

ENHET, VERKSAMHETSOMRÅDE  
AT, Anläggningar Teknik  
Luftledning

VÄR BETECKNING  
TR05-03-1

DATUM  
2017-07-04

SAMRÅD  
NT *M1*

TEKNISK RIKTLINJE

UTGÅVA  
1

FASTSTÄLLD  
Td



# Luftledning Stolpar konstruktion

## Inledning

Dessa riktlinjer beskriver krav på stolpar enligt Svk TR 05-03-1 för luftledning och omfattar material och konstruktion. Riktlinjerna avser att säkerställa att stolparna uppvisar en nöjaktig funktion under ledningens livslängd och ska användas vid inköp av konstruktionsarbete för stolpar.

Utgåva	Ändringsnot	Datum
1	TR05-03 har delats upp i två delar och ersatts av TR05-03-1 Konstruktion (denna del) och TR05-03-2 Tillverkning.	2017-07-04

# Innehåll

1	Referenser.....	5
2	Omfattning .....	7
3	Ordförklaring.....	7
4	Förutsättningar .....	8
5	Belastningar.....	8
	5.1 Vindlast.....	8
	5.2 Bortfall av dragkraft .....	9
	5.2.1 Kaskadbrottfall .....	9
	5.3 Stolpresnings- och lindragningslaster.....	9
6	Dimensionering.....	10
	6.1 Material .....	10
	6.1.1 Stål.....	10
	6.1.2 Staglina .....	11
	6.1.3 Trä.....	11
	6.2 Stålstolpar .....	11
	6.2.1 Fackverksstolpar i stål.....	12
	6.2.2 Stålrörsstolpar .....	16
	6.3 Trästolpar.....	16
7	Krav vid konstruktion och ritningars utförande.....	17
	7.1 Generella regler för utförande av stolpdetaljer i stål .....	17
	7.1.1 Invändiga hörn .....	17
	7.1.2 Avspänningsglödning.....	17
	7.1.3 Svetsade konstruktioner som ska varmförzinkas.....	17
	7.1.4 Infästning av ledat stolpben.....	17
	7.2 Skruvförband .....	17

7.2.1	Skjuvade förband .....	18
7.2.2	Dragna förband .....	20
7.2.3	Kantavstånd .....	22
7.2.4	Skruvplacering i stänger .....	22
7.2.5	Håldiameter.....	22
7.3	Detaljer till fackverksstolpar i stål .....	22
7.3.1	Stänger.....	22
7.3.2	Stångskarvar.....	22
7.3.3	Knutpunkter .....	23
7.4	Avstånd fas-stolpe .....	24
7.5	Klättringsanordningar.....	24
7.6	Lininfästningar .....	26
7.7	Stag.....	27
7.8	Kontrollplaner.....	27
7.9	Skyltar och varningstavlor .....	27
7.9.1	Allmänt.....	27
7.9.2	Varningstavlor .....	27
7.9.3	Stolpnummerskylt.....	27
7.9.4	Flygnummerskylt.....	27
7.9.5	Flygvarningsskylt .....	28
7.9.6	Regelskyltar (litteraskyltar).....	28
7.9.7	Sjökorsningsskyltar .....	28
7.9.8	Förbudsskylt för klättring.....	28
7.9.9	Skylt för optoinstallation.....	28
8	Dokumentation .....	28
8.1	Ritningar .....	28
8.1.1	Tillverkningsritningar .....	28
8.1.2	Sammanställningsritningar.....	29
8.2	Beräkningar .....	29

# 1 Referenser

Notera att normer, bestämmelser etc. som hänvisas till i dessa riktlinjer förändras kontinuerligt och kan vara utgångna, reviderade eller ersatta. Det åligger entreprenören att ofördröjligen påtala sådana förändringar.

