270        | 280        | 290        | 290                  |
| Ø25   | 0,5   | 290                             | 320        | 340        | 370        | 390                  |
|   | 1,0   | 270                             | 290        | 310        | 330        | 350                  |
|   | 1,5   | 260                             | 270        | 290        | 310        | 320                  |
|   | 2,0   | 250                             | 260        | 270        | 290        | 300                  |
|   | 2,5   | 240                             | 250        | 260        | 270        | 280                  |
| Ø20   | 0,5   | 250                             | 280        | 300        | 330        | 350                  |
|   | 1,0   | 240                             | 260        | 280        | 300        | 320                  |
|   | 1,5   | 230                             | 250        | 260        | 280        | 290                  |
|   | 2,0   | 220                             | 240        | 250        | 260        | 270                  |
|   | 2,5   | 210                             | 230        | 240        | 250        | 260                  |
| Ø16   | 0,5   | 230                             | 250        | 270        | 290        | 310                  |
|   | 1,0   | 220                             | 240        | 250        | 270        | 290                  |
|   | 1,5   | 210                             | 230        | 240        | 260        | 270                  |
|   | 2,0   | 200                             | 220        | 230        | 240        | 240                  |
|   | 2,5   | 190                             | 210        | 220        | 230        | 230                  |
| Sidonnalle sallittu rasitus 0,25 kN             |   |                                 |            |            |            |                      |
|   | $g_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]                                  | Sidontaväli [mm], kun $k_x=k_y$ |            |            |            |                      |
| Ø32   | 0,5   | 220                             | 240        | 250        | 270        | 290                  |
|   | 1,0   | 210                             | 220        | 230        | 250        | 260                  |
|   | 1,5   | 200                             | 210        | 220        | 230        | 240                  |
|   | 2,0   | 190                             | 200        | 200        | 210        | 240                  |
|   | 2,5   | 180                             | 190        | 190        | 200        | 210                  |
| Ø25   | 0,5   | 190                             | 210        | 220        | 240        | 250                  |
|   | 1,0   | 180                             | 200        | 200        | 220        | 230                  |
|   | 1,5   | 180                             | 190        | 190        | 210        | 210                  |
|   | 2,0   | 170                             | 180        | 180        | 200        | 200                  |
|   | 2,5   | 170                             | 170        | 180        | 190        | 190                  |
| Ø20   | 0,5   | 170                             | 180        | 190        | 210        | 220                  |
|   | 1,0   | 160                             | 170        | 180        | 200        | 210                  |
|   | 1,5   | 160                             | 170        | 170        | 180        | 190                  |
|   | 2,0   | 150                             | 160        | 170        | 180        | 180                  |
|   | 2,5   | 150                             | 160        | 160        | 170        | 170                  |
| Ø16   | 0,5   | 140                             | 160        | 170        | 180        | 190                  |
|   | 1,0   | 140                             | 150        | 160        | 180        | 180                  |
|   | 1,5   | 140                             | 150        | 160        | 170        | 180                  |
|   | 2,0   | 130                             | 140        | 150        | 160        | 170                  |
|   | 2,5   | 130                             | 140        | 150        | 160        | 160                  |

\*)  $g_1$  = kuorma pinta-alaa kohden,  $g_2$  = kuorma pituusyksikköä kohden

\*\*) haan suurin sallittu korkeus määräytyy taulukosta 11

\*\*\*)  $k_x$  = sidontaväli sillan pituus suunnassa,  $k_y$  = keskimääräinen sidontaväli sillan poikkisuunnassa

\*\*\*\*) arvoja käytetään, jos sillan poikkisuuntainen keskimääräinen sidontaväli valitaan

pidemmäksi, kuin pituussuuntainen sidontaväli, tai jakoraidoituksen dimensio on < 16 mm

Taulukko 10 Suurimmat sallitut sidontavälit pistekuormalle 1,4 kN: sidottava pääteräs Ø25, V- tai W-typin hakateräs A500HW Ø12 tai Ø16.

