



## Harjateräspultit

# Käyttöohje

Versio 1/2020



## Harjateräspultit

Harjateräspultteja käytetään teollisuuden ja toimistorakennusten betonielementti- ja teräsrunkojen liitoksissa perustukseen ja pilarijatkoksiin. Pulteille on tehty liitosratkaisut AHK-sarjan pilarikenkien sekä ASL-sarjan seinäkenkien liitoksista paikallavalu-perustukseen. Pultti sopii myös teräs- ja liittopilareiden kiinnittämiseen perustukseen. Betonipilarin liitoksen suunnittelua varten on kehitetty laskentaohjelma ACOLUMN, jolla pultin suunnittelu suoritetaan. Teräspilarin perustusliitoksen suunnitteluun on kehitetty ASTEEL-ohjelma.

- Tuote on testattu ja mitoitettu kestäväksi vaativia rakennusolosuhteita
- Helppo ja nopea mitoitus ACOLUMN tai ASTEEL-ohjelmistossa
- Ensimmäisenä markkinoilla myös onnettomuustilanteen laskenta ACOLUMN-ohjelmalla
- Pultit valmistetaan standardin SFS-EN 1090-2:2018 mukaan
- Komponentit ja blogit niin Tekla- kuin AutoCAD-ohjelmistoihin
- Laaja säädettävyys työmaaolosuhteissa
- Kierre valmistettu EN 898-2 mukaisesti
- Nopea kohdistus ja asennus työmaalla käytettäessä AAK-kehikkoa
- Pultit on suunniteltu SFS-EN 1992-4:2018 euronormien mukaan

## SISÄLLYSLUETTELO

1	HARJATERÄSPULTIT.....	4
2	PULTTIEN KÄYTTÖKOHTTEET.....	4
2.1	Teollisuusrakennusten kevyet betonielementtirungot.....	4
2.2	Liike-, toimisto ja julkisten rakennusten liittopilari- ja teräsrungot.....	4
2.3	Rakennuksen rungon jäykistysseinät.....	5
2.4	Teräsrakenteiden ja laitteiden liitokset betoniin.....	5
2.5	Pulttituotteiden mitat.....	6
2.5.1	ATP-pultit.....	6
2.5.2	AHP-pultit.....	7
3	VALMISTUSTIEDOT.....	8
4	MITOITUSPERUSTEET.....	9
4.1	Suunnittelu- ja valmistusnormit.....	9
4.2	Harjateräspultin kestävyys.....	9
4.2.1	Normaalivoimakestävyys.....	9
4.2.2	Leikkauskestävyys.....	12
4.2.3	Yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys.....	14
4.3	Pilarin leikkausvoiman siirto jälkivalulle ja perustukseen.....	14
4.4	Pulttiliitoksen suunnitteluohje päärakennesuunnittelijalle.....	15
5	DETALJISUUNNITTELU.....	17
5.1	Suunnittelun vaiheet ja osapuolet.....	17
5.2	COLUMN mitoitusohjelma.....	17
5.3	Pilariliitoksen suunnittelu.....	19
5.3.1	Projektikansio ja ohjelman laskentanormi.....	19
5.3.2	Liitostyyppi.....	19
5.3.3	Mitta- ja materiaalitiedot.....	20
5.3.4	Liitoksen voimat.....	22
5.3.5	Pilariliitoksen laskenta.....	23
5.4	Asennustilanne. Pultit.....	23
5.4.1	Tulosten esitystapa.....	23
5.4.2	Asennustilanteen kestävyys.....	24
5.5	Murtotilanne. Harjateräspultit.....	25
5.5.1	Pilariliitoksen kestävyys normaalivoimalle.....	25
5.5.2	Jälkivaluleikkaus. Murtotilanteen kestävyys.....	27
5.5.3	Perustus. Pultin normaalivoimakestävyys betonissa.....	27
5.5.4	Perustus. Pultin leikkauskestävyys betonissa.....	30
5.5.5	Perustus. Pultin normaalivoima- ja leikkauskestävyyden yhdistely.....	32
5.6	Harjateräspultin raudoitus.....	34
5.6.1	Pultin raudoitus normaalivoimalle.....	34
5.6.2	Pultin raudoitus leikkausvoimalle.....	36
5.7	Pulttiliitoksen käyttöikämitoitus.....	37
6	PULTTIEN ASENNUS TYÖMAALLA.....	38
6.1	Asennustyössä noudatettavat normit ja suunnitelmat.....	38
6.2	Pulttien toimitus, varastointi ja tunnistaminen.....	38
6.3	Pulttien asennus perustusmuottiin.....	38
6.4	Peruspulttiliitoksen asennus.....	39
6.5	Pulteille sallitut korjaustoimenpiteet työmaalla.....	40
7	TURVALLISUUSTOIMENPITEET.....	41
7.1	Tiedot työmaan työturvallisuusohjeen laatimista varten.....	41
7.2	Pulttiliitoksen käyttöönotto rakentamisaikana.....	41
8	ASENNUKSEN LAADUNVALVONTA.....	42
8.1	Pilarin asennuksen valvontaohje.....	42
8.2	Asennuksen laadunvalvonnan loppudokumentointi.....	42

### **Revisio O. 5.4.2024**

Tekstikorjauksia

### **Revisio N. 31.1.2020**

Harjateräspultit on mitoitettu uuden EN 1992-4:2018 normin mukaan. CEN/TS 1992-4-2 normi on poistettu.

Kappale 4. Mitoitusperusteet on päivitetty. Kappale 5 päivityksiä. Ei tuotepäivityksiä.

Murtotilanteen Concrete Cone ja Blow-out ja Concrete Edge kestävyysarvot ovat nousseet.

Onnettomuustilanteen vetokestävyysarvot ovat laskeneet.

ACOLUMN versio 5.0 ja ASTEEL versio 2.0 ohjelman pulttien mitoitus on päivitetty SFS-EN 1992-4:2018 normille.

### **Revisio M -15.4.2018**

Tekstikorjauksia

### **Revisio L - 31.12.2017**

ATP-peruspulttien käyttöohje on kirjoitettu kokonaan uudelleen.

ATP- ja AHP-pulttivalikoimaa on laajennettu

ALP-pultit on eriytetty omaan käyttöohjeeseensa

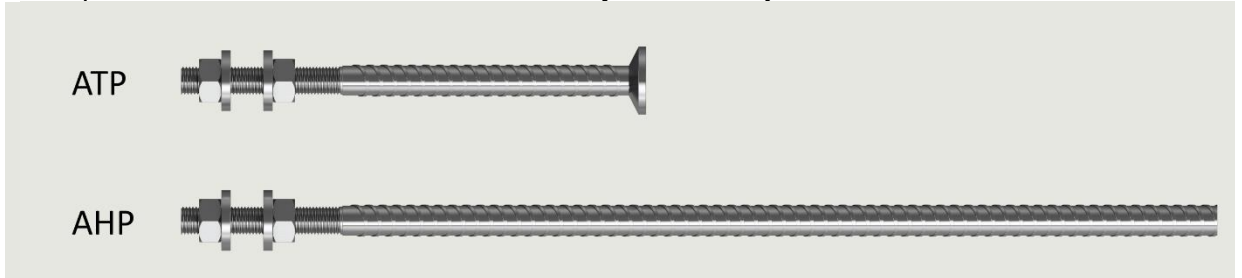
AMP sarjan pulttien valmistus lopetetaan.

Pulttien kestävyysarvot on laskettu standardin CEN/TS 1992-4-2 mukaan.

**Tämä käyttöohje koskee yksinomaan tässä dokumentissa esitettyjen Anstar Oy:n valmistamien tuotteiden suunnittelua ja käyttöä. Käyttöohjetta tai sen erillisiä osia ei voi soveltaa eikä käyttää muiden valmistajien pulttituotteiden suunnitteluun, valmistukseen ja käyttöön peruspulttiliitoksissa.**

## 1 HARJATERÄSPULTIT

Harjateräspultteja käytetään teollisuuden ja toimistorakennusten betonielementti- ja teräsrunkojen liitoksissa perustuksiin ja elementtijatkoksiin AHK-pilarikenkien ja ASL-H seinäkenkien kanssa. Pultti sopii myös teräs- ja liittopilareiden, sekä erilaisten teräsrakenteiden ja laitteiden kiinnittämiseen perustukseen. Betonipilarin liitoksen suunnittelua varten on kehitetty laskentaohjelma ACOLUMN, jolla pulttiliitoksen suunnittelu suoritetaan. Teräspilarin liitoksen suunnitteluun on kehitetty laskentaohjelma ASTEEL.

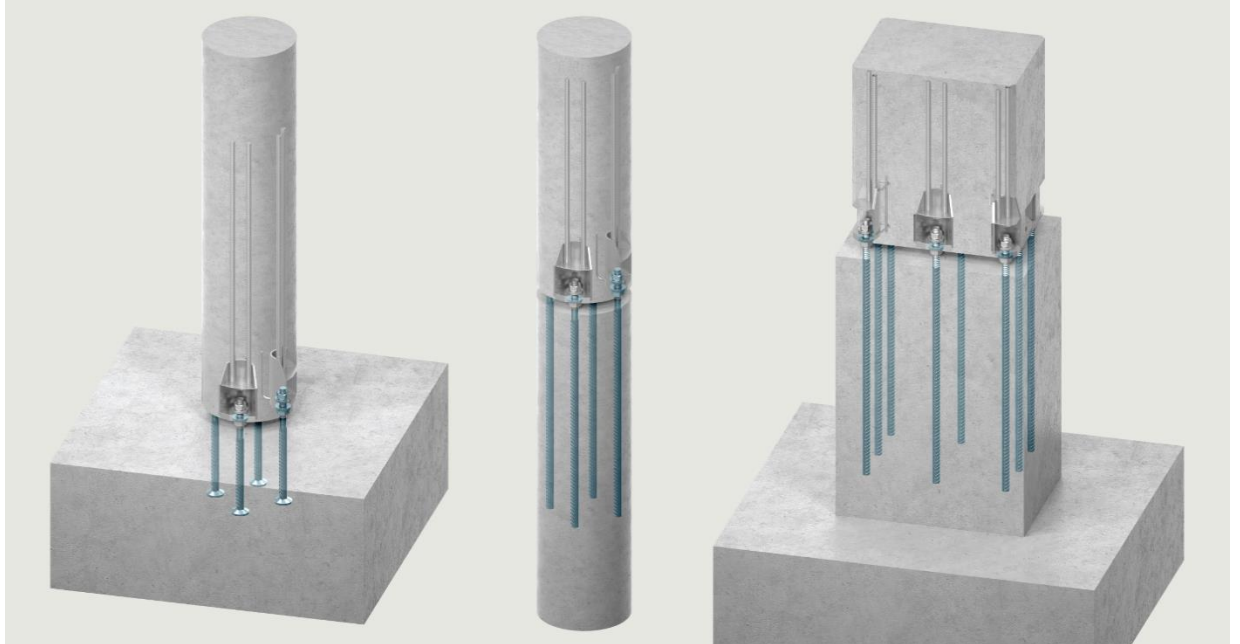


Kuva 1. ATP pultti vaarna-ankkurilla ja AHP pultti harjaterästartunnalla

## 2 PULTTIEN KÄYTTÖKOHTEET

### 2.1 Teollisuusrakennusten kevyet betonielementtirungot

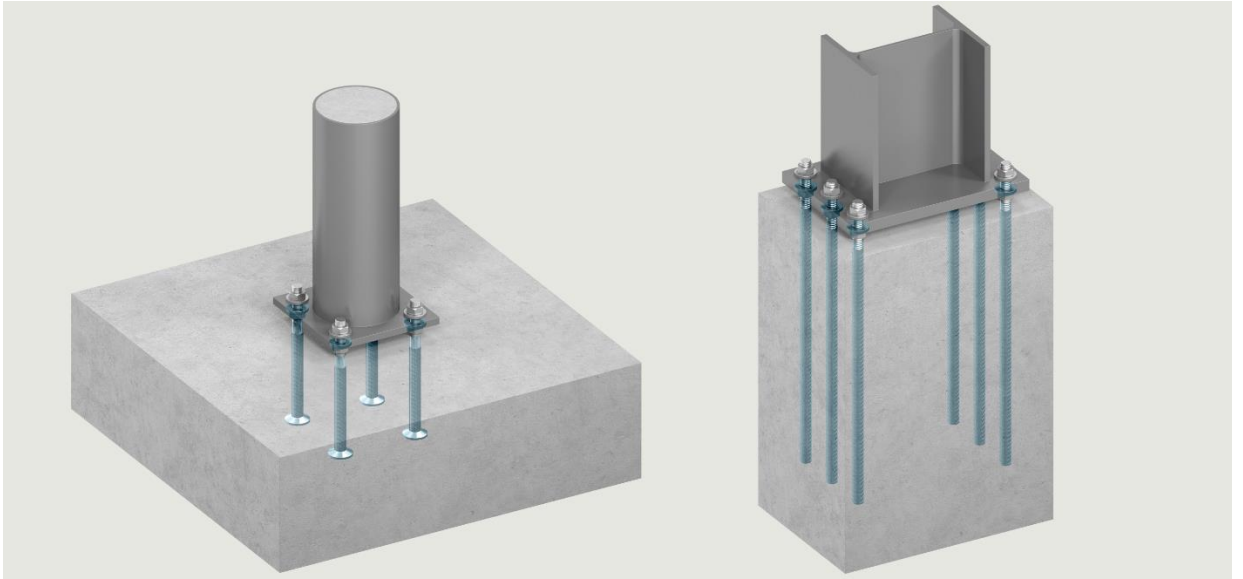
Harjateräspultteja käytetään keveiden ja keskiraskaiden betonipilareiden jatkoksissa ja liitoksissa paikalla valettuun perustukseen. Pulttiliitoksella voidaan siirtää normaali- ja leikkausvoimaa sekä taivutusmomenttia. Lisätietoja on käyttöohjeessa: AHK-pilarikengät.



Kuva 2. Harjateräspultin liitoksia betonipilareissa AHK-pilarikengillä

### 2.2 Liike-, toimisto ja julkisten rakennusten liittopilari- ja teräsrungot

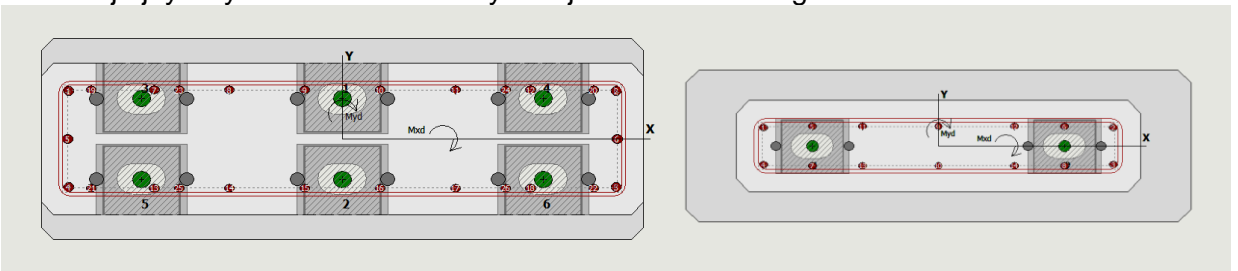
Harjateräspultteja käytetään teräs- ja liittopilareiden liitoksiin, jotka siirtävät normaali- ja leikkausvoimaa sekä taivutusmomenttia. Pitkä AHP-harjateräspultti sopii pilarijatkoksiin ja peruspilariliitoksiin. Lyhyt ATP-harjateräspultti sopii pilarianturaan.



Kuva 3. Harjateräspultin liitoksia liitto- ja teräspilareissa.

## 2.3 Rakennuksen rungon jäykistysseinät

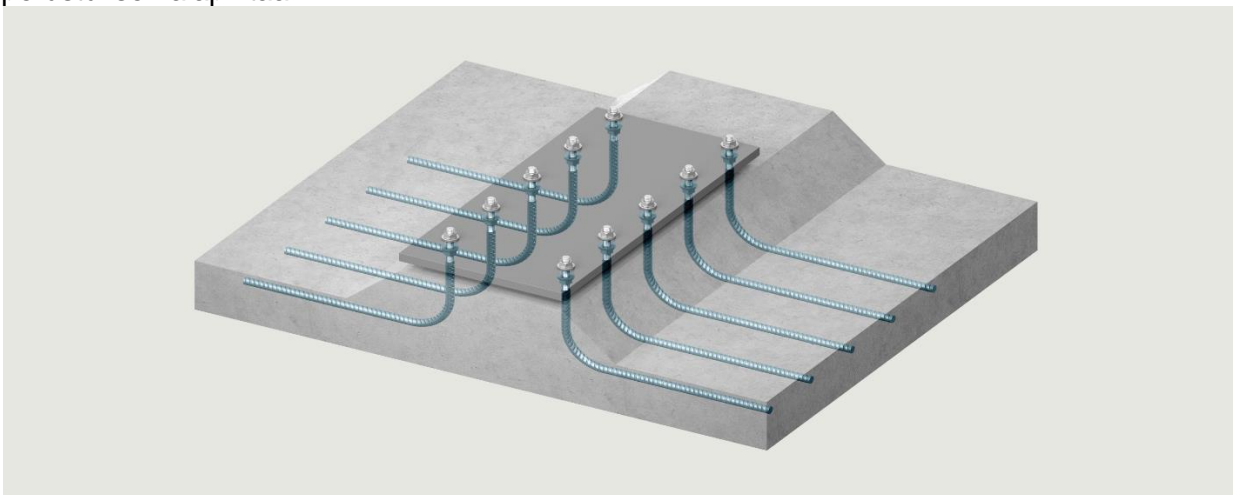
Harjateräspultit sopivat rakennuksen runkoa jäykistävän betonielementtiseinän jatkos- ja perustusliitoksiin yhdessä ASL-H-seinäkengän kanssa. Liitos siirtää vain pultin vetovoimaa. Lisätietoja jäykistysseinän kenkien käyttöohjeessa: Seinäkengät.



Kuva 4. Harjateräspultit jäykistysseinäkengän liitoksessa

## 2.4 Teräsrakenteiden ja laitteiden liitokset betoniin.

Harjateräspultteja voidaan käyttää myös koneiden ja laitteiden kiinnityksiin paikallavalettuun laiteperustukseen tai betonielementtirakenteeseen. ATP-harjateräspultin vaarna vaatii riittävästi tilaa betonin murtokartiolle. AHP-harjateräspultti voidaan tarvittaessa taivuttaa perustuksen alapintaan.



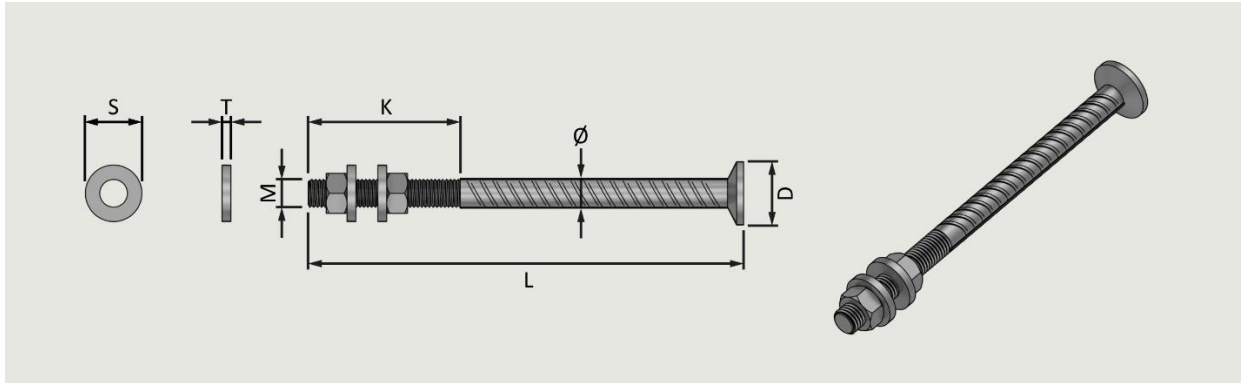
Kuva 5. Harjateräspultit laiteperustuksessa, periaatekuva

## 2.5 Pulttituotteiden mitat

### 2.5.1 ATP-pultit

ATP-pultteja käytetään betoni-, liitto- ja teräspilarin kiinnittämiseen perustukseen normaali- ja leikkausvoimaa sekä taivutusmomenttia siirtävissä liitoksissa. ATP-pultti sopii matalaan pilarianturaan, jossa on riittävästi leveyttä pultin vaarnalle.

ATP-pultti sopii myös muihin betonielementtien liitoksiin ja kone- sekä laiteperustuksiin, joissa tarvitaan hyvin lyhyttä ankkurointipituutta. Pultin vaarna vaatii kuitenkin tilaa leveyssuunnassa betonin murtokartiolle.



Kuva 6. ATP-pultin rakenne

Taulukko 1. ATP-pultin mitat

Pultti	Väri koodi	L mm	K mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	M mm	φ mm	D mm	S mm	T mm	P kg
ATP16	keltainen	280	100	157	M16	T16	36	40	6	0,62
ATP20	sininen	350	120	245	M20	T20	46	46	6	1,15
ATP24	vaalea harmaa	430	140	353	M24	T25	58	55	8	2,16
ATP30	vihreä	500	170	561	M30	T32	73	65	10	4,08
ATP36	tumma harmaa	600	170	817	M36	T32	73	80	10	5,64
ATP39	oranssi	700	190	976	M39	T40	100	90	12	9,42
ATP45	vaalea vihreä	760	190	1306	M45	T40	100	100	12	11,35

Merkinnät:

- L = Pultin pituus
- K = Kierteen pituus
- A<sub>s</sub> = Kierteen jännityspinta-ala
- M = Kierteen koko
- φ = Pultin tartunnan koko
- S = Aluslevyn halkaisija
- T = Aluslevyn paksuus
- D = Pohjakartion vaatiman tilan halkaisija
- P = Pultin paino

Harjateräspulttien pintakäsittelyvaihtoehdot.

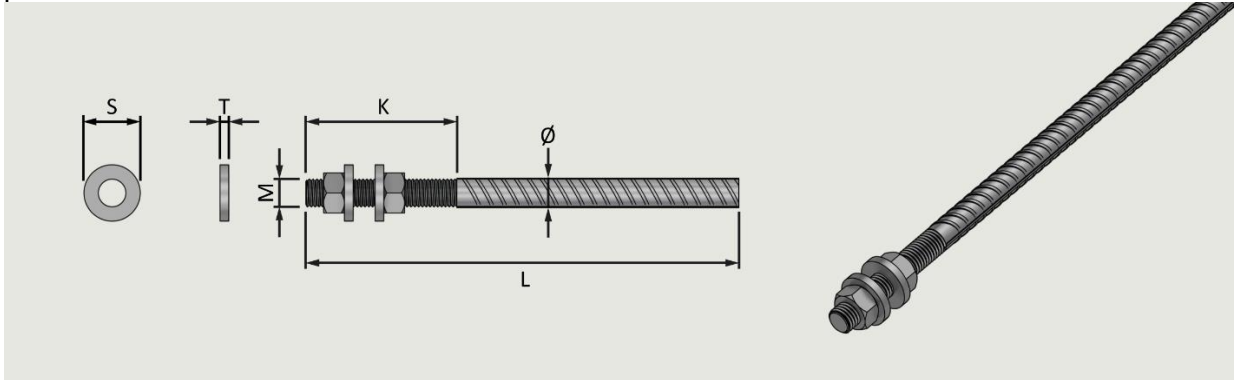
Ei käsittelyä	Kierre, tartunta ja mutteri DIN 934 -8 ja aluslevyt, ei pintakäsittelyä	vakiotoimitus
Kuumasinkitty	Kierre, tartunta ja mutteri DIN 934 -8 HDG ja aluslevy, kuumasinkittyjä	vakiotoimitus

Harjateräspulttien TS-mallit ja Autocad blokit: [www.anstar.fi](http://www.anstar.fi)

## 2.5.2 AHP-pultit

AHP-pultteja käytetään betoni- ja teräspilarin liittämiseen perustukseen normaali- ja leikkausvoimaa sekä taivutusmomenttia siirtävissä liitoksissa. AHP-pultti sopii pilariin ja peruspilariin, jossa rakenteen reunaan on etäisyyttä vain suojabetonikerroksen verran.

AHP-pultti sopii myös betonielementtien liitoksiin, joissa pultti pitää taivuttaa 90 asteen koukuksi. Pultin taivutus tehdään erikoistilauksesta. Taivutus tehdään SFS-EN 1992-1-1 ohjeiden mukaan. Pulttia toimitetaan myös varastopituuksina, joista tarvittaessa voidaan katkaista työmaalla taulukon 3 mukaisilla mitoilla riittävän ankkurointikestävyuden mukainen pultti.



