



## **BETONIELEMENTTIEN KULJETUS: KUORMAN VARMISTAMINEN**

**betoni**

# Betonielementtien kuljetus: kuorman varmistaminen

## Esipuhe

Betonielementtien kuljettaminen vaatii erikoiskalustoa ja osaamista. Liikenteen ja kuljetushenkilöstön turvallisuudesta on pidettävä huolta. Tämä toteutetaan huolehtimalla lastaus- ja purkuolosuhteista, kalustosta, sidontavälineistä, riittävästä tuotekohtaisista käsittelyohjeista ja kuljetuksiin osallistuvan henkilöstön koulutuksesta sekä erityisesti riittävästä tiedonsiirrosta eri osapuolten välillä elementin suunnittelijasta aina työmaalla toimiviin almiehiin ja elementtiasentajiin asti.

Liikenteessä elementtikuorma tulee olla varmistettuna siten, etteivät elementit pääse liikkumaan tai kaatumaan kuljetuksen aikana kuorman vaikuttavien voimien vaikutuksesta. Elementtikuormat varmistetaan yleensä tukemalla ja sitomalla. Elementtikuormat on maantiekuljetuksissa sidottava standardin EN-12195-1 mukaisesti.

Tämä elementtien sidonta-, tuenta- ja kuljetusohje on tarkoitettu paitsi kuljetushenkilöstölle, myös elementtien tuotannosta ja lastaustoiminnoista vastaaville sekä elementtejä vastaanottavalle työmaahenkilöstölle.



Ohjeen on kirjoittanut Tom Johnsson Betoniteollisuus Ry:n tilauksesta työryhmässä, johon ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Janne Kihula, pj.	Betoniteollisuus ry
Marko Leskinen	HY Transport Oy
Rauno Lind	Rakennuskuljetus Teuvo Lind ky
Toni Torpakko	Consolis Parma Oy
Pekka Ruotsalainen	Lujabetoni Oy
Juha Merjama	Tapaturva Oy
Tom Johnsson	Tapaturva Oy

Tammikuu 2025  
Betoniteollisuus ry

# Sisältö

1	Lait, asetukset ja määräykset .....	3
1.1	Vastuurajat ja toimitussopimukset .....	4
2	Betonielementtien varmistaminen kuljetuksen aikana .....	5
2.1	Tausta .....	5
2.2	Kuorman varmistaminen .....	5
2.3	Tuentapintojen välinen kitka .....	6
2.4	Kuorman sitomista koskevat yleiset vaatimukset .....	7
2.5	Mitoitusperusteet .....	8
2.6	Betonielementtien sidontatarve maantiekuljetuksissa .....	9
2.6.1	Ylisidonta (kitkasidonta) .....	9
2.6.2	Suorasidontamenetelmät .....	11
3	Kuljetuskalusto ja sidontavälineet .....	18
3.1	Kuljetuskalusto .....	18
3.1.1	Kuormakorien seinien ja tukien lujuudet .....	18
3.1.2	Kuormakorissa olevat sidonta- tai kiinnityspisteet .....	18
3.1.3	Erilaisia kuorman tuentarakenteita, joita käytetään kuljetuksissa .....	19
3.2	Sidontavälineet .....	21
4	Lastaus ja purku .....	22
4.1	Lastaus- ja purkupaikat .....	22
4.2	Ajotiet ja liittymät .....	23
4.3	Työturvallisuus ja kuljettajien toiminta .....	24
5	Tuoteryhmäkohtaiset kuljetus- ja sidontaohjeet .....	25
5.1	Ontelo-, kuori- ja massiivilaatat .....	25
5.2	TT- ja HTT-laatat .....	26
5.3	Teräsbetoniset palkit, pilarit ja paalut .....	27
5.4	Jännebetoniset suorakaide- ja leukapalkit .....	27
5.5	Jännebetoniset I- ja HI-palkit .....	28
5.6	Seinäelementit .....	29
5.7	Ratapölkkyt, maatalouden siilo- ja säiliöelementit .....	31

# 1 Lait, asetukset ja määräykset

Betonielementtien maantiekuljetuksia koskevia vaatimuksia ja vastuita sekä kuorman varmistamista käsitellään mm. seuraavissa laeissa ja asetuksissa: Tieliikennelaki, Ajoneuvolaki, Tiekuljetussopimuslaki, Laki liikenteen palveluista, Työturvallisuuslaki, Valtioneuvoston asetus ajoneuvoista ja Valtioneuvoston asetus työssä käytettävien ajoneuvojen peruutushälyttimestä. Asiaa käsitellään lisäksi mm. seuraavissa Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) määräyksissä: Kuormakorit ja kuorman varmistaminen sekä Erikoiskuljetukset ja erikoiskuljetusajoneuvot.

Siirtymämääräyksiä elementtikuljetuksiin liittyen Traficomien määräyksessä 'Kuormakorit ja kuorman varmistaminen', 31.3.2021:

- Kuorman varmistusvoimia laskettaessa saa käyttää ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä annetun liikenneministeriön päätöksen (940/1982) 6 §:n mukaista etupäädyn ja 8 §:n mukaista kiinnityspisteiden lujuuutta, jos ajoneuvo on otettu käyttöön ennen 1.1.2022.
- Vaihtokorin lukituslaitteet, jotka on otettu ensimmäisen kerran käyttöön ennen 1.6.2021, saa muutoskatsastuksessa hyväksyä 31 päivään joulukuuta 2025 saakka ajoneuvoon, joka on otettu ensimmäisen kerran käyttöön ennen 1.6.2021, vaikka lukituslaitteita ei ole testattu määräyksen 3.1 kohdan mukaisesti. Tällaisen ajoneuvon hyväksynnässä on esitettävä valmistajan todistus tai valmistajan kilpi lukituslaitteille hyväksytystä massasta.

Tieliikennelaissa edellytetään kuormaamaan auto siten, ettei se aiheuta vaaraa tai vahinkoa kenellekään. Lähettäjän, kuljetusliikkeen ja kuljettajan vastuusta ja tehtävistä annetaan Tieliikennelaissa ja Työturvallisuuslaissa seuraavia ohjeita:

- **Lähettäjä** vastaa tuotteen lastauksen ja purun käsittelyohjeista sekä siitä, että tuotteissa olevat elementin valmistajan määrittämät sidontapisteet kestävät kuljetuksen aikana niihin kohdistuvat voimat.
- **Kuljetusliike** vastaa lähettäjän toimittamien tuotetietojen perusteella siitä, että kuljetukseen käytettävä ajoneuvo, kalusto ja välineet soveltuvat tehtävään ja kuljetettavalle tavaralle.
- **Kuljettajan** on mahdollisuuksien mukaan arvioitava tehtaalla valmiiksi niputettujen elementtien valmiskuormien tieliikennekelpoisuus. Tällaisen nipun hajoamisen estämiseen sidonnalla tulee kiinnittää erityistä huomiota. Valmiskuormien osalta myös lähettäjällä voi olla vastuita liittyen mm. valmiskuormien niputuksessa käytettyjen välineiden kuntoon sekä kuljettajalta piiloon jäävistä epäkohdista nipussa. Esimerkiksi irtotavaraa, joka voi irrota liikenteessä, ei saa olla.
- **Lähettäjän ja kuljetusliikkeen** on huolehdittava siitä, että heidän palveluksessaan olevilla kuormaukseen ja kuljetukseen osallistuvilla henkilöillä on oikeat ja riittävät tiedot kuormattavasta tavarasta, ajoneuvosta ja välineistä sekä siitä, että henkilöt tuntevat työtehtäviensä koskevat kuormausta ja kuljetusta koskevat ohjeet, säännökset ja määräykset.

Yleiset ohjeet lähettäjän ja kuljettajan vastuista tieliikenneturvallisuudesta:

1. Kuljettaja kuormaa tavarat kokonaan itse (nostaa lavalle, sijoittaa ja kiinnittää/tukee)  
=> kuljettaja vastaa kuorman liikenneturvallisuudesta
2. Lastaaja nostaa/siirtää tavarat autoon kuljettajan lastausohjeiden mukaisesti. Kuljettaja kiinnittää ja tukee lastin => kuljettaja vastaa kuorman liikenneturvallisuudesta
3. Lastaaja tai kuljettaja kuormaa tavarat ja tukee tai kiinnittää sen toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti. (tällainen tilanne voi syntyä erityistapauksissa betonielementtien kuljetuksessa)  
=> sekä ohjeiden antaja että kuljettaja vastaavat kuorman liikenneturvallisuudesta
4. Kuljettajalle jää velvollisuuksia silloinkin, kun joku muu on kuormannut ja sijoittanut tavarat.  
=> kuljettajan on mahdollisuuksien mukaan aina varmistettava, ettei kuorman sijoittelussa ja kiinnityksessä ole selvästi havaittavia puutteita, jotka voivat vaarantaa liikenneturvallisuutta.

Kuljettajalla on oikeus ja velvollisuus kieltäytyä kuljettamasta liikenneturvallisuutta tai kuorman laillisuutta vaarantavaa kuormaa. Tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi, kun kuorma on koottu asennusjärjestyksessä, jonka takia kuorman painopiste tai painojakauma vaarantaa liikenneturvallisuuden.

- Lait ja asetukset löytyvät Finlexistä osoitteesta [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)
- Traficomien määräykset löytyvät osoitteesta [www.traficom.fi](http://www.traficom.fi)

## 1.1 Vastuurajat ja toimitussopimukset

Yleisin sopimuksen toimitustapalauseke on vapaasti autossa työmaalla, jolloin tavarantoimittaja vastaa siitä, että tavara on ehjänä työmaalla sovittuna aikana. Elementtikeruon purku tapahtuu yhteistyössä työmaan edustajien kanssa.

Kuljettajan tehtävänä on varmistaa keruon purun turvallisuus niiltä osin, kun se kuljettajalle on mahdollista. Kuljettajan tulee esimerkiksi varmistaa, että purku tapahtuu oikeassa järjestyksessä eikä sidontaa avata, jos sen avaaminen voi vaarantaa purkutapahtuman.

- Kuljettaja voi kiinnittää nostoapuvälineen työmaan valvonnassa ja vastuulla, mutta alamiehen on oltava työmaalta. Tällaisessa tapauksessa kuljettajalla on oltava oman työnantajansa kirjallinen lupa asennusnosturissa olevan nostoapuvälineen kiinnittämiseen.
- Työmaan alamies antaa ohjeet työmaan nosturille. Eli vastuu nostoista on työmaalla koko purkutapahtuman ajan.
- Kuljettajan on keskeytettävä nosto, mikäli hän havaitsee puutteen esim. nostoelimestä, nostovälineessä tai työympäristössä.

Kuljettajan osallistuminen keruon purkuun on syytä sopia kirjallisesti etukäteen: jos jotain menee purkutapahtumassa pieleen, ovat sopimukset vastuutahojen määrittämisessä avainasemassa. Kääntäen: jos kuljettaja tekee esimerkiksi oma-aloitteisesti työtä, johon hänellä ei ole lupaa ja josta aiheutuu tapaturma tai materiaalivahinko, voi tästä aiheutua seuraamuksia myös kuljettajan työnantajalle.

Lue lisää alamiehenä toimimisen vaatimuksista Betoniteollisuuden alamiesohjeesta:

[https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Alamiesohje\\_16-6-2020.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Alamiesohje_16-6-2020.pdf)

Kireiden pakkasten aikana on noudatettava työmaiden ja tehtaiden ulkotiloissa käytössä olevien koneiden ja välineiden sallittuja käyttöolosuhteita. Näitä ovat mm. elementtikeruomauksessa käytettävät nosturit ja nostoapuvälineet. Käyttöolosuhteita koskevat tiedot ovat tyypillisesti esitettyinä koneen tai välineen käyttöohjeissa tai muussa teknisessä dokumentaatiossa. Näistä poikkeaminen voi aiheuttaa koneiden ja välineiden rakenteisiin lujuutta heikentäviä vaurioita, jotka voivat tulla esiin vasta paljon myöhemmin, kun välinettä kuormitetaan. Lisäksi koneiden käyttöikä lyhenee. Myös elementtien mahdollinen kiinnijäätyminen on otettava huomioon ennen nostoon ryhtymistä. Rakennustuotteiden toimituksissa on syytä ottaa huomioon, että lämpötilaerot voivat olla suuria maan eri osien välillä ja tästä voi aiheutua esimerkiksi katkoksia elementtien kuormaamiseen tehtaalla tai purkamiseen työmaalla.

### **Työmaaperehdytys**

Kuljettaja on perehdytettävä työmaahan niiltä osin, kun se liittyy keruon purkuun - kuten purkupaikan välineisiin, purkupaikkaan putoamissuojauksineen, ajoneuvon saapumiseen/kääntämiseen/poistumiseen työmaalta, liikenteenohjauksikäytännöt, kuljetusdokumenttien käsittely ja työmaan edellyttämät varusteet. Annettu/saatu perehdytys on voitava todentaa jälkikäteen esim. allekirjoitetusta perehdytyslomakkeesta.

## 2 Betonielementtien varmistaminen kuljetuksen aikana

### 2.1 Tausta

Tämä ohje perustuu lainsäädännössä ja viranomais määräyksissä esitettyihin vaatimuksiin ajoneuvojen kuormaamista ja kuorman varmistamista varten maantieliikenteessä. Käytännössä kuorma on varmistettava ja sidottava standardin SFS-EN 12195-1:2010 mukaisesti. Ohjeessa on lisäksi hyödynnetty EU-ohjetta kuorman varmistamiseksi kuljetuksissa sekä muita kansallisia ja kansainvälisiä edellä mainitun standardin mukaisia ohjeita.