| Sidonnalle sallittu rasitus 0,45 kN                  |  |                                   |            |            |            |                      |
|--|--|-----------------------------------|------------|------------|------------|----------------------|
| Jakoraidoituksen dimensio                            | Tuettavan raudoituksen omapaino: <sup>*)</sup><br>$g_1$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Haan korkeus (mm)                 |            |            |            |                      |
|  |  | <300                              | 300...<400 | 400...<600 | 600...<800 | ≥ 800 <sup>**)</sup> |
| Sidontaväli [mm], kun $k_x = k_y$ <sup>***)</sup>    |  |                                   |            |            |            |                      |
| Ø25  | 0,5  | 250                               | 280        | 300        | 330        | 350                  |
|  | 1,0  | 230                               | 260        | 280        | 300        | 320                  |
|  | 1,5  | 220                               | 240        | 260        | 280        | 300                  |
|  | 2,0  | 210                               | 230        | 250        | 260        | 280                  |
|  | 2,5  | 210                               | 220        | 240        | 250        | 260                  |
| Ø20  | 0,5  | 220                               | 240        | 260        | 280        | 300                  |
|  | 1,0  | 210                               | 230        | 240        | 260        | 280                  |
|  | 1,5  | 200                               | 220        | 230        | 250        | 260                  |
|  | 2,0  | 190                               | 210        | 220        | 240        | 250                  |
|  | 2,5  | 190                               | 200        | 210        | 230        | 240                  |
| Ø16  | 0,5  | 190                               | 210        | 230        | 250        | 270                  |
|  | 1,0  | 180                               | 200        | 220        | 240        | 250                  |
|  | 1,5  | 180                               | 200        | 210        | 230        | 240                  |
|  | 2,0  | 170                               | 190        | 200        | 220        | 230                  |
|  | 2,5  | 170                               | 180        | 190        | 210        | 220                  |
| Sidontaväli [mm], kun $k_y \gg k_x$ <sup>****)</sup> |  |                                   |            |            |            |                      |
|  | $g_2$ [kN/m]   |                                   |            |            |            |                      |
| -  | 0,10   | 130                               | 150        | 160        | 180        | 190                  |
|  | 0,15   | 130                               | 150        | 160        | 180        | 190                  |
|  | 0,20   | 120                               | 140        | 150        | 170        | 180                  |
|  | 0,25   | 120                               | 140        | 150        | 170        | 180                  |
|  | 0,30   | 120                               | 130        | 150        | 160        | 170                  |
| Sidonnalle sallittu rasitus 0,25 kN                  |  |                                   |            |            |            |                      |
|  | $g_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]   | Sidontaväli [mm], kun $k_x = k_y$ |            |            |            |                      |
| Ø25  | 0,5  | 160                               | 170        | 190        | 200        | 220                  |
|  | 1,0  | 150                               | 170        | 180        | 190        | 210                  |
|  | 1,5  | 150                               | 160        | 170        | 180        | 190                  |
|  | 2,0  | 140                               | 160        | 160        | 170        | 180                  |
|  | 2,5  | 140                               | 150        | 160        | 170        | 180                  |
| Ø20  | 0,5  | 140                               | 150        | 170        | 180        | 200                  |
|  | 1,0  | 140                               | 150        | 160        | 170        | 190                  |
|  | 1,5  | 130                               | 140        | 150        | 160        | 180                  |
|  | 2,0  | 130                               | 140        | 150        | 160        | 170                  |
|  | 2,5  | 120                               | 130        | 140        | 150        | 170                  |
| Ø16  | 0,5  | 130                               | 140        | 150        | 160        | 180                  |
|  | 1,0  | 120                               | 130        | 140        | 150        | 170                  |
|  | 1,5  | 120                               | 130        | 140        | 150        | 170                  |
|  | 2,0  | 110                               | 120        | 130        | 140        | 160                  |
|  | 2,5  | 110                               | 120        | 130        | 140        | 160                  |