Kuva 7. AHP-pultin rakenne

Taulukko 2. AHP-pultin mitat

Pultti	Väri koodi	Varastomitta L mm	L mm	K mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>	M mm	$\phi$ mm	P kg
AHP16	keltainen	1500	800	100	157	M16	T16	1,42
AHP20	sininen	1500	1000	120	245	M20	T20	2,70
AHP24	vaalea harmaa	1500, 2000	1150	140	353	M24	T25	4,83
AHP30	vihreä	2000, 2500, 3000	1400	170	561	M30	T32	9,61
AHP36	tumma harmaa	-	2000	170	817	M36	T32	13,40
AHP39	oranssi	-	2000	190	976	M39	T40	21,52
AHP45	vaalea vihreä	-	2700	190	1306	M45	T40	28,42

Taulukkoon 3 on laskettu AHP-pulttien minimi limityspituus betonissa pultin kierteen normaalivoiman mitoitusarvolla  $N_{Rd,s}$ . Tartuntaolosuhde on hyvä,  $\eta=1,0$ . Mikäli on muu tartuntaolosuhde,  $\eta=0,7$ , pitää taulukon arvot jakaa luvulla 0,7. Korkeammilla betonilujuuksilla arvoja voi korjata kertomalla luvut betonin vetolujuuden  $f_{ctd}$  mitoitusarvon suhteella  $\eta_2 = f_{ctd, Clask} / f_{ctd, C25/30}$ . Pultin kokonaispituuteen on lisättävä vielä tarvittava kierrepituus.

Taulukko 3. AHP-pultin minimi limityspituus  $l_{0,min}$  SFS-EN 1992-1-1 mukaan

Pultin upotussyvyys betonissa $l_{0,min}$	SFS-EN 1992-1-1 C25/30 grade 2		SFS-EN 1992-1-1 C35/45 grade 1	
Tulo ( $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$ )	0,7	1,0	0,7	1,0
Limijatkoskerroin $\alpha_6$	1,5	1,5	1,5	1,5
AHP16	482	689	385	551
AHP20	602	860	481	687
AHP24	694	991	555	792
AHP30	862	1231	689	984
AHP36	1255	1793	1003	1433
AHP39	1304	1862	1042	1488
AHP45	1744	2492	1394	1991

### 3 VALMISTUSTIEDOT

ANSTAR Oy on tehnyt harjateräspulttien valmistuksesta laadunvalvontasopimuksen KIWA Inspecta Oy:n kanssa. Pulttien valmistustiedot:

1. Valmistusmerkinnät	Pultin valmistusmerkinnät: - ANSTAR Oy:n tunnus - Valmistus SFS-EN 1090-2:2018 mukaan teräsosille. [2] - Pultin tunnus maalataan värikoodilla pultin päähän. - Pakkaus: kuormalava
2. Materiaalit	Valmistuksessa käytettävät materiaalit: - Harjatangot SFS-EN 10080,SFS 1300, B500B - Mutteri DIN 934, lujuus 8 - Aluslevy SFS-EN 10025 musta/sinkitty, S355J2+N - Materiaalien iskutkeys testauslämpötila: -20 °C
3. Valmistusmenetelmä	Pultin valmistus: - Pultit valmistetaan standardin SFS-EN 1090-2:2018 mukaan toteutusluokassa EXC2 Erikoistilauksesta valmistus tehdään toteutusluokassa EXC3. [2] - Kierre SFS-EN ISO 898-2, rullavalssaus - Vaarna-ankkuri, kuumamuokkaus - Valmistustoleranssit SFS-EN 1090-2:2018 [2]
4. Pintakäsittelyt	<b>Vakiotoimitus 1:</b> Ei käsittelyä - Kierre ja tartunta ilman pintakäsittelyä, kierre öljytään. - Mutterit DIN 934, lujuus 8, ei käsittelyä - Aluslevyt S355J2+N, ei käsittelyä  <b>Vakiotoimitus 2:</b> Kuumasinkitty, tilaustunnus HDG - Kierre ja tartunta kuumasinkitty, SFS-EN ISO 10684 - Mutterit DIN 934, lujuus 8, ylikoko kuumasinkitty - Aluslevyt S355J2+N, kuumasinkitty
5. Tuotehyväksyntä laadunvalvonta	Tuotannon laadunvalvonta: Sertifikaatti 0416-CPR-7247-03. Tuotehyväksyntä Suomessa: BY käyttöseloste. Lisätiedot: <a href="http://www.anstar.fi">www.anstar.fi</a> .

Taulukko 4. Anstar Oy:n peruspultti- ja kiinnityslevytuotteiden valmistusohjelma

	Tuoteryhmä	Käyttöohje	Tuotteen tyypillinen käyttökohde
1	ATP AHP	Harjateräspulttit	- Toimisto-, liike- ja julkisten rakennusten perustusten pulttiliitokset. Betoni- ja teräs- ja liittorungot - Kevyiden teollisuusrakennusten perustusten pulttiliitokset betoni- ja teräsrungoissa - Kone- ja laiteperustusten kevyet liitokset betoniin
2	ALP-LC ALP-PC ALP-P2 sekä S sarja irrotettavalla kierteellä	Peruspulttit	- Teollisuuden betonielementtirunkojen järeät perustusliitokset - Betonielementtirungon momenttijäykät palkki-pilariliitokset - Jäykistysseinien perustusliitokset - Teräsrunгон järeät pilari-perustusliitokset - Muut järeät pulttiliitokset betoniin - Kone- ja laiteperustusten järeät liitokset betoniin
3	ARJ	Raudoitusjatkos	- Harjateräksen jatkosliitos - Raudoitusjatkokseen tehdyt pulttisovellukset - Momenttijäykkä palkki-pilariliitos - Vetotankorakenteet
4	KL, AKL, JAL AKLP, -J AKLC-Custom	Kiinnityslevyt	- Betonirakenteisiin sijoitettavat kiinnityslevyt. - Projektikohtaiset erikoiskiinnityslevyt.
5	ADE-T, -P ADK-T, -P	Ristikoliitos	- Betonielementtirungon jäykistysristikoiden kiinnitysosat



## 4 MITOITUSPERUSTEET

### 4.1 Suunnittelu- ja valmistusnormit

#### 1. Suomen normit

<i>SFS-EN 1991-1+NA</i>	Rakenteiden kuormat. Osa 1-1. Yleiset kuormat. [5]
<i>SFS-EN 1992-1-1+NA</i>	Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. [6]
<i>SFS-EN 1993-1-1+NA</i>	Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. [7]
<i>SFS-EN 1992-4:2018</i>	Eurocode 2. Design of concrete structures. Part 4 Design of fastenings for use in concrete. [24]
<i>SFS-EN 13670</i>	Betonirakenteiden toteuttaminen, toteutusluokka 2 tai 3, [17]

#### 2. Muut euronormialueen maat

<i>Perus Eurokoodi</i>	EN-1992-1-1:2004/AC:2010
<i>Ruotsi</i>	SS-EN 1992-1-1:2005/AC:2010+A1/2014 + EKS 11
<i>Saksa</i>	DIN-EN 1992-1-1 +NA/2013-04

#### 3. Pulttien valmistus

<i>SFS-EN 1090-1</i>	Teräsrakenteiden toteutus. Osa 1. Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojenvaatimustenmukaisuuden arviointiin. [1]
<i>SFS-EN 1090-2:2018</i>	Teräsrakenteiden toteuttaminen. Osa 2. Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Toteutusluokat EXC2 ja EXC3. [2]
<i>SFS-EN 13670</i>	Betonirakenteiden toteuttaminen. Toteutusluokka 2 tai 3. [17]
<i>SFS-EN-ISO 5817</i>	Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus. Hitsiluokat. [11]
<i>SFS-EN 17760-1</i>	Hitsaus. Betoniterästen hitsaus. Osa 1. Voimaliitokset. [16]

### 4.2 Harjateräspultin kestävyys

#### 4.2.1 Normaaliveikakestävyys

##### 1. Laskentamenetelmä

Pultin normaaliveikakestävyys mitoitusarvo määräytyy pultin kierteen kestävyys mukaan. Pultin kierteen mitoitusarvo lasketaan EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 osavarmuuskertoimilla. Kestävyys mitoitusarvot on esitetty taulukossa 5.

Pultin leikkauskestävyys perustusbetonissa lasketaan EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 osavarmuuskertoimilla. Liitoksen leikkausvoimien siirtotapa valitaan ACOLUMN tai ASTEEL ohjelmasta soveltumaan kulloinkin tarvittavaan tilanteeseen, katso kappale 4.3.

Pulttiliitoksen normaaliveika- ja leikkauskestävyys asennustilanteessa ennen liitoksen jälkivaluja lasketaan ohjelmilla. Laskentaperiaate on kappaleessa 4.2.4.

Pultin normaali- ja leikkausvoimat siirretään perustuksen raudoitukselle. Pultin murtokriteereille määritetään lisäraudoitus. Lisähaat ja pultin tartuntojen yhteistoiminta perustuksen betonin ja pääraudoituksen kanssa lasketaan ohjelmilla. Pulteille suoritetaan myös onnettomuustilanteen kestävyystarkastelu.

**Kestävyysarvot:** Taulukoiden 5 ja 7 kestävyysarvot ovat määritetty vain annetuilla materiaaleilla ja reunaehdoilla. Näistä poikkeava tilanne on laskettava aina ohjelmilla.

## 2. Normaalivoimakestävyys. Mitoitusarvot

Taulukko 5. Harjateräspultin normaalivoimakestävyys. Murto- ja onnettomuustilanne.

Pultti ATP, AHP	Normaalivoimakestävyys		ATP-pultti, minimi reunaetäisyys	
	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{Rd,sa}$ [kN]	Lisäraudoitettuna C2 [mm]	Ei lisäraudoitusta C3 [mm]
ATP16, AHP16	61,6	69,0	90	180
ATP20, AHP20	96,3	107,8	115	250
ATP24, AHP24	138,7	155,2	140	290
ATP30, AHP30	220,3	246,8	175	405
ATP36, AHP36	320,9	359,5	215	555
ATP39, AHP39	383,4	429,4	230	640
ATP45, AHP45	513,1	574,8	275	775

Harjateräspultin normaalivoimakestävyys. Laskentaperiaate ja mitoitus ehdot.

$N_{Rd,s}$	- Normaalivoimakestävyysmitoitussarvo. - Murtotilanne. Mitoitusehto: Kierre, steel failure.
$N_{Rd,sa}$	- Normaalivoimakestävyysmitoitussarvo. - Onnettomuustilanne: Mitoitusehto: Kierre, steel failure.
C2	- ATP-pultin minimi reunaetäisyys lisäraudoitettuna vetovoimalle. - Blow-out kestävyys mitoitaa. Mitoitusehto: $N_{Rd,cb} \geq N_{Rd,s}$
C3	- ATP-pultin minimi reunaetäisyys ilman vetovoiman lisäraudoitusta. - Concrete Cone kestävyys mitoitaa. Mitoitusehto: $N_{Rd,c} \geq N_{Rd,s}$
- Kun reunaetäisyys on $\leq$ C2 tai $\leq$ C3 pitää ATP-pultin kestävyys laskea ohjelmilla. - Osavarmuuskertoimet standardin SFS-EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 mukaan. - Betoni C25/30-2. Hyvä tartuntaolosuhde ja halkeillut betoni.	

## 3. Normaalivoimakestävyys. Murtokriteerit betonissa

Pultin mitoitus betonissa perustuu normiin SFS-EN 1992-4:2018 [24], jonka mukaan pultille suoritetaan seuraavat normaalivoimakestävyysmurtokriteeritarkastelut.

ATP-pultille suoritetaan normin [24] mukaiset normaalivoiman murtokriteeritarkastelut. AHP-pultille suoritetaan samat tarkastelut paitsi kohdat 3 ja 4. Murtokriteereissä huomioidaan pulttien sijainti rakenteen reunasta ja toisista pulteista ja betonilujuus. Tarkastelu tehdään kaikille pulteille, joista määrävin mitoitaa liitoksen.

Murtokriteeri	Suure	Laskentamenetelmä ja soveltuva normi
1. Steel failure	$N_{Rd,s}$	Pultin teräsvetokestävyys lasketaan SFS-EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 materiaaliosavarmuuskertoimilla.
2. Concrete Cone	$N_{Rd,c}$	ATP-pultille lasketaan Concrete Cone murtokriteeri. - SFS-EN 1992-4:2018, (7.1). AHP-pultin kestävyys perustuu harjateräksen tartunnan ankkurointikestävyyteen: - SFS-EN 1992-1-1. Kappale 8.4.4 - Limijatkoskerroin $\alpha_6 = 1.5$ , hyvä tartuntaolosuhde.
3. Pull-out	$N_{Rd,p}$	ATP-pultille lasketaan Pull-out murtokriteeri. - SFS-EN 1992-4:2018, (7.11).
4. Blow-out	$N_{Rd,cb}$	Rakenteen reunassa oleville ATP-pultille lasketaan Blow-out murtokriteeri. - SFS-EN 1992-4:2018, (7.25).
5. Lisäraudoituksen vetokestävyys.	$N_{Rd,re}$	Pultin lisäraudoituksen kestävyys määritetään ehdosta: - $N_{Rd,re} > N_{Rd,c}$
6. Pultin mitoitettava vetokestävyys.	$N_{Rd}$	Pultin mitoitettava vetokestävyys määräytyy seuraavasti: <u>Raudoittamaton rakenne:</u> - $N_{Rd} = \min(N_{Rd,s}; N_{Rd,c}; N_{Rd,p}; N_{Rd,cb})$ <u>Raudoitettu rakenne:</u> - $N_{Rd} = \min(N_{Rd,s}; N_{Rd,re}; N_{Rd,p}; N_{Rd,cb})$ , kun $N_{Rd,re} > N_{Rd,c}$ .

7. Pohjalevyn jännitystila. Vain ASTEEL ohjelma	$\delta_{vert}$	Pohjalevylle suoritetaan FEM analyysi ja lasketaan von Mises jännitystila liitettävän profiilin kautta tuleville voimille. Levyn jännitystilan varmuustaso ja käyttöaste lasketaan normilla: <ul style="list-style-type: none"> <li>- SFS-EN 1993-1-1 kaava 6.1.</li> <li>- Kimmoplastinen, joustava liitos <math>\delta_{vert} = f_u / \gamma_{M2}</math>, <math>\gamma_{M2} = 1,25</math></li> <li>- Kimmoinen, jäykkä liitos <math>\delta_{vert} = f_y / \gamma_M</math>, <math>\gamma_M = 1,0</math></li> </ul> Levylle lasketaan muodonmuutoksista tuleva siirtymätila.
8. Liitettävän profiilin ja sen hitsin mitoitus. Vain ASTEEL	$F_{w,Rd}$	Pohjalevyyn hitsattavalle profiilille lasketaan jännitys- ja käyttöaste. Tarkastelu suoritetaan levyn pinnassa. <ul style="list-style-type: none"> <li>- SFS-EN 1993-1-1, kappale 6.2 kaava 6.1.</li> </ul> Tämä menetelmä ei suorita profiilille levyosien hoikkuusanalyysejä. Profiilin pienahitsi pintalevyyn mitoitetaan normilla: <ul style="list-style-type: none"> <li>- SFS-EN 1993-1-8, kappale 4.5 kaava 4.</li> <li>- V- ja K-hitsille sovelletaan SFS-EN 1993-1-1 kaavaa 6.1.</li> </ul>
9. Alustabetonin jännitystila.	$\delta_c$	Pohjalevyn alustabetonille suoritetaan FEM laskennassa jännitysanalyysi levystä tulevalle normaalivoimalle. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonin puristusjännityksen mitoitusehto on rajoitettu SFS-EN 1992-1-1 mukaiseen arvoon: <math>\delta_c \leq f_{cd}</math></li> <li>- Voimakkaasti puristuskuormitetuille pohjalevyille voidaan tehdä betonin jännitysanalyysi, vaikka levyn muut kestävyysvaatimukset eivät olisi määrääviä.</li> </ul>
10. Lisäraudoituksen jännitystila ominaiskuormille	$\delta_t$	Pulttien raudoitukselle lasketaan ominaiskuormien aiheuttama jännitystila, jonka avulla voidaan suorittaa betonin halkeamatarkastelu rakenteen reunassa.

#### 4. Pultin minimi reunaetäisyys. Normaalivoima

Pultin minimi reunaetäisyys normaalivoimalle määräytyy joko betonipeitteen nimellisarvon tai pultin vaarnan betonimurtokriteerien perusteella. Taulukossa 6 on pultin minimi etäisyysvaatimukset. Mitta on pultin keskeltä rakenteen reunaan tai toisen pultin keskelle.

Taulukko 6. Harjateräspultin minimi reuna- ja keskiöetäisyydet normaalivoimalle.

Pultti	C1 [mm]	E1 [mm]	Pultti	C1 [mm]	C2 [mm]	C3 [mm]
AHP16	53	40	ATP16	63	90	180
AHP20	55	50	ATP20	68	115	250
AHP24	58	60	ATP24	74	140	290
AHP30	61	70	ATP30	82	175	405
AHP36	61	90	ATP36	82	215	555
AHP39	65	100	ATP39	95	230	635
AHP45	65	110	ATP45	95	275	775

Pultin minimi reuna- ja keskiöetäisyydet on määritetty seuraaville reunaehdoille:

C1 AHP- ja ATP-pultin minimi reunaetäisyys. Betonipeite.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin keskiön minimi etäisyys reunasta. C1 on määritetty rasitusluokissa XC3 - XC4 betonin nimellisarvolla <math>C_{nom} = 35</math> mm ja 50 v käyttöiän ja hakakoon T10 mitoilla (<math>C_{nom} = 45</math> mm).</li> <li>- Mittaa voi redusoida käyttöiän ja betonipeitteen sekä rasitusluokan muuttuessa.</li> </ul>	Minimiarvoa ei saa alittaa.
E1 AHP- ja ATP pultin minimi keskiöetäisyys.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin minimi keskiöetäisyys on määritetty viereisten pulttien tartuntojen etäisyyden ja pultin vaatiman tilan mukaan siten, että pultin tartunnat toimivat erillistankoina, ei tankonippuina.</li> </ul>	Minimiarvoa ei saa alittaa.
C2 ATP-pultin minimi reunaetäisyys. Lisäraudoitettu alusta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimireunaetäisyys C2 on määritetty ATP pultin Blow-Out murtokriteerille.</li> <li>- Pultti raudoitetaan vetovoimalle ja Blow-Out murtokartiolle. Betoni C25/30-2.</li> <li>- Pulttien keskiöetäisyys pitää olla <math>E2 \geq 2 \cdot C2</math></li> <li>- Reunasijoitusalueella <math>C1 \leftrightarrow C2</math> on pultin kestävyys laskettava aina mitoitusohjelmilla.</li> </ul>	Minimiarvon alitus redusoi pultin Blow-out kestävyyttä.

C3 ATP-pultin minimi reunaetäisyys. Raudoittamaton alusta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimi reunaetäisyys C3 on määritetty ATP pultin Concrete Cone murtokriteerille.</li> <li>- Pultti on raudoittamattomassa betonissa C25/30.</li> <li>- Pulttien keskiöetäisyys pitää olla <math>E3 \geq 2 \cdot C3</math></li> <li>- Mitta C3 on myös minimi raudoittamattomassa rakenteessa vetokestävyydellä.</li> </ul>	Minimiarvon alitusta ei suositella. Haurasmurtuma-vaara.
--	---	--

## 4.2.2 Leikkauskestävyys

### 1. Laskentamenetelmä

Pultin leikkauskestävyyden mitoitusarvo määritetään seuraavissa mitoitusilanteissa:

1. <i>Asennustilanne</i> <i>Jälkivaluleikkaus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin kierteen teräsleikkauskestävyys <math>V_{Rd,se}</math>.</li> <li>- Leikkauskestävyys määräytyy EN 1992-4:2018 kaavan 7.34 ja 7.36 mukaan asennustilanteen voimilla, kun liitoksen jälkivalupaksuus on <math>t_{grout} \leq 0,5 \cdot D</math>, jossa <math>D</math>=pultin kierteen nimellishalkaisija. (Steel failure without lever arm).</li> <li>- Leikkauskestävyys määräytyy EN 1992-4:2018 kaavan 7.37 mukaan asennustilanteen voimilla, kun liitoksen jälkivalupaksuus on <math>t_{grout} \geq 0,5 \cdot D</math>, jossa <math>D</math>=pultin kierteen nimellishalkaisija. (Steel failure with lever arm).</li> <li>- Kun jälkivalu <math>t_{grout} \geq 0,5 \cdot D</math>. Asennustilanne lasketaan aina ohjelmilla.</li> </ul>
2. <i>Murtotilanne</i> <i>Jälkivaluleikkaus</i> <i>(ULS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin kierteen teräsleikkauskestävyys on <math>V_{Rd,se}</math>.</li> <li>- Leikkauskestävyyden mitoitus tapahtuu kuten edellä kohdassa 1, mutta murtotilanteen voimilla.</li> <li>- Tätä murtotilaa ei tarkastella, jos liitoksen leikkausvoima siirretään kitkalla tai vaarnalla perustukseen.</li> </ul>
3. <i>Murtotilanne</i> <i>Perustus.</i> <i>(ULS)</i>	<p>Pulteille on määritetty kolme leikkauskestävyyttä:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitoitusilanne on halkeillut betoni ja lujuus C25/30–2.</li> <li>- Reunaetäisyys on C4 tai C5 voiman suunnassa ja sivusuunnassa.</li> <li>A. Teräsleikkauskestävyys on <math>V_{Rd,s}</math>, kun reunaetäisyys on <math>\geq C5</math>. Ei pulttikohtaista lisäraudoitusta. Pintaraudoitus vaaditaan.</li> <li>B. Betonileikkauskestävyys <math>V_{Rd,c1}</math> on laskettu ilman pultin leikkausraudoitusta taulukon 7 reunaetäisyydelle C5.</li> <li>C. Betonileikkauskestävyys <math>V_{Rd,c3}</math> on laskettu pulttikohtaisella U-leikkaushakaraudoituksella taulukon 7 reunaetäisyydelle C4.</li> <li>- Reunaetäisyyksillä C1 <math>\Leftrightarrow</math> C5 betonileikkauskestävyydet lasketaan aina ASTEEL ja ACOLUMN ohjelmilla.</li> </ul>
4. <i>Onnettomuus-</i> <i>tilanne. Perustus.</i> <i>(ALS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultille määritetään onnettomuusilanteen leikkauskestävyydet kohdan 3 periaatteiden mukaan.</li> <li>- Osavarmuuskertoimet SFS-EN 1992-4:2018 taulukko 4.1 onnettomuusilanne.</li> <li>- Mitoitus tehdään aina ohjelmilla.</li> </ul>
5. <i>Betonilujuus,</i> <i>reunaetäisyydet</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun perustuksen betonilujuus muuttuu ja reunaetäisyydet pienenevät, lasketaan kestävyydet aina ohjelmilla.</li> </ul>

Taulukko 7. Harjateräspultin leikkauskestävyyden mitoitusarvo. Betoni C25/30–2.

Pultti ATP, AHP	Murtotilanne						Asennustilanne	
	Teräskestävyys		Betonikestävyys		Kestävyys, laskenta-reunaetäisyys [mm]		Kierre $V_{Rd,se}$ [kN]	Jälkivalu $G \leq t_{grout}$ mm
	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,sa}$ [kN]	$V_{Rd,c1}$ [kN]	$V_{Rd,c3}$ [kN]	C4	C5		
ATP16 AHP16	28,8	33,2	20,5	28,8	165	165	28,8	8
ATP20 AHP20	44,9	51,8	32,0	44,9	220	220	44,9	10
ATP24 AHP24	64,7	74,7	46,2	64,7	270	270	64,7	12
ATP30 AHP30	102,8	118,6	73,4	102,8	370	370	102,8	15
ATP36 AHP36	147,4	172,8	107,0	149,8	480	480	147,4	18
ATP39 AHP39	178,9	206,5	127,7	178,9	520	520	178,9	20
ATP45 AHP45	230,2	276,3	171,8	239,4	630	630	230,2	23

## 2. Harjateräspultin leikkauskestävyys. Laskentaperiaate ja mitoitus ehdot.

$V_{Rd,s}$	- Leikkauskestävyys perustuksessa. Kierre: Steel failure. - Murtotilanne. Laskettu reunaetäisyydellä $\geq C5$ .
$V_{Rd,sa}$	- Leikkauskestävyys perustuksessa. Kierre: Steel failure. - Onnettomuustilanne. Laskettu reunaetäisyydellä $\geq C5$ .
$V_{Rd,c1}$	- Leikkauskestävyys perustuksessa. Concrete Edge. - Murtotilanne: Ei leikkausraudoitusta. Reunaetäisyys $\geq C4$ .
$V_{Rd,c3}$	- Leikkauskestävyys perustuksessa. Concrete Edge. - Murtotilanne. Pultissa on leikkausraudoitus. Reunaetäisyys $\geq C5$ .
$V_{Rd,se}$	- Leikkauskestävyys jälkivalussa. Kierre: Steel failure. - Murtotilanne. Laskettu reunaetäisyydellä $\geq C5$ . - Liitoksen jälkivalupaksuuden pitää olla $t_{grout} \leq 0,5 * D$ , jossa D= pultin kierteen nimellishalkaisija. (Steel failure without lever arm).
C4	- Harjateräspultin minimi reunaetäisyys ilman leikkausvoiman lisäraudoitusta. Concrete Edge, ei leikkausraudoitusta. Mitoitusehto $V_{Rd} = V_{Rd,c1} = V_{Rd,c3} / 1.4$ .
C5	- Harjateräspultin minimi reunaetäisyys lisäraudoitettuna leikkausvoimalle. Concrete Edge + leikkausraudoitus. Mitoitusehto $V_{Rd} = V_{Rd,c3} \geq V_{Rd,s}$ .
$t_{grout}$	- Liitoksen jälkivalun maksimi paksuus teräsleikkauskestävyydelle $V_{Rd,se}$ .
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun reunaetäisyys on <math>\leq C4</math> tai <math>\leq C5</math>, pultin betonileikkauskestävyys on laskettava ohjelmilla.</li> <li>- Kun jälkivalun paksuus <math>t_{grout} &gt; 0,5 * D</math>, pultin kestävyys on aina laskettava ohjelmilla.</li> <li>- Osavarmuuskertoimet standardin SFS-EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 mukaan.</li> <li>- Betoni C25/30-2. Hyvä tartuntaolosuhde ja halkeillut betoni.</li> </ul>	

## 3. Leikkauskestävyys. Murtokriteerit betonissa

Pulteille suoritetaan seuraavat leikkausvoiman murtokriteeri tarkastelut. Murtokriteereissä huomioidaan pulttien sijainti rakenteen reunasta ja sivusuunnasta ja toisista pulteista. Laskenta tehdään kaikille pulteille, joista määräävin mitoittaa liitoksen.