EBR handbok	UNDERHÅLL LEDNINGAR 0,4- 420 kV
ELSÄK-FS 2008:2	Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om varselmärkning vid elektriska starkströmsanläggningar
Svk TR05-01	Svenska kraftnäts anläggningsdokumentation för luftledning
Svk TR05-03-2	Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer för luftledning: Tillverkning av stolpar
Svk TR05-12	Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer för luftledning: Isolatortillbehör
Svk TR08-01	Svenska kraftnäts dokumentationskrav för anläggningar i stamnätet
Svk TR08-02	Svenska kraftnäts detaljkrav på ritningar
SS-ISO 273	Fästelement – Frigående hål för skruvar – Metriska ISO-gångorSS-EN 1090-2:2008+A1:2011 Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Stålkonstruktioner
SS-EN ISO 1461:2009	Oorganiska ytbeläggningar-beläggningar bildade genom varmförzinkning på järn- och stålföremål-Specifikationer och provningsmetoder
SS-EN 1993-1-1:2005	Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader
SS-EN 1993-1-8:2005	Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-8: Dimensionering av knutpunkter och förband
SS-EN 1993-3-1:2006	Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 3-1: Torn och master
SS-EN 1993-1-10:2005	Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-10: Seghet och egenskaper i tjockleksriktningen
SS-EN ISO 4014:2011	Fästelement - Delgångade sexkantsskruvar - Produktklasserna A och B

SS-EN ISO 4017:2014	Fästelement - Helgängade sexkantsskruvar - Produktklasserna A och B
SS-EN 10025-2:2004	Varmvalsade konstruktionsstål - Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål
SS-EN 10025-3:2004	Varmvalsade konstruktionsstål - Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för normaliserade/normaliserade finkornstål
SS-EN 10025-4:2004	Varmvalsade konstruktionsstål - Del 4: Tekniska leveransbestämmelser för termomekaniskt valsade finkornstål
SS-EN 10149-2:2013	Varmvalsade platta produkter av höghållfast kallformningsstål - Del 2: Leveransbestämmelser för termomekaniskt valsat stål
SS-EN 10210-1:2006	Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör av olegerade stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser
SS-EN 10219-1:2006	Kallformade svetsade konstruktionsrör av olegerat stål och finkornstål - Del 1: Tekniska leveransbestämmelser
SS-EN 10164:2005	Stålprodukter med förbättrade deformationsegenskaper i tjockleksriktningen – Tekniska leveransbestämmelser
SS-EN ISO 10684	Fästelement - Varmförzinkning av fästelement
SS-EN 12951:2004	Takskyddsprodukter - Fast monterade takstegar
SS-EN 14399-3	Fästelement - Höghållfasta fästelement för förspänning i stålkonstruktioner - Del 3: System HR - Skruvförband med sexkantsskruvar och sexkantsmuttrar
SS-EN ISO 14713-2	Oorganiska ytbeläggningar - Zinkbeläggningar - Rekommendationer för korrosionsskydd av järn och stål i konstruktioner - Del 2: Varmförzinkning
SS-EN 15048-1	Fästelement - Fästelement för icke förspända förband i stålkonstruktioner - Del 1: Allmänna krav
SS-EN 15048-2	Fästelement - Fästelement för icke förspända förband i stålkonstruktioner - Del 2: Provning av lämplighet
SS-EN 50341-1:2012	Elektriska friledningar över 1 kV (AC) Del 1
SS-EN 50341-2-18	Elektriska friledningar över 1 kV (AC) Del 2-18: Svensk bilaga
SS 424 08 06	Linor av hård förzinkad ståltråd för luftledning – Fe 140–linor

## 2 Omfattning

Dessa tekniska bestämmelser omfattar konstruktion av stolpar i stål och trä för kraftledningar.

## 3 Ordförklaring

Tekniska termer och definitioner använda i dessa bestämmelser.

### **Stolpe**

Konstruktion över fundament avsedd att bära upp kraftledning.

### **Stålstolpe**

Stolpe i huvudsak utförd av stål.

### **Fackverksstolpe i stål**

Stolpe uppbyggd av stänger av stål arrangerade så att de vid belastning nästan enbart belastas av axialkrafter (tryck- och dragkrafter). Vanligast är stolpar med stänger av vinkelprofil som sammanfogas med skruvförband men även stolpar med stänger av rundstäng eller rör som i huvudsak sammanfogas med svetsförband förekommer.