\*)  $g_1$  = kuorma pinta-alaa kohden,  $g_2$  = kuorma pituusyksikköä kohden

\*\*) haan suurin sallittu korkeus määräytyy taulukosta 11

\*\*\*)  $k_x$  = sidontaväli sillan pituussuunnassa,  $k_y$  = keskimääräinen sidontaväli sillan poikkisuunnassa

\*\*\*\*) arvoja käytetään, jos sillan poikkisuuntainen keskimääräinen sidontaväli valitaan

pidemmäksi, kuin pituussuuntainen sidontaväli, tai jakoraidoituksen dimensio on < 16 mm

Taulukko 11 Yläpinnan raudoituksen tuentaan käytettävän V- tai W-tyyppin hakateräksen (A500HW) suurin sallittu korkeus.

| Sidonnalle sallittu raskaus (kN) | Hakateräksen suurin sallittu korkeus (mm) |                     |
|----------------------------------|---|---------------------|
|                                  | φ 12 <sup>*)</sup>                        | φ 16 <sup>**)</sup> |
| 0,25                             | 1300                                      | 1500                |
| 0,45                             | 800                                       | 800                 |

Huom:

\*) taivutussäde 36 mm

\*\*\*) taivutussäde 80 mm

Taulukko 12 Sidontavälit eri maksimitaipuman arvoille, kun kuormana on terästangon omapaino.

| Taipuma (mm) | φ10  | φ12  | φ16  | φ20  | φ25  | φ32  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| 0,5          | 1190 | 1310 | 1510 | 1690 | 1890 | 2140 |
| 1,0          | 1420 | 1550 | 1800 | 2010 | 2250 | 2540 |
| 1,5          | 1570 | 1720 | 1990 | 2220 | 2490 | 2810 |

## 5 ESIMERKKI RAUDOITUKSEN TUENTASUUNNITELMASTA

Esimerkkinä työraudoituksen suunnittelusta esitetään raudoitussuunnitelma 3-aukkoiselle laattasillalle.

Esimerkkisillan lähtöarvot ovat:

- hyödyllinen leveys 10,5 m
- jännemitat 13,0 + 15,3 + 13,0 m
- kansilaatan rakennekorkeus 850 mm
- teräslaatu A500HW.

### Yläpinnan ("YP") raudoitus:

*tuella:*

- Ø25 k200 + Ø32 k200 (sillan pituussuuntainen raudoitus)
- Ø20 k200 + Ø25 k200 (jakoraudoitus)

*kentässä:*

- Ø25 k200 (sillan pituussuuntainen raudoitus)
- Ø20 k200 (jakoraudoitus)

### Alapinnan ("AP") raudoitus:

*tuella:*

- Ø20 k200 (sillan pituussuuntainen raudoitus)
- Ø20 k200 (jakoraudoitus).

*kentässä:*

- Ø20 k200 + Ø25 k400 (sillan pituussuuntainen raudoitus)
- Ø20 k200 (jakoraudoitus).

### 5.1 Kansilaatan työterästen ja välikkeiden mitoituslaskelma

#### Laskentamenetelmä:

Taulukkimitoitus tämän ohjeen mukaisesti.

#### Raudoituksen työnaikaiset kuormat:

Raudoituksen omapainot ovat (taulukko 4):

- $0,193 + 0,316 + 0,123 + 0,193 = 0,83 \text{ kN/m}^2$  (YP tuella)
- $0,193 + 0,123 = 0,32 \text{ kN/m}^2$  (YP kentässä)
- $0,123 + 0,123 = 0,25 \text{ kN/m}^2$  (AP tuella)

- $0,123 + 0,096 + 0,123 = 0,34 \text{ kN/m}^2$  (AP kentässä)

Hyötykuorma:

- $1,5 \text{ kN/m}^2$
- Vaihtoehtoisesta yläpinnassa  $1,4 \text{ kN}$ .

#### Raidoituksen tuentamenetelmä:

YP raidoitus tuetaan sillan poikkisuuntaisilla työtangoilla.

YP kuormat siirretään muoteille käyttäen H-mallisia hitsattuja pukkeja.

AP raidoitus tuetaan sillan pituussuuntaisella työraidoituksella.