1. <i>Steel failure without lever arm.</i>	$V_{Rd,s}$	Pultin varren teräsleikkauskestävyys lasketaan SFS-EN 1992-4:2018 taulukon 4.1 osavarmuuskertoimilla ja kaavalla (7.34) ja (7.35), kun jälkivalupaksuus $t_{grout} \leq D/2$ . (D=pultin kierteen nimellishalkaisija).
2. <i>Steel failure with lever arm. Asennustilanne.</i>	$V_{Rd,se}$	Pultin varren teräsleikkauskestävyys asennustilanteessa lasketaan SFS-EN 1992-4:2018 kaavalla (7.37), kun jälkivalupaksuus $t_{grout}$ on $\geq D/2$ . Asennustilanteen kuormat ja jälkivalua ei ole tehty.
3. <i>Steel failure with lever arm. Murtotilanne</i>	$V_{Rd,s}$	Pultin varren teräskestävyys murtotilanteessa lasketaan SFS-EN 1992-4:2018 kaavoilla (7,34)(7.37) jälkivalupaksuuden mukaan. Murtotilanteen kuormat ja jälkivalu siirtää normaalivoimaa.
4. <i>Pry-out.</i>	$V_{Rd,cp}$	ATP-pultille lasketaan Pry-out murtokriteeri. kaava 7.39
5. <i>Concrete Edge. Reunapuristuskestävyys. Ilman leikkausraudoitusta.</i>	$V_{Rd,c}$	Pultin reunapuristuskestävyys $V_{Rd,c}$ määritetään SFS-EN 1992-4:2018 kaavalla 7.40. Raudoituskerroin $\psi_{re,v} = 1.0$ . Arvo lasketaan pultille lähintä reunaa kohti tai leikkausvoiman suunnassa. <u>Pultin minimi leikkauskestävyys:</u> $V_{Rd,c, min} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,c})$ <u>Liitoksen leikkauskestävyys:</u> $V_{Rd,c, levy} = n * V_{Rd,c, min}$ , jossa n = pulttien määrä levyssä ja $V_{Rd,c, min}$ = pulttien pienin leikkauskestävyys.
6. <i>Concrete Edge. Reunapuristuskestävyys. Leikkausraudoituksella.</i>	$V_{Rd,c}$	Pultin reunapuristuskestävyys $V_{Rd,c}$ määritetään SFS-EN 1992-4:2018 kaavalla (7.40). Raudoituskerroin $\psi_{re,v} = 1.4$ . Arvo lasketaan lähimpänä reunaa olevalle pultille ja leikkausvoiman suunnassa. <u>Pultin minimi leikkauskestävyys raudoitettu:</u> $V_{Rd,c, min} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,re})$ , kun $\min(V_{Rd,c})_n$ <u>Liitoksen leikkauskestävyys määräytyy</u> $V_{Rd,c, levy} = n * V_{Rd,c, min}$ , jossa n = pulttien määrä liitoksessa $V_{Rd,c, min}$ = Pulttien pienin leikkauskestävyys. Leikkausvoima siirretään lisäraudoituksella.
7. <i>Raudoituksen kestävyys.</i>	$V_{Rd,re}$	Pulttien raudoitus leikkausvoimalle määritetään ehdosta: - $V_{Rd,re} \geq V_{Rd,c}$

#### 4.2.3 Yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys

Pulteille suoritetaan veto- ja leikkausvoiman murtokriteerien yhdistely seuraavilla periaatteilla. Mitoitus suoritetaan jokaiselle yksittäiselle pultille, joista suurin käyttöaste määrää liitoksen kestävyydelle.

1. <i>Pultin teräskestävyys</i>	Pultille lasketaan yhdistetty teräsveto- ja leikkauskestävyys - SFS-EN 1992-4:2018 kaava 7.54. - $(N_{Ed}/N_{Rd,s})^2 + (V_{Ed}/V_{Rd,s})^2 \leq 1$ (7.54)
2. <i>Pultin betonikestävyys</i>	Pultille lasketaan yhdistetty betonin veto- ja leikkauskestävyys kaavoilla 7.55 ja 7.56 tilanteessa, jossa ei käytetä raudoitusta tai molemmat voimakomponentit siirretään lisäraudoituksella. Kaava huomioi teräskestävyyden, mikäli se mitoittaa.  $(N_{Ed}/N_{Rd,i})^{1.5} + (V_{Ed}/V_{Rd,i})^{1.5} \leq 1$ (7.55) tai $(N_{Ed}/N_{Rd,i}) + (V_{Ed}/V_{Rd,i}) \leq 1.2$ (7.56)
3. <i>Pultin betonikestävyys</i>	Pulteille lasketaan yhdistetty betonin veto- ja leikkauskestävyys kaavalla 7.57 tilanteessa, jossa raudoituksella siirretään vain toinen (veto tai leikkaus) voimakomponentti ja toinen siirretään vain pultilla. Exponentti $k_{11} = 0,67$ . Kaava huomioi teräskestävyyden, mikäli se mitoittaa. $(N_{Ed}/N_{Rd,i})^{k_{11}} + (V_{Ed}/V_{Rd,i})^{k_{11}} \leq 1$ (7.57)
4. <i>Pultin kestävyys</i>	Pultin kestävyys määrää suurin käyttöaste murtokriteerien yhdistelyssä. Kun leikkausvoima siirretään kenkäliitoksessa kitkan avulla ja teräspilarissa leikkausvaarnan avulla, pultille ei lasketa leikkausvoimaa ja suure $\beta_v = 0$ .

#### 4.3 Pilarin leikkausvoiman siirto jälkivalulle ja perustukseen

Pilarin leikkausvoima siirretään pilarilta jälkivalun kautta perustukselle kolmella eri menetelmällä, joiden käytön suunnittelija valitsee ohjelman kuormitusyhdistelyssä.

1. <i>Kitkavoima</i>	Leikkausvoima siirretään kitkavoiman avulla pilarilta jälkivalulle. - Leikkausvoima siirtyy pilaribetonin ja kengän pohjalevyn alapinnan kitkan kautta jälkivalulle ja siitä perustuksen betonille. - Pultit eivät osallistu laskennallisesti leikkausvoiman siirtoon. - <u>Jäykistysseinäliitos</u> : Kitkavoima lasketaan SFS-EN 1992-1-1 kappaleen 6.2.5 työsauman rajapinnan kestävyden mukaan. - <u>Pilarikenkä ja teräspilariliitos</u> : Kitkavoima lasketaan SFS-EN 1993-1-8 kappaleen 6.2.2 kitkakertoimella $\mu = 0,2$ . Loput leikkausvoimasta siirtyy pulttien kautta. - Menetelmiä sovelletaan käyttöön, kun pilarin normaalivoima pysyy puristettuna ja normaalivoimasta tuleva kitkavoima riittää leikkausvoiman siirtoon. - Jos kitkaa ei käytetä, siirretään leikkausvoima pulttien kautta.
2. <i>Peruspultit kiinnityslevyt</i>	Leikkausvoima siirretään kaikilla peruspulteilla. Lähimpänä reunaa oleva pultti määrää muiden pulttien leikkauskestävyyden liitoksessa.
3. <i>Leikkausvaarna</i>	Leikkausvoima siirretään teräsvaarnalla: - Menetelmää käytetään teräspilariliitoksissa, joissa pohjalevyn alapintaan on hitsattu teräsprofiili, jonka vaarnavaikutuksella leikkausvoima siirtyy jälkivalun läpi suoraan perustuksen betonille. - Peruspultit eivät osallistu leikkausvoiman siirtoon.

#### 4.4 Pulttiliitoksen suunnitteluohje päärakennesuunnittelijalle

Pulttiliitoksen suunnittelu tämän käyttöohjeen mukaan tehdään ACOLUMN 5.0 ja ASTEEL 2.0 mitoitusohjelmilla. Laskentamenetelmän vuoksi käsin laskentaan ei anneta ohjeita, eikä pultteja suositella käytettäväksi detaljisuunnittelussa likimääräisillä laskentamenetelmillä. Ohjelmalla suunnitellaan pultit seuraavissa liitostyypeissä:

1. <i>Pilarikengä-liitokset</i>	Runkopilareiden liitokset. - Kenkäliitokset elementtipilareiden jatkoksissa. - Kenkäliitokset peruspilariin ja paikallavaluanturaan. - Suorakaide- ja pyöreät pilarit. - APK-C, APKK-C ja AHK, AHK-K kengät.
2. <i>Seinäkenkä-liitokset</i>	Jäykistävä seinä. - Jäykistävän elementtiseinän jatkos- ja perustusliitos. - ASL-H ja ASL-P seinäkengät.
3. <i>Momenttijäykkä palkkipilari-liitos</i>	Momenttijäykkä palkki-pilariliitos. - Betonielementtirungon momenttijäykät palkkipilari liitokset. - APK-MC palkkikengät ja ALP-P2 sarjan peruspultit.
4. <i>Teräspilarin liitos perustukseen</i>	Teräspilarin perustusliitos. - Teräspilareiden peruspulttiliitokset paikallavaluperustukseen. - Pohjalevy- ja leikkausvaarnaliitokset.
5. <i>Kiinnityslevyt</i>	Anstarin kiinnityslevyjen projektikohtainen mitoitus.
6. <i>Ristikkoliitos</i>	Anstarin ADE ja ADK ristikkoliitos tuotteiden projektikohtainen mitoitus.

Pulttiliitosten suunnittelussa huomioidaan seuraavat mitoitusehdot ja normit:

1. <i>Mitoitusnormit ja kuormitus-yhdistely</i>	- Pulttiliitoksen suunnittelu tehdään standardilla EN 1992-4:2018 ja SFS-EN euronormeja sovelletaan. - Ennen ohjelman käyttöä lasketaan erillisillä mitoitusohjelmilla pulttiliitoksessa vaikuttavat voimayhdistelmät. - Ohjelmassa on mahdollista mitoittaa liitos myös perus eurokoodilla sekä Ruotsin ja Saksan kansallisen liitteen mukaan.
2. <i>Asennustilanteen mitoitus</i>	- Pulttiliitos toimii asennustilanteessa ilman jälkivaluja. - Pulttien kestävyys lasketaan asennustilanteelle annetuille voimille ACOLUMN ja ASTEEL ohjelmilla. - Liitoksen normaalivoima siirretään pulttien kautta ja leikkausvoima siirtyy pulttien taivutuksen ja leikkauksen kautta. - Pulttien hoikkuus ja taivutuskestävyys huomioidaan liitoksen jälkivalupaksuuden mukaan.
3. <i>Murtotilanteen mitoitus (ULS)</i>	- Seuraamusluokan CC1–CC3 kertoimet huomioidaan kuormitusyhdistelyssä. - Pulttiliitos toimii murtotilanteessa, kun perustuksen betoni ja liitoksen jälkivalut ovat kovettuneet. - Ohjelma laskee liitoksen taivutettuna ja puristettuna rakenteena, jossa vetovoima siirtyy pultin/kengän kautta ja puristusvoima siirtyy pilaribetonin sekä kenkä/peruspulttien kautta. - Liitoksen leikkausvoima siirtyy kohdassa 4.2.2 esitetyillä periaatteilla. - Ohjelma suorittaa pulttien tarvitseman lisäraudoituksen mitoituksen.
4. <i>Palotilanteen mitoitus</i>	- Pulttiliitos suunnitellaan samaan paloluokkaa rungon kanssa. - Pultti on sijoitettava riittävän betonikerroksen etäisyydelle rakenteen reunasta jälkivalussa ja perustuksessa.
5. <i>Dynaamiset kuormat</i>	- Dynaamista vaikutusta sisältävät kuormat huomioidaan SFS-EN 1990-1 kohdan 4.1.5 mukaan kertomalla staattiset ominaiskuormat vastaavilla dynaamisilla suurennuskertoimilla. - Mitoitus suoritetaan näin lasketuilla voimilla staattisena tilanteena.
6. <i>Maanjäristys-tilanteen kuormat</i>	- Maanjäristysmitoitus huomioidaan murtotilanteen laskennassa SFS-EN 1991-1 mukaisesti kuormitusyhdistelykaavoissa. [5] - Mitoitus suoritetaan näin lasketuilla voimilla staattisena tilanteena. - Erillisellä ohjelmalla lasketaan maanjäristyksen kuormitusyhdistelystä tulevat liitosvoimat. - Kuormaosavarmuustaso valitaan euronormien mukaan.
7. <i>Väsyttävät voimat</i>	- Pultin kestävyysarvoja ei ole määritetty väsyttävälle voimille. - Väsymismitoitus tehdään tapauskohtaisesti SFS-EN 1990-1 kohdan

	4.1.4 periaatteiden mukaan. [4]
8. <i>Onnettomuus-tilanteen mitoitus (ALS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peruspultit lasketaan onnettomuus-tilanteessa SFS-EN 1992-4:2018 mukaan, käyttämällä taulukon 4.1 onnettomuus-tilanteen materiaaliosavarmuuskertoimia määrittämään liitoksen kestävyys.</li> <li>- Mitoitusta tarvitaan myös selvitetäessä ohjeen RIL 201-4-2017 [23] mukaan kenkä/pulttiliitoksen vaurionsietokykyä onnettomuus-tilanteessa CC3 luokan rakenteilla.</li> <li>- Tarkastelu suoritetaan ohjelmilla. Lasketaan erillisellä ohjelmalla onnettomuus-tilanteen voimayhdistely ja annetaan liitoksen voimat "Onnettomuus-tilanteen kuormina".</li> <li>- Ohjelma laskee onnettomuus-tilanteen kestävyysarvot ja käyttöasteet liitoksen eri osille. Onnettomuus-tilanteessa liittyvän profiilin materiaalien osavarmuustaso on rakenne- ja harjateräs <math>\gamma_s = 1,0</math>. Pultin materiaalien ja murtokriteerien osavarmuustaso on määritetty normilla SFS-EN 1992-4:2018 (taulukko 4.1)</li> </ul>
9. <i>Pultti matalissa lämpötiloissa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulteille ei tarvitse tehdä erillistä käyttölämpötilatarkastelua. Noudatetaan harjateräkselle määritettyjä matalan lämpötilan mitoitusmenetelmiä.</li> </ul>
10. <i>Pultin toiminnan vaatima lisäraudoitus.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjelma laskee pultin lisäraudoituksen liitoksen voimien mukaan ja tulostaa minimi raudoitusmäärät.</li> <li>- Pulteilta tulevat voimat siirretään perustuksen raudoituksen kautta.</li> <li>- Ohjelma suorittaa perustuksen päätankojen normaalivoimakestävyuden ja limityspituuden tarkistuksen pultin alueella, jotta pultin laskentavoimat siirtyvät perustuksen päätangoille.</li> </ul>
11. <i>Pultin toiminnan vaatimat minimi reunaetäisyydet</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjelma laskee standardin EN 1992-4:2018 mukaan normaalivoimalle kappaleessa 7.2.1 ja leikkausvoimalle kappaleessa 7.2.2 määritellyt murtokriteerien reunaetäisyydet.</li> <li>- Reunaetäisyyden tullessa määrääväksi redusoidaan pultin normaali- ja leikkausvoimakestävyyttä pultin todellisen reunaetäisyyden mukaan.</li> <li>- Reunaetäisyys ei määrää pultin sijoitusta. vaan pultin kestävyyttä redusoidaan laskettavan murtokriteerin mukaan.</li> <li>- Taulukossa 6 Annetut minimi etäisyydet perustuvat pultin rakenteellisiin mittoihin ja suojabetonikerrokseen <math>C_{min} = 35 \text{ mm} + 10 \text{ mm haka}</math>.</li> </ul>
12. <i>Pultin käyttöikä</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitoksen käyttöikämitoitus tehdään SFS-EN 1992-1-1 kappaleen 4 ohjeilla. Periaatteet on esitetty tämän ohjeen kappaleessa 5.7.</li> </ul>



## 5 DETALJISUUNNITTELU

### 5.1 Suunnittelun vaiheet ja osapuolet

Harjateräspultit ovat Anstarin valmistama tuote, jonka lopullinen käytön suunnittelu kuuluu betonirakenteiden rakennesuunnittelijalle. Liitoksen detaljisuunnittelua varten on laadittu tämä käyttöohje sekä mitoitusohjelman ACOLUMN betonipilarin ja ASTEEL teräspilarin liitoksiin.

Pulttiliitoksen lopullinen detaljisuunnittelu on suoritettava Anstarin mitoitusohjelmilla. Liitoksen eri komponenttien yhteistoiminta on määritetty standardin SFS-EN 1992-4:2018 [24] mukaan. Ohjelma laskee pultin kestävyudet liitoksen materiaaleilla ja mitoilla liitokseen annetuilla laskentavoimilla. Ohjelma tarkistaa, että pultin laskentavoimat siirtyvät euronormien mukaisesti perustuksen betonille ja raudoitukselle.

Laskentamenetelmän laajuuden vuoksi käsin laskentaan ei anneta ohjeita, eikä pultteja suositella käytettäväksi likimääräisillä käsin laskenta menetelmillä. Ohjelma mitoittaa pultit betoni- ja teräspilarin pulttiliitoksessa ja tuottaa laskelma-aineiston rakennusvalvontaa varten. Anstarin tekninen suunnittelu antaa lisäohjeita pulttituotteiden käytöstä. [Anstar@anstar.fi](mailto:Anstar@anstar.fi).

Kotisivuiltamme [www.anstar.fi](http://www.anstar.fi) voi ladata mitoitusohjelman. Ohjelma toimii Windows 10 käyttöjärjestelmässä. Pääikkunassa näytetään pilarin poikkileikkaus liitoksen pohjalevyn yläpinnan kohdalta sekä alapuolisen perustuksen mitat ja pultit. Pääikkunan valikkorakenne muodostuu toiminnoista:

### 5.2 COLUMN mitoitusohjelma

#### 1. Käyttöliittymän valikot

1. Tiedosto	- Valikossa suoritetaan projektikansion ja tiedostohallinnan ja tulostuksen valinnat.
2. Lähtötiedot...	- Ensiksi valitaan laskettava liitostyyppi. - Seuraavaksi annetaan poikkileikkauksen geometria ja materiaalitiedot.
3. Kuormat	- Toiminnolla annetaan rungon kuormitusyhdistelystä lasketut voimat asennus- ja murtotilanteelle sekä palomitoitukselle.
4. Raudoitteet...	- Toiminnolla sijoitetaan liitokseen kengät ja peruspultit sekä pilarin pääraudoitus kenkien alueelle.
5. Mitoita...	- Valinta suorittaa liitoksen laskennan. - Tässä toiminnossa valitaan myös käyttö- ja onnettomuustilanteen laskenta.
6. Laskentatulokset	- Laskentatulokset tarkastellaan kengille ja pulteille sekä eri tilanteiden mitoitusluokille.
7. Ohjelman asetukset	- Valikossa annetaan ohjelman käyttöä ja laskentaa ohjaavia parametreja.

#### 2. Laskentaa ohjaavat tiedot

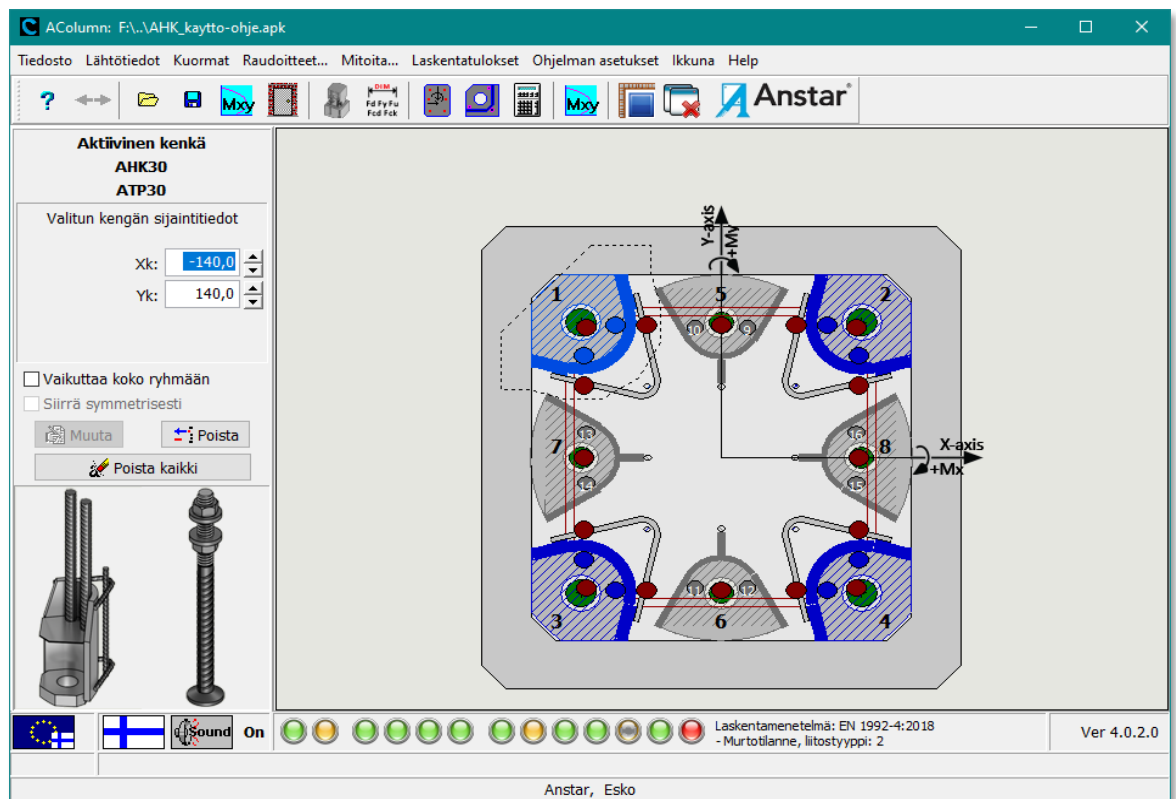
1. Laskentanormi	- Pääikkunassa on laskentaa ohjaavaa informatiivista tietoa: - Ikkunan vasemmassa alakulmassa on projektikansiossa käytössä olevan laskentanormin lipputunnus.
2. Käyttökieli	- Normilipun vieressä on käyttökielen lipputunnus. Valittavina on suomi, ruotsi, englanti ja saksa sekä sama myös tulostuskieleksi. Käyttö- ja tulostuskieli voidaan valita erikseen.

### 3. Pulttien soveltuvuus eri liitostyyppeihin perustusrakenteissa

Taulukossa 8 on harjateräspulttien soveltuvuus eri perustusrakenteisiin. Käyttökohteen valintaan vaikuttaa pultin pituus, suojabetonikerrosvaatimukset sekä lyhyen vaarnapulttin murtokartiomitoituksen vaatima reunaetäisyys.

Taulukko 8. Harjateräspulttien soveltuvuus eri perustusrakenteisiin

Pultti	Pilari-pilari liitos	Pilari-peruspilari liitos	Pilari-antura liitos
ATP	Pultti ei sovellu liitokseen vaarnapulttin kannan suuren reunaetäisyyden takia.	Pultti ei sovellu liitokseen vaarnapulttin kannan suuren reunaetäisyyden takia.	Pultti sopii hyvin matalaan anturaan ja pultin vaarnan kannalla on riittävä reunaetäisyys.
AHP	Pultti sopii hyvin jopa samankokoisiin pilareihin.	Pultti sopii hyvin, jos peruspilari on riittävän korkea. Reunaetäisyydet ovat riittävät.	Pultti sopii, jos pultin tartunta taivutetaan anturan alapintaan tai anturassa on riittävästi korkeutta.