### **Stålrörstolpe**

Stolpe i huvudsak uppbyggd av stålrör. Oftast är rören koniska med stor diameter och har ett mångkantigt tvärsnitt.

### **Trästolpe**

Stolpe där benen och i vissa fall andra stolpdelar är utförda i trä. Stolpbenen är framställda av en hel stock som endast kapats och barkats.

### **Regel**

Horisontellt orienterad del av stolpen som bär upp linor. En regel kan vara utformad som en konsol eller sitta mellan två eller flera stolpben.

### **Ramstäng**

Primär del av ett fackverk vanligtvis placerad i ytterhörnen. En ramstäng upptar globala axialkrafter och böjande moment som belastar fackverket.

### **Diagonal**

Sekundär del av ett fackverk placerade mellan ramstängerna som upptar globala tvärkrafter samt vridande moment som belastar fackverket och de stödjer dessutom ramstängerna.

**Redundant**

Sekundär del av ett fackverk placerade mellan ramstänger och diagonaler alternativt mellan diagonaler. Redundanter stödjer ramstänger och diagonaler och ökar därigenom deras tryckkraftskapacitet.

**Fotpinne**

Stång avsedd att kliva på vid förflyttning i stolpe. Fotpinnen är vanligtvis gängad i änden och skruvas då direkt i stolpen.

## 4 Förutsättningar

Beräkningen av mekaniska belastningar och dimensioneringen av kraftledningsstolpar baseras i denna tekniska riktlinje på Europastandarden SS-EN 50341-1:2012 tillsammans med den svenska nationella bilagan SS-EN 50341-2-18. I det följande benämns dessa båda dokument SS-EN 50341. Hänvisningen till avsnitt gäller både Europastandarden och den svenska nationella bilagan, som ska läsas tillsammans.

Svenska kraftnäts ledningar utförs som brottsäkra ledningar enligt SS-EN 50341, avsnitt 3.2.2 (Reinforced lines type 1).

För tillverkningens utförande se Svk TR05-03-02 "Stolpar tillverkning".

## 5 Belastningar

### 5.1 Vindlast

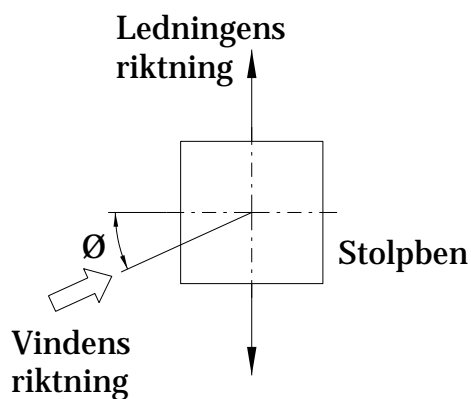
Vindlasten på stolpar och ledare beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 4.3 och 4.4.

Vid beräkning av en stolpe ska vindriktningar enligt tabell 5A kontrolleras om det inte kan visas på att en eller flera av vindriktningarna inte dimensionerar någon del av stolpen eller tillhörande fundament.



**Tabell 5A Vindvinklar**

Vindvinkel $\emptyset$ mot stolpe	Vindvinkel $\emptyset$ mot ledare
0°	0°
20°	0°
45°	45°
60°	45°
90°	90°



*Figur 5A Vindriktning*

## 5.2 Bortfall av dragkraft

Bortfall av dragkraft (security loads) beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 4.8.

### 5.2.1 Kaskadbrottfall

Om extra hög säkerhet för denna typ av belastning önskas kan beräkningen enligt avsnitt 4.8 kompletteras med ett kaskadbrottfall, i vilket samtliga lininfästningspunkter samtidigt belastas med en horisontell kraft i linans riktning motsvarande 50 % av uppspänningskraften vid 0 °C och vindstilla för hängkedjor och 100 % av uppspänningskraften för spännkedjor eller topplinor.