Raidoituksen tuentamenetelmä on kuvan 7 mukainen.

YP:

Sillan pituussuuntaisille pääteräksille kohdistuu kuorma:

- omapaino  $0,83 \cdot (0,2 + 0,2) / 2 = 0,08 \text{ kN/m}$
- tasainen hyötykuorma  $1,5 \cdot (0,2 + 0,2) / 2 = 0,14 \text{ kN/m}$
- yhteensä  $= 0,22 \text{ kN/m}$

Sillan pituussuuntaisten pääterästen pienin tuentaväli (= yläpinnan työterästen jakoväli) määritetään pienemmän teräshalkaisijan  $25 \text{ mm}$  suhteen taulukoista 5,6 ja 7a. Pienin sallittu tuentaväli on

- $1740 \text{ mm}$  (omapaino, taulukko 5)
- $3130 \text{ mm}$  (omapaino ja hyötykuorma, taulukko 6)
- $1659 \text{ mm}$  (omapaino ja pistemäinen hyötykuorma  $1,4 \text{ kN}$ , taulukko 7a).

∴ Valitaan yläpinnan työteräksiksi  $\varnothing 20 \text{ k1600}$ . Työteräksinä käytetään jakoraidoitustankoja siten, että joka kahdeksas  $\varnothing 20$  tanko sijoitetaan alempaan kerrokseen.

Työteräksille tuleva kuorma on

- omapaino  $0,83 \cdot 1,6 = 1,33 \text{ kN/m}$
- tasainen hyötykuorma  $1,5 \cdot 1,6 = 2,40 \text{ kN/m}$
- yhteensä  $= 3,73 \text{ kN/m}$

Työterästen tuentaväli (= H-pukkien jakoväli sillan poikkisuunnassa) määritetään työteräksen halkaisijan  $20 \text{ mm}$  suhteen taulukoista 5, 6 ja 7a. Pienin sallittu tuentaväli on

- $730 \text{ mm}$  (omapaino, taulukko 5)
- $1020 \text{ mm}$  (omapaino ja hyötykuorma, taulukko 6)
- $680 \text{ mm}$  (omapaino ja pistemäinen hyötykuorma  $1,4 \text{ kN}$ , taulukko 7a).

∴ Valitaan yläpinnan työterästen tuentaväliksi  $k650$ .

AP:

Valitaan AP työteräksiksi  $\varnothing 12$  laatan tehollisen korkeuden maksimoimiseksi.

H-pukit:

Edellä laskettujen YP työterästen kuormien perusteella saadaan pukin pystyosalle kohdistuvaksi normaalivoimaksi

- $3,73 \cdot 0,65 = 2,4$  kN (omapaino ja hyötykuorma  $1,5$  kNm<sup>2</sup>)
- $1,33 \cdot 0,65 + 1,4 = 2,3$  kN (omapaino ja hyötykuorma  $1,4$  kN).

Pukin korkeus määritetään ottaen huomioon terästen todellinen paksuus joka on  $1,1$  kertaa nimellispaksuus:

- $850 - 2 \cdot 35 - (12 + 32 + 32 + 25 + 25) \cdot 1,1 = 641$  mm.

Taulukon 9 perusteella nähdään, että pystyosan dimensioksi voidaan valita  $\varnothing 16$ , jolle suurin sallittu pystyosan mitta  $2,8$  kN kuormalla on  $870$  mm.

H-pukilta välittyvä kuorma siirretään muotille kahdella 4-jalkaisella siltavälikkeellä (jalan halkaisija  $10$  mm). Välikkeet asetetaan samalle etäisyydelle H-pukin pystytangosta, jolloin välikkeelle tuleva kuorma jakaantuu tasan molemmille välikkeille. Välikkeen maksimikuorma on

- $2,4/2 = 1,2$  kN ( $\leq$  välikkeen sallittu kuorma =  $1,4$  kN).