- Standardit voi ostaa esimerkiksi Suomen standardisoimisliiton verkkokaupasta osoitteessa <https://sales.sfs.fi>
- 'Eurooppalaisia parhaita toimintatapoja koskevat suuntaviivat 2014 Kuorman varmistaminen tieliikenteessä'. Saatavissa: <https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/30c7c1dc-f26e-44af-bd4c-2434b43edd7e>
- Haklift, 'Kuorman varmistaminen maantiekuljetuksissa', painos 2023.1

Ohjeessa käytettyjä yksiköitä ja termejä:

- LC-arvo = sidontakyky, joka yleensä annetaan voiman yksikössä daN (dekaNewton).
- $S_{TF}$ -arvo = sidontavälineen kiristysvoima, kun se on kiristetty sidontavälineen kiristimellä normaaliin käsikireyteen. Yleensä annettu voiman yksikössä daN.  $S_{TF}$ -arvo eri sidontavälineillä on yleensä välillä  $0,1 \times LC - 0,5 \times LC$  ja määräytyy sidontaketjun ja siinä käytetyn kiristimen perusteella valmistajan ilmoituksen mukaisesti.
- $S_{HF}$ -arvo = kiristimen normaali käsikireys, yleensä 50 daN.
- Eräitä yksikkömuunnoksia:  $1 \text{ daN} \approx 1 \text{ kg}$   
 $1 \text{ tonni (1 000 kg)} \approx 1 000 \text{ daN} = 10 \text{ kN (kiloNewton)} = 10 000 \text{ N (Newton)}$ .

**Huom! Tässä ohjeessa on käytetty sidontavoimia laskettaessa useista muista ohjeista poikkeavia kuormanvarmistuksen sidontakulmia. Mikään ei estä käyttämästä sidontavoimien määrittämiseen muita standardin SFS-EN 12195-1 mukaisia ohjeita.**

### 2.2 Kuorman varmistaminen

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa kuljetuksen aikana siirtyä, kaatua tai pudota. Kuorma varmistetaan yleensä tukemalla ja sitomalla. Elementtikuormien maantiekuljetuksissa kuljetuksen aikainen tärinä aiheuttaa sitomattoman kuorman liikkumista.

Kuorma asetetaan lähtökohtaisesti kiinni kuormakorissa oleviin tukirakenteisiin. Yleisessä tuennassa tyhjätkohdat täytetään tukimateriaalilla, joka ei muuta muotoaan tai kutistu pysyvästi. Jos betonielementtien tai muunlaisten tiiviiden ja jäykkien kuormien osien väliin jää tyhjää tilaa, on jokainen kuorman osa sidottava erikseen.

Kuorma ei saa oleellisesti liikkua, kun kuormaan vaikuttaa:

- eteenpäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä  $8 \text{ m/s}^2$
- sivulle tai taaksepäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä  $5 \text{ m/s}^2$ .

**Betonielementit tulee tukea ja sitoa eteenpäin voimalla, joka on 80 % kuorman painosta. Sivulle ja taaksepäin sidotaan voimalla, joka on 50 % kuorman painosta - jos kuorma voi kaatua, 60 % kuorman painosta.**

Kuorman ja kuljetusalustan välinen kitka voidaan ottaa huomioon tarvittavaa tuenta- ja sidontavoimaa määritettäessä. Kitka on aina pyrittävä maksimoimaan.

Ajoneuvon kuormakorissa ja kuljetusalustassa olevien rakenteiden suoritusarvot tulee olla kuorman varmistuksen toteuttavan henkilön tiedossa (esim. kuorman varmistamiseen käytettävien tukitolppien, etu- ja takaseiniin sekä muiden tukien ja sidontapisteiden). Suoritusarvot tulee olla myös merkittyinä kuormakorissa ja/tai ajoneuvon dokumentaatioissa. Kuorman varmistamiseen käytettyjen sidontavälineiden, kuten ketjujen ja kiristimien, suoritusarvot tulee olla merkittyinä välineeseen. Sidontatarve eri sidontamenetelmillä lasketaan kuorman varmistamiseen käytettyjen tukien, sidontavälineiden ja sidontapisteiden suoritusarvojen perusteella.

Lisäksi tiettyjen betonielementtityyppien kuljetuksissa käytetään kuorman sidonnassa betonielementeissä olevia kiinnityspisteitä. Tällaisissa tapauksissa myös betonielementeissä olevien kiinnityspisteiden suoritusarvot on tunnettava, koska ne voivat muodostua rajoittavaksi tekijäksi kuorman varmistamisessa.

## 2.3 Tuentapintojen välinen kitka

Kuorman pysyminen lavalla tulee varmistaa siten, että kitka on mahdollisimman hyvä. Pinta saa olla kuiva tai märkä mutta sen tulee olla puhdas: ei öljyä, rasvaa tai muuta vastaavaa likaa kuten mutaa, pölyä tai hiekkaa. Kitkaa voidaan parantaa tarkoitusta varten valmistetuilla kitkamatoilla ja -materiaaleilla, mutta myös silloin pintojen on oltava puhtaat. Talviolosuhteissa on lavan ja kuorman väliseen kitkaan syytä kiinnittää erityistä huomiota mm. poistamalla lavalla ja kuorman tukipinnoilla oleva lumi ja jää.



*Kitkamatto valitaan sen valmistajan ilmoittaman kuormituskestävyyden perusteella (esim. 290 tonnia/m<sup>2</sup>) huomioiden kuorman paino ja sen kosketuspinta-ala kitkamaton.*

Päällekkäin kuljetettavissa elementeissä (esim. ontelolaatat) elementtien väliin ja alle asennetaan puutuet (välipuut) sahatavarasta. Väli- ja aluspuut eivät saa keikahtaa, eli ne eivät saa olla korkeampia kuin mitä ne ovat leveitä. Muutoksiin korkeus-/leveysuhteessa voi johtaa esimerkiksi kitkamateriaalien käyttö kontaktipinnoilla. Lisäksi väli- ja aluspuiden tulee olla hyväkuntoiset (esim. ei lahoja, kulmat pyörityneitä tai jäisiä). Sidonta koko sidontavoimalle tehdään yleensä ylimmän elementtikerroksen yli välipuiden kohdalta. Pinossa välissä olevien elementtien kitka riittää pitämään elementit paikoillaan, jos käytetyt välipuut ovat sahatavarasta. Metallipankkoa ei saa asentaa suoraan metallialustalle, vaan väliin laitetaan kitkamatto. Elementtien tukemiseksi ei kuorman välipuuta tai aluspuuta saa pinota päällekkäin tai tehdä muita tukivirityksiä. Kaikissa erikoistapauksissa tuenta on suunniteltava erikseen yhteistyössä elementin valmistajan kanssa.

Yleisesti elementtikuljetuksissa käytössä olevista kuljetusalustoista voidaan antaa seuraavia SFS-EN 12195-1 mukaisia arvioita kitkakertoimista:

- **Puisilla tai vaneripintaisilla** kuljetusalustan pinnoilla saavutetaan yleensä parhaat kitkakertoimen arvot
  - Kitkakerroin on puu- tai vaneripintaisilla kuljetusalustoilla 0,45, kun betonielementtien välissä on puiset välipuut ja alla aluspuut sahatavarasta tai teräksestä.
- **Teräksisillä** kuljetusalustoilla kitkakertoimet ovat yleensä liian pienet ilman lisätoimenpiteitä, jolloin on käytettävä kitkamattoja tai -materiaaleja kitkan parantamiseksi
  - Kitkakerroin on teräspintaisilla kuljetusalustoilla 0,45, kun betonielementtien välissä on puiset välipuut sahatavarasta ja kitkamatto kuljetusalustalla. Käytettäessä aluspuina terästukia (teräsrankkoja) kitkamateriaali tulee laittaa molemmiin puolin terästukea (sekä teräsrankkoja että elementtiä vasten).
- Kun edellä mainituilla kuljetusalustoilla on käytetty aluspuina ja/tai välipuina terästukia (teräsrankkoja), joiden päälle on betonielementtiä suojaamaan asetettu suojapuu sahatavarasta, on kitkakerroin 0,3 edellyttäen, että teräksistä kuljetusalustaa vasten asetetun terästuen alla on kitkamatto. Lähtökohtaisesti kitkamateriaalia laitetaan molemmiin puolin terästukia, jolloin saavutetaan edellisissä kohdissa mainittu kitkakerroin 0,45.
- Talviolosuhteissa riippumatta alustasta tai kitkamattojen käytöstä on kitkakerroin enintään 0,2, kun jäätä tai lunta ei saada kokonaan poistettua kontaktipinnoilta.

## 2.4 Kuorman sitomista koskevat yleiset vaatimukset

Kuorman sitomisessa tulee ottaa huomioon seuraavat vaatimukset:

- Kuorman sitomiseen käytettävät sidontavälineet sekä sidontapisteet ja tuet kuljetusalustassa ovat kunnossa.
- Sidontavälineiden suoritusarvot tulee olla merkittyinä välineeseen.
- Kuljetusalustassa olevien sidontapisteiden ja tukien suoritusarvot tulee olla merkittyinä sidontapisteeseen ja tukeen tai kuljetusalustassa tai ajoneuvon mukana olevissa tiedoissa.
- Vain sellaisia sidontavälineitä, sidontapisteitä ja tukia saa käyttää kuorman sitomiseen ja tukemiseen, joiden suoritusarvot tunnetaan.
- Sidontapisteiden kielletyt vetokulmat on huomioitava.
- Yhteen sidontapisteeseen saa kiinnittää vain yhden sidontavälineen, mikäli sidontapisteeseen todistuksista ja tiedoista ei muuta johdu.
- Sidontavälineet kiristetään käsivoimin niiden käyttöohjeen mukaisesti ja huolehditaan, että niiden kuormaan kohdistama voima kohdistuu oikein. Edellinen ei toteudu, jos esimerkiksi sidontaketju ei pääse vapaasti kiristymään kuorman yli. Sidontavälineiden kireys on tarkastettava kuljetuksen aikana ja aina vähintään ensimmäisen kuljetuskilometrin jälkeen - esim. ennen tehdasalueelta poistumista.
- Sidontavälineen  $S_{TF}$ -arvo kertoo sidonnan standardinmukaisen kiristysvoiman, kun sidontavälineen kiristin on kiristetty normaaliin käsikireyteen (yleensä 50 daN). Tätä suoritusarvoa käytetään kuorman ylisidonnassa, jota kutsutaan myös kitkasidonnaksi (Standard Tension Force, EN 12195-2, -3 ja -4). Kiristysvoima  $S_{TF}$  voidaan todentaa asentamalla sidontavälineeseen voimamittari.
- Sidontavälineen LC-arvo kertoo sen sidontakyvystä. Tätä suoritusarvoa käytetään suorasisidonnassa sekä valjas- ja silmukkasidonnassa (Lashing Capacity, EN 12195-2, -3 ja -4).
- Sidontapisteeseen on kestävä sidontavälineen sidontapisteeseen kohdistama voima vetosuunnassa. Jos sidontapisteeseen kestävä voima on pienempi kuin sidontavälineen, käytetään sidontapisteelle määritettyä sidontakykyä sidontojen laskennassa.
- Jos kuorman sidonnassa käytetään elementeissä olevia kiinnityspisteitä (esimerkiksi elementtien nostolenkit, vaijerinostolenkit, hajateräkset, parvekkeiden tms. sisäkierrereankkureissa olevat pultit, kiinnitysraudat jne.) voivat näiden suoritusarvot muodostua sidontavoimaa rajaaviksi. Nämä siis eivät ole automaattisesti kuormansidontaan soveltuvia sidontapisteitä ilman valmistajan lupaa.
- Yksittäisen siteen tai kiinnittimen irtoaminen, vaurioituminen tai löystyminen ei saa heikentää muuta kuorman sidontaa.
- Sidontavälineen kiristyslaitteet on sijoitettava niin, etteivät ne lisää ajoneuvon leveyttä.
- Jos käytetään useampia sidontavälineitä kuorman sitomiseksi, joka toinen sidontavälineen kiristin asetetaan eri puolelle kuormaa.
- Sidontavyö (kuormaliina) ei saa olla ajoneuvon tai kuorman terävää reunaa vasten. Tarvittaessa sidontaväline ja/tai kuorma on suojattava sopivalla tavalla, esimerkiksi kulmasuojilla.
- Myös sidontaketjut voivat vaurioitua terävistä reunoista ja tarvittaessa ketjut sekä kuorma on suojattava (Kuva 1). Kulmasuojien käyttö helpottaa myös sidontaketjujen tasaista kiristymistä reunojen yli. Lisäksi sidonta löystyy, mikäli kuormassa oleva tuote murtuu sidontaketjun vaikutuksesta kuljetuksen aikana.
- Sidontakulmat vaikuttavat merkittävästi sidontavälineen sidontavoimaan.



Kuva 1. Sekä sidontaketjut että kuorma suojataan vaurioitumiselta.