Kuva 8. Pääikkuna AHK- ja AHK-K pilarikengät ja harjateräspultit

### 4. Laskentatulosten nopea tarkastelu

Pääikkunassa on laskentatulosten nopeaa tarkastelua ohjaavaa informatiivista tietoa:

#### Käyttöastevalot

Ikkunan alapalkissa on näytetty eri laskentasuureiden käyttöasteet pyöreillä valoindikaatioilla. Värien merkitys laskentasuureeseen on:	
1. <b>Vihreä</b>	Käyttöaste on hyväksytty alueella 0 - 0,95
2. <b>Keltainen</b>	Käyttöaste on hyväksytty alueella 0,951 – 1.0
3. <b>Punainen</b>	Käyttöaste ylittyy alueella >1,01
4. <b>Harmaa</b>	Jos väri on harmaa, ei suuretta ole laskettu tai se ei kuulu liitostyyppin mitoitusarvoihin. Jos asennuskuormia ei anneta, asennusta ei lasketa.
5. <b>Väripalkki</b>	 Käyttöastevalot aktivoituvat sitten, kun liitoksen voimat on annettu ja liitos on laskettu.

### Käyttöasteen hyväksyntä

Ikkunan alapalkissa on esitetty laskentasuureiden käyttöasteet valoindikaatioilla. Värin merkitys laskentasuureeseen:	
1. Merkitys	- Valopalkin mitoitusuureen saa selville osoittamalla hiirellä valoa, jolloin valopalkin alle tulostuu käyttöastevalon merkitys.
2. Käyttöaste	- Klikkaamalla hiirellä valoa, avautuu kyseisen suureen tulostusikkuna siihen kuormitustapaukseen ja laskentasuureeseen, joka oli määräävin. - Valopalkki näyttää myös liitoksen laskentasuureiden merkittävimmät käyttöasteet, vaikka valo olisi vihreä.
3. Hyväksyntä	- Kun kaikki valot ovat vihreitä, keltaisia tai harmaita, on liitos hyväksytty. - Punainen merkitsee käyttöasteyleytystä kyseisessä laskentasuureessa. - Laskijan velvollisuus on suorittaa lopullinen hyväksyntä.

## 5.3 Pilariliitoksen suunnittelu

### 5.3.1 Projektikansio ja ohjelman laskentanormi

#### 1. Projektikansio

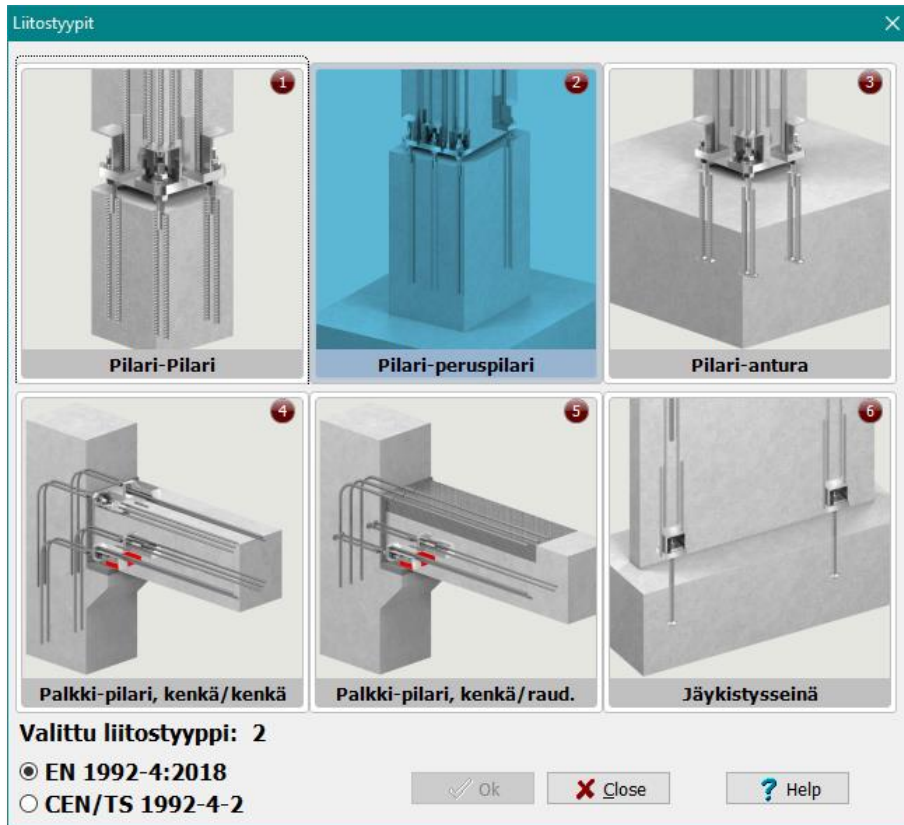
1. Yleistä	- Ohjelma aloitetaan luomalla projektikansio, jonne tallentuu laskentanormi ja laskentatiedostot. - Käyttöohjeissa on esitetty tarkemmin ohjelman laskennan lähtötiedot ja laskentamenetelmät ja -teoria sekä laskentatulokset. - Tässä ohjeessa annetaan vain harjateräspulttikohtaiset tiedot.
2. Laskentanormin valinta	- Aluksi luodaan projektikansio, jonne lähtötiedot ja tulokset tallentuvat. - Tämä tehdään valikolla <i>Tiedosto/Projektikansio</i> . - Ohjelma kysyy kansioon kopioitava laskentanormi, jolla kansion tiedosto lasketaan. - Normivalinta tehdään kerran jokaiseen uuteen kansioon. - Laskenta käyttää kansioon valittua normia. - Normi vaihdetaan tekemällä uusi kansio ja valitsemalla sinne toinen normi.
3. Projektitiedot	- Kenttiin annetaan kansion projektia koskevat yleistiedot. - Tiedot tulostuvat laskelmatiedoston alkuun.

#### 2. Ohjelman laskentanormi

EN 1992-1-1:2004 ja EN 1992-4:2018	Perus Eurokoodi ja uusin osa no. 4
SFS-EN 1992-1-1:2005+NA	Suomen Eurokoodi + NA
SS-EN 1992-1-1:2005/AC:2010+A1/2014 + EKS 11	Ruotsin Eurokoodi + EKS 11
DIN-EN 1992-1-1:2011-01+A1/2014	Saksan Eurokoodi + NA

### 5.3.2 Liitostyyppi

1. Liitostyyppi	- Liitostyyppi valitaan Lähtötiedot valikon kohdasta Liitosvalinta. - Ikkunaan avautuu kuvan 9 liitosvalikko, joka sisältää ohjelman käyttämät kaikki liitostyypit. - Liitostyyppi on valittava aina ensimmäisenä. - Valinta muokkaa ohjelman pääikkunan ja muut ikkunat valitun liitoksen mukaiseksi.
2. Liitoksen laskentanormi	- Ikkunasta valitaan myös harjateräspultin laskentanormi. - Oletusnormi on EN 1992-4:2018 ja laskennan voi tehdä myös vanhemmalla kumotulla CEN /TS 1992-4 standardilla, joka antaa jonkin verran konservatiivisemmän laskentatuloksen.



Kuva 9. ACOLUMN ohjelman liitosvalikko

### 5.3.3 Mitta- ja materiaalitiedot

Liitoksen mitat annetaan *Mitta- ja materiaalitiedot* valikossa, jossa on kuusi välilehteä. Lähtötiedot annetaan välilehtien numerojärjestyksessä joko muuttamalla arvoja tai hyväksymällä annetut oletusarvot. Osa vakioarvoista on näkyvissä, mutta kenttä on harmaa, jolloin niitä ei pääse muuttamaan. *Hyväksy* valinta päivittää pääikkunan valitun liitostyyppin mittojen mukaiseksi.

#### 1. Tunnistetiedot

Kenttiin annetaan laskelmiin tulostuvat tunnistetiedot.

#### 2. Materiaalilujuudet, välilehti 2

1. *Pilari- ja perustusbetonin halkeilu ja tartuntatila.*
  - Käytä halkeillutta betonia.
  - Tartuntaolosuhde valitaan pilarin ja perustuksen valutilanteen mukaan SFS-EN 1992-1 ohjeilla.
2. *Pultin/tartunnan lisäraudoitus*
  - Lisäraudoituksen käyttö valitaan tapauskohtaisesti vedolle ja/tai leikkaukselle.
  - Oletuksena raudoitusta käytetään.
3. *Betonin materiaalilujuudet*
  - Annetaan pilarin jälkivalun ja perustuksen betonilujuus
  - Minimilujuus on C25/30 -2.

4 Liittyvän rakenteen mitat		5 Palomitoitus		6 Lisäraudoitus	
1 Tunnistetiedot		2 Materiaalilujuudet		3 Rakenteen mitat	
Rakenteen tartuntatilat					
Yläpuolen rakenne (päärakenne)					
<input checked="" type="radio"/> Hyvä <input type="radio"/> Muu					
Alapuoleinen rakenne (liittyväkenne)					
<input checked="" type="radio"/> Hyvä <input type="radio"/> Muu					
Alustabetonin halkeilu					
<input checked="" type="radio"/> Halkeillut <input type="radio"/> Halkeilematon					
Lisäraudoitettujen lujuus					
Teräslujuus: B500B					
Pilari					
Materiaaliosavarmuustaso: 1 $\gamma_c$ 1.35					
Betonin: C45/55 $f_{cd}$ 28.3 [N/mm <sup>2</sup> ]					
Hakateräs: B500B					
Jälkivalu					
Materiaaliosavarmuustaso: 1 $\gamma_c$ 1.35					
Betonin: C45/55 $f_{cd}$ 28.3 [N/mm <sup>2</sup> ]					
Peruspilari					
Materiaaliosavarmuustaso: 2 $\gamma_c$ 1.50					
Betonin: C30/37 $f_{cd}$ 17.0 [N/mm <sup>2</sup> ]					
Pultin/tartunnan lisäraudoituksen käyttö					
<input checked="" type="checkbox"/> Käytetään vetöraudoitusta					
<input checked="" type="checkbox"/> Käytetään leikkausraudoitusta					
Betonikertoimet (NA)					
$\alpha_{cc}$ 0.85 $\alpha_{ct}$ 1.00					

Kuva 10. Välilehti 2. Materiaalilujuudet ja betonin halkeilutila sekä lisäraudoitus.

### 3. Rakenteen mitat, välilehti 3

1. *Pilarin muoto ja mitat*
  - Pilarin muoto voidaan valita:
    - Neliö, suorakaide ja ympyrä.
2. *Jälkivalu ja suojabetonikerros*
  - Jälkivalun oletuspaksuus tulee pultin vakiotiedoista.
  - Suojabetonikerrosta ja nurkkaviistettä käytetään pääikkunan piirroissa.

Kuva 11. Välilehti 3. Pilarin mittatiedot

### 4. Liittyvän rakenteen mitat, välilehti 4

3. *Kiinnitysalustan mitat*
  - Perustuksen mitat annetaan kuvissa olevien mittojen mukaan.
  - Pilarin epäkeskisyyden suhteen valitaan.
  - Pilarin voi sijoittaa kiinni perustuksen reunaan. Kestävyydet lasketaan aina annetulla sijoituksella.
4. *Alustan syvyys.*
  - Kiinnitysalustan syvyys vaikuttaa tartuntojen laskentaan. Anna todellinen syvyys
5. *Nurkkaviiste ja hakatieidot*
  - Mitta vaikuttaa pääikkunan piirtoon.

Kuva 12. Välilehti 5. Kiinnitysalustan mittojen valinta

### 5. Lisäraudoitus, välilehti 6

1. *Lisäraudoitus*
  - Pilarin ja peruspultin raudoitteen laskentakoko voidaan valita välilehdeiltä 6 liitoskohtaisesti.
  - Ikkunassa näkyvät liitostyyppittain käytössä olevat raudotteet.
  - Raudoituksen periaatekuva avautuu klikkaamalla Ast tunnusta.
  - Ohjelma laskee valitulla tankokoolla lisäraudoitteen määrän.
  - Valittu oletusraudoituskoko tulostuu laskentatiedostoon.

Ast	koko	T
Ast3	koko T8	50.3
Ast4	koko T12	113
Ast5	koko T12	113
Ast6	koko T8	50.3
Ast7	koko T10	78.5
Ast8	koko T8	50.3
Ast9	koko T10	78.5
Ast10	koko T10	78.5
Ast11	koko T12	113

Raudoittekuva avautuu klikkaamalla Ast tekstiä

Kuva 13. Välilehti 6. Lisäraudoituksen oletuskoko

### 6. Lähtötietojen hyväksyminen

1. *Hyväksyntä*
  - Kaikki valitut/muutetut tiedot on hyväksyttävä **Hyväksy** valinnalla.
  - Valinta hyväksyy **Lähtötiedot** ikkunan kaikki välilehdet yhdellä kertaa.
2. *Muutokset*
  - Mittoja ja materiaaleja voi muuttaa ja kokeilla nopeasti laskentojen välillä.

### 5.3.4 Liitoksen voimat

#### 1. Liitoksen laskentavoimat ja yhdistely

1. <i>Laskenta-voimien määrittäminen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitoksen voimat lasketaan erillisellä statiikkaohjelmalla.</li> <li>- Näistä muodostetaan voimayhdistelyt, joista määräävin annetaan.</li> <li>- Voimat sisältävät jo laskentanormin mukaiset kuormaosavarmuuskertoimet sekä seuraamusluokan kertoimen.</li> <li>- Voimat annetaan kuormitusyhdistelyittäin, joissa vetovoima ja/tai taivutusmomentti muodostaa yleensä määrävimmän yhdistelyn.</li> <li>- Kaikki yhtä aikaa vaikuttavat voimat on annettava samaan tapaukseen. Vaihtuvat momentti- ja leikkaussuunnat on analysoitu.</li> </ul>
2. <i>Onnettomuus-tilanne (ALS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Onnettomuus-tilanne (ALS) annetaan ominaiskuormina tai mitä halutaan laskea.</li> <li>- Ohjelma ei lisää laskentaan kuormaosavarmuuskertoimia.</li> </ul>
3. <i>Hyväksyntä</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaikki annetut tai <b>muutetut</b> voimat on hyväksyttävä <i>Hyväksy</i> valinnalla.</li> </ul>
4. <i>Normaali-voima <math>N_d</math></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitokselle annetaan pilarin normaalivoima.</li> <li>- Pilarin puristusvoiman määrävimmän tapaus on myös laskettava. Voima siirtyy jälkivalun ja pulttien kautta betonille, jolloin betonin puristusjännitys pilarin alla voi tulla määräväksi. Puristusvoima jakaantuu pulteille betonin jäykkyden mukaan. Pultit siirtävät siten osan puristuksesta. Vetovoima voidaan myös laskea.</li> <li>- Ohjelma ei laske rakenteen lävistyskestävyyttä.</li> </ul>
5. <i>Taivutusmomentit <math>M_{xd}, M_{yd}</math></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitokselle annetaan pilarin taivutusmomentit.</li> <li>- Samanarvoisista momenteista on syytä laskea (+, -) suunnat.</li> <li>- Liitos mitoitetaan myös vinoon taivutussuuntaan.</li> </ul>
6. <i>Leikkausvoima <math>Q_{xd}, Q_{yd}</math></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leikkausvoimat annetaan pääakseleiden suuntiin.</li> <li>- Määrävimmän leikkausvoima tulee kohti rakenteen lähintä reunaa.</li> <li>- Suurin leikkausvoima lasketaan myös, vaikka sen suunta on pois reunasta.</li> <li>- Tartunnan teräisleikkauskestävyys analysoidaan leikkausresultantin suuntaan.</li> </ul>
7. <i>Vääntömomentti <math>T_d</math></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitokselle ei voi vielä antaa vääntömomenttiä.</li> </ul>
8. <i>Pysyvien kuormien osuus <math>G_k</math></i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pysyvien kuormien suhteellinen osuus <math>G_k</math> kokonaiskuormasta.</li> <li>- Arvoa käytetään raudoituksen jännitystilän laskentaan ominaiskuormilla. Käytä oletusarvoa, jos et hyödynnä ominaisuutta.</li> <li>- Katso kohta 5.7 käyttöikämitoitus. Oletusarvoa voi muuttaa.</li> </ul>
9. <i>Leikkausvoiman siirtotapa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kitkakerrointa ei käytetä.</li> <li>- Leikkausvoima siirretään kaikkien pulttien kautta.</li> <li>- Kitkakerrointa käytetään.</li> <li>- Leikkausvoima siirtyy pilarin pään ja jälkivalun kitkan avulla.</li> </ul>

Liitoksen kuormitusyhdistely						
Asennustilanne		Murtotilanne		Onnettomuus-tilanne		
Käyttötilanteen voimasuureet						
N:o	$N_d$	$M_{xd}$	$M_{yd}$	$Q_{xd}$	$Q_{yd}$	Selite
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
1	-400,0	160,0	0,0	15,0	15,0	Minimi
2	-2000,0	200,0	0,0	0,0	30,0	Tapaus 2
3	-3000,0	200,0	0,0	0,0	30,0	Omat painot
4	-3600,0	70,0	70,0	30,0	30,0	Hyötykuormat
5	-4800,0	10,0	10,0	20,0	20,0	Maksimi
6	600,0	10,0	10,0	5,0	5,0	Tapaus 6
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tapaus 7
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Tapaus 8

Leikkausvoiman siirtotapa kengän pohjalevyllä jälkivalulle ja sen kautta perustukselle:

Kitkakerrointa ei käytetä leikkausvoiman siirrossä

Kitkakerrointa käytetään leikkausvoiman siirrossä

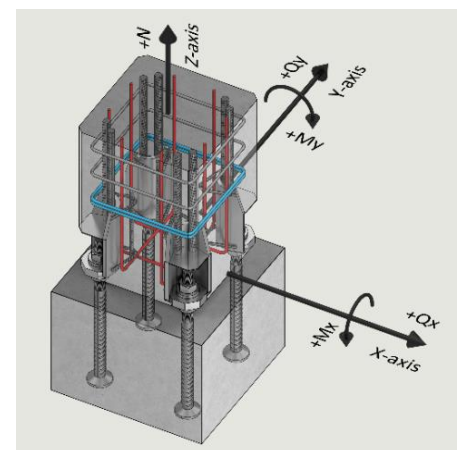
Leikkausvaamaa käytetään leikkausvoiman siirrossä (teräspilari)

Leikkausvoima  $Q_{yd}$  siirretään pilarille tukemalla palkki pilariulokeen varaan

$N_d$  [kN] - pilarin normaalivoima (puristus negatiivinen)

$M_{x,yd}$   $Q_{x,yd}$  [kNm/kN] - pilarin voimasuureet + merkissäntö on pääikkunassa

Avaa koordinaatio-ikkuna samalla kun kuorma-ikkuna aukeaa



Kuva 14. Liitoksen laskentavoimat ja koordinaatisto

## 5.3.5 Pilariliitoksen laskenta

### 1. Liitoksen laskentamenetelmän valinta

Liitos lasketaan kohdasta *Mitoita*, joka avaa *Kestävyys laskenta* ikkunan.

Laskenta suoritetaan seuraaville liitoksen rakenteille:

- Pilarin poikkileikkauksen kestävyyskäyrien mitoitus.
- Betonin jännitys-muodonmuutostilan laskenta pilarin alla.
- Pilarikenkien mitoitus.
- Peruspulttien laskenta SFS-EN 1992-4:2018 normaalivoiman ja leikkauksen kriteereille
- Kenkien ja peruspulttien lisäraudoituksen laskenta veto- ja leikkausvoimalle.

#### 1. Laskettava tapaus

Valinta suorittaa laskennan tilanteissa.

- *Murtotilanne (ULS)*
- *Onnettomuustilanne (ALS)*
- Kun haluaa tulostaa molemmat laskennat, pitää suorittaa ensiksi murtotilanteen välitulostus.
- Mikäli onnettomuustilanteen kuormia ei ole annettu, ei tilanteen laskenta avaudu.

#### 2. Laskentamenetelmä: Jäykkä liitos

- Poikkileikkaus toimii jäykkänä rakenteena, jolle ei sallita muodonmuutoksia tasosta pois päin.
  - Liitos vain kiertyy tasana.
- Laskenta-aika on suhteellisen nopea.

Nu [kN]	MuX [kNm]	MuY [kNm]	Venymät/puristumat [promill.]			
			Ylä	Ala	Vasen	Oikea
4299	15	15	-0,82	-0,94	-0,82	-0,94

## 5.4 Asennustilanne. Pultit

### 5.4.1 Tulosten esitystapa

#### 1. Valikkorakenne





Pulttien laskennan tulokset ovat valikossa: *Laskentatulokset*.

1. <i>Asennustilanne.</i>	- Pulttien kestävyys asennustilanteessa jälkivaluleikkauksessa.
2. <i>Murtotilanne. Kengät.</i>	- Pilarikenkien kestävyys murtotilanteessa sekä pilarin pääraudoituksen kestävyys kenkäliitoksen kohdalla. - Kenkien vaatima lisäraudoitus. - Nämä tulokset ovat vastaavissa kenkien käyttöohjeissa.
3. <i>Murtotilanne. Pultit</i>	- Pulttien kestävyys murtotilanteessa perustuksessa sekä jälkivalupoikkileikkauksessa. Pulttien vaatima lisäraudoitus.
4. <i>Onnettomuustilanne</i>	- Kun onnettomuustilanne lasketaan, tiedot tulostuvat vastaaviin ikkunoihin.

#### 2. Laskentatulokset

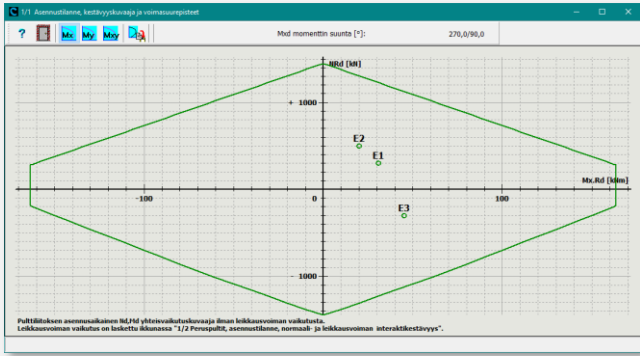
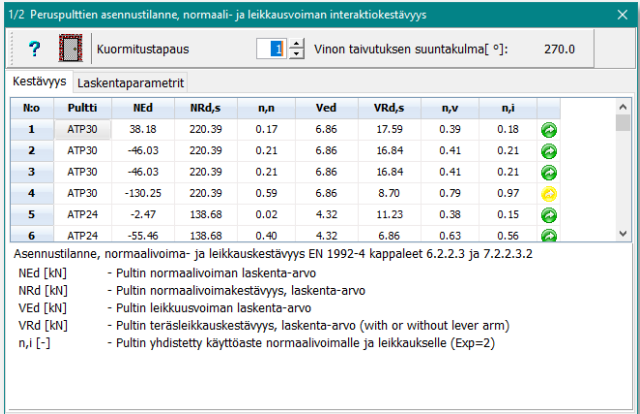
1. <i>Tulokset</i>	- Ikkunoissa on näytetty yhdistelytapauksittain kunkin laskentasuureen voimat ja käyttöasteet sekä laskentaparametrit. - Tulokset näytetään pääakseleiden suuntiin sekä vinon taivutuksen XY-suuntaan.
2. <i>Taivutussuunta</i>	- Vaino taivutus lasketaan kombinaationa pääakseleiden suunnan voimista kyseisessä yhdistelyssä.
3. <i>Rakenteiden numerointi</i>	- Pääikkunaan tulostuu numerot pulttien ja kenkien tartuntojen sekä pilarin päätankojen kohdalle. - Nämä numerot ovat tulosteikkunoissa vastaavan osan/rivin kohdalla. - Tulosterivin tiedot voi paikallistaa pääikkunassa olevaan rakenteeseen. Numerot tulevat näkyviin laskennan jälkeen

### 3. Käyttöasteet

Käyttöasteita sisältävällä tulosterivillä on hyväksyntämerkintä värikoodilla seuraavasti:	
Vihreä 	- Suureen käyttöaste on välillä 0 – 0,95
Keltainen 	- Suureen käyttöaste on välillä 0,95 – 1,00
Punainen 	- Suureen käyttöaste on > 1,00
Harmaa 	- Suuretta ei ole laskettu tai se ei kuulu pultin mitoitusarvoihin
Suureen maksimi käyttöaste	- Pääikkunan valoa klikkaamalla avautuu ikkuna maksimi käyttöasteen yhdistelytapaukseen. - Yliitykset ovat helposti löydettävissä ja samoin kunkin suureen maksimi hyväksyty käyttöaste ja missä yhdistelyssä ja se esiintyy.