I detta lastfall kan värdet på lastfaktorerna  $\gamma_G$  och  $\gamma_Q$  sättas till 1,0.

## 5.3 Stolpresnings- och lindragningslaster

Stolpresnings- och lindragningslaster (safety loads) beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 4.9.

Stolpar ska kontrolleras för de belastningar som uppkommer vid stolpresning.

Partialkoefficienten för stolpens egentyngd väljs till  $\gamma_G = 1,8$  enligt SS-EN 50341, tabell 4.7/SE.1.

Stolpar ska även kontrolleras för de belastningar, som uppkommer under lindragning. Linspänningen kan antas till linans initiala uppspanning vid temperaturen  $-20\text{ °C}$ . Partialkoefficienten för krafter från linor under utdragning och reglering, som alltså är anslutna till lindragningsutrustningen, väljs till  $\gamma_G = 1,8$ . För fastlagda linor, som alltså är permanent förankrade i stolpe, så kan  $\gamma_G = 1,43$  användas. Partialkoefficienten för stolpens egentynghed kan sättas till  $\gamma_G = 1,0$  i detta lastfall.

## 6 Dimensionering

### 6.1 Material

#### 6.1.1 Stål

Stål för plåtar och stänger ska väljas från de standarder som anges i tabell 6A. Sträckgränsvärdena för stålmaterial till en stolptyp bör begränsas till högst två med sträckgräns  $R_{eH}$  ( $f_y$ ) inom intervallet 220-420 MPa.

**Tabell 6A Ståltyper**

Standard	Typ av stål
SS-EN 10025-2	Olegerade stål
SS-EN 10025-3	Normaliserade finkornstål
SS-EN 10025-4	Termomekaniskt valsade finkornstål
SS-EN 10210-1	Olegerat stål och finkornstål för varmbearbetade rör
SS-EN 10219-1	Olegerat stål och finkornstål för kallbearbetade rör
SS-EN 10149-2	Höghållfast kallformningsstål

Seghetsklass för stål väljs enligt tabell 6B med minimikraven att stål med sträckgräns  $R_{eH}$  ( $f_y$ ) från 300 MPa och uppåt ska vara slagseghetsprovad vid  $-20\text{ °C}$  med minst 27 J slagenergi och för stål med sträckgräns under 300 MPa ska vara slagseghetsprovad vid  $0\text{ °C}$  med minst 27 J slagenergi.

**Tabell 6B Maximal godstjocklek för olika stål**

Hållfasthetsklass	Maximal godstjocklek (mm)
S275J0	45
S275J2	65
S355J2	50
S355N	65
S355ML	90

Till plåtar belastade med dragkraft i tjockleksriktningen, exempelvis fotplåtar, ska om så krävs, plåt med förbättrade egenskaper i tjockleksriktningen enligt SS-EN 10164

väljas. Kvalitetsklass enligt SS-EN 10164 väljs i enlighet med SS-EN 1993-1-10, kapitel 3 och SS-EN 50341-2-18, 7.2.1/SE.1. Beräkningen av  $Z_{Ed}$  enligt SS-EN 1993-1-10 ska redovisas i dokumentationen. Vid dimensionering av fotplätens storlek ska också hänsyn tas till att det finns tillräckligt utrymme för brickor och för att dra muttrar.

### 6.1.2 Staglina

Som staglina väljs företrädesvis Fe 140-lina enligt svensk standard SS 424 08 06. Se Svk TR 05-4. De stagdimensioner som ska väljas i första hand är 89, 142 och 185.

### 6.1.3 Trä

För bestämmelser och dimensioner på trästolpar, se Svk TR 05-03-2, kapitel 4.