## 2.5 Mitoitusperusteet

Elementtien sidontojen mitoitusperusteet **tässä ohjeessa** ovat:

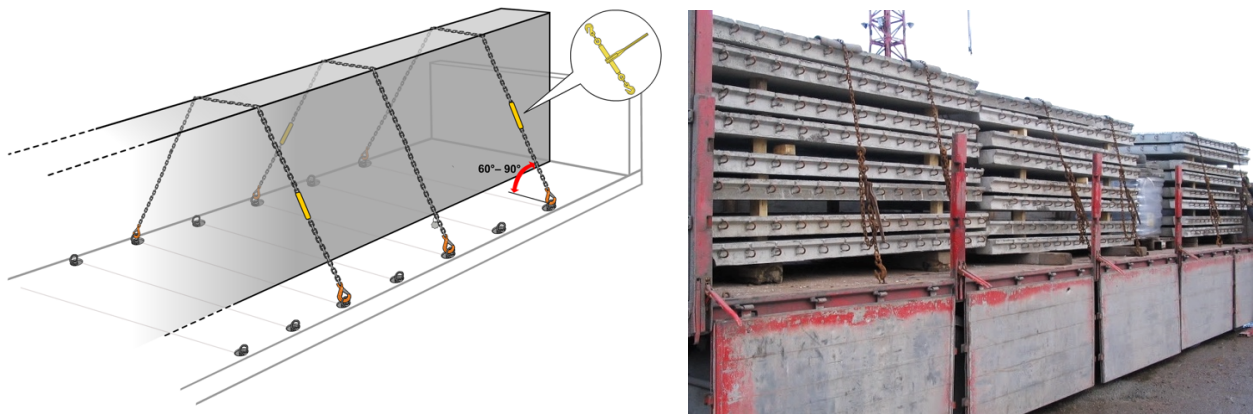
- Kitkakerroin puu- tai vanerialustalla, välipuut sahatavarasta: 0,45
- Kitkakerroin teräsalustalla tai puualustalla, kun on käytössä kitkamatto ja välipuut sahatavarasta: 0,45
- Kitkakerroin puu- tai vanerialustalla tai teräsalustalla, kun käytössä on kitkamatto ja terästuen (teräsrankon) ja elementin välissä on suojapuu sahatavarasta: 0,3
- Kitkakerroin talviolosuhteissa, jos kontaktipintoja ei saada puhdistettua kokonaan lumesta ja jäätystä: 0,2 (tai alle)
- Suorasidonnassa (kuormassa olevista sidontapisteistä) sidontavälineen valinnassa käytetään sen sidontakykyä (LC-arvo). Sidonnan pystysuora kulma on välillä 30° - 60° ja poikittais-/pituussuuntainen kulma välillä 30° - 60°.
- Valjassidonnassa sidontavälineen valinnassa käytetään sen sidontakykyä (LC-arvo). Sidonnassa eteen- ja taaksepäin sidontavälineiden kiinnityskulma molemmin puolin kuormaa on vaakatasoon nähden enintään 60° ja kulma kuorma-alustan pituussuunnassa välillä 30° - 0°. Kaksi sidontavälinettä ristiin kuorman edestä tai takaa on valjassidonnan yksi muoto.
- Ylisidonnassa (kitkasidonta) sidontavälineen valinnassa käytetään sen tehollista kiristysvoimaa ( $S_{TF}$ -arvo). Ylisidonnassa sidontavälineet kulkevat kohtisuoraan kuorman yli. Pystysuora kulma kuormalavan vaakatasoon nähden on välillä 60° - 90°. Lähtökohtaisesti kuorma, joka on pidempi kuin se on leveä, sidotaan vähintään kahdella ylisidonnalla.
- Ohjeessa esitetyt sidontavoimat eri sidontamenetelmille noudattavat yllä esitettyjä sidontakulmia, mikäli muuta ei ole mainittu. Jos esitetyistä sidontakulmista joudutaan poikkeamaan pakottavasta syystä, on sidontalaskelmat tehtävä standardin 12195-1 kaavojen avulla.
- Valittaessa sidontakulmaa on otettava myös huomioon kiinnityspisteiden sallitut vetokulmat.
- Jos sidontavälineen LC-arvo suora- tai valjassidonnassa on suurempi kuin kiinnityspisteen LC-arvo, käytetään mitoitusarvona kiinnityspisteen sidontakyvyn arvoa (LC-arvo).
- Jos suora- ja valjassidonnoissa on lupa hyödyntää elementeissä olevia kiinnityspisteitä, voivat näiden suoritusarvot muodostua sidontavoimaa rajaaviksi. Näiden kiinnityspisteiden suoritusarvot ilmoittaa elementin valmistaja.
- Ohjeessa esitetyt sidontavoimat on laskettu tyypillisen kuljetuskaluston kiinnityspisteiden sidontakykyjen (LC daN) sekä eniten käytettyjen kuormansidontaketju-kiristinyhdistelmien sidontakykyjen (LC) sekä niiden tehollisten kiristysvoimien ( $S_{TF}$ ) perusteella. Mikäli kaluston ja/tai sidontavälineiden suoritusarvot poikkeavat esitetyistä, voidaan taulukkojen arvot korjata kertoimella ohjeessa esitetyllä tavalla. Esimerkiksi, jos käytössä on 10 tai 12 -luokan ketjut.
  - **Yleisin betonielementtien kuljetuksissa käytetty sidontaväline on lyhythahloinen ketju (luokka 8), jonka lenkin halkaisija on 10 mm, sidontakyky (LC) 6 300 daN ja kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) 1 575 daN siihen sopivalla kiristimellä, joka on kiristetty käyttäen normaalia käsivoimaa (50 daN). Lisäksi betonielementtien kuljetuksissa käytetään 8 mm (luokka 8) sidontaketjuja (LC 4 000 daN,  $S_{TF}$  1 000 daN).**
  - **HUOM! eri sidontavälinevalmistajat ovat määritelleet ketjuille ja kiristimelle niiden suoritusarvot, jotka ovat merkittävänä välineisiin. Valmistajan ilmoittamia suoritusarvoja sekä käyttöohjeita on noudatettava kuormansidonnassa.**
- Yleinen kaava kuljetusalustassa olevien tukien tuentakyvyn huomioimiseksi: kuorman massa (tonnia) = tuen tuentakyky (kN)/9,81/( $c_{x,y}$  -kitkakerroin), jossa  $c_{x,y}$  on 0,8 eteen ja 0,5 taakse sekä sivuille.
- Kuorman kaatumisen estämiseksi tuen on yletyttävä riittävän korkealle (n. 2/3 kuorman korkeus), muutoin on kaatumisen estämiseksi käytettävä sidontaa.

## 2.6 Betonielementtien sidontatarve maantiekuljetuksissa

Tämän kappaleen taulukoissa on laskettu sidontatarve erityyppisillä betonielementtien sidontamenetelmillä, -välineillä ja eri kuorman ja kontaktipintojen välisillä tyypillisillä kitkan arvoilla. Betonielementtien sitominen maantiekuljetuksia varten tapahtuu kitka- ja suorasideon eri muodoilla. Ensimmäinen on esitetty kitkasidonta, jolla estetään kuorman liukuminen sivuille, tämän jälkeen arvioidaan edellyttääkö kuorman kaatumisen estäminen lisäsidontaa ja onko tarvetta kitkasidonnan lisäksi käyttää suorasideon menetelmiä kuorman varmistamiseksi.

### 2.6.1 Ylisidonta (kitkasidonta)

Ylisidonnalla estetään kuorman liukuminen sivuille, eteen- ja taaksepäin sidontavälineen tuottaman kiristysvoiman avulla. Lisäksi ylisidonnalla voidaan estää kuormaa kaatumasta. Elementtikuormat sidotaan yleensä vähintään kahden ylisidonnan avulla.



Kuva 2. Kitkasidonta eli ylisidonta. HUOM! oikealla olevassa kuvassa ketjut vedetään välipuiden kohdalta.

Ylisidonnassa sidontaketju vietään kohtisuoraan kuorman yli ja kiinnitetään molemmilla puolilla kuljetusalustassa oleviin sidontapisteisiin. Ylisidonnat asetetaan symmetrisesti eli tasaisin välein koko kuorman pituudelta ja sidontavälineiden kiristimet asetetaan vuorotellen eri puolille kuormaa. Nipuissa olevissa kuormissa, kuten ontelolaattakuormissa, ylisidontakohdat sijaitsevat nippujen välipuiden kohdalla. Sidontaväline kiristetään käsin sidontavälineen kiristimen ominaiseen käsikireyteen. Kuorma ja ketjut suojataan tarvittaessa kulmasuojilla. Ylisidonnassa sidontaketjun sidontakulma kuljetusalustan ja ketjun välillä tulee olla välillä 60°-90°, jotta tässä ohjeessa esitetyt sidontavälineiden lukumäärät voidaan käyttää. Jos kulma on välillä 30°-60° kaksinkertaistetaan esitetyt sidontavälineiden lukumäärät. Alle 30° sidontakulmaa ei tule käyttää ylisidonnassa.

Taulukko 1 esittää sidontavälineiden tarpeen ylisidonnalla, kun halutaan estää kuorman liukuminen sivusuunnassa käytettäessä elementtikuormille tyypillisiä kitkakertoimia ja kahden eri sidontaketjun standardin mukaisella kiristysvoimalla ( $S_{TF}$ ). Samasta taulukosta löytyy myös tieto kuorman painosta, jonka ylisidonta estää liukumasta eteenpäin. Tätä tietoa käytetään arvioimaan, tarvitaanko kuorman eteenpäin liukumisen estämiseksi lisäksi esim. suorasideon tai tuentaa. Elementtikuormat tarvitsevat usein lisä tuentaa tai -sidontaa. Tämä korostuu erityisesti, kun kitka kuorma-alustan tai nippujen välissä on alhainen (esim. teräsalustat).

Taulukko 1. Kuorman massa tonneissa, jonka ylisidonta (Kuva 2) estää liukumasta sivulle, taakse ja eteen, kun käytetään sidontavälinettä, jonka kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) on 1000 daN tai sidontavälinettä, jonka kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) on 1575 daN. Taulukossa esitetyt arvot pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden, kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90° välillä ja sidontaketjut on kiristetty kiristysvälineen mukaiselle käsikireydelle kuorman yli.

Kuorma tonneissa, jonka ylisidonta estää liukumasta sivuille ja taakse						
Sidontavälineet, lukumäärä	Kitkakerroin 0,45		Kitkakerroin 0,3		Kitkakerroin 0,2	
	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN
2	29	46	4,8	8	2,1	3,4
3	43	68	7,2	11	3,2	5,1
4	58	91	9,6	15	4,3	6,7
5	72	110	12	19	5,4	8,4
6	87	130	14	22	6,4	10
8	116	180	19	30	8,6	13

Kuorma tonneissa, jonka ylisidonta estää liukumasta eteenpäin						
Sidontavälineet, lukumäärä	Kitkakerroin 0,45		Kitkakerroin 0,3		Kitkakerroin 0,2	
	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN	$S_{TF}$ 1000 daN	$S_{TF}$ 1575 daN
2	3,6	5,7	1,7	2,7	0,94	1,5
3	5,4	8,6	2,5	4,0	1,4	2,2
4	7,3	11	3,3	5,3	1,9	3
5	9,1	14	4,2	6,7	2,4	3,7
6	11	17	5,1	8,0	2,8	4,4
8	14	22	6,8	10	3,8	5,9

- Mikäli sidontavälineen kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) poikkeaa 1000 tai 1575 daN, voidaan taulukon ylisidontojen tonnimäärät sarakkeessa  $S_{TF}$  1 000 daN korjata kertomalla kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti

$$\frac{\text{Todellinen sidontavälineen kiristysvoima } (S_{TF}) \text{ daN}}{1000 \text{ daN}}$$

Tämän jälkeen tarkastetaan korkeiden kuormien osalta, että elementtikuorma ei pääse kaatumaan sivuille, eteen tai taakse (Taulukko 2 ja Taulukko 3).

Taulukko 2. Sivulle kaatumisen estäminen ylisidonnalla (Kuva 2). Taulukossa on esitetty eri korkeuden ja leveyden suhteilla kuorman massa tonneina, jonka yksi sidontaväline estää kaatumasta (kiristysvoima  $S_{TF}$  1000 tai 1575 daN, kun kuorman painopiste sijaitsee keskellä kuormaa korkeus- ja leveys suunnassa). Taulukossa esitetyt luvut pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden ja kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90°. Useamman vierekkäisen rivin tapauksessa kuorman kappaleet oltava sijoitettuna tiiviisti toisiaan vasten, esimerkiksi kaksi (2) ontelolaattaniippua kuormassa vierekkäin.

Kuorma tonneissa, jonka yksi ylisidonta estää kaatumasta sivulle, kun kuorman painopiste on keskellä								
Korkeus/ Leveys	1 rivi		2 riviä		3 riviä		4 riviä	
	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN
0,6	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	13	21
0,8	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	11	18	4,9	7,8
1	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	5,0	7,9	2,9	4,7
1,2	vakaa	vakaa	9,4	14,8	3,1	4,9	2,1	3,3
1,4	vakaa	vakaa	5,1	8,14	2,3	3,6	1,6	2,6
1,6	vakaa	vakaa	3,4	5,42	1,8	2,8	1,3	2,1
1,8	vakaa	vakaa	2,5	4,07	1,4	2,3	1,1	1,8
2	vakaa	vakaa	2,0	3,25	1,2	1,9	0,99	1,5
2,2	10	15	1,7	2,71	1,1	1,7	0,88	1,3
2,4	7,2	11	1,4	2,32	0,97	1,5	0,78	1,2
2,6	5,3	8,4	1,2	2,03	0,87	1,3	0,71	1,1
2,8	4,0	6,3	1,1	1,8	0,79	1,2	0,65	1,0
3	3,2	5,0	1,0	1,62	0,72	1,1	0,59	0,94
3,2	2,6	4,2	0,9	1,48	0,66	1,0	0,55	0,87

- Betonielementtikuormat tulee yleensä sitoa vähintään kahdella saman lujuisella ylisidonnalla.
- Mikäli sidontavälineen kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) poikkeaa 1000 tai 1575 daN, voidaan taulukon tonnimäärä 1000 daN sarakkeissa kertoa kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Todellinen sidontavälineen kiristysvoima } (S_{TF}) \text{ daN}}{1000 \text{ daN}}$$

Taulukko 3. Eteen ja taakse kaatumisen estäminen ylisidonnalla (Kuva 2), kun sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti kuorman pituussuunnan kaatumispisteiden väliin. Taulukossa on esitetty eri korkeuden ja pituuden suhteilla kuorman massa tonneissa, jonka yksi sidontaväline estää kaatumasta (kiristysvoima  $S_{TF}$  1000 tai 1575 daN, kun kuorman painopiste sijaitsee keskellä kuormaa. Taulukossa esitetyt luvut pätevät vain, kun sidontaketju on kohtisuorassa kuormaa kohden ja kulma ketjun ja kuljetusalustan välillä on 60°-90°.