## 5.4.2 Asennustilanteen kestävyys

### 1. Kestävyysarvot ja hyväksyntä

1. Laskenta-kuormat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitoitus tehdään SFS-EN 1992-4:2018 kohdan 6.2.2.3 Shear loads with lever arm mukaan. Liitosta ei ole valettu.</li> <li>- Liitos lasketaan asennustilanteen kuormille.</li> <li>- Kaikki voimat siirtyvät pulttien kautta.</li> <li>- Jos asennustilanteen kuormia ei anneta, laskentaa ei suoriteta.</li> </ul>
2. Liitoksen kestävyyskäyrä. Ikkuna 1/1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkunassa 1/1 on pulttien asennustilanteen mitoituskäyrät.</li> <li>- Pulttien kestävyyskäyrä lasketaan taivutettuna ja puristettuna rakenteena jälkivalupaksuuden mukaan.</li> <li>- Laskenta pääakseleiden ja vinoon suuntaan.</li> <li>- Kuvaaja on normaalivoima/momentti kestävyys ja siinä ei ole mukana pulttien leikkauvoiman osuutta.</li> </ul> 
3. Hyväksyntä.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asennustilanteen voimapisteen pitää sijaita kuvaajan sisällä.</li> </ul>
4. Pulttien kestävyys. Ikkuna 1/2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkunassa 1/2 on liitoksen pulttien asennustilanteen kestävyys.</li> <li>- Pultti mitoitetaan normaalivoiman, momentin ja leikkauksen yhteisvaikutukselle.</li> </ul> 
5. Hyväksyntä.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttien kestävyys on riittävä, kun normaali- ja leikkauvoiman käyttöaste on hyväksyttävällä tasolla.</li> <li>- Ikkunan 1/2 toisella välilehdellä on leikkauskestävyyden laskennassa käytetyt parametrit.</li> </ul>

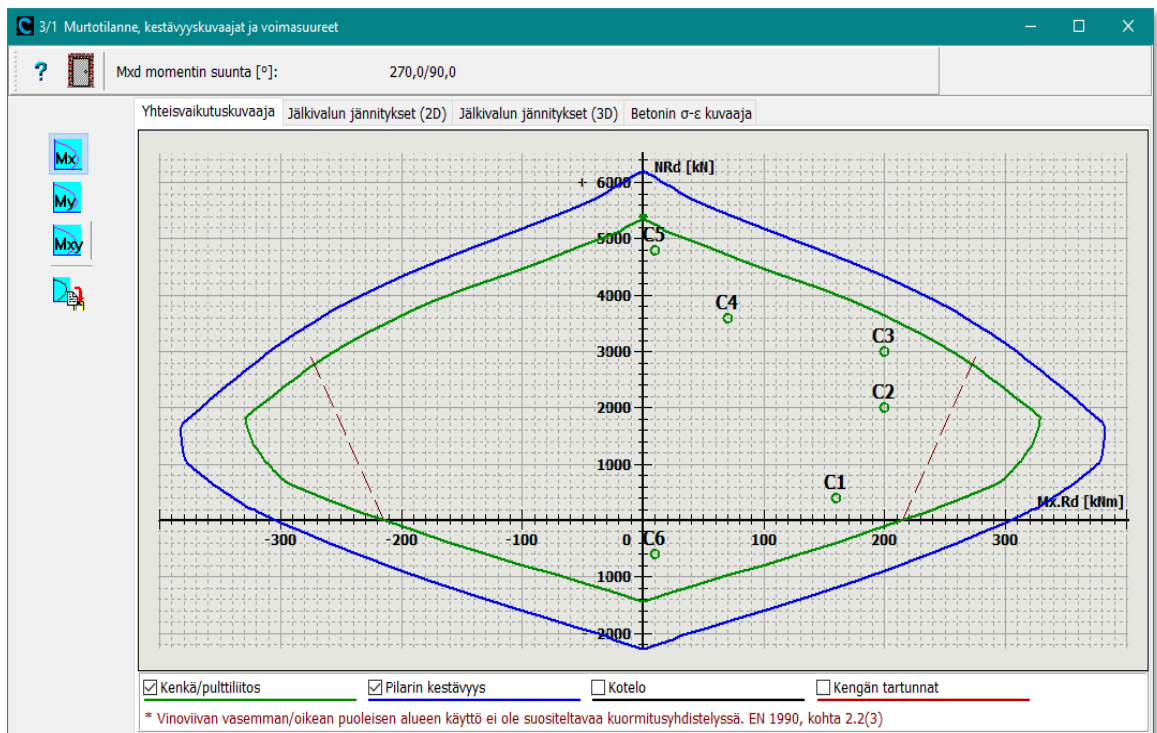


## 5.5 Murtotilanne. Harjateräspultit

### 5.5.1 Pilariliitoksen kestävyys normaalivoimalle

#### 1. Yhteisvaikutuskuvaajat

1. <i>Kestävyyskuvaajat.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tulostusikkunassa 3/1 esitetään liitoksen eri rakenteiden kestävyyskuvaajat ja voimapisteet. Kuva 15.</li> <li>- Normaalivoiman kestävyyskuvaajat tulostetaan X- ja Y-akseleiden taivutussuuntaan, sekä vinoon taivutussuuntaan.</li> </ul>
2. <i>Hyväksyntä</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Murto- ja onnettomuustilanteen voimapisteiden C1-C8 (<b>vihreä</b>), pitää sijaita kuvaajien <b>sininen</b> ja <b>vihreä</b> sekä <b>punaisen</b> katkoviivan sisäpuolella.</li> <li>- Punainen, vihreä ja sininen käyrä voivat leikata toisensa.</li> <li>- Tämän lisäksi pitää tarkistaa betonin jännitys ja pultin betonikestävyys.</li> </ul>

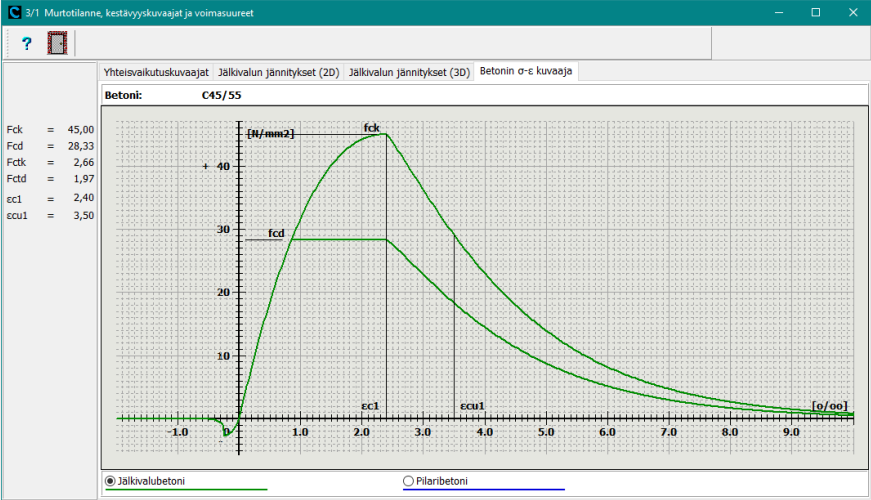


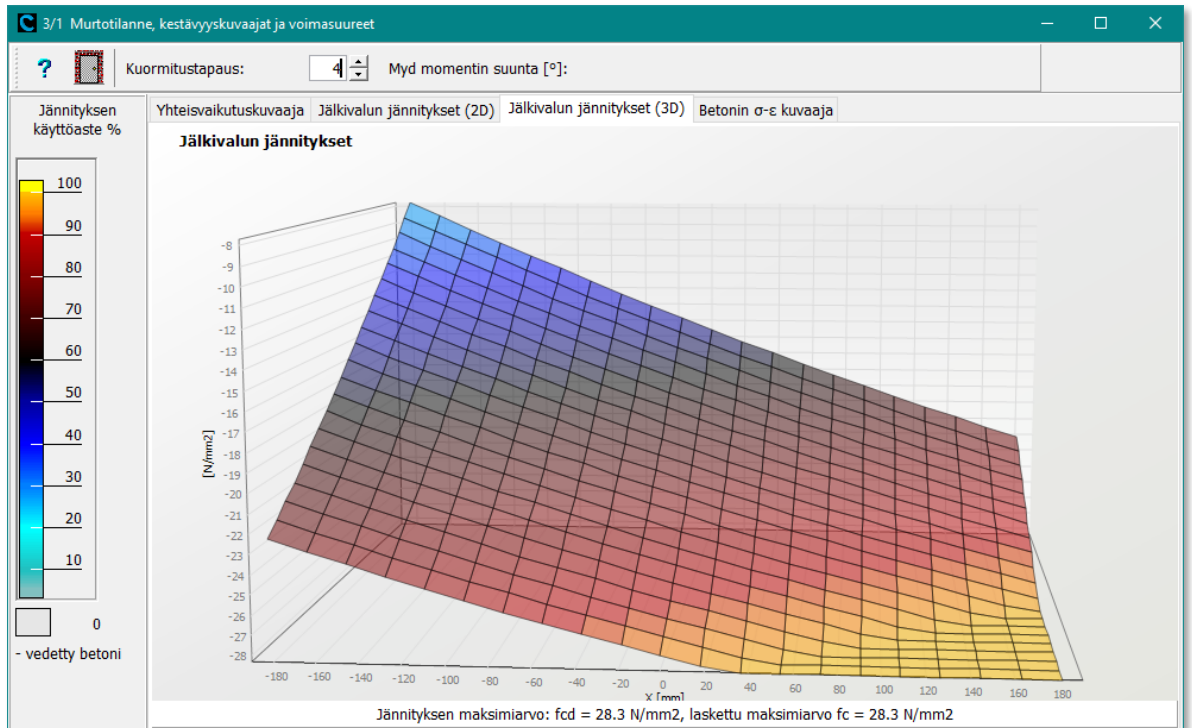
Kuva 15. Murtotilanne. Liitoksen kestävyyskuvaajat ja voimapisteet. X-akselin suunta

#### 2. Peruspulttiliitoksen kestävyyskuvaajat.

1. <i>Vihreä kuvaaja</i>	<p><i>Kenkä/pultti liitos kestävyys.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuvaaja lasketaan pilarin kokoiselle betonialueelle pulttien teräsvetokestävyydellä ja jälkivalun laskentalujuudella.</li> <li>- Leikkausvoiman vaikutusta ei ole tässä mukana.</li> <li>- Kuvaaja ei huomioi alustan reunaetäisyyksiä.</li> </ul>
2. <i>Sininen kuvaaja</i>	<p><i>Pilarin kestävyys.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuvaaja on pilarin normaalivoima- ja taivutusmomenttikestävyys.</li> <li>- Kuvaaja lasketaan liitoksen yläpuolelta pilarin raudoituksella.</li> <li>- Sininen voi leikata vihreää kuvaajaa tai olla sen sisäpuolella.</li> </ul>
3. <i>Voimapisteet</i>	<p><i>Voimapisteet kuormitustapauksittain.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voimapisteiden pitää olla kuvaajien ja punaisen viivan sisällä.</li> <li>- Voimapisteiden etäisyys lähimmästä kuvaajasta edustaa liitoksen käyttöasteen tasoa.</li> <li>- Kuvaajalla voimapisteiden C1-C8 käyttöaste on 1,0.</li> </ul>
4. <i>Punainen katkoviiva</i>	<p><i>Katkoviivojen välinen tila on hyväksytty alue.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voimapisteet eivät saa sijoittua punaisen katkoviivan ulkopuolelle jäävien käyrien alueelle. Suunnittelija voi määrittää myös käytettävän alueen.</li> <li>- SFS-EN 1990 kohta 2.2(3) (=kuormitushistorian kehitys)</li> </ul>

### 3. Jälkivalubetonin jännitys

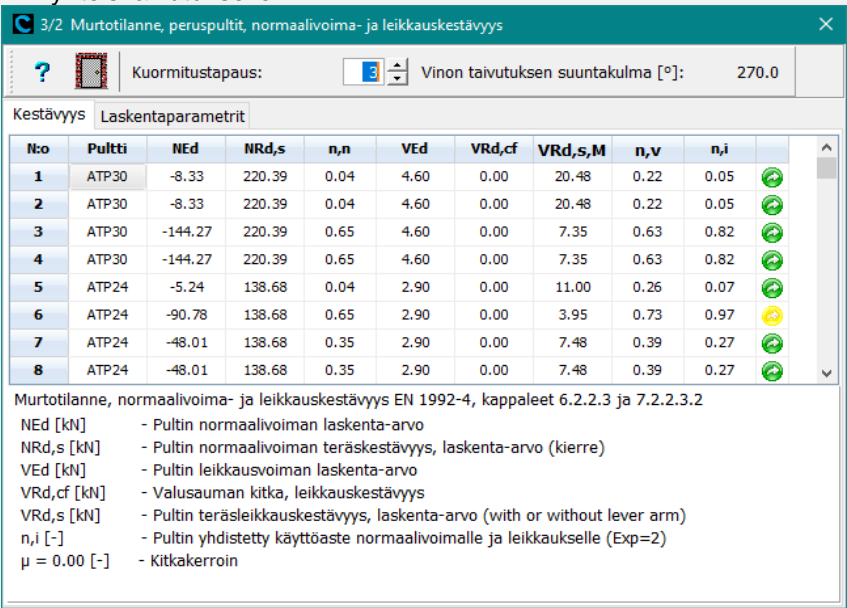
<p>1. Tulosten esitys</p>	<p>Liitoksen jälkivalubetonin jännitystila on valikoissa 3/1 toinen ja kolmas välilehti.</p>
<p>2. Elementin tiedot.</p> <p><i>Betonin jännitys- muodon- muutos- käyrä</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2D ikkunassa voi hiirellä tarkistaa yksittäisen betonin laskentaelementin jännitystilaa ja käyttöasteet.</li> <li>- Ikkunasta saa pulttien voiman ja jännitystilaa liitoksessa.</li> <li>- Betonin 3D kuvio esittää jännitysten jakaantumisen pilarin alla, maksimi lasketun arvon ja laskentalujuuden ja käyttöasteen.</li> <li>- Harmaan värin betonin jännitys on nolla, tai pilarin alapää on irronnut betonista.</li> <li>- Väriasteikko edustaa puristusjännitysten käyttöastetta.</li> <li>- Pilarin ja jälkivalun betonin lujuus noudattaa oheista jännitys- muodonmuutoskäyrää.</li> </ul> 
<p>3. Tulosten hyväksyntä</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonin puristusjännitys ei saa ylittää laskentalujuutta <math>f_{cd}</math>.</li> <li>- Pilarin pää voi irrota betonista, jos se on korroosio suhteen sallittua.</li> </ul>



Kuva 16. Murtotilanne. Liitoksen jälkivalun betonin jännitystilaa 3D-kuvana.

## 5.5.2 Jälkivaluleikkaus. Murtotilanteen kestävyys

### 1. Kestävyyssarvot ja hyväksyntä

1. <i>Laskenta-kuormat.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitoitus tehdään SFS-EN 1992-4:2018 kohdan 6.2.2.3 Shear loads with lever arm mukaan.</li> <li>- Liitos lasketaan murtotilanteen kuormille.</li> <li>- Liitos on jälkivalettu ja betoni on kovettunut.</li> <li>- Liitoksen normaalivoimat siirretään betonin ja pulttien kautta materiaalien muodonmuutosten suhteessa.</li> <li>- Mikäli liitoksen leikkausvoima siirretään kitkalla tai leikkausvaarnalla, pulteille ei lasketa leikkausvoimaa.</li> </ul>
2. <i>Liitoksen kestävyys- käyrä. Ikkuna 3/1.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkunassa 3/1 vihreä käyrä on jälkivaluliitoksen kestävyyskäyrä.</li> <li>- Laskenta tehdään pääakseleiden ja vinoon suuntaan.</li> <li>- Kuvaaja on liitoksen normaalivoima/momentti kestävyys ja siinä ei ole mukana pulttien leikkausvoiman osuutta.</li> </ul>
3. <i>Hyväksyntä</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Murtotilanteen voimapisteiden pitää sijaita kuvaajan sisällä.</li> <li>- Ikkunasta 3/2 tarkistetaan vielä pulttien kestävyys.</li> </ul>
4. <i>Pulttien kestävyys. Ikkuna 3/2.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkunassa 3/2 on liitoksen pulttien murtotilanteen kestävyys.</li> <li>- Pultti mitoitetaan normaalivoiman, momentin ja leikkauksen yhteisvaikutukselle.</li> </ul>  <p>The screenshot shows a software window titled '3/2 Murtotilanne, peruspultit, normaalivoima- ja leikkauskestävyys'. It contains a table with columns: Nbo, Pultti, NEd, NRd,s, n,n, VEd, VRd,cf, VRd,s,M, n,v, n,i. The table lists 8 fasteners (ATP30 and ATP24) with their respective design values and safety factors. Below the table, there is a list of parameters and their definitions according to EN 1992-4, kappaleet 6.2.2.3 ja 7.2.2.3.2.</p>
5. <i>Hyväksyntä</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttien kestävyys on riittävä, kun yhdistetty normaali- ja leikkausvoiman käyttöaste on hyväksyttävällä tasolla.</li> <li>- Ikkunan 3/2 toisella välilehdellä on leikkauskestävyyden laskennassa käytetyt parametrit.</li> <li>- Mikäli kestävyys ylittyy, käytä kitkaa tai leikkausvaarnaa.</li> </ul>

Kuva 17. Murtotilanne jälkivaluleikkaus. Pultin kestävyudet ja yhdistely

## 5.5.3 Perustus. Pultin normaalivoimakestävyys betonissa

### 1. Kestävyyksien laskentaperiaate

Harjateräspultin mitoitus betonissa.	Pulteille lasketaan seuraavat murtokriteerit ja kestävyudet.
1. <i>Kestävyydet esitystapa.</i>	Kestävyydet on esitetty tulostusikkunoissa 3/3, 3/4 ja 3/5 seuraavasti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taulukon riveillä 1-n näytetään kunkin pultin voimasuureet kestävyudet ja käyttöasteet.</li> <li>- Pulttien numerointi on pääikkunassa.</li> </ul>
2. <i>Mitoitus normaali-voimalle.</i>	Pulttien normaalivoimakestävyys. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teräskestävyys</li> <li>- Blow-out ja Pull-out kestävyys</li> <li>- Concrete Cone kestävyys</li> <li>- Lisäraudoituksen kestävyys</li> </ul>

3. Mitoitus leikkausvoimalle.	Pulttien leikkauskestävyys. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teräskkestävyys</li> <li>- Pry-out kestävyys</li> <li>- Concrete Edge kestävyys</li> <li>- Lisäraudoituksen kestävyys</li> </ul>
4. Normaali- ja leikkausvoiman yhdistely.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulteille lasketaan normaali- ja leikkausvoiman yhdistely pääakseleiden suuntaan.</li> <li>- Leikkausvoiman teräskkestävyys lasketaan voimaresultantin suuntaan.</li> <li>- Näistä ohjelma hakee määrävimmät kombinaatiot ja tulosta ne.</li> </ul>
5. Tulosten hyväksyntä	Tulosten hyväksyntä. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kestävyys on hyväksytty, kun pääikkunan valot 3/3, 3/4 ja 3/5 ovat vihreä, keltainen tai harmaa.</li> </ul> Hyväksyntäkriteerit: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultti on hyväksytty, kun valo on vihreä tai keltainen. Vihreä käyttöaste on alueella 0-0,95 ja keltainen 0,951-1,0.</li> <li>- Harmaa tarkoittaa, että pultille ei lasketa kyseistä suuretta.</li> <li>- Punainen tarkoittaa käyttöasteen ylitystä jossain laskentasuureessa.</li> <li>- Mitoitussuureen arvo on viiva (-). Murtokriteerillä tai suurella ei ole mitoituksellista merkitystä tai sitä ei voida kyseiseen kuormitustapaukseen laskea. (ei toimenpiteitä)</li> <li>- Mitoitussuureen arvo on nolla (0,0). Murtokriteerille tai suurelle ei voida tässä rakenteessa tai kuormitustapauksessa määrittellä laskennallista arvoa tai sen laskenta-arvo on nolla. (ei toimenpiteitä)</li> </ul>

## 2. Normaalivoima kestävyysmitoitussarvo

Ikkunaan 3/3 välilehti 1 tulostuu pulttien määrävvin normaalivoimakestävyys välilehdiltä 2 ja 3 ja käyttöaste kuormitustapauksittain.	
1. $N_{Ed}$	Pultin laskentavoima kuormitustapauksittain.
2. $N_{Rd,s}$	Pultin kierteen teräsvetokestävyys.
3. $N_{Rd,c}$	Pultin mitoittava normaalivoiman murtokriteerikestävyys. Mitoitusarvo lasketaan ehdosta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>N_{Rd,c} = \min(N_{Rd,s}; N_{Rd,c}; N_{Rd,p}; N_{Rd,cb})</math> Ei vetoraudoitusta.</li> <li>- <math>N_{Rd,c} = \min(N_{Rd,s}; N_{Rd,rc}; N_{Rd,p}; N_{Rd,cb})</math> On vetoraudoitus.</li> </ul>
4. Käyttöaste	Pultin mitoittavan normaalivoiman käyttöaste. Lasketaan kohdan 3 määrävimmistä murtokriteeristä.
5. Ehto	Kuvauksella voidaan tarkastella, mikä murtokriteeri tuli määräväksi kullakin pultilla. Ehto = minimi tapauksista 1-5. Mitoitusehto arvioidaan seuraavasti: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>N_{Rd,s}</math> Pultin varren teräsvetokestävyys mitoittaa. Pultti on niin kaukana reunasta, että teräskkestävyys mitoittaa. Jos ylittyy, vaihda pultti.</li> <li>2. <math>N_{Rd,c}</math> Reunaetäisyys (betoni) rajoittaa pultin vetokestävyyttä. Pultti on rakenteen reunassa ja joku betonin murtokriteeri mitoittaa. Jos ylittyy, lisää vetoraudoitus tai vaihda pultti.</li> <li>3. <math>N_{Rd,p}</math> Pull-out rajoittaa pultin vetokestävyyttä. Tämä murtokriteeri mitoittaa pultin. Jos ylittyy, vaihda pultti.</li> <li>4. <math>N_{Rd,cb}</math> Blow-out rajoittaa pultin vetokestävyyttä. Pultti on niin lähellä rakenteen reunaa, että Blow-out mitoittaa. Jos ylittyy, vaihda pultti, muuta rakennetta.</li> <li>5. <math>N_{Rd,rc}</math> Lisäraudoite määrää pultin vetokestävyys. Jos ylittyy, niin pultti ei kestä edes raudoitettuna, vaihda pultti.</li> </ol>
6. Hyväksyntä	Rivin lopussa oleva valo kuvaa kyseisen pultin hyväksynnän käyttöastetta ja rajaa. Rajat on esitetty edellisen taulukon kohdassa 5.

3/3 Murtotilanne, perustus, pultin normaalivoimakestävyys

Kuormitustapaus: 5 Vinon taivutuksen suuntakulma [°]: 315.0

No	Pultti	NEd	NRd,s	NRd,c	n	c1/c2	S1	D	L	Ehto
1	ATP30	-111.4	220.4	165.3	0.67	100.0	140.0	-	350.0	4
2	ATP30	-129.9	220.4	165.3	0.79	100.0	140.0	-	350.0	4
3	ATP30	-129.9	220.4	165.3	0.79	100.0	140.0	-	350.0	4
4	ATP30	-148.5	220.4	165.3	0.90	100.0	140.0	-	350.0	4
5	ATP24	-75.9	138.7	110.1	0.69	100.0	140.0	-	300.0	4
6	ATP24	-87.6	138.7	110.1	0.80	100.0	140.0	-	300.0	4
7	ATP24	-75.9	138.7	110.1	0.69	100.0	140.0	-	300.0	4
8	ATP24	-87.6	138.7	110.1	0.80	100.0	140.0	-	300.0	4

Murtotilanne, normaalivoimakestävyys EN 1992-4 kappaleet 7.2.1.4, 7.2.1.5, ja 7.2.1.8

NEd [kN] - Pultin normaalivoiman laskenta-arvo  
 NRd,s [kN] - Pultin kierteen normaalivoimakestävyys  
 NRd,c [kN] - Pultin normaalivoimakestävyys betonissa  
 n [-] - Pultin käyttöaste normaalivoimalle betonissa  
 c1, c2, S1 [mm] - Pultin minimi reuna- ja keskiöetäisyydet perustuksessa (vain tyssäpulteilla)  
 D [mm] - Taivutustelan halkaisija (vain taivutetut pultit)  
 L [mm] - Pultin upotussyvyys betonissa

Mitoitusehto: 1 NRd,s Kierre mitoittaa pultin normaalivoimakestävyyden  
 2 NRd,c Reunaetäisyys rajoittaa pultin normaalivoimakestävyyttä  
 3 NRd,p Pull-out rajoittaa pultin normaalivoimakestävyyttä  
 4 NRd,cp Blow-out rajoittaa pultin normaalivoimakestävyyttä  
 5 NRc,re Lisäraudoite rajoittaa pultin normaalivoimakestävyyttä

Kuva 18. Murtotilanne. Pultin vetokestävyys ja käyttöaste.

### 3. Pull-out, Blow-out kestävyys

Ikkunaan 3/3 välilehti 2 tulostuu pultin Pull-out ja Blow-out kestävyys.	
1. $N_{Ed}$	- Pultin laskentavetovoima kuormitustapauksittain.
2. $N_{Rd,s}$	- Pultin varren teräsvetokestävyys.
3. $N_{Rd,p}$ , $N_{Rd,cp}$	- Pultin Pull-out ja Blow-out kestävyys.
4. <i>Käyttöaste</i> $n_1$ , $n_2$	- Pultin käyttöaste näille murtokriteereille.
5. <i>Hyväksyntä</i>	- Rivin lopussa on Pull-out ja Blow-out murtokriteerien hyväksyntä.