## 6.2 Stålstolpar

Minsta godstjocklek (mm) ska vara:

**Tabell 6A Minsta godstjocklek**

	Öppen profil	Sluten profil
Ramstänger i stolpben och regel	6	4
Ramstänger i topplinetopp	5	4
Ramstänger av UPE- balk	4	-
Andra stänger	4	3
Redundanta stänger	3	2,5
Knutplåt	6 eller minimitjocklek för anslutande detaljer.	
Stänger under markytan	7	7

Maximal stänglängd ska ur transportsynpunkt inte överstiga tolv (12) meter.

För staldetaljer i mark ska följande rostmäner tillämpas:

**Tabell 6B Zinktjocklekar**

Zinkbeläggning ( $\mu\text{m}$ )	Zinkbeläggning ( $\text{g/m}^2$ )	Beteckning enl. SS-EN ISO 1461	Rostmån (mm)
215	1550	Fe/Zn 215	1,5
140	1000	Fe/Zn 165	3,0
Skruv			3,0

Detta innebär att beräknad godstjocklek ökas med rostmänsvärdet vid bestämning av tillräcklig godstjocklek. Se även anvisningar om kiselhalter i SS-EN ISO 1461, bilaga NA vid val av stål för konstruktioner i mark.

## 6.2.1 Fackverksstolpar i stål

Fackverksstolpe av stål beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 7.3 och Annex J.

Fackverksstolpe utförd av vinkelprofiler ska sammanfogas med skruvförband.

### **Beräkningsmodell**

Inspända fackverksstolpar kan i de flesta fall beräknas med första ordningens teori. Slanka stolpar kan dock behöva beräknas med andra ordningens teori. Metoden i SS-EN 1993-1-1, avsnitt 5.2.1, kan användas för att avgöra om man ska välja första eller andra ordningens teori i dessa fall. Stagade stolpar med vid upplagen ledade infästningar ska beräknas med andra ordningens teori.

Det rekommenderas att hela stolpen modelleras i ett tredimensionellt dataprogram med förbindningarna mellan diagonalstänger och ramstänger utförda som leder. Tyngdpunktslinjen ska användas som systemlinje för vinkelstänger sammanfogade med skruv i båda flänsarna och bultlinjerna för stänger sammanfogade med skruv i en fläns. Vid beräkning av knäcklängd ska stänglängd mellan knutpunkterna användas.

Dimensioneringsmetoden bygger på att man endast beaktar stängernas axiellast. Därför kan stolpar modelleras i datorprogram med element som enbart tar upp drag- och tryckkrafter. I en verklig stolpe så belastas stängerna även med böjmoment av varierande storlek och både stolpgeometri och detaljutformning måste utföras så att dessa tillskottsmoment minimeras.

Tillskottsmomenten kan delas upp i två olika typer. Dels sådana som uppstår på grund av nodförskjutningarna, alltså att stolpens knutpunkter förflyttar sig i för hållande till varandra när stolpen deformeras vid belastning. Dels sådana som uppstår på grund av excentriciteter i knutpunkterna.

Om stolpen modelleras med momentupptagande element som ramstänger så kan tillskottsmomenten på grund av nodförskjutningarna analyseras i beräkningsmodellen. Om den sammanlagda spänningen av axialkraft och böjmoment klart understiger sträckgränsvärdet  $f_y$  för aktuellt material så kan man oftast försumma tillskottsmomenten orsakade av nodförskjutningarna.

Om stolpen modelleras med element som enbart tar upp drag- och tryckkrafter så får man i stället observera stolpmodellens deformation vid belastning där stora vinkeländringar för element som i verkligheten består av en kontinuerlig stång indikerar att det kommer att uppstå stora tillskottsmoment i den verkliga konstruktionen.