Kuorma (tonneissa), jonka yksi ylisidonta estää kaatumasta eteen tai taakse				
Korkeus/ Pituus	Eteen		Taakse	
	1000 daN	1575 daN	1000 daN	1575 daN
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	11	18	vakaa	vakaa
1,6	5,0	7,9	vakaa	vakaa
1,8	3,2	5,0	vakaa	vakaa
2	2,3	3,7	vakaa	vakaa
2,2	1,8	2,9	16	25
2,4	1,5	2,4	8,0	12
2,6	1,3	2,0	5,3	8,4
2,8	1,1	1,7	4,0	6,3
3	1,0	1,5	3,2	5,0
3,2	0,9	1,4	2,6	4,2

- Betonielementtikuormat tulee yleensä sitoa vähintään kahdella ylisidonnalla. Saman lujuiset sidontavälineet tulee olla sijoitettuna symmetrisesti kaatumispisteiden väliin kuorman pituussuunnassa.
- Mikäli sidontaketjun kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) poikkeaa taulukossa esitetyistä, voidaan taulukon 1000 daN sarakkeen tonnimäärät kertoa kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Todellinen sidontavälineen kiristysvoima } (S_{TF}) \text{ daN}}{1000 \text{ daN}}$$

Mikäli ylisidonnalla ei voida varmistaa koko kuormaa, käytetään kuorman varmistamiseksi suorasideonnan eri menetelmiä, jotka esitetään seuraavassa.

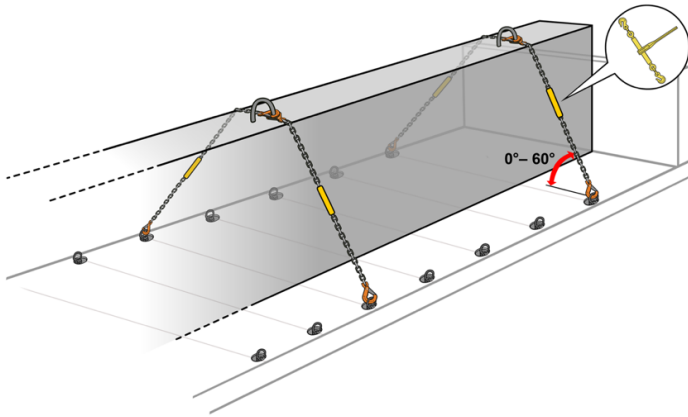
#### 2.6.2 Suorasideonnamenetelmät

Suorasideonnamenetelmillä elementit kiinnitetään elementeissä olevista, elementin valmistajan määrittämistä kiinnityspisteistä sidontaketjujen avulla suoraan kuljetusalustaan TAI sidontavälineet viedään kuorman ympäri estämään kuorman liukuminen ja kaatuminen tiettyyn suuntaan.

**Vinosidonta:** sidontamenetelmä, jossa elementit on sidottu niissä olevista kiinnityspisteistä suoraan kuljetusalustan sidontapisteisiin. Jos nostokorvakkeita on lupa käyttää kuorman sidontaan, on niiden sidontakyky oltava vastaava tai isompi kuin sidontapisteiden tai sidontaketjun, jotta tässä ohjeessa esitetyt taulukoita voidaan käyttää. Lisäksi eri puolille kuormaa sijoitettujen ketjujen on oltava saman lujuiset ja samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa. Vinosidontamenetelmiä käytetään mm. TT- ja HTT-laattojen, I- ja HI-palkkien ja seinäelementtien sidontaan.

#### Pituus- tai poikittaissuuntainen vinosidonta

Kun vinosidonta tehdään kohtisuoraan kuormaa kohti symmetrisesti kuorman eri puolilta kahdella saman lujuisella ketjuilla samassa pystykulmassa ja ketjut kiinnittyvät elementissä olevaan sidontapisteeseen (Kuva 3), käytetään sidontatarpeen määrittämiseen Taulukko 4 ja Taulukko 5 arvoja. Käytännössä tämä sidontamenetelmä edellyttää kuorman varmistamiseksi kaikkiin suuntiin yhteensä kahdeksan (8) sidontaketjua, kaksi (2) jokaiselle puolelle kuormaa. Tätä menetelmää käytettäessä elementtikuormissa pyritään "nollaamaan" elementin kiinnityspisteisiin kohdistuvaa voimaa kiinnittämällä kohtisuoraan eri suuntiin vaikuttavien sidontaketjujen koukut samaan kuormassa olevaan sidontapisteeseen.



Kuva 3. Poikittaissuuntainen vinosidonta kuormassa olevista sidontapisteistä kohtisuoraan kuormaa kohden sivuille liukumisen ja kaatumisen estämiseksi. Sidontavälineet sijoitetaan symmetrisesti kappaleen painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa. Mikäli kuvan mukaisessa sidonnassa sidontakulma on yli 60°, käytetään sidontatarpeen määrittämiseksi ylisidonnalle laskettuja taulukkoja (Taulukko 1 - Taulukko 3).

Taulukko 4. Liukumisen estäminen pituus- tai poikittaissuuntaisella vinosidonnalla, jossa käytetään kahta saman lujuista sidontaa yhden akselin suunnassa ja sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa 0°-60° (Kuva 3).

Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman takaa olevista sidontapisteistä estää liukumasta eteenpäin. Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	3,4	2,4	1,9
4 000 daN	6,9	4,9	3,9
5 000 daN	8,7	6,1	4,9
6 300 daN	11	7,7	6,2
Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman edestä olevista sidontapisteistä estää liukumasta taaksepäin. Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	9,9	5,1	3,6
4 000 daN	19	10	7,3
5 000 daN	24	12	9,1
6 300 daN	31	16	11
Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasidonta kuorman sivusta estää liukumasta sivulle (Kuva 2). Pystysuuntainen sidontakulma 0°-60°			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	9,9	5,1	3,6
4 000 daN	19	10	7,3
5 000 daN	24	12	9,1
6 300 daN	31	16	11

- Käytännössä kuorma sidotaan yleensä kahdella (2) ketjulla joka suuntaan symmetrisesti kappaleen painopisteen ympärille, jolloin taulukon arvot kerrotaan kahdella.
- Erilaisia elementtikuorman tuentarakenteissa (pukit) olevia sidontapisteitä käytettäessä voi olla mahdollista käyttää pienempää pystysuoraa sidontakulmaa. Jos sidontakulma on välillä 0-30° voidaan taulukon tonnimäärät kertoa kertoimella 1,3.
- Mikäli sidontavälineen TAI kuljetusalustan sidontapisteen TAI elementissä olevan sidontapisteen sidontakyky poikkeaa taulukossa esitetyistä sidontakyvyistä, voidaan taulukon 2 000 daN sidontapisteen kuorman tonnimäärät korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

Pienin arvo todelliselle sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvyille (LC) daN

2 000 daN

Taulukko 5. Kaatumisen estäminen pituus- tai poikittaissuuntaisella vinosidonnalla ja kuorman sidontapiste on kuorman yläosassa (Kuva 3). Sidonnassa käytetään kahta saman lujuista sidontavälinettä yhden akselin suunnassa ja sidontavälineet on sijoitettu symmetrisesti painopisteen ympärille samassa pystysuuntaisessa sidontakulmassa, joka on enintään 60°.

Kuorma tonneissa, jonka yksi kohtisuora suorasideonta kuorman sidontapisteestä takaa, edestä tai sivusta estää kaatumasta eteen, taakse tai sivulle												
Korkeus / Pituus tai Leveys	2000 daN			4000 daN			5000 daN			6300 daN		
	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle	Eteen	Taakse	Sivulle
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	20	vakaa	vakaa	40	vakaa	vakaa	50	vakaa	vakaa	64	vakaa	vakaa
1,6	9,4	vakaa	vakaa	18	vakaa	vakaa	23	vakaa	vakaa	29	vakaa	vakaa
1,8	6,4	vakaa	vakaa	12	vakaa	vakaa	16	vakaa	vakaa	20	vakaa	vakaa
2	5	vakaa	vakaa	10	vakaa	vakaa	12	vakaa	vakaa	16	vakaa	vakaa
2,2	4,2	32	10	8,5	65	20	10	81	25	13	100	32
2,4	3,7	17	7,8	7,5	34	15	9,4	43	19	11	54	24
2,6	3,3	12	6,5	6,7	24	13	8,4	30	16	10	38	20
2,8	3,1	9,6	5,6	6,2	19	11	7,8	24	14	9,8	30	17
3	2,9	8,1	5,0	5,8	16	10	7,2	20	12	9,1	25	16
3,2	2,7	7,1	4,6	5,4	14	9,3	6,8	17	11	8,6	22	14

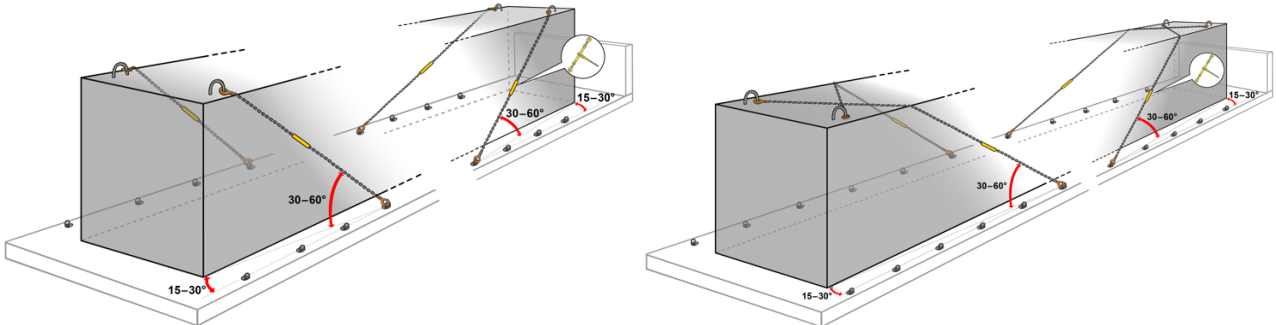
- Käytännössä kuorma sidotaan yleensä kahdella (2) ketjulla joka suuntaan symmetrisesti kuorman painopisteen ympärille, jolloin taulukon arvot kerrotaan kahdella.
- Erilaisia elementtikeruorman tuentarakenteissa (pukit) olevia sidontapisteitä käytettäessä voi olla mahdollista käyttää pienempää pystysuoraa sidontakulmaa. Jos sidontakulma on välillä 0-30°, voidaan taulukon tonnimäärät kertoa kertoimella 1,3.
- Mikäli sidontaketjun TAI kuljetusalustan sidontapisteen TAI elementissä olevan sidontapisteen sidontakyky poikkeaa taulukossa esitetystä sidontakyvystä, voidaan taulukon 2 000 daN sidontapisteen kuorman tonnimäärä korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

Pienin arvo todelliselle sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvylle (LC) daN

2 000 daN

### **Ristikkäisvinosidonta**

Ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista määritetyistä sidontapisteistä käytetään estämään elementtikuormaa liukumasta eteen, taakse ja sivuille. Tällöin, jotta tässä ohjeessa esitetyjä sidontataulukoita voidaan käyttää, vinosidonta vedetään 30°- 60° pystykulmassa vinosti eteen- tai taaksepäin 15°- 30° kulmassa kuormalavan pituusakselin suunnassa symmetrisesti kuorman eri puolilta saman lujuisilla ketjuilla (Kuva 4).



Kuva 4. Ristikkäisvinosidonta eteen, taakse ja sivuille liukumisen estämiseksi kuormassa olevista sidontapisteistä kahdella eri tavalla esitettynä kaaviomaiselle kappaleelle. Elementissä olevien sidontapisteiden oltava suunniteltu sidonnan niihin kohdistamalle voimalle sidonnan suunnassa ja kuljettajan on saatava tieto, miten hän tunnistaa kyseiset sidontapisteet. Ristikkäisvinosidonta yhdistetään yleensä muiden sidontamuotojen, kuten ylisidonnan, kanssa.



Esimerkki ristikkäisvinosidonnan soveltamisesta TT-laattakuormalle.

Sidontatarpeen määrittämiseen ristikkäisvinosidonnalle sidontavälineparilla eteen- tai taaksepäin liukumisen ja kaatumisen estämiseksi käytetään myöhemmin valjassidonnalle esitettyjä taulukoita (Taulukko 7 ja Taulukko 8).

Mikäli sidonnan pystysuuntainen kulma on vähintään 30° ja kuormalavan pituusakselin suuntainen kulma on vähintään 15° astetta (Kuva 4), voidaan sidonnan sivulle liukumisen ja kaatumisen estävä vaikutus huomioida elementtikuormien varmistamisessa (Taulukko 6). Taulukossa esitetään varmistettu kuorma tonneissa, kun sidontaketjupari on kiinnitetty elementissä oleviin sidontapisteisiin symmetrisesti painopisteen ympärille molemmin puolin kuormaa huomioiden taulukossa ja Kuva 4:ssä esitetyt sidontakulmat.

Taulukko 6. Sivulle liukumisen ja kaatumisen estämisen huomioiminen ristikkäisvinosidonnalla käyttäen seuraavia sidontakulmia: Pystykulma 30°- 60° vinosti eteen- tai taaksepäin ja pituussuuntainen kulma välillä 15°- 30°. Kuorman sidontapiste sijaitsee kuorman yläosassa (Kuva 4).