3/3 Murtotilanne, perustus, pultin normaalivoimakestävyys

Kuormitustapaus: 5 Vinon taivutuksen suuntakulma [°]: 315.0

No	Pultti	NEd	NRd,s	NRd,p	n1	NRd,cp	n2	C1	C1min
1	ATP30	-111.4	220.4	507.2	0.00	165.3	0.67	100.0	167.0
2	ATP30	-129.9	220.4	507.2	0.00	165.3	0.79	100.0	167.0
3	ATP30	-129.9	220.4	507.2	0.00	165.3	0.79	100.0	167.0
4	ATP30	-148.5	220.4	507.2	0.00	165.3	0.90	100.0	167.0
5	ATP24	-75.9	138.7	322.7	0.00	110.1	0.69	100.0	143.5
6	ATP24	-87.6	138.7	322.7	0.00	110.1	0.80	100.0	143.5
7	ATP24	-75.9	138.7	322.7	0.00	110.1	0.69	100.0	143.5
8	ATP24	-87.6	138.7	322.7	0.00	110.1	0.80	100.0	143.5

NEd [kN] - Pultin normaalivoiman laskenta-arvo  
 NRd,s [kN] - Pultin kierteen normaalivoimakestävyys  
 NRd,p [kN] - Pull-out kestävyys  
 n1 [-] - Pull-out käyttöaste laskentavoimalle  
 NRd,cp [kN] - Blow-out kestävyys  
 n2 [-] - Blow-out käyttöaste laskentavoimalle  
 C1 [mm] - Blow-out laskennan pultin reunaetäisyys  
 C1min [mm] - Blow-out laskennan pultin kestävyysminimi reunaetäisyys (=0.5 \* hef)

Kuva 19. Murtotilanne. Pultin Pull-out ja Blow-out kestävyys

#### 4. Concrete Cone kestävyys ja lisäraudoitus

Ikkunaan 3/3 välilehti 3 tulostuu pultin teräskestävyys, Concrete Cone ja lisäraudoituksen kestävyys.	
1. $N_{Ed}$	- Pultin laskentavetovoima kuormitustapauksittain.
2. $N_{Rd,s}$	- Pultin varren teräsvetokestävyys.
3. $N_{Rd,c}$	- Pultin betonivetokestävyys. - Minimi arvo Concrete Cone kestävyyydestä.
4. $N_{Rd,re}$	- Pultin raudoituksen vetokestävyys. Ehto $N_{Rd,re} > N_{Rd,c}$ . - Arvo lasketaan valitulle vetoraudoitukselle ikkunassa 3/6 välilehti 1. - Jos raudoitusta ei ole, tämä arvo on nolla.
5. Käyttöaste.	- Pultin käyttöaste määräävälle vetovoiman murtokriteereille.
6. Hyväksyntä.	- Rivin lopussa normaalivoiman ja taivutusmomenttien mitoittavan minimi murtokriteerien hyväksyntäaste.

3/3 Murtotilanne, perustus, pultin normaalivoimakestävyys													
		Kuormitustapaus:		5		Vinin taivutuksen suuntakulma [°]:		315.0					
Normaalivoimakestävyys				Blow-out, Pull-out kestävyys				Concrete Cone kestävyys				Laskentaparametrit	
N:o	Pultti	$N_{Ed}$	$N_{Rd,s}$	$N_{Rd,ct}$	$N_{Rd,t}$	$N_{Rd,c}$	$N_{Rc,re}$	n	Fd2	Fd2max	hef'	hef	C1min
1	ATP30	-111.4	220.4	10.6	102.1	112.7	196.5	0.00	9.4	118.3	67.6	334.0	100.0
2	ATP30	-129.9	220.4	10.6	102.1	112.7	196.5	0.00	27.9	118.3	67.6	334.0	100.0
3	ATP30	-129.9	220.4	10.6	102.1	112.7	196.5	0.00	27.9	118.3	67.6	334.0	100.0
4	ATP30	-148.5	220.4	10.6	102.1	112.7	196.5	0.00	46.4	118.3	67.6	334.0	100.0
5	ATP24	-75.9	138.7	11.1	68.6	79.6	98.3	0.00	7.4	70.1	92.5	287.0	100.0
6	ATP24	-87.6	138.7	11.1	68.6	79.6	98.3	0.00	19.0	70.1	92.5	287.0	100.0
7	ATP24	-75.9	138.7	11.1	68.6	79.6	98.3	0.00	7.4	70.1	92.5	287.0	100.0
8	ATP24	-87.6	138.7	11.1	68.6	79.6	98.3	0.00	19.0	70.1	92.5	287.0	100.0

$N_{Ed}$ [kN]	- Pultin normaalivoiman laskenta-arvo
$N_{Rd,s}$ [kN]	- Pultin kierteen normaalivoimakestävyys
$N_{Rd,ct}$ [kN]	- Pultin tyssäkkannan normaalivoimakestävyys (concrete cone)
$N_{Rd,t}$ [kN]	- Pultin suorien tankojen ankkurointikestävyys
$N_{Rd,c}$ [kN]	- Pultin normaalivoimakestävyys betonissa ( $N_{Rd,ct} + N_{Rd,t}$ )
$N_{Rc,re}$ [kN]	- Lisäraudoituksen normaalivoimakestävyys
n [-]	- Pultin normaalivoiman käyttöaste betonissa
Fd2 [kN]	- Pultin tyssäkkannan laskentavoima
Fd2max [kN]	- Pultin tyssäkkannan laskennallinen kestävyys
hef' [mm]	- Pultin efektiivinen korkeus laskentavoimalle
hef [mm]	- Pultin todellinen korkeus
C1min [mm]	- Pultin tyssäkkannan minimi laskentaetäisyys

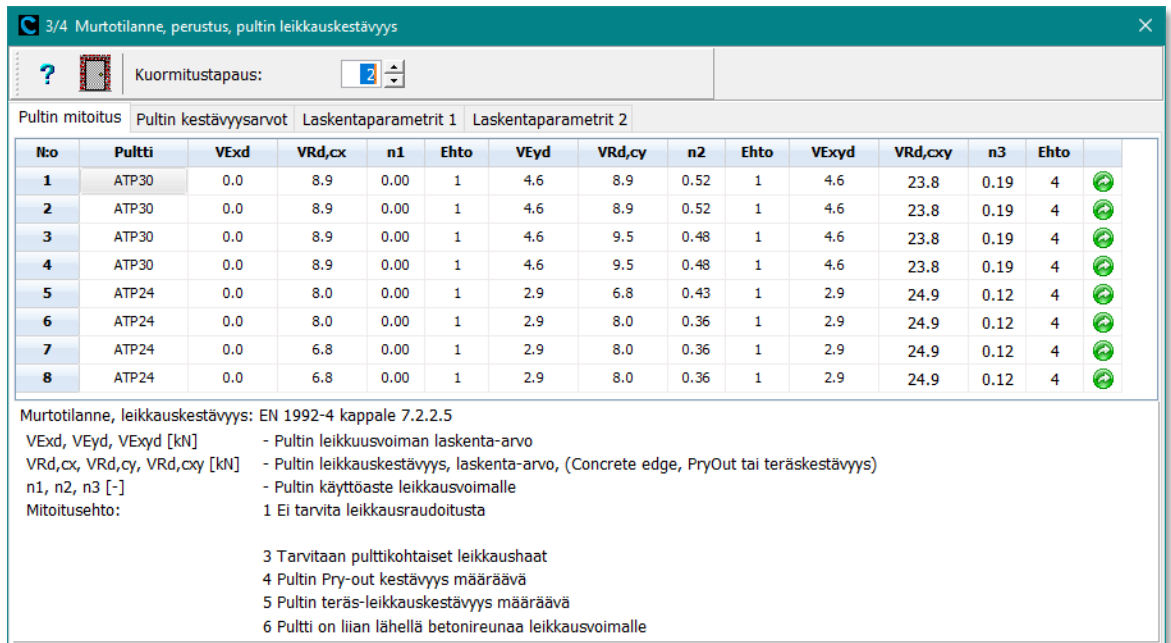
Kuva 20. Murtotilanne. Peruspultin Concrete Cone kestävyys.

#### 5.5.4 Perustus. Pultin leikkauskestävyys betonissa

##### 1. Leikkauskestävyyden mitoitusarvo

Ikkunaan 3/4 välilehti 1 tulostuu peruspultin määräävin leikkauskestävyys välilehdeltä 2 ja käyttöaste kuormitustapauksittain pääakseleiden suuntaan.	
1. $V_{Exd}, V_{Eyd}, V_{Exyd}$	Pultin leikkausvoiman laskenta-arvo kuormitustapauksittain pääakseleiden ja leikkausresultantin suuntaan. Leikkausvoiman arvoon lasketaan leikkausvoima sekä pulttien sijainnin epäkeskisyyden aiheuttama vääntö.
2. $V_{Rd,cx}$ $V_{Rd,cy}$ $V_{Rd,cxy}$	Pultin leikkauskestävyys. Arvot tulostuvat sen mukaan, onko leikkausraudoitus valittu käyttöön. - Pultin minimi leikkauskestävyys ilman leikkausraudoitusta: $V_{Rd,cx}, V_{Rd,cy} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rdx,c1}; V_{Rdy,c1})$ - Pultin minimi leikkauskestävyys leikkausraudoitettuna: $V_{Rd,cx}, V_{Rd,cy} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rdx,c3}; V_{Rdy,c3})$

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin minimi leikkauskestävyys resultantin suuntaan</li> <li>- <math>V_{Rd,cxy} = \min(V_{Rd,s} \text{ resultantti})</math></li> </ul> <p>Lähinnä reunaa olevan pultin leikkauskestävyys määrää liitoksen leikkauskestävyyden. Muille pulteille annetaan kyseinen minimiarvo liitoksen kestävyyttä määritettäessä.</p>
3. Käyttöaste $n_1, n_2, n_3,$	Pultin käyttöaste mitoittavalle murtokriteereille
4. Ehto	<p>Kuvauksella voidaan tarkastella, mikä murtokriteeri tuli määrääväksi kullakin pultilla. Ehto = minimi tapauksista 1-6.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ei tarvita leikkausraudoitusta. Pultti kestää betonissa ilman leikkausraudoitusta.</li> <li>3. Tarvitaan pulttikohtaiset leikkaushaajat. Pultti on leikkausraudoitettava leikkausvoimalle. Jos kestävyys ylittyi edelleen, niin pultti ei kestä edes leikkausraudoitettuna. Vaihda pultti</li> <li>4. Pry-out kestävyys on määräävä. Jos ylittyi, vaihda pultti.</li> <li>5. Pultin teräsleikkauskestävyys on määräävä. Pultti on niin kaukana betonireunasta, että pultin teräsleikkauskestävyys mitoittaa. Jos se ylittyi, niin vaihda kaikki pultit.</li> <li>6. Pultti on liian lähellä betonireunaa leikkausvoimalle. Pultin kestävyys ylittyi. Lisää leikkausraudoitusta. Mikäli ilmoitus tuli leikkausraudoitettuna, pultti ei kestä ja muuta rakenne.</li> </ol>
5. Hyväksyntä	Rivin lopussa on pääakseli- ja resultanttisuunnan leikkausvoiman ja väännön mitoittavan minimi murtokriteerien hyväksyntäaste.



No	Pultti	VExd	VRd,cx	n1	Ehto	VEyd	VRd,cy	n2	Ehto	VExyd	VRd,cxy	n3	Ehto
1	ATP30	0.0	8.9	0.00	1	4.6	8.9	0.52	1	4.6	23.8	0.19	4
2	ATP30	0.0	8.9	0.00	1	4.6	8.9	0.52	1	4.6	23.8	0.19	4
3	ATP30	0.0	8.9	0.00	1	4.6	9.5	0.48	1	4.6	23.8	0.19	4
4	ATP30	0.0	8.9	0.00	1	4.6	9.5	0.48	1	4.6	23.8	0.19	4
5	ATP24	0.0	8.0	0.00	1	2.9	6.8	0.43	1	2.9	24.9	0.12	4
6	ATP24	0.0	8.0	0.00	1	2.9	8.0	0.36	1	2.9	24.9	0.12	4
7	ATP24	0.0	6.8	0.00	1	2.9	8.0	0.36	1	2.9	24.9	0.12	4
8	ATP24	0.0	6.8	0.00	1	2.9	8.0	0.36	1	2.9	24.9	0.12	4

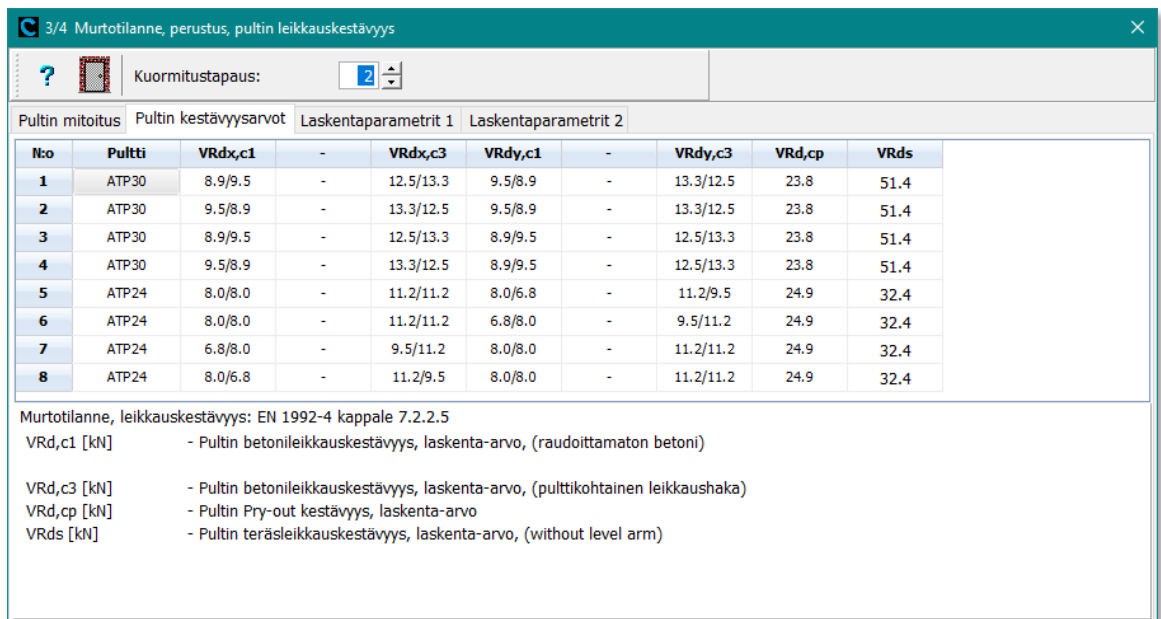
Murtotilanne, leikkauskestävyys: EN 1992-4 kappale 7.2.2.5  
 VExd, VEyd, VExyd [kN] - Pultin leikkausvoiman laskenta-arvo  
 VRd,cx, VRd,cy, VRd,cxy [kN] - Pultin leikkauskestävyys, laskenta-arvo, (Concrete edge, PryOut tai teräskestävyys)  
 n1, n2, n3 [-] - Pultin käyttöaste leikkausvoimalle  
 Mitoitusehto:  
 1 Ei tarvita leikkausraudoitusta  
 3 Tarvitaan pulttikohtaiset leikkaushaajat  
 4 Pultin Pry-out kestävyys määräävä  
 5 Pultin teräs-leikkauskestävyys määräävä  
 6 Pultti on liian lähellä betonireunaa leikkausvoimalle

Kuva 21. Murtotilanne. Harjateräspultin leikkauskestävyys

## 2. Leikkauskestävyydet, Pry-out, Concrete Edge ja teräsleikkaus

Ikkunaan 3/4 välilehti 2 tulostuu pulttien murtokriteerien leikkauskestävyydet.	
1. $V_{Rd,c1}$ $V_{Rd,y1}$	<p>Pultin Concrete Edge leikkauskestävyys ilman raudoitusta.                  Kestävyys tulostuu molempien akselien +, - suuntiin.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensimmäinen luku on kyseisen pultin +X, ja +Y akselin suuntainen leikkauskestävyys ilman raudoitusta.</li> <li>- Toinen luku on kyseisen pultin -X, ja -Y akselin suuntainen leikkauskestävyys ilman raudoitusta.</li> </ul>

	- Liitoksen leikkauskestävyys on suunnittain min ( $V_{Rdx,c1}$ ); min ( $V_{Rdy,c1}$ ) Jos tämä ylittyy, liitos on leikkausraudoitettava.
2. $V_{Rdx,c3}$ $V_{Rdy,c3}$	Pultin Concrete Edge leikkauskestävyys lisäraudoituksella - Ensimmäinen luku on kyseisen pultin +X, ja +Y akselin suuntainen leikkauskestävyys lisäraudoituksella - Toinen luku on kyseisen pultin -X, ja -Y akselin suuntainen leikkauskestävyys lisäraudoituksella. - Liitoksen leikkauskestävyys on suunnittain min ( $V_{Rdx,c3}$ ); min ( $V_{Rdy,c3}$ ) Jos tämä ylittyy, vaihda liitos tai muuta rakennetta.
3. $V_{Rd,cp}$	Pultin Pry-out murtokriteerikestävyys. Jos ylittyy, vaihda pultti.
4. $V_{Rd,s}$	Pultin teräsleikkauskestävyys. Jos ylittyy, vaihda pultti.



3/4 Murtotilanne, perustus, pultin leikkauskestävyys

Kuormitustapaus: 2

No	Pultti	$VR_{dx,c1}$	-	$VR_{dx,c3}$	$VR_{dy,c1}$	-	$VR_{dy,c3}$	$VR_{d,cp}$	$VR_{d,s}$
1	ATP30	8.9/9.5	-	12.5/13.3	9.5/8.9	-	13.3/12.5	23.8	51.4
2	ATP30	9.5/8.9	-	13.3/12.5	9.5/8.9	-	13.3/12.5	23.8	51.4
3	ATP30	8.9/9.5	-	12.5/13.3	8.9/9.5	-	12.5/13.3	23.8	51.4
4	ATP30	9.5/8.9	-	13.3/12.5	8.9/9.5	-	12.5/13.3	23.8	51.4
5	ATP24	8.0/8.0	-	11.2/11.2	8.0/6.8	-	11.2/9.5	24.9	32.4
6	ATP24	8.0/8.0	-	11.2/11.2	6.8/8.0	-	9.5/11.2	24.9	32.4
7	ATP24	6.8/8.0	-	9.5/11.2	8.0/8.0	-	11.2/11.2	24.9	32.4
8	ATP24	8.0/6.8	-	11.2/9.5	8.0/8.0	-	11.2/11.2	24.9	32.4

Murtotilanne, leikkauskestävyys: EN 1992-4 kappale 7.2.2.5

$VR_{d,c1}$  [kN] - Pultin betonileikkauskestävyys, laskenta-arvo, (raudoittamaton betoni)

$VR_{d,c3}$  [kN] - Pultin betonileikkauskestävyys, laskenta-arvo, (pultti-kohtainen leikkaushaka)

$VR_{d,cp}$  [kN] - Pultin Pry-out kestävyys, laskenta-arvo

$VR_{d,s}$  [kN] - Pultin teräsleikkauskestävyys, laskenta-arvo, (without level arm)

Kuva 22. Murtotilanne. Pultin betonileikkauskestävyys.

## 5.5.5 Perustus. Pultin normaalivoima- ja leikkauskestävyyden yhdistely

### 1. Kestävyyksien yhdistely

Ikkunaan 3/5 tulostuu pulttien normaali- ja leikkausvoimien kestävyysyhtälöiden yhdistely pääakseleiden suuntiin ja vinoon taivutussuuntaan.	
1. $N_{Ed}$ , $V_{Exd}$ , $V_{Eyd}$ , $V_{Exyd}$ ,	- Pultin normaali- ja leikkausvoiman laskenta-arvo kuormitustapauksittain pääakseleiden ja leikkausresultantin suuntaan.
2. $N_{ED}$ , $N_{Rd,l}$ , $\beta_N$	- Pultin normaalivoiman laskenta-arvo, kestävyys ja käyttöaste.
3. $V_{Exd}$ , $V_{Eyd}$ , $V_{Exyd}$ $V_{Rd,ix}$ , $V_{Rd,iy}$ , $V_{Rd,s}$ $\beta_V$	- Pultin leikkausvoiman laskenta-arvo, kestävyys ja käyttöaste X- ja Y-akseleiden suuntaan. - Pultin vinon suunnan leikkausresultantti, teräsleikkauskestävyys ja käyttöaste.
4. <b>Käyttöaste</b> $n_x$ , $n_y$ , $n_{xy}$	- Pultin normaalivoiman ja leikkauksen yhdistelyn käyttöaste X- ja Y-akseleiden suuntaan ja vinon resultantin suuntaan.
5. <b>Ehto</b>	Kuvauksella voidaan tarkastella, mikä yhdistelykriteeri tuli määräväksi kullakin pultilla. Yhdistelykaavat SFS-EN 1992-4 kappale 7.2.3.1 Ehto = min (tapauksista 1-4). 1. Pultin kierteen teräskestävyys mitoittaa. Veto + leikkaus. Kaava SFS-EN 1992-4:2018 (7.54)



	<p>2. Pultin betonikestävyys mitoitaa. Veto + leikkaus Joko pelkkä betonikestävyys tai molemmat vedon ja leikkauksen lisäraudoitus on käytössä. Kaava SFS-EN 1992-4:2018 (7.55)</p> <p>3. Pultin betonikestävyys mitoitaa. Veto + leikkaus Joko pelkkä betonikestävyys tai molemmat vedon ja leikkauksen lisäraudoitus on käytössä. Kaava SFS-EN 1992-4:2018 (7.56)</p> <p>4. Pultin betonikestävyys mitoitaa. Veto + leikkaus Joko betonikestävyys tai vain toinen vedon ja leikkauksen lisäraudoituksista on käytössä. Kaava SFS-EN 1992-4:2018 (7.57)</p>
6. Hyväksyntä	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli pulttien hyväksyntäaste on tässä ikkunassa vihreä tai keltainen, on myös koko liitos hyväksytty.</li> <li>- Suurin yksittäinen pultin käyttöaste edustaa siten myös liitoksen käyttöastetta ja pultin Ehto sitä, mikä kriteeri tulee määrääväksi liitoksessa.</li> </ul>

3/5 Murtotilanne, perustus, pultin yhdistely

Kuormitustapa:  3 Vinon taiputuksen suuntakulma [°]: 270.0

N:o	Pultti	NEd	NRd,i	βN	VEdx	VRd,bx	βV	nx	Ehto	VEdy	VRd,iy	βV	ny	Ehto	VEdxy	VRd,s	βV	nxy	
1	ATP30	-8.3	165.3	0.05	0.0	8.9	0.00	0.04	3	4.6	8.91	0.52	0.47	3	4.6	51.4	0.09	0.01	✓
2	ATP30	-8.3	165.3	0.05	0.0	8.9	0.00	0.04	3	4.6	8.91	0.52	0.47	3	4.6	51.4	0.09	0.01	✓
3	ATP30	-144.3	165.3	0.87	0.0	8.9	0.00	0.82	2	4.6	9.53	0.48	1.15	2	4.6	51.4	0.09	0.44	✗
4	ATP30	-144.3	165.3	0.87	0.0	8.9	0.00	0.82	2	4.6	9.53	0.48	1.15	2	4.6	51.4	0.09	0.44	✗
5	ATP24	-5.2	110.1	0.05	0.0	8.0	0.00	0.04	3	2.9	6.76	0.43	0.40	3	2.9	32.4	0.09	0.01	✓
6	ATP24	-90.8	110.1	0.82	0.0	8.0	0.00	0.75	2	2.9	7.97	0.36	0.99	3	2.9	32.4	0.09	0.44	⚠
7	ATP24	-48.0	110.1	0.44	0.0	6.8	0.00	0.36	3	2.9	7.97	0.36	0.67	3	2.9	32.4	0.09	0.13	✓
8	ATP24	-48.0	110.1	0.44	0.0	6.8	0.00	0.36	3	2.9	7.97	0.36	0.67	3	2.9	32.4	0.09	0.13	✓

Murtotilanne, yhdistely normaalivoima- ja leikkauskestävyyden EN 1992-4 kappale 7.2.3.1

NEd [kN] - Pultin normaalivoiman laskenta-arvo  
 NRd,i [kN] - Pultin normaalivoiman teräs- tai betonikestävyys, minimi laskenta-arvo  
 βN [-] - Pultin normaalivoiman käyttöaste  
 VE<sub>dx</sub>, VE<sub>dy</sub>, VE<sub>dxy</sub> [kN] - Pultin leikkausvoiman laskenta-arvo X-, Y- ja XY-suuntaan  
 VR<sub>d,bx</sub>, VR<sub>d,iy</sub>, VR<sub>d,bxy</sub> [kN] - Pultin leikkausvoiman teräs- tai betonikestävyys, minimi laskenta-arvo, (X-, Y- ja XY-suunnat)  
 βV [-] - Pultin leikkausvoiman käyttöaste X-, Y- ja XY-suuntaan  
 nx, ny, nxy [-] - Pultin normaalivoiman ja leikkauksen käyttöaste X-, Y- ja XY-suuntaan

Mitoitusehto: 1 Teräskestävyys, veto+leikkaus EN 1992-4, (7.54)  
 2 Betonikestävyys ja/tai lisäraudoitus EN 1992-4, (7.55)  
 3 Betonikestävyys ja/tai lisäraudoitus EN 1992-4, (7.56)  
 4 Lisäraudoitus, joko veto- tai leikkaus EN 1992-4, (7.57)

Kuva 23. Murtotilanne. Pultin normaalivoima- ja leikkauskestävyyden yhdistely

## 5.6 Harjateräspultin raudoitus

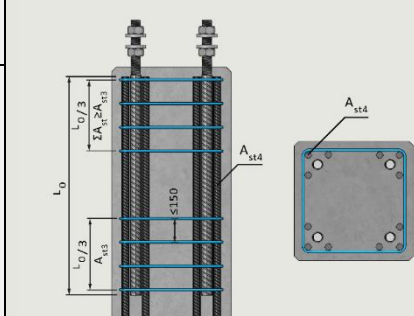
### 5.6.1 Pultin raudoitus normaalivoimalle

AHP-pultin raudoitusperiaate peruspilarissa on kuvassa 24. Peruspilariin tarvittavia leikkausraudoite on kuvassa 28. Samat raudoitteet sijoitetaan myös pilarijatkoksessa alempaan pilariin.