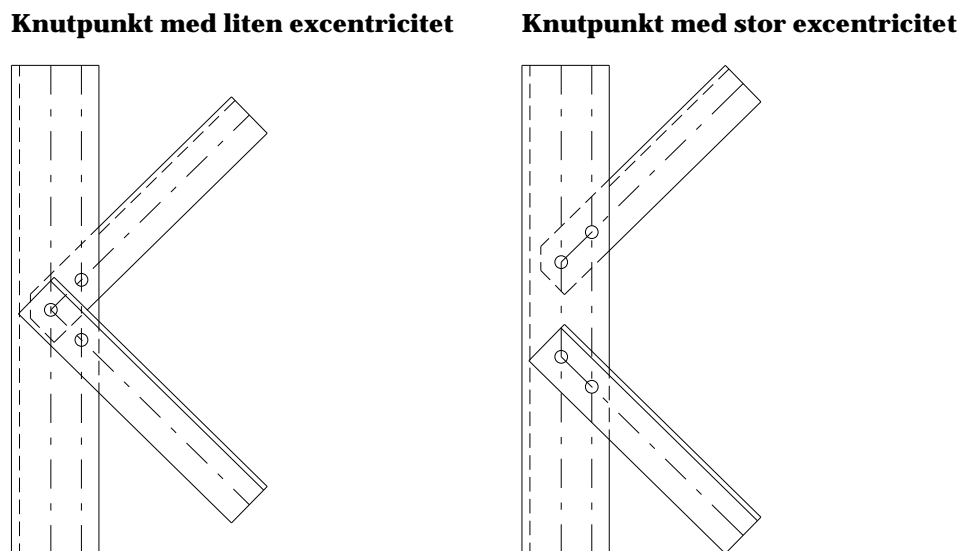
När det gäller tillskottsmoment orsakade av knutpunktsexcentricitet så modelleras oftast beräkningsmodellen utan excentriciteter. För en stolpe uppbyggd av vinkelprofiler som sammanfogas med skruvförband så är det i princip omöjligt att

utforma knutpunkterna utan excentricitet. Utformningen av knutpunkterna ska därför göras omsorgsfullt så att excentriciteterna minimeras.

För stolpar med ramstänger av vinkelprofil rekommenderas följande: Bultlinjer för diagonalstängerna ska korsa varandra i området mellan ramstängens mittlinje och ramstängens tyngdpunktslinje.

Figur 6A visar en knutpunkt med liten excentricitet där ovanstående villkor är uppfyllt och en knutpunkt med stor excentricitet där villkoret inte är uppfyllt.

För diagonalstänger och redundanta stänger som är infästa i en fläns så tar reglerna redovisade nedan under *Dimensionering av stänger* hänsyn till excentriciteten i infästningen och om bultlinjen i stängen orienteras enligt reglerna i avsnitt 7.3.3 så kan det anses att man har tagit tillräcklig hänsyn till stängens excentricitet.

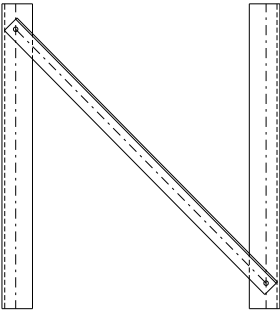
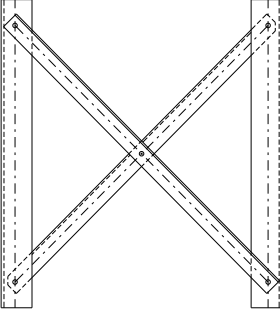
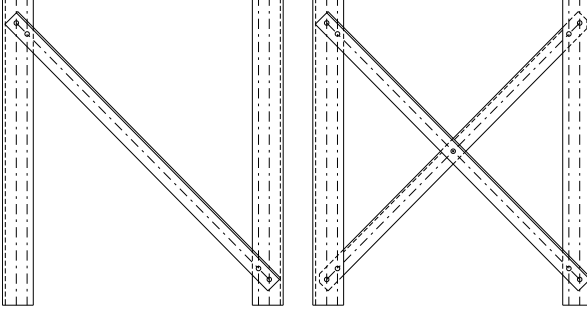


Figur 6A Knutpunkter med olika excentricitet

### Dimensionering av stänger

Bärförmågan för stänger i fackverksstolpar beräknas enligt SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.3. Beräkningsmetoden för stänger i fackverksstolpar är i huvudsak baserad på SS-EN 1993-3-1. Tabell G2 i ovan nämnda standard som anger hur *effektiv slankhetsfaktor*  $k$  ska beräknas har illustrationer som det inte är helt entydigt hur de ska tolkas. Nedanstående figurer kompletterar illustrationerna i tabell G2. Den anger även värdet på faktorn  $\eta$  från avsnitt G.1(3) i SS-EN 1993-3-1.