Kuorma tonneissa, jonka yksi ristikkäisvinosidonnalla sidonta kuormassa olevasta kiinnityspisteestä estää liukumasta sivulle, kun kuorman painopiste on keskellä			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	4,9	2,5	1,7
4 000 daN	9,8	4,9	3,4
5 000 daN	12	6,2	4,3
6 300 daN	15	7,8	5,4

Kuorma tonneissa, jonka yksi ristikkäisvinosidonnalla sidonta kuormassa olevasta kiinnityspisteestä estää kaatumasta sivulle, kun sidonta ylettyy kuorman yläosaan ja kuorman painopiste on keskellä				
Korkeus / Leveys	Kaatumisen sivulle			
	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN
2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2,2	2,6	5,3	6,6	8,3
2,4	2,0	4,1	5,1	6,4
2,6	1,7	3,4	4,2	5,3
2,8	1,5	2,9	3,7	4,6
3	1,3	2,6	3,3	4,2
3,2	1,2	2,4	3,0	3,8

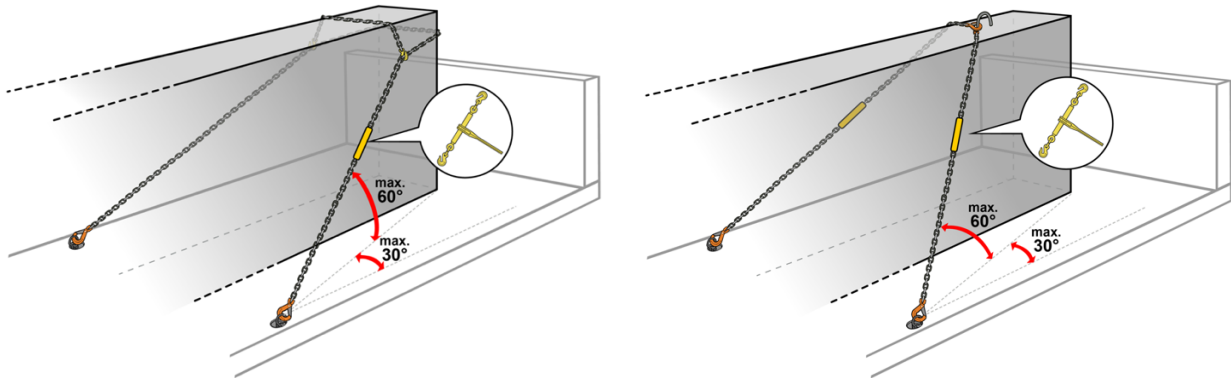
- Käytännössä sidonnassa käytetään aina sidontavälineparia, jolloin taulukossa esitetyt kuormat kerrotaan kahdella.
- Jos kuorma-alustan välinen pituussuuntainen kulma on välillä 30° - 60°, kasvatetaan sivulle liukumisen taulukon arvoja 50 % ja sivulle kaatumisen estämisen taulukon arvoja 90 %.
- Mikäli sidontaketjun TAI kuljetusalustan sidontapisteen TAI elementissä olevan sidontapisteen sidontakyky poikkeaa taulukossa esitetyistä sidontakyvyistä, voidaan taulukon 2 000 daN sidontapisteen kuorman tonnimäärä korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Pienin arvo todelliselle sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvylle (LC) daN}}{2\,000\text{ daN}}$$

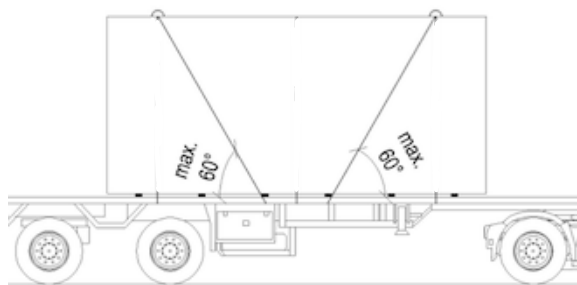
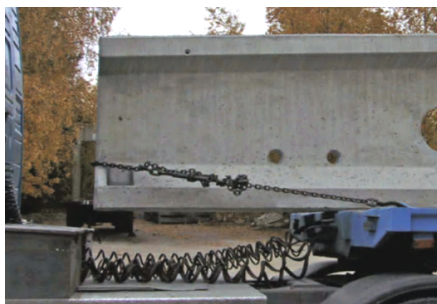


### Valjassidonta

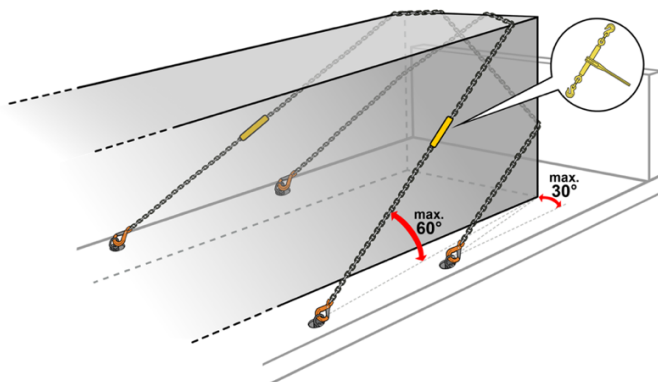
Valjassidonnassa sidontaväline on vedetty kuorman ympäri sen edestä tai takaa riippuen mihin suuntaan kuorman liikkuminen halutaan estää (Kuva 5). Valjassidonnaksi lasketaan myös, kun kaksi sidontavälinettä sidotaan ristiin kuorman edestä tai takaa (Kuva 6). Nipuissa ja/tai riveissä olevien kuormien valjassidonnassa on sidottava jokainen nipuissa ja riveissä oleva elementti. Valjassidonnalla estetään kuorman liikkuminen sidottuun suuntaan sidontaketjun sidontakyyvyn (LC) tai sidontapisteen sidontakyyvyn ja kuormaan vaikuttavan kiristysvoiman avulla. Lisäksi valjassidonnalla voidaan estää korkea kuormaa kaatumasta sidottuun suuntaan.



Kuva 5. Valjassidonta kuorman eteenpäin liukumisen ja kaatumisen estämiseksi. Kuvaesimerkeissä on käytetty apuketjua ja elementissä olevia sidontapisteitä sidontaketjun paikallaan pitämiseksi.



Esimerkki valjassidonnasta HI-palkin edestä vasemmalla ja oikealla valjassidonta elementin sidontapisteen läpi.



Kuva 6. Valjassidonta sitomalla kaksi ketjua ristiin kuorman edestä.

Valjassidonnassa sidontaketju viedään tyypillisesti elementtikuorman edestä tai takaa ja kiinnitetään molemmiin puolin kuljetusalustassa oleviin sidontapisteesiin. Tämä edellyttää, että kuormassa on edessä ja takana sidontavälineen paikallaan pitävä rakenne tai käytetään sopivaa apuvälinettä (Kuva 5). Sidontavälineet kiristetään käsin sidontavälineen ominaiselle käsikiristysvoimalle. Valjassidonnassa sidontaketjun sidontakulma kuljetusalustan ja ketjun välillä tulee olla 0°-60° molemmin puolin kuormaa, jotta tässä ohjeessa esitettyjä sidontavälineille esitettyjä laskelmia voidaan käyttää. Isompaa kulmaa ei saa käyttää. Lisäksi sidontavälineen ja kuorma-alustan välinen pituussuuntainen sidontakulma tulee olla välillä 0°-30° molemmin puolin kuormaa. Valjassidonnassa ei huomioida sidonnan sivuille liukumisen tai kaatumisen estävää vaikutusta, koska se on pieni ja perustuu pääasiassa kitkaan, joten sivulle liukuminen ja kaatuminen pitää estää muilla menetelmin esim. tukemalla ja ylisidonnalla.

Taulukko 7. Betonielementtikeruoman valjassidonta tyypillisillä sidontaketjujen ja -pisteiden sidontakyvyillä (LC daN). Taulukossa esitetyt kuormat pätevät vain, kun sidontakulma sidontaketjun ja kuljetusalustan välillä on 0°-60° SEKÄ ketjun ja kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 0°-30° molemmin puolin kuormaa (Kuva 5).

Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman edestä estää liukumasta eteenpäin			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	6,3	4,4	3,5
4 000 daN	12	8,9	7,0
5 000 daN	15	11	8,8
6 300 daN	20	14	11
Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman takaa estää liukumasta taaksepäin			
Sidontakyky (LC)	Kitkakerroin 0,45	Kitkakerroin 0,3	Kitkakerroin 0,2
2 000 daN	18	9,3	6,5
4 000 daN	36	18	13
5 000 daN	45	23	16
6 300 daN	57	29	20

- Jos valjassidonta toteutetaan sitomalla kaksi sidontavälineettä ristiin kuorman edestä tai takaa, voidaan taulukon arvot kertoa kahdella (Kuva 6). Huom! kun käytetään ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista sidontapisteistä taulukon arvoja EI SAA kertoa kahdella (Kuva 4).
- Jos kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 30°- 60°, puolitetaan taulukon arvot.
- Mikäli sidontaketjun tai sidontapisteen sidontakyky poikkeaa taulukossa esitetyistä, voidaan taulukon 2 000 daN sidontapisteen arvot korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Todellinen pienin arvo sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvyille (LC) daN}}{2\,000\text{ daN}}$$

Taulukko 8. Kuorman kaatumisen estäminen eteenpäin tai taaksepäin valjassidonnalla tyypillisillä sidontavälineiden ja -pisteiden sidontakyvyillä (LC daN). Taulukossa esitetyt kuormat pätevät vain, kun sidontakulma sidontaketjun ja kuljetusalustan välillä on 0°-60° SEKÄ ketjun ja kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 0°-30° molemmin puolin kuormaa SEKÄ valjassidonta ylettää vähintään 2/3 kuorman korkeudelle ja kuorman painopiste on keskellä (Kuva 5).

Kuorma tonneissa, jonka yksi valjassidonta kuorman edestä tai takaa estää kaatumasta, kun sidonta ylettyy kuorman yläosaan ja kuorman painopiste on keskellä								
Korkeus / Pituus	Eteen				Taakse			
	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN	2000 daN	4000 daN	5000 daN	6300 daN
1,2	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,4	41	82	100	120	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,6	20	40	50	63	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
1,8	14	28	36	45	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2	11	23	29	37	vakaa	vakaa	vakaa	vakaa
2,2	10	20	25	32	77	150	190	240
2,4	9,2	18	23	29	42	84	100	130
2,6	8,5	17	21	26	30	61	76	96
2,8	8,0	15	19	25	24	49	61	77

- Jos valjassidonta toteutetaan sitomalla kaksi sidontavälineettä ristiin kuorman edestä tai takaa, voidaan taulukon arvot kertoa kahdella (Kuva 6). Huom! kun käytetään ristikkäisvinosidontaa kuormassa olevista sidontapisteistä taulukon arvoja EI SAA kertoa kahdella (Kuva 4).
- Jos kuljetusalustan pituussuuntainen sidontakulma on välillä 30°- 60° vähennetään taulukossa esitetyistä arvoista 75 %.
- Mikäli sidontaketjun tai sidontapisteen sidontakyky poikkeaa taulukossa esitetyistä, voidaan taulukon 2 000 daN sidontapisteen arvot korjata kertoimella, joka muodostetaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Todellinen pienin arvo sidontavälineen tai sidontapisteen sidontakyvyille (LC) daN}}{2\,000\text{ daN}}$$

## 3 Kuljetuskalusto ja sidontavälineet

### 3.1 Kuljetuskalusto

Elementtien tekniset ominaisuudet ja mitat sekä toimitusaikataulut ja asennusjärjestykset asettavat kuljetuskalustolle ja kuorman tuentarakenteille vaatimuksia.

*Kuljetuskalustosta ja sen käyttöturvallisuudesta (mm. työskentelytasoista, kaiteista, kulkuteistä, sidonta- ja tuentavälineistä sekä niiden kunnosta) vastaa kuljettaja, hänen esihenkilönsä ja liikennöitsijä.*

Tuotteet tulee suojata likaantumiselta kuljetuksessa. Mikäli kuljetuskalusto on varustettu korkeilla laidoilla (kapelli), on elementtien yksittäissuojaus pääsääntöisesti tarpeeton. Tätä tulisi suosia. Mikäli kuljetuskaluston laidat ja sivusuojat eivät ole riittävät, suositellaan arat ja helposti likaantuvat elementit yksittäispakattavaksi kutistemuovikalvolla. Kuorman peittäminen pressuilla ei ole suositeltavaa.

Sidontavälineiden ja tukien käyttö kuorman varmistamiseksi ei saa aiheuttaa vaurioita tuotteisiin, tuotteet onkin suojattava sopivalla tavalla, esimerkiksi kulmasuojilla: mikäli sidonta rikkoo tuotteen, vaikuttaa se myös kuorman varmistukseen, jos sidonta löystyy.

Sidontojen kiinnityspisteet kuljetuskalustoissa ovat usein ns. heikoin lenkki. Uudemman kuljetuskaluston kuormakorit on valmistettu standardin EN 12642 mukaan ja niissä olevat sidontapisteeet standardin EN 12640 mukaan.