H-pukin alaosan vaakatangon mitaksi valitaan rakenteellisesta syistä  $400$  mm ja teräsdimensioksi  $\varnothing 16$ . Alaosan vaakatangon jännitykset ja taipumat ovat tarkasteltavassa tapauksessa merkityksettömiä. Yläosan vaakatangon teräsdimensioksi voidaan valita esim.  $\varnothing 16$  ja pituudeksi  $100$  mm.

AP työterästen jakoväli:

Alapinnan jakoraidoitukselle tuleva suurin kuorma on

- omapaino  $0,34 \cdot 0,2$  =  $0,68$  kN/m
- tasainen hyötykuorma  $1,5 \cdot 0,2$  =  $0,30$  kN/m
- yhteensä =  $0,98$  kN/m.

Jakoraidoituksen tuentaväli (= alapinnan työterästen jakoväli) määritetään taulukoista 5 ja 6 jakoraidoituksen terähalkaisijan  $20$  mm suhteen. Pienin sallittu tuentaväli on:

- $850$  mm (omapaino, taulukko 5)
- $1580$  mm (omapaino ja hyötykuorma, taulukko 6).

$\therefore$  Valitaan AP työteräksille rakenteellisista syistä sama jakoväli, kuin H-pukeille sillan poikkisuuntaan, eli  $650$  mm.

### AP työterästen tuentaväli:

Työteräkset tuetaan tyypiltään samoilla väliskeillä, kuin edellä esitetyt H-pukit. Työteräksille tuleva suurin kuorma on

- omapaino  $0,34 \cdot 0,65$  = 0,22 kN/m
- tasainen hyötykuorma  $1,5 \cdot 0,65$  = 0,98 kN/m
- yhteensä = 1,20 kN/m

Alapinnan työterästen tuentaväli määritetään taulukoista 5 ja 6 työteräksen halkaisijan 12 mm suhteen. Pienin sallittu tuentaväli on

- 700 mm (omapaino, taulukko 5)
- 670 mm (omapaino ja tasainen hyötykuorma, taulukko 6).

∴ Tuentaväliksi valitaan 650 mm.

### Työraudoituksen vähennykset:

Hakaterästen alle sijoitettavista rakenteellisista työteräksistä (2 kpl/hakalinja) voidaan korvata osa alapinnan pääraudoituksen työteräksillä. Liitteen 2 poikkileikkauksen mukaisesti on 10 hakalinjan toinen haka-työteräs korvattu alapinnan pääraudoituksen työteräksellä.

### Laskelman yhteenveto:

- Laskelmassa on mitoitettu kansilaatan työteräkset ja niiden tuenta. Yläpinnan terästen kuormat siirretään muotille hitsattujen H-pukkien  $\varnothing 16$  ja väliskeiden kautta.
- Yläpinnan työterästen k1600 on valittu toimivan raudoituksen perusteella. Joka kahdeksas jakoraudoitustanko  $\varnothing 20$  toimii työteräksenä, ja ne sijoitetaan alempaan raudoituskerrokseen.
- Alapinnan työteräkseksi on valittu  $\varnothing 12$  laatan tehollisen korkeuden maksimoimiseksi. Alapinnan työterästen k650 on valittu samaksi, kuin H-pukkien jakoväli sillan poikkisuunnassa, jolloin H-pukkien kuormat voidaan ohjata muotille työraudoituksen alle sijoitettavien väliskeiden avulla.

## **5.2 Raudoituksen tuentasuunnitelma**

Kohdan 5.1 mukaisen laskelman perusteella määritetty raudoituksen tuentasuunnitelma on esitetty liitteen 2 raudoituspiirustuksessa. Tästä piirustuksesta on luettavuuden parantamiseksi jätetty pois rakenneterästen positio-numerointi.

## VIITTEET

[1] By 30-5: Betonirakenteiden yksityiskohtien ja raudoituksen suunnitteluohjeet. Suomen Betoniyhdistys Ry.

[2] B4 Betonirakenteet, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö. Valtion painatuskeskus, Helsinki 1987.

[3] B7 Teräsrakenteet, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö. Valtion painatuskeskus, Helsinki 1987.