**Tabell 6C Slankhetsfaktorer för stänginfästningar**

Infästningstyp (Tabell G2)	Reduktionsfaktor $\eta$ (G.1(3))	Exempel
Inte kontinuerlig i båda ändar	0,8	
Kontinuerlig i en ände	0,9	
Kontinuerlig i båda ändar	1,0	

### Slankhetstal

Gränserna för slankhetstal  $\lambda = L/i$  angivna i SS-EN 50341, annex J och SS-EN 1993-3-1, bilaga H gäller med tillägg att slankhetstalet för hela längden för korsande diagonaler ( $L_d$  i SS-EN 1993-3-1, figur H.1 (II och IIA)) inte ska överstiga 250. För bestämning av slankhetsgränser får avstånd mellan skruv i färdig konstruktion användas.

### Dimensionering av redundanter

För beräkning av  $p$  enligt SS-EN 1993-3-1, H.4(2) så är det tillåtet att använda den alternativa formeln i SS-EN 50341, annex J.4.4.

### Dimensionering av förband

Skruvade förband i fackverksstolpar beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 7.3.8 och annex J.5 med reduktionsfaktorer  $\eta$  enligt J.5/SE.1. (Observera att dessa  $\eta$ -faktorer inte ska sammanblandas med  $\eta$  i SS-EN 1993-3-1, Annex G.)

### Dimensionering av ledat fackverksstolpben

Ledat stolpben i fackverksutförande ska dimensioneras enligt SS-EN 50341, avsnitt 7.7 samt SS-EN 1993-1-1, avsnitt 6.4. Initialkrokigheten väljs enligt SS EN 1993-1-1, avsnitt 6.4.1.

Slankhetstalet (förhållandet mellan längden och tröghetsradien  $\lambda = L/i$ ) för ett ledat ben ska inte överstiga 80.

Ramstängskrafterna i ett fyrsidigt ben med fyra lika ramstänger kan beräknas med formel 6.69 från SS-EN 1993-1-1. Ursprungsformeln måste dock modifieras eftersom den är baserad på en sträva med två ramstänger.

För fyra ramstänger så blir formeln

$$N_{ch,Ed} = 0,25 \cdot N_{Ed} + \frac{M_{y,Ed} \cdot h_{0,z} \cdot A_{ch}}{2 \cdot I_{eff,y}} + \frac{M_{z,Ed} \cdot h_{0,y} \cdot A_{ch}}{2 \cdot I_{eff,z}}$$

där

$$M_{y,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{0,z} + M_{y,Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}} - \frac{N_{Ed}}{S_{v,y}}}$$

$$M_{z,Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{0,y} + M_{z,Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} - \frac{N_{Ed}}{S_{v,z}}}$$

Diagonalkrafterna i strävan beräknas från maximala tvärkraften i benet. Tvärkraften kan beräknas med en modifierad variant av formel 6.70 från SS-EN 1993-1-1. (Ursprungsformeln ger ett resultat på osäkra sidan.) Eftersom formeln även beaktar tvärkraften orsakad av initialkrokigheten så kan man bortse ifrån tvärkraftstillägget som är omnämnt i SS-EN 50341, avsnitt 7.7.4.2.

$$V_{Ed} = \frac{\pi \cdot (M_{Ed} - M_{Ed}^I) + 4 \cdot M_{Ed}^I}{L}$$

Förklaring och i förekommande fall formler för variablerna i formlerna ovan återfinns i SS-EN 1993-1-1, avsnitt 6.4.