#### 3.1.1 Kuormakorien seinien ja tukien lujuudet

Kuormakorien valmistajat käyttävät standardin EN 12642 mukaista luokitusta kuormakorin seinien lujuuksille, kun kuorma on tasaisesti jakautunut näitä vasten. Nämä lujuudet tulee olla merkittynä kuormakorissa. Koko kuorman paino on varmistettava sitomalla kuljetettaessa kuormaa rahdinkuljetusyksiköissä, joissa ei ole vakaita ja luokiteltuja etu- tai takapäättyjä tai tukia, tai kun kuormaa ei ole tuettu välittömästi tukia vasten. Lisäksi kuorman tuentaan on käytössä pylviäitä tai vastaavia tukia, jotka on kiinnitetty ajoneuvon korirakenteeseen. Pylvään kestokyky riippuu kuormituksen tyypistä (pistemäinen, tasaisesti jakautunut tms.) sekä sen vipuvoimasta. Paikoilleen kiinnitetyn pylvään tietyssä suunnassa määritelty vertailutuentakyky (RBC) ilmaisee suurimman tasaisesti jaetun kuorman, jonka pylväs turvallisesti kestää yhden metrin korkeudelle. Tuettaessa pylväiden varaan niiden RBC-arvosta on oltava ajoneuvon valmistajan antama todistus. RBC-arvot vaihtelevat tyypillisesti välillä 2,5-100 kN.

Yleinen kaava tuennan huomioimiseksi: kuorman massa (tonnia) = tuen tuentakyky (kN)/9,81/( $c_{x,y}$  -kitkakerroin), jossa  $c_{x,y}$  on 0,8 eteen, 0,5 taakse ja sivuille tai 0,6, jos kuorma voi kaatua.

Kuorman kaatumisen estämiseksi tuen on yletyttävä riittävän korkealle (n. 2/3 kuorman korkeudesta), muutoin on lisäksi käytettävä sidontaa kaatumisen estämiseksi.

Kuorman varmistamiseen saa käyttää vain sellaisia kuormakorin tukia, joiden suoritusarvot tunnetaan. Suoritusarvoista on löydettävä todistus.

#### 3.1.2 Kuormakorissa olevat sidonta- tai kiinnityspisteet

Sidonta- ja kiinnityspisteiden on oltava kunnossa ja niiden suoritusarvot kuljettajan tiedossa. Suoritusarvojen lisäksi on huomioitava kiinnityspisteille suunnitellut kuormitusuunnat, kun niitä käytetään kuorman sidonnassa. Mikäli kiinnityspisteiden suoritusarvo on pienempi kuin sidontavälineen, käytetään kuorman sidontavoimia laskettaessa kiinnityspisteiden suoritusarvoja.



Kuva 7. Sidontapisteet merkittynä kuljetusalustassa standardin SFS-EN 12640 mukaan (LC-arvot).

Kuormakori tulee olla varustettuna kuormanvarmistuspisteillä, joihin voidaan varmistaa kuormatilan kantavuuden suuruinen kuorma. Niiden tulee täyttää standardin SFS-EN 12640:2019 vaatimukset. Hyväksynnässä vaatimustenmukaisuus todetaan standardinmukaisista merkinnöistä ja todistuksista. Käytettynä maahantuodun ajoneuvon kiinnityspisteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta myös pelkästään standardinmukaisista merkinnöistä. Ennen 1.1.2022 käyttöön otetuissa ajoneuvoissa saa olla Liikenneministeriön päätöksessä ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä (940/1982) 8§ esitetyt kiinnityspisteiden nimellislujuudet. Käytännössä betonielementtien kuljetuksiin käytettävissä ajoneuvoissa tämä tarkoittaa, että sidontapisteiden suoritusarvojen tulisi olla vähintään 2 000 daN (20 kN, 2 000 kg), jos ajoneuvo ja sen sidontapisteet ovat asianmukaisessa kunnossa.

### 3.1.3 Erilaisia kuorman tuentarakenteita, joita käytetään kuljetuksissa

Tuentarakenteiden kunto on tarkastettava säännöllisesti (ml. niiden kiinnitysten kunto). Käyttäjä tarkastaa välineen silmämääräisesti jokaisen käytön yhteydessä. Käyttäjän on lisäksi tunnettava tuentarakenteen suoritusarvot - esimerkiksi kuinka painaville ja minkä kokoisille elementeille väline on suunniteltu. Välineen suoritusarvoista on oltava todistus.

#### **A-elementtipukit**

Pukit kiinnitetään ensisijaisesti suoraan kuljetusalustaan tai tuetaan mekaanisesti tai sidotaan sidontaketjuilla alustaan. Pukin kiinnityksen ja pukin sidontapisteiden suoritusarvot on oltava käyttäjän tiedossa. Mikäli kuorma koostuu useammasta A-pukista, tulee kukin pukki ja siinä oleva kuorma kiinnittää ja sitoa erikseen. Myös kuormauksen ja purun yhteydessä elementit sidotaan pukkiin/toisiinsa/alustaan. Kuorman sidonta kuljetusta varten toteutetaan normaalien sidontaohjeiden mukaisesti sitomalla elementit pukkiin, toisiinsa ja alustaan. Ristiinsidonta on ehdottoman tärkeää! Kuorman eteenpäin siirtyminen estetään ylisidonnan lisäksi tyypillisesti valjas- tai vinosidonnalla.

#### **Lyhyet A-elementtipukit**

Pukit ovat lavalla siirreltäviä n. 50-100 cm pituisia kuljetuspukkeja. Mikäli pukkia ei voida rakenteellisesti kiinnittää lavaan, on se tehtävä sidontaketjuilla ja estettävä lastauksen jälkeen sivuttain siirtyminen mekaanisella lukituksella, jonka suoritusarvot tunnetaan. Kuorman eteenpäin siirtyminen estetään vinosidonnalla.

#### **Kampapukit**

Kampapukkeja käytetään mm. korkeiden elementtien kuljetusalustossa. Pukit lukitaan lavaan mekaanisesti, niiden lukituksen suoritusarvot on oltava kuljettajan tiedossa. Elementtien alaosan sivuttaisliike estetään mekaanisesti tai sidonnalla. Kiinnitys vaatii takapäähän kahdella ketjulla toteutetun ristikkäissidonnan.

### Vinopukit

Vinopukkeja käytetään korkeiden ja raskaiden elementtien kuljetuksessa, jolloin kuorman painoa saadaan keskitettyä autossa ja vältetään kuljetuskorkeuden kasvua. Yli 5,0 m korkeissa kuljetuksissa on oltava varoitusauto. Vinopukit kiinnitetään samoin kuin A-elementtipukit.

### Valmiskuormapukit

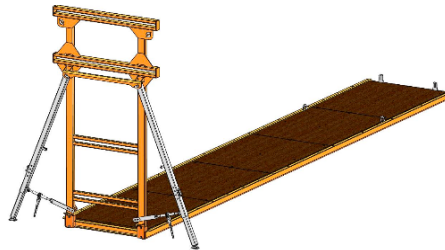
Ontelo-, kuori- ja TT- laattoja ym. elementtejä lastataan tehtailla valmiskuormapukeille. Pukkien jalat irrotetaan kuljetuksen ajaksi ja kiinnitetään takaisin pankkoon työmaalla. Kuljetusalustalla tarvitaan pankkojen alle kitkamattoja mm. teräksisellä kuljetusalustalla.

### Irtopohjat

Kuljetettaessa syvälastausperävaunuilla (allasautoilla) on mahdollisuus toimittaa valmiiksi lastattuja, irtopohjilla olevia kuormia suoraan työmaalle tai välivarastoon. Mikäli tällaisia kuormia on mahdollisuus toimittaa työmaalle ja ne puretaan työmaan toimesta, on vastuu kuormien käsittelystä kokonaan työmaalla. Irtopohjien suoritusarvot on oltava irtopohjaa käyttävien tahojen tiedossa (kuinka painaville ja minkä kokoisille elementeille väline on suunniteltu). Lisäksi irtopohjien kunto on tarkastettava säännöllisesti (mm. niissä olevat elementtikammat, tukirakenteet, alusta).



Varastokentän alusta, joille lastatut irtopohjat jätetään työmaalla, on oltava tasainen, painumaton ja vaakasuora. Alustan kantavuus (pintapaine) on oltava selvillä (varmistettu ja tarvittaessa vahvistettu geosuunnittelijan ohjeiden mukaisesti). Lisäksi on huomioitava varastokentän puhtaus ennen kuin lastattu irtopohja lasketaan alustalle (mm. lumi ja jää on poistettu). Keväällä mm. maan routiminen ja auringonvalon sulattama maa voi vaikuttaa alustan tasaisuuteen ja vaakasuoruuteen sekä kantavuuteen ja sitä kautta lastatun irtopohjan vakavuuteen.



*Kuva 8. Movella Oy:n allasvaunupohja tukijaloilla. Hyötykuorma 30 000 kg, omapaino 1 000 kg.*

Elementit nostetaan Irtopohjista vuoron perään eri puolelta huomioiden, että irtopohjan vakavuus ei vaarannu eli irtopohjassa olevan kuorman painopisteen on jatkuvasti säilyttävä keskellä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että irtopohjan purkujärjestys ei useinkaan ole sama kuin asennusjärjestys ja työmaalla tarvitaan avuksi esimerkiksi välivarastovakki irtopohjista purettaville elementeille. Osassa irtopohjia on tukijalat, joiden tarkoitus on pienentää irtopohjan kaatumisen riskiä mm. elementtinnostojen yhteydessä työmaalla. Tukijalkojen alle on asetettava levyt jakamaan alustaan kohdistuvaa kuormaa. Tukijalkojen käyttö ei kuitenkaan muuta em. tyhjennysjärjestystä eli kuorman tasainen jakautuminen irtopohjalla on jatkuvasti huomioitava irtopohjan ja siinä jäljellä olevan kuorman kaatumisen estämiseksi elementtien purun yhteydessä.

Allasautot kuormataan ja elementit tuetaan kuormassa käyttöohjeiden ja suoritusarvojen mukaisesti. Kuljetusten ajaksi allasautojen kuljetusalustoissa olevat elementit on tuettava/sidottava toisiinsa ja ajoneuvoon. Myös takakampojen käyttö voi olla perusteltua elementtien tukemiseksi kuljetuksissa. Osassa allasautoja on hydraulisesti toimivia tukia. Myös hydraulisia tukia käytettäessä on kaikkien kuormassa olevien elementtien oltava tuettuina niiden liikkumisen ja kaatumisen estämiseksi. Jos hydrauliset tuet eivät varmista kaikkia elementtejä, on kuorma lisäksi sidottava.

Ennen elementtikuorman purkuun ryhtymistä, ja hydraulisten tukien ja sidonnan avaamista, kuljettajan on varmistettava, että kaikki elementit ovat edelleen tuettuina allasauton ja/tai siinä olevassa irtopohjassa.



Vasemmalla hydrauliset tukitassut ja oikealla sidontaketjut ja tukitassut käytössä kuorman varmistamiseen.

### 3.2 Sidontavälineet

Sidontavälineiden tulee olla hyväksytyjä ja niissä tulee olla merkinnät niiden suoritusarvoista. **Käyttäjän tulee tarkastaa sidontavälineet silmämääräisesti ennen jokaista käyttökertaa, viallisia ei saa käyttää.** Kiristimet (vantit) vaativat huoltoa (mm. niiden puhtaanapito ja öljyäminen). Sidontavälineille on suoritettava käyttöönottotarkastus sekä säännölliset määräaikaistarkastukset työnantajan toimesta (Työturvallisuuslaki 738/2002 43§ ja käyttöasetus Vna 403/2008 5§). Määräaikaistarkastukset esim. 12 kk välein, tosin usein tarvitaan välineiden käytön ja kulumisen perusteella tiheämpi määräaikaistarkastusväli.



Kuva 9. Sidontaketjut ja kiristimet merkitty suoritusarvoilla ja ne ovat yhteensopivat keskenään (EN 12195-3).

Kuormansidontavälineiden tulee olla standardin SFS-EN-12195:2010 mukaisia. Maantiekuljetuksiin soveltuvien sidontaketjujen osalta tämä tarkoittaa standardia SFS-EN-12195-3.

Yleisin käytössä oleva sidontaväline on lyhythahloinen ketju (luokka 8), jonka lenkin halkaisija on 10 mm, sidontakyky (LC) 6300 daN ja kiristysvoima ( $S_{TF}$ ) 1575 daN siihen sopivalla kiristimellä, joka on kiristetty käyttäen normaalia käsivoimaa (50 daN). Lisäksi betonielementtien kuljetuksissa käytetään 8 mm (luokka 8) sidontaketjuja (LC 4000 daN,  $S_{TF}$  1000 daN). **HUOM! sidontavälinevalmistajat ovat määritelleet ketjuille ja kiristimelle niiden suoritusarvot, jotka ovat merkittävänä välineisiin. Valmistajan ilmoittamia suoritusarvoja sekä käyttöohjeita on noudatettava kuormansidonnassa.**

Sidontaketjut ja kuorma on tarvittaessa suojattava kulmasuojilla. Kulmasuojat helpottavat lisäksi ketjun kiristymistä kuorman yli tasaisesti.

Sidontavöitä (kuormaliinoja) ei suositella ensisijaisena kiinnitysvaihtoehtona. Ne ovat kevyitä käyttää, mutta vaativat aina kulmasuojia eivätkä ne kestä hankausta esimerkiksi elementtiä vasten.

Mikäli kuorman sidonta ei varmista elementtien paikallaanpysymistä, tulee kuorma lisäksi varmistaa tukemalla se kuljetusalustaan.

## 4 Lastaus ja purku

### 4.1 Lastaus- ja purkupaikat

Elementtien lähettäjä vastaa siitä, että elementtikuorman lastauspaikka on riittävän tilava, vaakasuora ja kantaa ajoneuvon lisäksi kuorman painon ja että lastauspaikalle johtaa kuljetusajoneuville soveltuva tie.