[4] Betonirakenneohjeet, Tielaitos, Siltayksikkö, 1999.







## LIITE 1A BETONITERÄSLUETTELOLOMAKKEET

BETONITERÄSLUETTELO, liite  
Teräslaatu A500HW

| Teräksen tyyppi ja nro |  | Osa/alue | Liittyy piir. | Luettelo nro |  |
|------------------------|--|----------|---------------|--------------|--|
|                        |  |          |               |              |  |



| BETONITERÄSTEN TAIVUTUSTYYPIT                  |              |  |
|--|--------------|--|
| <b>A</b><br>                                   | <b>B</b><br> | <b>C</b><br>   |
| <b>D</b><br>                                   | <b>E</b><br> | <b>F</b><br>   |
| <b>G</b><br>                                   | <b>H</b><br> | <b>J</b><br>   |
| <b>K</b><br>                                   | <b>N</b><br> | <b>O</b><br>   |
| <b>P</b><br>                                   | <b>R</b><br> | <b>U</b><br>   |
| <b>V</b><br>                                   | <b>W</b><br> | <b>Z</b><br>   |
| <b>Y vapaamuotoinen tanko</b>                  |              | Korkeintaan 5 suoraa osaa ja 4 kulmaa:<br>a, c, e, v, y = suoran osan pituus (mm)<br>b, d, u, x = suorien osien välinen taivutuskulma (-180°...180°) |
| Taivutusmitat noudattavat terästen ulkopintaa. |              |  |
| $90^\circ < u \leq 180^\circ$<br>              |              | $u \leq 90^\circ$<br><br>$x = b \cdot \sin(u) + \phi \cdot \cos(u)$  |

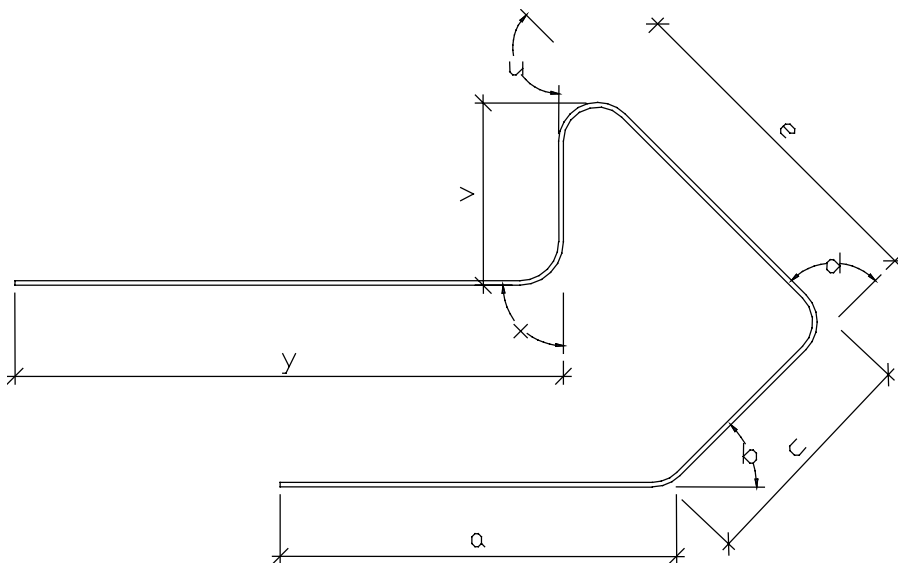
## YLEISEN TAIVUTUSTYYPIN TERÄKSET

Yleisen tyypin (Y) teräksen taivutusmitat annetaan teräsluetteloissa suorien osien pituusmittojen ja osien välisten taivutuskulmien avulla. Ensimmäinen osa (a) oletetaan aina vaakasuuntaiseksi ja sen alkupää on vasemmalla. Osamittojen kirjaintunnusten merkitys yleisen tyypin teräksen tapauksessa on seuraava:

- a: 1. osan pituus  
 b ja c: 2. osan taivutuskulma ja pituus  
 d ja e: 3. osan taivutuskulma ja pituus  
 u ja v: 4. osan taivutuskulma ja pituus  
 x ja y: 5. osan taivutuskulma ja pituus.