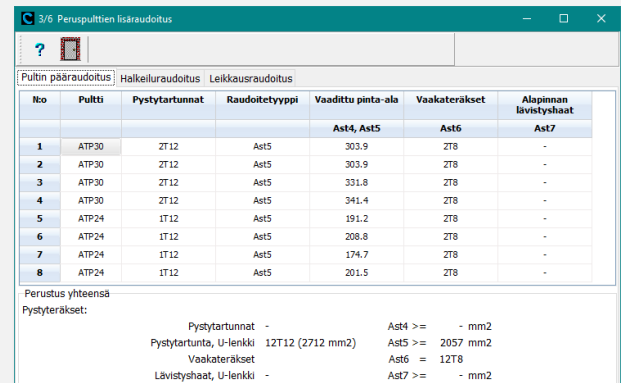
#### 1. AHP pultin raudoitus normaalivoimalle peruspilarissa

1. Halkeilu- haat $A_{st3}$	<b>Pultin halkeiluhaat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haat sijoitetaan pultin tartunnan ala- ja yläpään EN 1992-1-1, kohdan 8.7.3.1 mukaan.</li> <li>- Haat tarvitaan, kun pultin tartunta tai pilarin päätanko on pultin alueella <math>\geq T20</math>.</li> <li>- Hakojen keskinäinen etäisyys <math>\leq 150</math> mm. Haat valitaan pilarin/perustuksen hakojen mukaan ja sovitetaan käytettyyn hakakokoon.</li> <li>- Hakamäärä/sijoitusalue = <math>A_{st3}</math>, jonka on laskettu pultin tartunnan koon mukaan.</li> </ul>
2. Pää- raudoitus $A_{st4}$	<b>Pultin pääraudoitus peruspilarissa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>A_{st4}</math> on AHP pultin pääraudoitus normaalivoimalle peruspilarissa.</li> <li>- Raudoite muodostaa yleensä myös peruspilarin pääraudoituksen, ellei peruspilarin suuri koko vaadi pulteille erillisiä tartuntoja.</li> <li>- Pääraudoitus sijoitetaan pultin normaalivoiman vaikutusalueelle normin mukaisia tankojen minimietäisyyksiä noudattaen. Pääraudoitus on yksittäisinä tankoina, ei tankonippuina. Mitoitusehto on hyvä tartuntaolosuhde, tulo (<math>\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5</math>) = 1,0 ja limityskerroin <math>\alpha_6 = 1,5</math>.</li> <li>- Kuvassa 24 on pultin normaalivoimakestävyyden mitoitusarvon mukaan laskettu maksimi pääraudoitus. Raudoituksen voi tehdä myös ohjelman laskeman pultin todellisen voiman mukaan. Kuva 25.</li> <li>- Tankokoon voi valita pilarin muun raudoituksen mukaan.</li> </ul>

Pultti	$A_{st3}$ mm <sup>2</sup>	$A_{st4}$ mm <sup>2</sup>	$A_{st4}$ T
AHP16	0	142	2T12
AHP20	157	222	2T12
AHP24	245	319	3T12
AHP30	402	507	3T16
AHP36	402	727	3T20
AHP39	628	882	2T25
AHP45	628	1135	3T25



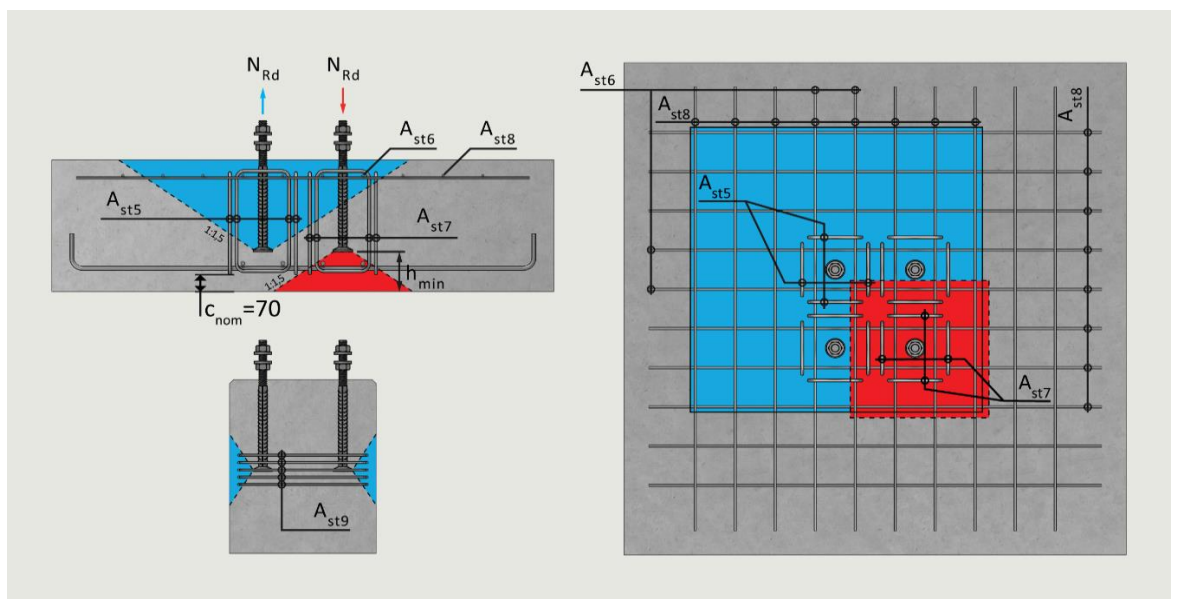
Kuva 24. AHP-pultin pääraudoitus pultin normaalivoimakestävyydelle.

1. AHP-pultin pääraudoitus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjelma tulostaa AHP pulttien pääraudoituksen <math>A_{st4}</math> normaalivoimalle ikkunaan 3/6.</li> <li>- Raudoitteiden koko ja määrä lasketaan lähtötiedoissa annettujen oletustankojen mukaan.</li> <li>- Nämä raudoitteet ovat pulttikohtaisten voimien mukaan lasketut minimimäärät.</li> <li>- Perustus raudoitetaan maksimi pultin mukaan.</li> </ul>	
--	--

Kuva 25. AHP-pultin laskettu pääraudoitus normaalivoimalle peruspilarissa

## 2. ATP pultin raudoitus normaalivoimalle pilarianturassa ja laattassa

ATP-pultin raudoituksen periaate anturassa on kuvassa 26, jossa on esitetty yhden vedetyn pultin (sininen) ja yhden puristetun pultin (punainen) murtokartion raudoitus.	
1. Veto-raudoitus $A_{st5}$	<b>Pultin Concrete Cone pääraudoitus. Peruspilari ja antura.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin murtokartion alueelle sijoitetaan pystyhakaraudoitus laskettuna pultin vetovoiman mukaan. Haat sijoitetaan symmetrisesti pultin ympärille.</li> <li>- Pultin voi raudoittaa taulukossa 9 esitetyllä pultin normaalivoimakestävyyden mukaan lasketulla maksimi raudoituksella <math>A_{st5}</math>, tai käyttää ohjelman laskemaa alaa.</li> <li>- Laskettu raudoitusalaa <math>A_{st5}</math> on U-haan toista leikettä kohti.</li> <li>- U-haas sijoitetaan pultin ympärillä ja ankkuroidaan anturan alapintaan.</li> </ul>
2. Nurkka-teräkset $A_{st6}$	<b>Nurkkateräket pystyhakojen kulmiin. Peruspilari ja antura.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pystyhakojen <math>A_{st5}</math> ylä- ja alapäähän sijoitettavat nurkkateräket.</li> <li>- Tangon koon voi valita <math>A_{st8}</math> raudoituksen mukaan.</li> <li>- Tangot voidaan sisällyttää <math>A_{st8}</math> raudoitusmääriin.</li> </ul>
3. Alapinnan raudoitus $A_{st7}$	<b>Pultin alapinnan murtokartioraudoitus. Pilariantura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puristetun pultin alapintaan tulee pystyhakaraudoitus.</li> <li>- Pultin voi raudoittaa taulukossa 9 esitetyllä pultin normaalivoimakestävyyden mukaan lasketulla raudoituksella <math>A_{st7}</math>.</li> <li>- Laskettu ala <math>A_{st7}</math> on U-haan toista leikettä kohti ja haka voidaan yhdistää hakaan <math>A_{st5}</math>.</li> <li>- Raudoitetta ei tarvita, kun pultin alla on betonia <math>\geq h_{min}</math>, taulukko 9.</li> </ul>
4. Halkeilu raudoitus $A_{st8}$	<b>Perustuksen yläpinnan halkeiluraudoitus. Peruspilari ja antura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perustuksen yläpintaan tarvitaan halkeiluraudoitus, joka muodostuu vedettyjen pulttien murtokartion alueelle sijoitettavasta verkkoraudoitteesta <math>A_{st8}</math>. Raudoitettavan alueen leveys on <math>3 \cdot h_{ef}</math>, jossa <math>h_{ef}</math> on pultin upotussyvyys.</li> <li>- Raudoite tarvitaan symmetrisesti vedettyjen pulttien kohdalle molempiin suuntiin. <math>A_{st8}</math> on verkon kokonaispinta-ala/suunta.</li> <li>- Raudoite <math>A_{st8}</math> on taulukossa 9 laskettu yhden pultin vetokestävyyden mukaan. Verkon kokonaismäärä on vedettyjen pulttien mukaan yhteenlaskettu kokonaismäärä sijoitettuna symmetrisesti pulttien murtokartioiden alueelle.</li> <li>- Raudoitteesta <math>A_{st8}</math> voi käyttää kaksi/neljä tankoa/pulttilinja/suunta raudoitteeseen <math>A_{st6}</math>.</li> </ul>
5. Blow-out haat $A_{st9}$	<b>Pultin vaarnan halkeiluraudoitus Blow-out murrolle. Peruspilari</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peruspilarissa sijoitetaan pultin alapäähän vaarnan alueelle halkeiluraudoitus.</li> <li>- Tarvittavat lisähaat ovat taulukossa 9. Haat tarvitaan vain silloin, kun pultin reunaetäisyys <math>\leq C2</math> taulukossa 5. Tarvittavat lisähaat ovat taulukossa 9.</li> </ul>



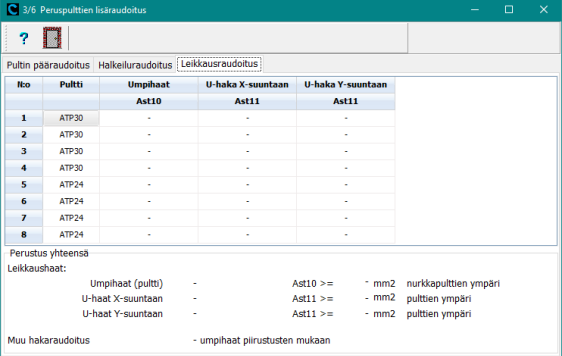
Kuva 26. ATP pultin normaalivoima- ja halkeiluraudoitus pilarianturassa.

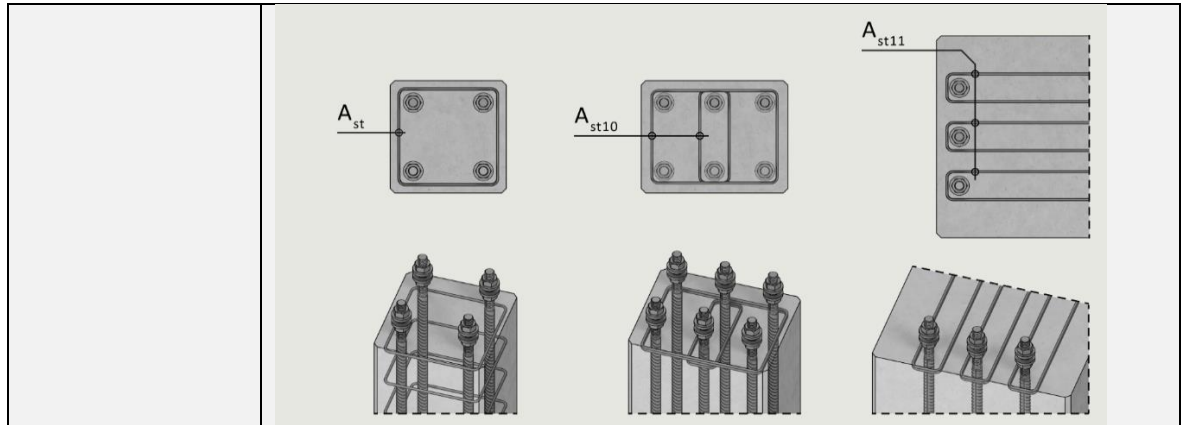
Taulukko 9. ATP pultin normaalivoima- ja halkeiluraudoitus.

Pultti	$A_{st5}$ mm <sup>2</sup>	$A_{st5}$ T	$A_{st6}$ T	$A_{st7}$ mm <sup>2</sup>	$A_{st7}$ T	$h_{min}$ mm	$A_{st8}/A_{st9}$ mm <sup>2</sup>	$A_{st8}/A_{st9}$ T
ATP16	71	2T10	2T8	44	2T10	88	71	2T8
ATP20	111	2T10	2T8	68	2T10	117	111	3T8
ATP24	159	2T10	2T8	92	2T10	143	159	4T8
ATP30	253	4T12	2T8	153	2T12	203	253	5T8
ATP36	365	4T12	2T10	234	4T12	267	365	5T10
ATP39	441	4T12	2T10	265	4T12	291	441	6T10
ATP45	568	6T12	2T12	361	4T12	314	568	5T12

## 5.6.2 Pultin rauditus leikkausvoimalle

### 1. AHP ja ATP pultin rauditus leikkausvoimalle

<p>1. <i>Ei raudoitusta.</i> <math>A_{st}</math></p>	<p><b>Ohjelma ei tulosta leikkausraudoitusta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli pilarin leikkausvoima siirretään kitkalla tai leikkausvaarnalla peruspilarille, riittää perustuksessa EC2:n mukaan laskettu leikkaushakaraudoitus. Ikkunaan 3/6 ei silloin tulostu raudoitteita <math>A_{st10}</math> ja <math>A_{st11}</math>. Suunnittelija määrittää tarvittavat haat erikseen.</li> <li>- Kun pilarin leikkausvoima on niin pieni, että pultteja varten ei tarvita leikkausraudoitusta, riittää normien mukaiset minimihaat <math>A_{st}</math>.</li> <li>- Ohjelma ei tällöin tulosta leikkaushakoa <math>A_{st10}</math> ja <math>A_{st11}</math> ikkunaan 3/6. Suunnittelija määrittää tarvittavat haat erikseen.</li> </ul>
<p>2. <i>Leikkaus-haات</i> <math>A_{st10}</math> Vain CEN/TS 1992-4-2</p>	<p><b>Leikkausvoima siirretään pulttien ympärille sijoitettavalla umpihaalla.</b> <b>Huom: Näitä hakoja ei käytetä EN 1992-4:2018 mitoituksessa.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaikkien nurkkapulttien ympärille sijoitetaan suurin yksittäiselle pultille laskettu leikkaushakamäärä.</li> <li>- Keskipulteille sijoitetaan ohjelmassa laskettu välihakamäärä.</li> <li>- Haat sijoitetaan perustuksen yläpintaan nippuna ja sovitetaan muiden hakojen kanssa.</li> </ul>
<p>3. <i>Pulttikohtaiset leikkaushaات</i> <math>A_{st11}</math></p>	<p><b>Leikkausvoima siirretään pulttikohtaisella U-leikkaushaalla.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli pultti ei kestä ilman raudoitusta niin ohjelma laskee pulteille pulttikohtaiset U-leikkaushaات.</li> <li>- Haat sijoitetaan perustuksen yläpinnassa pultin ympärille leikkausvoiman suunnassa ja ankkuroidaan perustuksen takareunaan.</li> <li>- Mikäli U-hakoja ei tulostu, ei niitä myöskään tarvita.</li> <li>- Mikäli pultin leikkauskestävyys kuitenkin ylittyy kuvassa 21 ja kuvaan 27 ei tulostu hakoja, on pultin leikkausvoima niin suuri, että sitä ei voi siirtää hakaraudoituksella.</li> <li>- Vaihda pultti tai muuta rakenteen mittoja tai betonilujuutta tai muuta leikkausvoiman siirtotapa kitkavoimaksi tai teräsvaarnaksi.</li> </ul> 
<p>4. <i>Rauditus-periaate</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuvassa 27 on esitetty Harjateräspulttien leikkausraudoituksen periaatteet. Kuvassa ei ole esitetty perustuksen muuta raudoitusta. Nämä leikkausraudoitteet sijoitetaan, jos laskenta tulostaa ikkunaan 3/6 pulttikohtaisia leikkausraudoitteita <math>A_{st10}</math> – <math>A_{st11}</math>.</li> <li>- Perustuksen koko rauditus muodostuu sen jälkeen kuvien 24 tai 26 normaalivoiman raudoituksesta sekä kuvan 27 pulttikohtaisesta leikkausraudoituksesta.</li> </ul>



Kuva 27. Harjateräspulttien rauditusperiaatteet leikkausvoimalle.

## 5.7 Pulttiliitoksen käyttöikämitoitus

### 1. Pulttiliitoksen alustabetonin halkeilutarkastelu ominaiskuormilla.

1. <i>Betoni ja lisäraudoitus</i>	<p>Pulttiliitoksen alustabetonin halkeilulle suoritetaan seuraava tarkastelu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ikkunaan 3/6 välilehdelle 1 tulostuu pulteille lasketun vetorausituksen jännitystila ominaiskuormilla <math>\delta_{t, nom}</math>.</li> <li>- Ikkunaan 3/6 välilehdelle 3 tulostuu pulteille lasketun leikkausraudoituksen jännitystila ominaiskuormilla <math>\delta_{t, nom}</math>.</li> <li>- Ominaiskuorma on määritetty jakamalla laskentakuorma kertoimella, joka määritetään kuormat ikkunan kuormasuhteen kertoimella <math>G_k</math>.</li> </ul>
2. <i>Halkeilumitoitus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harjateräspulttien alustabetonille suoritetaan halkeilumitoitus rakenteen reunassa käyttämällä näitä jännitystiloja ja laskennan pohjana rakenteen mittojen ja muiden kuormitusten kanssa.</li> <li>- Halkeilumitoitus tehdään SFS-EN 1992-1-1 [6] kohdan 7.3 mukaan.</li> </ul>

### 2. Suositeltavat betonipeitteet ja pintakäsittelyt

1. <i>Kuumasinkitys</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harjateräspultit voidaan kuumasinkittää.</li> <li>- Kuumasinkitys voidaan toteuttaa siten, että vain kierre sinkitään tai sitten koko pultti sinkitään. Pulttien kierteet voidaan toteuttaa irrotettavalla kierreosalla, jolloin materiaalivaihtoehdot kiertelle voi valita korroosiovaatimusten mukaan.</li> </ul>
2. <i>Betonipeite</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taulukossa 10 on esitetty pultin tartuntojen betonipeitteen vaadittu nimellisarvo <math>C_{nom}</math> rasitusluokan mukaan SFS-EN 1992-1-1 vähimmäisarvoilla.</li> <li>- Pultin tartuntojen ja kierreosan betonipeitteen nimellisarvo on <math>C_{nom} = C_{min, cur} + \Delta c_{dev} (=10 \text{ mm}) + \text{haka T10}</math>.</li> <li>- Taulukossa 10 on esitetty pultin minimi reunaetäisyydet hakakoolla T10.</li> <li>- Taulukossa on myös pultin pintakäsittelymenetelmät eri rasitusluokissa.</li> </ul>

Taulukko 10. Vaadittu betonipeitteen nimellisarvo  $C_{nom}$  ja pultin pintakäsittelysuositukset

Rasitusluokka EN 1992-1-1	50 vuoden käyttöikä $C_{nom} + T10$ mm	100 vuoden käyttöikä $C_{nom} + T10$ mm	Pulteille suositeltava kierremateriaali ja pultin pintakäsittelyvaihtoehdot.	
			Kierremateriaali tai kierteen pintakäsittely	Pultin tartuntaosan pintakäsittely
X0	30	30	Ei pintakäsittelyä	Ei pintakäsittelyä
XC1	30	40	Ei pintakäsittelyä	Ei pintakäsittelyä
XC2	40	50	Ei pintakäsittelyä	Ei pintakäsittelyä
XC3 – XC4	45	55	Kuumasinkitty	Kuumasinkitty
XS1 – XD1	50	60	Kuumasinkitty	Kuumasinkitty
XD2	55	65	Kuumasinkitty	Kuumasinkitty
XD3	60	70	Kuumasinkitty	Kuumasinkitty
XS2 – XS3 XA1 – XA3 XF1 – XF4	-	-	Pultteja voi käyttää kohdekohtaisen erityisselvityksen perusteella. Pultin kierremateriaali, tartuntojen pintakäsittely ja betonipeitteen nimellisarvo määritetään kohteen mukaan.	

## 6 PULTTIEN ASENNUS TYÖMAALLA

### 6.1 Asennustyössä noudatettavat normit ja suunnitelmat

Pulttien asennustyössä noudatetaan seuraavia standardeja, ohjeita ja projektin suunnitelmia.

1. Toteutusohje Laatusuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rungon Asentajan laatima Asennussuunnitelma.</li> <li>- Projektiin laaditut betoni- ja teräsrakenteiden toteutusohjeet.</li> <li>- Projektiin työmaalle laadittu Laaduntarkastussuunnitelma.</li> </ul>
2. Piirustukset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rungon suunnittelijan laatimat asennuspiirustukset.</li> <li>- Rungon suunnittelijan laatimat rakenneleikkaukset ja asennusdetaljit.</li> </ul>
3. Asennusohje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harjateräspulttien käyttöohje, jonka kappaleet 6, 7 ja 8 koskevat pulttiliitoksen asennusta työmaalla. [22]</li> </ul>

### 6.2 Pulttien toimitus, varastointi ja tunnistaminen

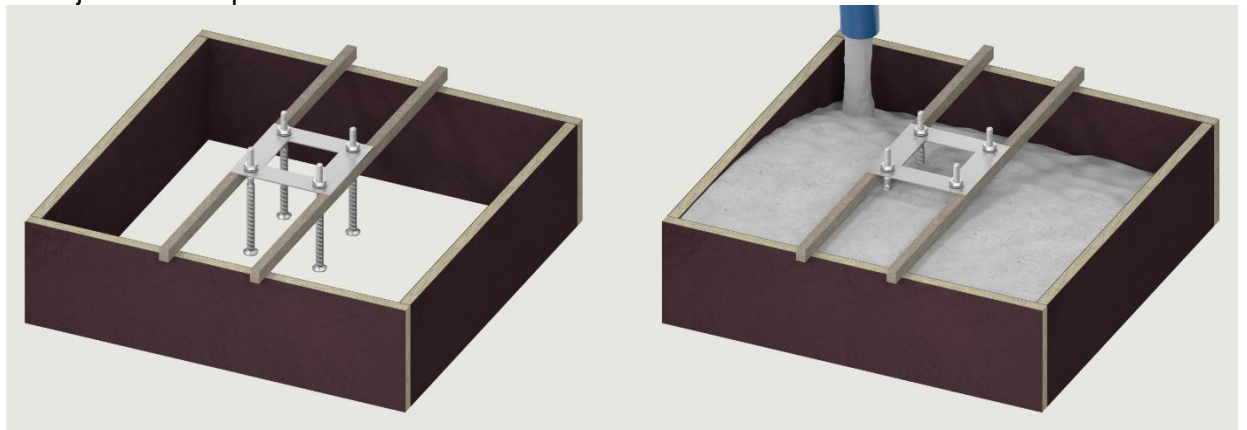
Pultit toimitetaan kuormalavalla. Pitempiaikainen varastointi tehdään sateelta suojatussa tilassa. Kuumasinkittyjä pultteja säilytetään vähintään yksi kuukausi sinkityksen jälkeen ennen niiden käyttöä. Säilytysaika vaaditaan ennen betoniin valamista tartuntaa heikentävän vetyreaktion välttämiseksi. Pultin tyyppi ja koko voidaan tunnistaa seuraavasti:

Kuormalava varustetaan tunnistetiedoilla sekä jokainen pultti tunnistemaalauksella. Pulteissa on seuraava tunnistus: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Käsittämättömät pultit:</b> Pultin koon tunnistuksen voi tehdä pultin päähän maalatun värikoodin mukaan Värikoodit on esitetty taulukoissa 1 ja 2.</li> <li>- <b>Sinkityt pultit:</b> Tunnistus myös pultin pään värikoodista. Tunnistuksen voi siten tehdä myös valun jälkeen</li> </ul>	
--	--

Kuva 28. Pulttien merkintä ja tunnistetiedot ja pakkaus

### 6.3 Pulttien asennus perustusmuottiin

Pultit kootaan ryhmäksi AAK asennuskehikolla. Kehikolla varmistetaan pultin oikea etäisyys ja suunta rakennuksen linjojen suhteen. Lisäksi kehikolla saadaan pultille oikea korkeusasema ja kierteet suojataan valun ajaksi. Asennuskehikon tilaustunnus on AAK M H\*B, jossa M on pultin koko ja H\*B ovat pulttien välimitat kehikossa.