Lastauspaikalla kuljettajan on voitava tehdä työnsä turvallisesti. Valaistuksen tulee olla riittävä turvallisen kuormaamisen mahdollistamiseksi, eikä valaistus saa häikäistä. Lastauksen aikaiset vaara-alueet on rajattu. Vaara-alueen koko määräytyy mm. elementtien siirtoreitin sekä kaatuvan elementin vaatiman tilan perusteella. Elementtien lähettäjä ja kuljetusyriitys huolehtivat yhdessä putoamissuojauksen toteuttamisesta lastaus- ja sidontapaikalla. Riippuen elementtikuormasta, lastausvälineestä ja käytetystä kuljetuskalustosta, voi putoamissuojauksen järjestäminen vaatia lisätoimenpiteitä kuten portaita, kaiteilla varustettuja kulkusiltoja ja työtasoja, elementtitikkaita, henkilönostimia tai muita välineitä.

Vastaavat edellä mainitut vaatimukset koskevat myös elementtikuorman purkupaikkaa vastaanottajapäässä. Esimerkiksi, jos purkupaikka viettää, on vaarana, että koko kuorma kippaa tai elementin kulmat rikkoutuvat, kun nosto lähtee vinoon. Epäsopivan purkupaikan tai kuljettajan ohjeiden vastaisen purkujärjestyksen elementeille aiheuttamista vaurioista vastaa työmaa. Elementtien vastaanottaja huolehtii lähettäjältä ja kuljetusyriitykseltä saamiensa tietojen pohjalta putoamissuojauksen toteuttamisesta purkupaikalla.

Työmaa vastaa elementtien varastoinnista ja asennusaikaisesta suojauksesta ja puhtaudesta työmaalla. Jos varastointipukki on työmaan, sillä on myös vastuu pukin kestävydestä ja muusta toimivuudesta. Vastaavasti, jos varastointipukki tulee elementtivalmistajalta, sillä on vastuu pukin kestävydestä ja käyttöohjeista. Jos työmaa ottaa vastaan valmiskuormia, ottaa se samalla vastuun kuorman purkamisesta ja mahdollisista purkuvaiheen vahingoista. Tämä koskee lähinnä ontelolaattojen ja palkkien jalkakuormia sekä syväkuormausperävaunujen irtopohjille jätettyjä seinäkuormia. Valmiskuormien jättöalueiden on oltava mahdollisimman tilavia ja tasaisia sekä kantavia. Pukkien ja konttien jalkojen sekä irtopohjien tukijalkojen alle on asennettava ohjeen mukaiset levyt. Työmaa vastaa, että levyjä on olemassa työmaalla ja että putoamissuojauksesta on huolehdittu elementtivarastojen käytön yhteydessä. Työmaa-alueen ulkopuolella valmiskuormien jättöalue tulee erikseen eristää.

Maatalouden betonielementtien kuljetuksessa käytetään yleensä nosturilla varustettua autoa ja tarkoitukseen sopivaa kalustoa. Myös pientalotyömaille tehdään kuljetuksia nosturiautoilla. Nosturin ja nostoapuvälineiden tulee olla tarkoituksenmukaiset, katsastetut ja hyväksytyt. Kuljettajalla tulee olla nosturin käyttöön riittävä koulutus (ks. käyttöasetus 403/2008, 14§) ja kokemus. Kertarakentajien työmaille tulee noudattaa erityistä huolellisuutta kuorman purussa, koska työmaaolosuhteet vaihtelevat.

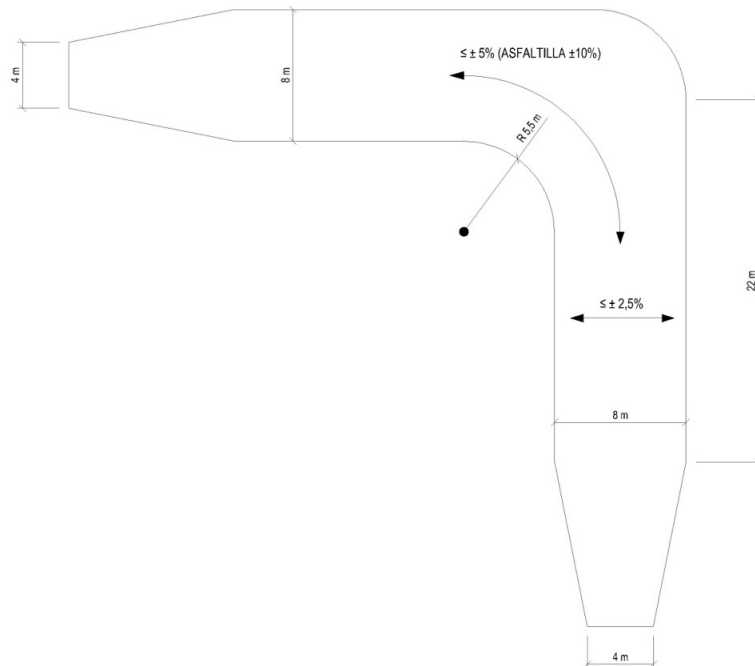
## 4.2 Ajotiet ja liittymät

Liittymät sekä ajotiet työmaa-alueilla ja niiden hoito (tasaus, lumityöt, aeraus, hiekoitus) ovat työmaan vastuulla. Mutkat eivät saa olla kalustolle liian jyrkkiä. Lähtökohtaisesti elementtien purkupaikalle järjestetään läpiajomahdollisuus. Jos ajaminen purkupaikalle tai sieltä pois edellyttää peruuttamista muun liikenteen sekaan, järjestää työmaa liikenteen ohjauksen. Lisäksi järjestelyissä on huomioitava muut lähellä olevat työt.

Työmaan tulee osoittaa saapuville autoille pysäköinti- ja odotustilaa.

Yleiset vaatimukset ajoväylille, liittymille ja lastaus- ja purkupaikalle, jotka perustuvat enintään 25 m pituiselle ajoneuvoyhdistelmälle (Kuva 10).

- Alusta kestää vähintään 10 tonnin akselipainon
- Ajotie ei saa kulkea 2 m lähempänä kaivantojen reunoja. Kaivannot sekä muut varottavat esteet on oltava merkittyinä maastossa
- Raekoko ajoväylillä maks. 60 mm, lastauspaikalla maks. 16 mm
- Ajoväylän maksiminousu kesäkelillä: sorapinta 5 %, asfaltti 10 %
- Ajoväylän maksimikaltevuus enintään 2,5 %
- Ajoväylän minimileveys 4 m, käntöalueella min. 8 m sekä käntösäde min. 5,5 m ja käntöalueen pituus min. 22 m
- Lastaus- ja purkupaikka selkeästi merkitty, tasainen ja vaakasuora kaikkiin suuntiin (alustan maksimikallistuma 2°)
- Kuljettajalla on oikeus ja velvollisuus kieltäytyä ajamasta lastaus- ja purkupaikalle, jos ajotien ja lastaus-/purkupaikan vaatimukset eivät täyty
- Ongelmatapaukset ratkaistaan liikennöitsijän ja rakennustyömaan yhteistyönä



Kuva 10. Elementtikuljetusajoneuvojen ajoteiden ja liittymien minimivaatimukset.



### 4.3 Työturvallisuus ja kuljettajien toiminta

**Kuljettajalla tulee olla lastaus- ja purkupaikalla työn edellyttämien henkilönsuojainten lisäksi aluetta hallinnoivan työnantajan vaatimat varusteet ja todistukset.** Rakennustyömaalla aina edellytetyt henkilönsuojaimia ovat leukahihnalla varustettu kypärä, silmiensuojaimet, turvakengät ja näkyvä 2-luokan vaatetus yläosassa. Tie- ja katualueilla työskennellessä on oltava 3-luokan näkyvä vaatetus, jossa heijastimia myös lahkeissa (SFS-EN ISO 20471).

Kadulta purettaessa tulee olla varoitusvilkut. Purkualueen rajausta tulee tehdä työmaan toimesta ja sivullisten pääsy purun vaara-alueelle on oltava estettynä. Kadulta purettaessa työmaan on hankittava purkuun lupa.

Kuljettaja ilmoittautuu työmaalla ja esittää kuormakirjan. Mahdollisesta myöhästymisestä ilmoitetaan ensi tilassa vastaanottajalle sekä kuljetussuunnittelijalle. Vastaanottokuitaus, mahdolliset varaukset ja odotukset merkitään kuormakirjaan. Kuljettaja ei ota kantaa tuotelaatuun, vaan soittaa tarvittaessa toimittajalle.

Elementtien nosto kuormasta tapahtuu yrityskohtaisten asennusohjeiden mukaan. Koukkua kiinnittävällä tulee olla oman työnantajansa kirjallinen lupa, yrittäjäkuljettaja voi kirjoittaa luvan itselleen. Elementtien tulee olla sidottuina loppuun asti, ts. oikea purkujärjestys (kallistukset, painopiste) on otettava huomioon. Käytännössä kuljettaja päättää purkujärjestyksen kuormasta ja irrottaa sidonnat vasta, kun elementti on luotettavasti kiinnitetty nosturiin.

## 5 Tuoteryhmäkohtaiset kuljetus- ja sidontaohjeet

### 5.1 Ontelo-, kuori- ja massiivilaatat

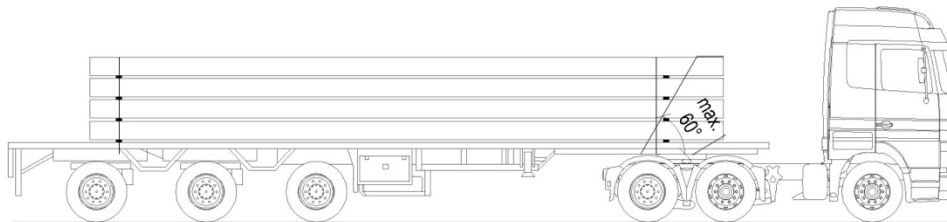
Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut, tarvittaessa kitkamatto. Alemmat elementit pysyvät paikallaan ylisidonnalla kiristysvoiman avulla.

Sivusuuntaan kuorma varmistetaan ylisidonnoilla, joiden sidontakulma on välillä 60°- 90°. Suositeltava sidontakulma on noin 80°. Kuorma varmistetaan aina vähintään kahdella (2) ylisidonnalla. Ylisidonta tehdään kuorman aluspuiden kohdalta. Tarkastettava, että ylisidonnalla kiristysvoima on riittävä myös kuorman taaksepäin liukumisen estämiseksi.

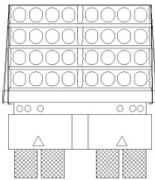
Pituussuuntaan ontelolaattakuorma varmistetaan eteenpäin sitomalla kaksi (2) ketjua ristiin kuorman edestä. Kuorilaatta- ja massiivilaattaelementtikuormat varmistetaan valjassidonnalla ketjuilla, jotka vievät nostolenkkien läpi. Ketjujen pystysuora sidontakulma kuljetusalustan suhteen saa olla enintään 60° (suositeltava kulma on alle 45°). Lisäksi vaakasuora sidontakulma kuljetusalustan pitkäsuunnassa tulee olla välillä 30°- 0°.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Ylisidonta - Taulukko 1; Ristiin sidonta kuorman edestä tai valjassidonta - Taulukko 7.

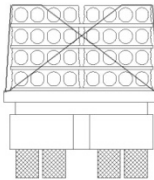
Mikäli kuorma koostuu useammasta laattapinosta, kukin pino sidotaan erikseen samalla tavalla.



TAKAA



EDESTÄ

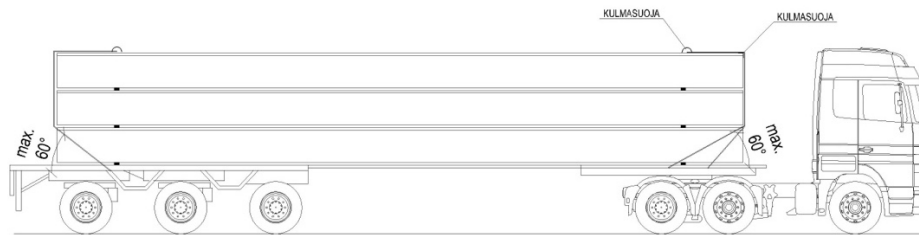


## 5.2 TT- ja HTT-laatat

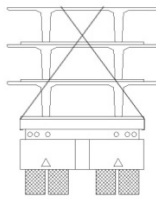
Pituussuuntaan TT-laattakuorma sidotaan ketjuilla, jotka viedään pinon ylimmän laatan nostolenkkiin ristiin kuorman edestä ja takaa. Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut sekä tarvittaessa kuminen kitkamatto. Ketjujen pystysuora sidontakulma lavaa kohden  $60^\circ - 30^\circ$  ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa  $30^\circ - 15^\circ$ . Sivuttaistuenta päällekkäisten elementtien välissä varmistetaan korvakeilla, joihin TT-laatan rivat tukeutuvat.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Eteen ja taakse - Taulukko 7.; Sivuille - Taulukko 6.

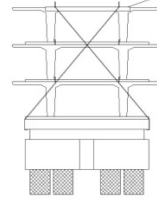
TT-laattojen kansilaatan reunat tulee suojata ketjun kohdalta vahvikkeilla. Mikäli kuorma koostuu useammasta laattapinosta, sidotaan jokainen pino erikseen samalla tavalla.



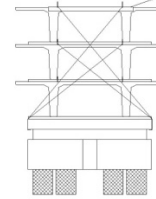
TAKAA



EDESTÄ



VAIHTOEHTO EDESTÄ



SIDONTAKETJUJEN  
MÄÄRÄ JA KOKO  
KUORMAN PAINON  
MUKAAN



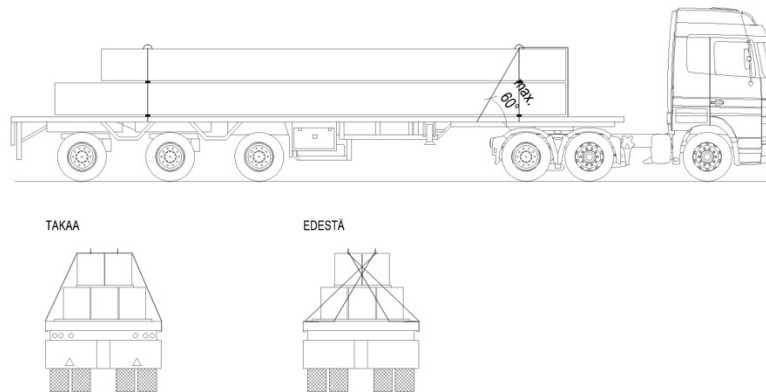
### 5.3 Teräsbetoniset palkit, pilarit ja paalut

Päällekkäisten elementtien väliin laitetaan välipuut ja kuljetusalustaa vasten aluspuut sekä tarvittaessa kitkamatto. Alemmat elementit pysyvät paikallaan ylisidonnalla kiristysvoiman avulla.