- Y-teräksen pituus on lasketaan aina kaavalla  $L = a + c + e + v + y$ .
- Taivutuskulmat ilmoitetaan asteina ja niiden arvo on välillä  $-180^\circ \dots 180^\circ$ .
- Taivutuskulma on positiivinen kun terästä taivutetaan alkupäästä loppupäähän kuljettaessa vasemmalle ja negatiivinen kun terästä taivutetaan oikealle.
- Osan pituusmitat ilmoitetaan millimetreissä.

Esimerkiksi kuvan mukaisen y-teräksen osamitat ovat:



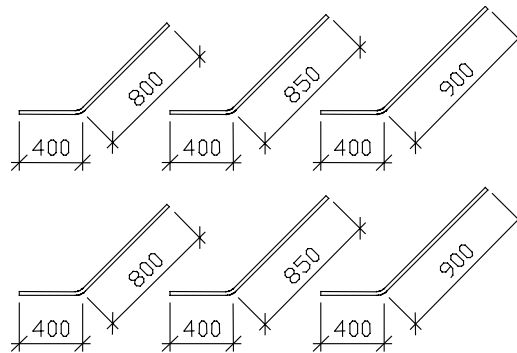
- a = 1000 mm  
 b =  $45^\circ$ , c = 600 mm  
 d =  $90^\circ$ , e = 900 mm  
 u =  $135^\circ$ , v = 400 mm  
 x =  $-90^\circ$ , y = 2000 mm

Mikäli terästen osien "vedettyjen" reunojen perusteella laskettu kulma on  $\geq 90^\circ$  on taivutusmittoja määritettäessä otettava huomioon terästen osamittojen määrittämissääntö (kuvan esimerkissä u-kulma).

## TAIVUTUSMITOILTAAN MUUTTUVAT TERÄSSARJAT

Taivutusmitoiltaan muuttuvilla teräsarjoilla, "luseeraavilla" teräksillä, tarkoitetaan terässarjaa jonka jokin taivutusmitta kasvaa vakioinkrementein. Luseeraavat teräkset voidaan esittää teräsluetteloissa kahdella rivillä:

- Ylemmälle riville listataan sarjan ensimmäinen teräs; kpl sarakkeessa sarjojen lkm.
- Alemmalle riville kpl sarakkeeseen terästen lkm sarjassa, sekä sarjan viimeisen teräksen ne osamitat, jotka poikkeavat sarjan ensimmäisen teräksen vastaavista mitoista.



Esimerkiksi kuvan mukaiset kuusi hakaterästä voidaan esittää:

| Tyyppi | Nro | D  | Lkm | r  | a   | b   | u  |
|--------|-----|----|-----|----|-----|-----|----|
| C      | 1   | 16 | 2   | 48 | 400 | 800 | 45 |
| ...    |     |    | 3   |    |     | 900 |    |

Alemmalle riville voidaan merkitä Tyyppi-sarakkeeseen taivutustyyppiksi "..." jatkorivin tunnuksiksi. "Nro", "D" ja "r" kenttiä ei merkitä alemmalle riville.

Aikaisemmin käytettyä merkintää luseeraavien terästen kpl sarakkeessa (esim. 2x3) ei enää käytetä, koska merkintä sekoittuu teräsnippujen merkintään.

## BETONITERÄSLUETTELON TIEDONSIIRTOTIEDOSTO

Siirtotiedostona toimii vakimuotoinen tekstitiedosto. Teräsluetteloiden tiedot esitetään tiedostossa seuraavin periaattein:

- Tiedot esitetään sarakesidonnaisesti tietyssä kohtaa riviä. Sarkainmerkkejä, pilkkuja, puolipisteitä ym. yleisiä erotinmerkkejä ei käytetä.
- Datarivin pituus on 86 merkkiä.
- Ensimmäiset rivit ovat otsikkotietoja. Rivien alussa on otsikkotiedon tunnustin (3:merkkiä).
- 'RD:' tunnustin ilmoittaa datatiedon listauksen aloituskohdan.