Kuva 29. Pulttien asennus kehikon avulla ja perustuksen valu

Rakennuksen rungon Asentaja suorittaa ennen työn aloitusta pulttien sijainnin oikeellisuuden vastaanottotarkastuksen. Tarkastus voidaan tehdä joko betoniurakoitsijan laatimien tarkemittauspöytäkirjojen perusteella tai Asentaja voi suorittaa myös omia tarkemittauksia.

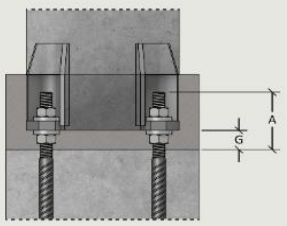
Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja, jolla vastuu pulttien sijainnista siirtyy rakenteiden Asentajalle.

Taulukko 11. Pulttiryhmän asennustoleranssit

1	Pultin keskinäinen sijainti ja ristimita valmiissa peruspulttikehikossa	±2 mm
2	Peruspulttikehikon keskilinjan sijainti moduulilinjan suhteen	±5 mm
3	Peruspulttikehikon kiertymä kehikon ulkonurkan kohdalla	±5 mm
4	Kahden viereisen kehikon keskinäinen sijaintipointkeama	±5 mm
5	Kahden kehikon keskinäinen maksimi poikkeama pilarilinjan suunnassa	±5 mm
6	Kahden kehikon maksimi poikkeama pääkannattajan suunnassa	±5 mm
7	Pultin pään korkeusaseman poikkeama	±10 mm
8	Pultin suoruus (kallistuma) teoreettisesta (L=pultin koko pituus)	±L/150

AHK ja AHK-K kengissä käytetään taulukon 12 mukaisia pultteja. Taulukossa on pulttien ja jälkivalun korkeus raakavalun pinnasta sekä mutterin kiristysmomentti. Mutterin kiristys on määritetty SFS-EN 1090-2:2018 kohdan 8.5.1 mukaan siten, että pultin esijännitysvoimaksi  $F_{c,p}$  tulee 50 % pultin kierteen murtovoimasta. Mutterit kiristetään momentilla  $M_{r,1} = 0,125 \cdot d \cdot F_{p,c}$ , jossa  $F_{p,c} = 0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ . Kiristuksen jälkeen pitää pultista olla ruuvikierrettä näkyvissä vähintään yhden kierteen nousun verran. Kierremitan alitusta ei sallita ja alituksesta on tehtävä korjaussuunnitelma.

Taulukko 12. Pulttien korkeusasema kenkäliitoksessa, jälkivalupaksuus ja kiristysmomentti

Pilarikenkä	Harjateräspultti	A mm	G mm	$M_{r,1}$ Nm	
AHK16, -K	ATP16 AHP16	105	50	85	
AHK20, -K	ATP20 AHP20	115	50	170	
AHK24, -K	ATP24 AHP24	130	50	290	
AHK30, -K	ATP30 AHP30	150	50	580	
AHK36, -K	ATP36 AHP36	170	60	1000	
AHK39, -K	ATP39 AHP39	180	60	1300	
AHK45, -K	ATP45 AHP45	190	65	2000	

Merkinnät: A = Kierteen korkeus raakavalun pinnasta.  
 G = Pohjalevyn alustavalun vakio korkeus AHK, -K kengillä.  
 $M_v$  = Mutterin kiristys momentti Nm, sallittu toleranssi ± 30 %.

## 6.4 Peruspulttiliitoksen asennus

Pulttiliitoksen asennus suoritetaan seuraavasti:

1. Pilarin korkeusaseman säätö	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ylämutteri ja aluslevy irrotetaan ja tarkistetaan, että pultin kierre on ehjä.</li> <li>- Pultin alamutterin aluslevyn yläpinta säädetään pilarin suunniteltuun tasoon.</li> <li>- Muiden pulttien aluslevyjen yläpinnat vaaitaan samaan tasoon.</li> <li>- Aluslevyinä saa käyttää vain pultintoimittajan aluslevyjä.</li> </ul>
2. Pilarin nosto ja muttereiden asennus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pilari nostetaan paikoilleen ja ylämutterit ja aluslevyt kiinnitetään.</li> <li>- Pilari säädetään tarvittaessa pystysuoraan pultin alamuttereista.</li> <li>- Kenkien mutterikolot on mitoitettu DIN 7444 iskulenkkiavaimen mukaan.</li> <li>- Pultin ylämutterit kiristetään taulukon 12 momenteilla.</li> <li>- Arvot on määritetty EN 1090-2:2018 mukaan vastaamaan kiristystä, joka on 50 % harjateräspulttien kierteen murtovoimasta.</li> </ul>
3. Nosturin irrotus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmistetaan, että suunnitelmissa ei ole vaadittu pilarin asennustuenta.</li> <li>- Nosturi voidaan irrottaa pilarista mahdollisen asennustuennan jälkeen.</li> <li>- Tarkistetaan, että mikään alamuttereista ei jää löysälle.</li> </ul>
4. Liitoksen tarkistus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun pilari on asennettu ja mutterit kiristetty, pitää pultista olla ruuvikierrettä näkyvissä vähintään kahden kierteen nousun verran.</li> <li>- Tarkistetaan, että kaikki mutterit on asennettu, kiristetty ja lukittu, että mikään alamuttereista ei ole jäänyt löysälle.</li> <li>- Kierremitan alituksesta on tehtävä poikkeamaraportti ja korjaustoimenpiteet.</li> </ul>
5. Jälkivalu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmistetaan suunnitelmista jälkivalun suoritusajankohta ja suoritetaan valut.</li> </ul>

Muttereiden (ylämutteri) lukitukseen voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:  
 Rakennesuunnitelmissa on valittava projektiin sopiva menetelmä.

1. Lukitaan pultin kierre mutteriin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ylämutteri kiristetään taulukon 12 vääntömomentilla ja pultin kierre lyödään rikki mutterin ja kierteen juuresta.</li> <li>- Vääntömomentin arvoa voi tarvittaessa muuttaa antamalla kaavaan <math>F_{p,c}=0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_{sj}</math> uusi prosenttiosuus arvon 0,5 tilalle vaaditusta esijännitysvoimasta. Pultin murtolujuuden laskenta-arvo <math>f_{ub}</math> on 550 MPa.</li> </ul>
2. Esikiristys ja betonivalu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ylämutteri kiristetään taulukon 12 vääntömomentilla ja mutterin lukitukseen riittää liitokseen pultin ympärille tehtävät betonivalut.</li> </ul>
3. Tuplamutteri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dynaamisten kuormien vaikuttaessa käytetään tuplamutteria lukitukseen silloin, kun liitoksessa ei ole betonivaluja tai mutteri pitää olla myöhemmin irrotettavissa.</li> </ul>

## 6.5 Pulteille sallitut korjaustoimenpiteet työmaalla

Pulttiliitoksen rakenteita ei saa muuttaa muuten kuin suunnittelijan ja/tai pultin valmistajan luvalla. Seuraavia toimenpiteitä voidaan tehdä asennustyömaalla. Muutoksesta on tehtävä poikkeamaraportti ja muutokset on dokumentoitava projektin laatuaineistoon.

1. Sallittu korjaustoimenpide	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AHP-pultin harjaterästartuntaa voi asennuksen tilantarpeen niin vaatiessa taivuttaa (=10-50 mm) työmaalla. Taivutus ei saa kuitenkaan ulottua pultin kierrealueelle.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin tartuntaan voi hitsata perustuksen raudoitteita, mikäli käytetään pistehitsiä ja tarkoituksena on raudoitteen tai pultin asennusaikainen kiinnitys muottiin.</li> <li>- Voimaliitoksia pultin tartuntaan ei saa hitsata.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli aluslevy ottaa kiinni kengän koteloon tai teräspilarin profiiliin, voidaan aluslevystä poistaa kyseiltä kohdalta sen verran materiaalia, että aluslevy sopii tiiviisti kiinni pohjalevyn yläpintaa vasten.</li> <li>- Vinoon asentoon aluslevyä ei saa jättää.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vinoon asennetun pultin mutteria ei saa jättää vinoon asentoon niin, että mutteri koskettaa vain yhdeltä reunalta aluslevyä.</li> <li>- Tällaisia tapauksia varten valmistetaan vino aluslevy, jonka voi asentaa vakioaluslevyn ja mutterin väliin tasaamaan mutterin kosketuspinta aluslevylle.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liitokseen voi tarvittaessa lisätä vakiostandardin mukaisia aluslevyjä, mikäli pultinvalmistajan aluslevy jää kuitenkin alimmaisiksi.</li> </ul>

Seuraavia korjaustoimenpiteitä ei sallita. Muutokseen tarvitaan erillinen poikkeamasuunnitelma ja hyväksyntä suunnittelijalta tai pultin valmistajalta.

2. Ei sallittu korjaustoimenpide	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin kierreosaa ei saa taivuttaa tai kuumentaa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttiin ei saa hitsata muuta voimaa siirtävää rakennetta.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaarnapultin tartuntaa ei saa taivuttaa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttia ja sen tartuntoja ei saa katkaista ja hitsata uuteen paikkaan.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttia ei saa hitsata kiinni kengän tai teräspilarin pohjalevyyn.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pultin aluslevyn pitää olla pultinvalmistajan toimittama.</li> <li>- Aluslevyä ei saa vaihtaa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mutteria ei saa koskaan asentaa ilman pultin omaa aluslevyä.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli pilarin pohjalevyn reikää on avarrettu, pitää aluslevy vaihtaa suurempaan.</li> <li>- Yleensä tässä tapauksessa pitää valmistaa erikoisaluslevy.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuumasinkityn pultin mutteria ei saa vaihtaa toisen standardin mutteriin.</li> <li>- Kuumasinkittyyn pulttiin on käytettävä standardin DIN 934 m8 ylikoko mukaista kuumasinkittyä mutteria.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun mutteri on kiristetty paikoilleen, pitää pultin kierrettä olla näkyvissä vähintään kaksi kierteen nousua.</li> <li>- Kierrepituuden alituksesta pitää tehdä poikkeamaraportti ja korjaustoimenpiteet hyväksytetään rakennesuunnittelijalla.</li> </ul>



## 7 TURVALLISUUSTOIMENPITEET

### 7.1 Tiedot työmaan työturvallisuusohjeen laatimista varten

Rakennuttajan nimeämä projektin työturvallisuuskoordinaattori vastaa rakennustyön toteutukseen liittyvästä työturvallisuudesta huolehtimisesta. Projektin työturvallisuusohjetta laadittaessa huomioidaan pulttiliitoksen asennuksessa seuraavat asiat:

1. Asentaminen	- Pilareiden asennuksessa noudatetaan urakoitsijan Asennussuunnitelman työjärjestystä ja suunnittelijan määrittämää rungon asennusaikaista stabiliteettivaatimusta.
	- Pilarin kaatuminen ja pulttiliitoksen virheellinen kuormitus asennusvaiheessa on estettävä seuraavilla toimenpiteillä:
	- Pilaria nostetaan nostolenkkejä/laitetta käyttäen.
	- Pilaria ei saa siirtää tai nostaa kengän pultinreiästä.
	- Nostovaiheessa kengän pohjalevy ei saa osua/tukeutua maahan tai muuhun kiinteään rakenteeseen.
	- Nostolaite irrotetaan pilarista sitten, kun pilari on paikallaan kiinnitettynä kaikkiin pultteihin ja suunnitelmien mukaan asennustuettuna.
- Pultteja ei saa kuormittaa suunnitelmista poikkeavilla tavoilla ja kuormilla.	
2. Stabiliteetti	- Pilaria ei saa koskaan jättää kiinnittämättä sitä kaikilla muttereilla pultteihin.
	- Rungon stabiliteetti pitää varmistaa työvuoron päättyessä poikkeuksellisille luonnonkuormille.
	- Osittain asennetun rungon kokonaisstabiliteetti on varmistettava.
3. Rakenne	- Kenkäliitoksen jälkivalujen suoritusajankohta on määritettävä asennussuunnitelmassa.
	- Yläpuolisen rungon asennusta ei saa jatkaa ennen kuin jälkivalut ovat kovettuneet
	- Jälkivalubetoni on osa liitoksen kantavaa rakennetta, joten materiaalit ja työmenetelmät pitää valita siten, että jälkivalu ei pääse jäätymään.
- Pilarin mahdolliset asennustuet poistetaan liitoksen jälkivalujen kovettumisen jälkeen	

### 7.2 Pulttiliitoksen käyttöönotto rakentamisaikana

Pulttiliitos suunnitellaan asennustilanteen kuormille ja rungon murtotilanteen lopullisille kuormille. Liitoksen kuormitettavuus poikkeaa merkittävästi näiden kahden tilanteen välillä. Pulttiliitos saavuttaa murtotilanteen kuormituskestävyyden vasta, kun liitoksen jälkivalubetoni on saavuttanut suunnittelulujuuden. Siihen asti pilariliitosta ja sen kuormitettavuutta on tarkasteltava asennustilanteen kestävyysarvoilla.

Jälkivalun suorituksen ajankohta määritetään Asennussuunnitelmassa. Ajankohtaa ei saa ylittää ja pilarin käyttöönottolupa yläpuolisten rakenteiden asennukseen jatkamiseen ja pilarin lisäkuormitukseen todetaan katselmuksella.

## 8 ASENNUKSEN LAADUNVALVONTA

### 8.1 Pilarin asennuksen valvontaohje

Pilariliitoksen asennuksen laadunvalvonnassa noudatetaan projektiin työmaalle laadittua Laadunvalvontasuunnitelmaa. Rakennuksen rungolle suoritetaan toteutuseritelmässä määritetyt rakenne- ja mittatarkastukset. Betonirakenteiden vaatimusten osalta noudatetaan standardin SFS-EN 13670 ohjeita ja teräsrungon osalta noudatetaan SFS-EN 1090-2:2018 ohjeita.

Rungon laadunvalvonta- ja mittatarkastuksista laaditaan tarkastusraportti, joka talletetaan projektin laatuaineistoon. Pulttiliitosten osalta suoritetaan seuraavat tarkastustoimenpiteet:

1. <i>Ennen pilarin asennusta</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmistetaan, että pultit eivät ole vaurioituneet</li> <li>- Asennussuunnitelman noudattaminen elementtien asennusjärjestyksen osalta.</li> <li>- Pilareiden asennusaikaisen tuennan tarve.</li> <li>- Pilareiden alapään ja pulttien korkeusaseman tarkistus.</li> </ul>
2. <i>Pilarin asennuksen jälkeen ennen jälkivaluja</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkistetaan, että pilariliitos on asennettu suunnitelmien mukaiseen korkeuteen.</li> <li>- Varmistetaan, että on käytetty suunnitelmien mukaisia aluslevyjä ja mutterit on kiristetty vaadittuun momenttiin.</li> <li>- Varmistetaan, että pultin kierrettä on näkyvässä mutterista 2 kierteen nousua.</li> <li>- Varmistetaan, että jälkivalubetonin lujuus on suunnitelmien mukaista.</li> </ul>
3. <i>Liitoksen jälkivalun jälkeen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarkistetaan, että mutterikolot ja saumavalu on tehty asianmukaisesti ja suunnitelmien mukaisella betonilujuudella.</li> <li>- Varmistetaan, että kaikki mutterikolot ja jälkivalusauma ovat täynnä betonia.</li> <li>- Varmistetaan, että liitoksen jälkivalut täyttävät liitoksen palosuojauksen vaatimukset.</li> </ul>
4. <i>Poikkeamataapaukset</i>	<p>Mikäli rungon Asentaja poikkeaa hyväksytyistä suunnitelmista ja dokumenteista asennuksen aikana missä tahansa seuraavista tehtävistä:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- laadunvalvonta</li> <li>- asennustyön toteutus, nostot ja siirrot</li> <li>- asennuksessa käytetyt materiaalit</li> <li>- rakenteiden toleranssit ja rungon mittatarkastus</li> <li>- vaadittavat tarkastukset ja niiden dokumentointi</li> </ul> <p>niin Asentaja on velvollinen käynnistämään poikkeaman dokumentoinnin havaitessaan suunnitelmapoikkeaman ja hyväksyttämään sen aiheuttamat toimenpiteet Tilaajalla. Poikkeamaraportit talletetaan projektin laatuaineistoon.</p>

### 8.2 Asennuksen laadunvalvonnan loppudokumentointi

Rungon Asentaja on velvollinen toimittamaan Tilaajalle työn vastaanottamisen jälkeen asennustyön aikana syntyneen tarkastus- ja laadunvalvonta-aineiston.

1. <i>Valmiustarkastuspöytäkirjat</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulttien tarkemittauspöytäkirja.</li> <li>- Pilareiden kuormitettavuus- ja käyttöönototarkastus jälkivalujen jälkeen.</li> </ul>
2. <i>Poikkeamaraportit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luovutetaan pulttiliitoksen asennuksen aikana mahdollisesti tehdyt poikkeamaraportit.</li> </ul>
3. <i>Tuotehyväksyntä As-built</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Työmaalle hankittujen materiaalien CE-merkintätodistukset tai muut vastaavat tuotehyväksyntätiedot.</li> <li>- As-build aineisto asennettuun rakenteeseen tehdyistä muutoksista.</li> </ul>

## REFERENCES

- [1] SFS-EN 1090-1 Teräs ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen arviointiin.
- [2] SFS-EN 1090-2:2018 Teräs ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset
- [3] SFS-EN ISO 3834 Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: Laatuvaatimusten valintaperusteet ja Osat 2-5
- [4] SFS-EN 1990, Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet
- [5] SFS-EN 1991-1, Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat, Osat 1 - 7
- [6] SFS-EN 1992-1-1, Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1, Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.
- [7] SFS-EN 1992-1-2, Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2, Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus.
- [8] SFS-EN 1993-1, Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1, Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Osat 1 - 10
- [9] CEN/TS 1992-4-1 Design of fasteners in concrete - Part 4-1: General (Kumottu)
- [10] CEN/TS 1992-4-2 Design of fasteners use in concrete - Part 4-2: Headed Fasteners (Kumottu)
- [11] SFS-EN ISO 5817, Hitsaus. Teräksen, nikkelin ja titaanin ja niiden seosten sulahisus. Hitsiluokat
- [12] SFS-EN ISO 12944, Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 1: Yleistä ja osat 2 – 7.
- [13] SFS-EN ISO 1461, Teräs ja valurautatuotteiden kuumasinkkipinnoitteet kappaletavaroille. Erittelyt ja koestusmenetelmät.
- [14] SFS-EN 10025, Kuumavalssatut rakenneteräkset Osa 1: yleiset tekniset toimitusehdot.
- [15] SFS-EN ISO 1684 Fasteners. Hot dip galvanized coating
- [16] SFS-EN 17760-1 Hitsaus. Betoniterästen hitsaus. Osa 1: Voimaliitokset.
- [17] SFS-EN 13670 Betonirakenteiden toteuttaminen
- [18] SFS-EN 13325 Betonivalmisosat. Pileri- ja palkkielementit
- [19] SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt
- [20] Poistettu
- [21] Anstar Oy. AHK Pilarikengien käyttöohje
- [22] Anstar Oy. Harjateräspulttien käyttöohje
- [23] RIL 201-4-2017 Rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteessa.
- [24] SFS-EN 1992-4:2018, Design of concrete structures. Part 4. Design of fastenings for use in concrete

## LIST OF TABLES

Taulukko 1.	ATP-pultin mitat.....	6
Taulukko 2.	AHP-pultin mitat .....	7
Taulukko 3.	AHP-pultin minimi limityspituus $l_{0,min}$ SFS-EN 1992-1-1 mukaan .....	7
Taulukko 4.	Anstar Oy:n peruspultti- ja kiinnitysluokkien valmistusohjelma .....	8
Taulukko 5.	Harjateräspultin normaalivoimakestävyys. Murto- ja onnettomuustilanne.....	10
Taulukko 6.	Harjateräspultin minimi reuna- ja keskiöetäisyydet normaalivoimalle. ....	11
Taulukko 7.	Harjateräspultin leikkauskestävyyden mitoitusarvo. Betoni C25/30-2. ....	12
Taulukko 8.	Harjateräspulttien soveltuvuus eri perustusrakenteisiin.....	18
Taulukko 9.	ATP pultin normaalivoima- ja halkeiluraudoitus.....	36
Taulukko 10.	Vaadittu betonipeitteiden nimellisarvo $C_{nom}$ ja pultin pintakäsittelysuositukset .....	37
Taulukko 11.	Pulttiryhmän asennustoleranssit .....	39
Taulukko 12.	Pulttien korkeusasema kenkäliitoksessa, jälkivalupaksuus ja kiristysmomentti .....	39

## PICTURES

Kuva 1.	ATP pultti vaana-ankkurilla ja AHP pultti harjaterästartunnalla.....	4
Kuva 2.	Harjateräspultin liitoksia betonipilareissa AHK-pilarikengillä.....	4
Kuva 3.	Harjateräspultin liitoksia liitto- ja teräspilareissa .....	5
Kuva 4.	Harjateräspultit jäykistysseinäkengän liitoksessa .....	5
Kuva 5.	Harjateräspultit laiteperustuksessa, periaatekuva .....	5
Kuva 6.	ATP-pultin rakenne.....	6
Kuva 7.	AHP-pultin rakenne .....	7
Kuva 8.	Pääikkuna AHK- ja AHK-K pilarikengät ja harjateräspultit .....	18
Kuva 9.	ACOLUMN ohjelman liitosvalikko .....	20
Kuva 10.	Välilehti 2. Materiaalilujuudet ja betonin halkeilutila sekä lisäraudoitus. ....	20
Kuva 11.	Välilehti 3. Pilarin mittatiedot.....	21
Kuva 12.	Välilehti 5. Kiinnitysalustan mittojen valinta.....	21
Kuva 13.	Välilehti 6. Lisäraudoituksen oletuskoko .....	21
Kuva 14.	Liitoksen laskentavoimat ja koordinaatisto .....	22
Kuva 15.	Murtotilanne. Liitoksen kestävyyskuvaajat ja voimapisteen X-akselin suunta.....	25
Kuva 16.	Murtotilanne. Liitoksen jälkivalun betonin jännitystilän 3D-kuva. ....	26
Kuva 17.	Murtotilanne jälkivaluleikkaus. Pultin kestävyys ja yhdistely.....	27
Kuva 18.	Murtotilanne. Pultin vetokestävyys ja käyttöaste. ....	29
Kuva 19.	Murtotilanne. Pultin Pull-out ja Blow-out kestävyys .....	29
Kuva 20.	Murtotilanne. Peruspultin Concrete Cone kestävyys.....	30
Kuva 21.	Murtotilanne. Harjateräspultin leikkauskestävyys .....	31
Kuva 22.	Murtotilanne. Pultin betonileikkauskestävyys.....	32
Kuva 23.	Murtotilanne. Pultin normaalivoima- ja leikkauskestävyyden yhdistely .....	33
Kuva 24.	AHP-pultin pääraudoitus pultin normaalivoimakestävyydelle. ....	34
Kuva 25.	AHP-pultin laskettu pääraudoitus normaalivoimalle peruspilarissa.....	34
Kuva 26.	ATP pultin normaalivoima- ja halkeiluraudoitus pilarianturassa.....	35
Kuva 27.	Harjateräspulttien raudoitusperiaatteet leikkausvoimalle. ....	37
Kuva 28.	Pulttien merkintä ja tunnustiedot ja pakkaus .....	38
Kuva 29.	Pulttien asennus kehikon avulla ja perustuksen valu .....	38



Anstar Oy on suomalainen perheyriety, joka on erikoistunut betoni-rakenteiden liitososien sekä liittopalkkien myyntiin ja valmistukseen. Olemme kansainvälinen toimija, yksi alan edelläkävijöistä. Anstar auttaa kaikissa betoniin kiinnittämiseen liittyvissä kysymyksissä. Anstarin asiantuntijat voivat kehittää ratkaisun myös asiakkaan erikoistapauksia koskeviin kiinnitysongelmiin.



**SMART STEEL.  
SINCE 1981.**

**ANSTAR OY**  
Erstantie 2  
FIN-15540 Villähde

Tel. +358 3 872 200  
anstar@anstar.fi  
[www.anstar.fi](http://www.anstar.fi)