Sivusuuntaan kuorma varmistetaan ylisidonnalla ketjuilla, joiden sidontakulman on oltava välillä  $60^{\circ}$  -  $90^{\circ}$ . Suositeltava sidontakulma on noin  $80^{\circ}$ . Kuorma varmistetaan aina vähintään kahdella (2) ylisidonnalla. Ketjut kiinnitetään alustaan molemmin puolin kuormaa, ylisidonnat tehdään välipuiden kohdalta.

Pituussuuntaan kuorma sidotaan ketjuilla, jotka viedään valjassidontana nostolenkkien läpi tai konsolien takaa. Ketjujen pystysuora sidontakulma lavaa kohden saa olla enintään  $60^{\circ}$ , suositeltava kulma on alle  $45^{\circ}$ . Lisäksi vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa pitää olla välillä  $30^{\circ}$  -  $0^{\circ}$ . Edessä suositellaan 2 ketjun sitomista ristiin - vaihtoehtoisesti sekä edessä että takana olevat ketjut on sidottu valjassidonnalla nostokorvakkeista. Jos valjassidontaa ei tehdä elementtien takaa, on tarkastettava, että ylisidonnalla kiristysvoima on riittävä myös kuorman taaksepäin liukumisen estämiseksi.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle - Taulukko 1; Eteen ja taakse - Taulukko 7.



### 5.4 Jännebetoniset suorakaide- ja leukapalkit

Sidonnat tehdään kuten teräsbetonipalkeilla. Palkit tuetaan välipuilla mahdollisimman läheltä palkin päätä, sidonnat tulee aina tehdä tukilinjojen sisäpuolelta.

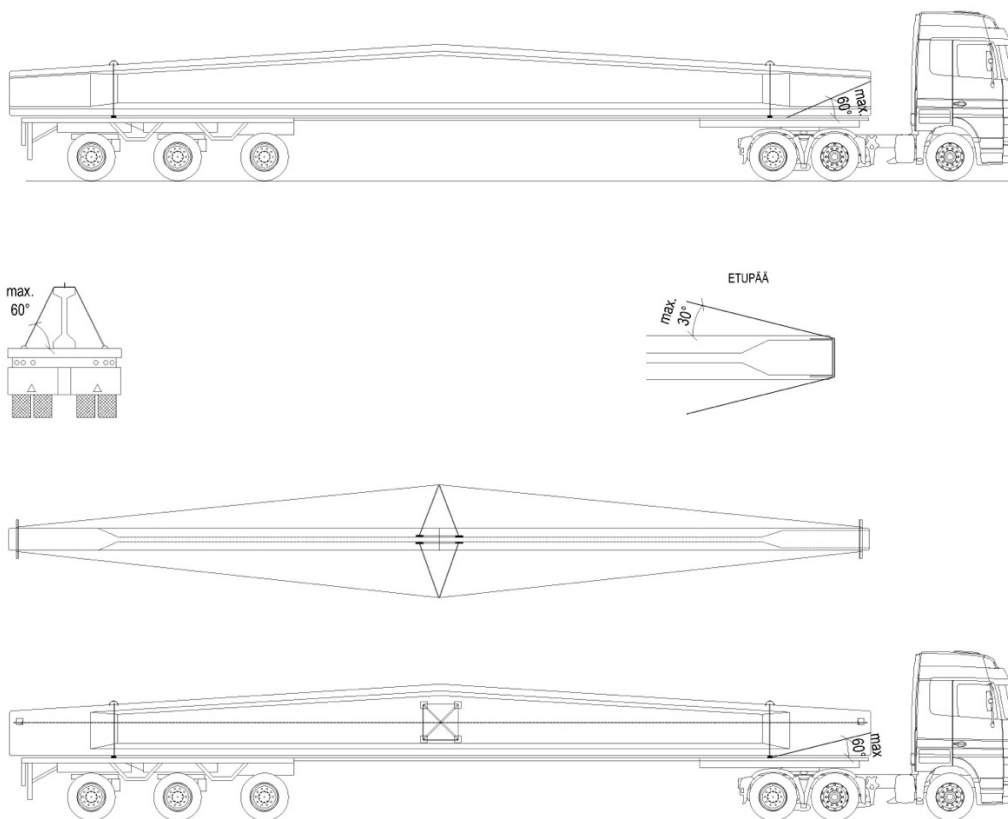
## 5.5 Jännebetoniset I- ja HI-palkit

Sivusuuntaan palkki sidotaan ketjuilla nostokorvakkeista, vähintään 2 ketjua per puoli symmetrisesti painopisteen ympärille. Sidontakulma kuljetusalustaa kohden enintään 60°. Lisäksi korkeissa, pitkissä palkeissa tarvitaan alareunan tuki. Kuorma "elää" matkan aikana, tuilla estetään alareunan sivusiirtymä ja palkin kallistuminen. Korkeat palkit tuetaan sivusuuntaan ylisidonnalla, jolloin sidontakulman kuljetusalustaa kohden on oltava yli 60°.

Pituussuuntaan sidonta tehdään ketjuilla palkin pään kautta. Ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden on mahdollisimman pieni ja enintään 30°. Vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa pitää olla välillä 30°-0°. Tarvittaessa käytetään lisäksi valjassidontaa nostokorvakkeista.

Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle - Taulukko 4 (korkeat palkit sivulle - Taulukko 1); Eteen ja taakse - Taulukko 7.

Pitkät HI-palkit on harustettava kuljetuksen ja asennuksen ajaksi. Harustus asennetaan tehtaalla ennen palkin kuormaamista ja poistetaan, kun palkki on asennettu paikoilleen ja palkin sivuttaisjäykistys varmistettu asennusaikaisella tuennalla tai vesikattorakenteilla. Harustustarpeen määrittää palkkien tuotesuunnittelija.



## 5.6 Seinäelementit

Allasautoissa olevat elementit on oltava tuettuina ja/tai sidottuna, jotta ne eivät pääse liikkumaan kuljetuksen aikana. Tuennan/sidontojen tulee estää kaikkien kyydissä olevien elementtien liikkuminen. Tämän mahdollistamiseksi saatetaan tarvita kuljetustukia (mm. välipuita) elementtien väliin ja elementtien sidontaa toisiinsa ja ajoneuvon rakenteisiin. Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet määräytyvät allasautojen ja niissä olevien irtopohjien tarjoaman tuen perusteella. Sidontamenetelminä käytetään (kuormasta riippuen) yli- ja suorasideonnan eri muotoja.



*Vasemmassa kuvassa elementit varmistettu kampaan tukemalla ja sitomalla ketjuilla. Oikealla olevassa kuvassa esimerkki suunnittelijan määrittämästä kirveskiven kuljetustuesta.*

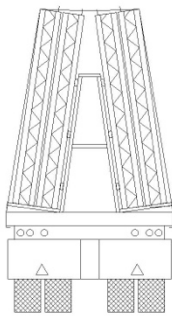
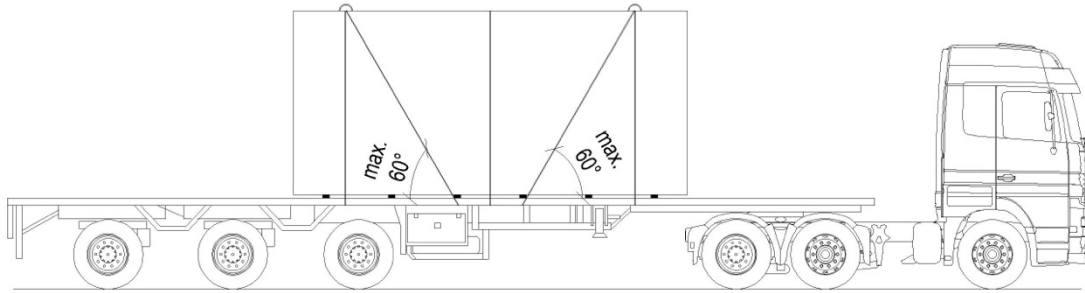
Matalat seinä- ja sokkelelementit sidotaan kuten teräsbetonipalkit (kappale 5.3). Korkeat seinäelementit kuljetetaan allasautojen irtopohjien lisäksi erilaisiin kuljetuspukkeihin tuettuina. Kuljetuspukkien lujuudesta ja kestävydestä on oltava todistus. Kuljetuspukit kiinnitetään tai tuetaan lähtökohtaisesti kuljetusalustaan. Kuorman toispuoleisen purun mahdollistamiseksi on kuljetuspukit aina kiinnitettävä sivusuunnassa kuljetusalustaan. Pituussuuntaan kuljetuspukki sidotaan ketjuilla kuljetusalustaan tai alusta varustetaan toppareilla, joiden tukivoima tunnetaan ja joihin pukki tukeutuu. Elementit asetetaan kuljetuspukkeihin siten, että niiden sitominen eteenpäin kohdistuvalle voimalle onnistuu huomioiden kuorman mahdollisimman tasainen jakautuminen pukille. Elementin kuormauksen ja kuljetuksen edellyttämistä alus- ja välipuista sekä kuljetustuista huolehtii lähettäjä.

Elementit tuetaan sivusuunnassa vähintään kahdella ylisidonnalla pystysuoran sidontakulman ollessa välillä 60°- 90°. Elementit sidotaan kuljetuspukeissa toisiinsa yläpäästään nostolenkeistä ristiin. Liukumisen ja kaatumisen estämisen vaatima sidonta määräytyy kuljetuspukissa olevien elementtien lisäksi kuljetuspukin ja elementin välisestä kitkasta ja kuljetuspukin kuljetusalustan kiinnityksen tarjoamasta tuesta.

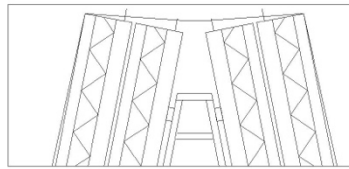
Estettäessä liukuminen eteen/taakse valjassidonnalla nostokorvakkeista, on ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden enintään 60° ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa välillä 30°- 0°.

Rapattujen sandwich-elementtien kuljetuksessa on varottava erityisesti rapatun pinnan ja kulmien vaurioitumista. Ketjut saattavat vaatia eriste- ja rappauserroksen paikallista koloamista. Joka tapauksessa elementtien sidonta voi edellyttää elementtien suojaamista sidontaketjuilta esim. kulmasuojilla.

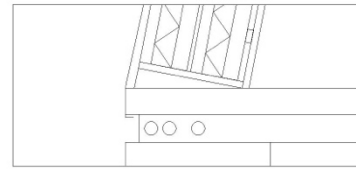
Kuorman varmistamisen edellyttämät sidontavälineet saadaan: Sivulle ylisidonnalla - Taulukko 1 ja eteen/taakse valjassidonnalla - Taulukko 7.



A-PUKKI  
KIINNITETTY  
RUNKOON



PURETTAESSA SIDONTA  
YHTEEN TAI PUKKIIN

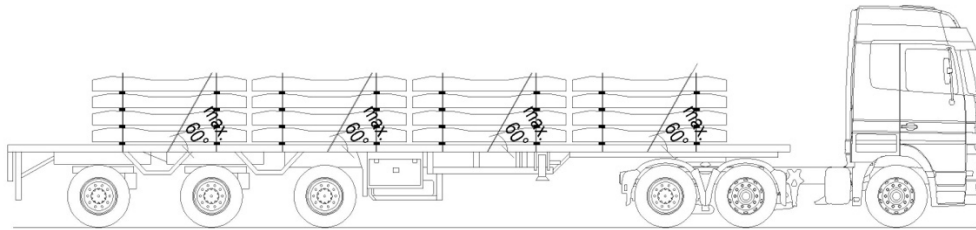


## 5.7 Ratapölkkyt, maatalouden siilo- ja säiliöelementit

Siilo- ja säiliöelementtien etummaisat niput pyritään lastaamaan kuormakorin etupäätyä vasten. Etupäädyn tuki kuormalle voidaan ottaa huomioon vain, jos se on tunnettu ja kunnossa. Nippujen välin ei saa jäädä välejä. Mahdolliset välit täytetään tukimateriaalilla, joka ei muuta muotoaan tai kutistu pysyvästi (esimerkiksi välipuut).

Kaikki elementtipinot tuetaan sivusuunnassa vähintään kahdella ylisidonnalla pystysuoran sidontakulman ollessa välillä 60° - 90° (Taulukko 1).

Pinot tulee sitoa erikseen myös kuormalle eteenpäin. Valjassidonnassa nostokorvakkeiden läpi ketjujen suositeltava sidontakulma kuljetusalustaa kohden on enintään 60° ja vaakasuora sidontakulma lavan pitkittäissuunnassa välillä 30° - 0°. Sidontavälineiden tulee kulkea nostolenkkien läpi (Taulukko 8).









# betoni

Betoniteollisuus ry  
PL 381 (Eteläranta 10)  
00131 Helsinki

[www.betoni.com](http://www.betoni.com)

[www.elementtisuunnittelu.fi](http://www.elementtisuunnittelu.fi)