Esimerkki otsikkotiedoista:

SU:RKi  
RA:Salmin raittisilta  
RO:Päälysrakenne  
AL:Kansi  
RK:  
PN:R15/15195 c-2  
LN:R15/15195, 1(3)  
TL:A500HW  
RD:

Sarakejako:

1...3 taivutustyyppi  
4...7 teräksen positionumero  
8...11 nippujen määrä  
12...15 terästen kappalemäärä yhdessä nipussa  
16...18 teräksen halkaisija, D  
19...24 teräksen pituus, L  
25...30 a-mitta  
31...35 b-mitta  
36...40 c-mitta  
41...45 d-mitta  
46...50 e-mitta  
51...54 u-mitta (kulma)  
55...58 v-mitta (kulma)  
59...63 x-mitta  
64...68 y-mitta  
69...72 taivutussäde, r  
73...82 Huom. kenttä  
83...86 Terästen suunniteltu porrastus terässarjassa (voi olla eri kuin teoreettinen porrastus)

"Taivutustyyppi" ja "Huom." sarakkeita lukuun ottamatta teksti tasataan sarakkeen oikeaan reunaan. Osamitaltaan vaihtelevat terässarjat annetaan kahdella rivillä:

- Ylemmälle riville on listattuna sarjan ensimmäinen teräs; kpl sarakkeeseen sarjojen lkm.

- Alemmalle riville merkitään taivutustyyppiksi L. Kpl sarakkeeseen merkitään terästen lkm sarjassa, sekä sarjan viimeisen teräksen ne osamitat, jotka eroavat sarjan ensimmäisen teräksen ko. mitasta.
- Terässarjalle voidaan antaa minimiporrastus  $\Delta L$  sarakkeeseen.

Samassa tiedonsiirtotiedostossa voidaan esittää useita tai kaikki projektin luetteloiden tiedot. Osat/alueet ja luettelot erotetaan toisistaan otsikkotietorei-veillä.

*Esimerkki valmiista tiedonsiirtotiedostosta:*

```
SU:RKi
RA:Salmin raittisilta
RO:päällysrakenne
AL:100: alapinnan teräkset
RK:
PN:R15/15195 c-2
LN:R15/15195, 1(3)
TL:A500HW
RD:
A 1a 1 6 25 11700 11700
A 1b 1 6 25 11920 11920
A 1c 1 6 25 11920 11920
A 1d 1 6 25 11700 11700
A 2a 1 8 25 9407 9407
A 2b 1 8 25 12000 12000
A 2c 1 8 25 6746 6746
A 2d 1 8 25 12000 12000
A 2e 1 8 25 9407 9407
A 3a 1 8 25 9407 9407
A 3b 1 8 25 12000 12000
A 3c 1 8 25 6746 6746
A 3d 1 8 25 12000 12000
A 3e 1 8 25 9407 9407
A 4a 1 16 25 10750 10750
A 4b 1 16 20 7800 7800
A 4c 1 16 25 12000 12000
A 4d 1 16 25 12000 12000
A 4e 1 16 25 4650 4650
A 5a 1 16 25 4650 4650
A 5b 1 16 25 12000 12000
A 5c 1 16 25 12000 12000
A 5d 1 16 20 7800 7800
A 5e 1 16 25 10750 10750
A 6a 1 8 25 9850 9850
A 6b 1 8 25 12000 12000
A 6c 1 8 25 12000 12000
A 6d 1 8 25 12000 12000
A 7 1 32 25 7604 7604
A 8 1 14 25 7604 7604
C 9 2 111 16 4986 2493 2493 5 233 192
E 10 2 111 16 2874 280 1878 716 50 12 225 165 192
E 11 2 111 16 3351 1193 1878 280 12 50 264 225 192
```

Jne...



## LIITE 2 ESIMERKKI TUENTASUUNNITELMAN ESITTÄMISESTÄ PIIRUSTUKSESSA