### Dimensionering av stag

Enligt SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.7.4.1, är dimensioneringsvärdet för ett stag

$$F_{d,g} = \frac{F_{ke,g}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{ke,g} = K_e \cdot F_{k,g}$$

där

$F_{ke,g}$  reducerad kapacitet för stag

$\gamma_{M2}$  partialkoefficient för stag. 1,4 för raklinjestolpar och 1,55 för vinkel- och ändstolpar (permanent belastade stag).

$F_{k,g}$  brottlast för stag enligt SS 424 08 06

$K_e$  förlustfaktor som kan sättas till 0,9 för kilade stagskruvar som uppfyller kraven angivna i SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.7.4.1.

### 6.2.2 Stålrörsstolpar

Stålrörstolpe beräknas enligt SS-EN 50341, avsnitt 7.4 och Annex K.

Stålrörstolpar ska beräknas med andra ordningens teori.

### 6.3 Trästolpar

Trästolpar dimensioneras enligt SS-EN 50341, avsnitt 7.5.



## 7 Krav vid konstruktion och ritningars utförande

### 7.1 Generella regler för utförande av stolpdetaljer i stål

#### 7.1.1 Invändiga hörn

Invändiga hörn i ståldetaljer ska vara rundade med en radie av minst 5 mm.

#### 7.1.2 Avspänningsglödning

Svetsade detaljer med komplicerad form samt tjockare plåtar med termiskt skurna ytor ska avspänningsglödgas. Krav om avspänningsglödning anges på ritning i varje särskilt fall.

#### 7.1.3 Svetsade konstruktioner som ska varmförzinkas

Konstruktioner ska vara utformade så att varmförzinkningen underlättas. Hålrum och fickor ska vara ordentligt dränerade så att zinken kan rinna av ordentligt och inte bilda tjocka ansamlingar. Se även SS-EN ISO 14713-2. Fickor och spalter, som kan utgöra syragömmor i samband med varmförzinkning, skall vara tillslutna med täcksträng. Arean på en insvetsad yta bör inte vara större än 7000 mm<sup>2</sup>.

#### 7.1.4 Infästning av ledat stolpben.

Stolpe med ledad infästning mellan stolpben och regel (gångjärnsled) ska utföras med en led uppbyggd av en mellanplåt och två utanpåliggande plåtar med ett enskruvsförband som led. Ledskraven ska säkras med två körslag och saxpinne genom skruven utanför muttern.

### 7.2 Skruvförband

Skruvar till stolpar ska vara sexkantsskruv med metrisk grovgänga och med minsta dimension M12. Skruvförband ska vara försedda med bricka under muttern. Skruvar, muttrar och brickor ska vara varmförzinkade enligt SS-EN ISO 10684.

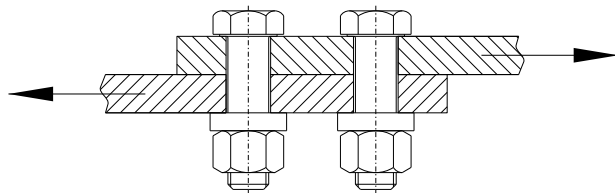
För uppsättning av utrustning som är anpassad för klenare skruvar än M12 tillåts skruv med klenare dimension och andra utföranden än sexkantshuvud. Det är inte alltid nödvändigt med bricka under muttern i dessa fall.

Skruvförband i stolpar kan delas in i två förbandstyper. Dels förband där kraften i huvudsak upptas av skjuvning i skruven och dels förband där kraften i huvudsak upptas av dragning i skruven.

Skjuvade skruvförband utformas som icke förspända förband enligt SS-EN 1090-2. För skjuvade skruvförband så gäller dock undantag för regeln att en full gänga ska finnas mellan mutterns anliggningsyta och stammens ogängade del eftersom det försvårar kravet nedan att gängutloppet ska sluta utanför godset.

Dragna skruvförband kan utformas både som icke förspända och förspända förband enligt SS-EN 1090-2.

För båda förbandstyperna gäller att hållfasthetsklassen ska vara 8.8 för skruvar och 8 för muttrar.



Figur 7A Skjuvat skruvförband

### 7.2.1 Skjuvade förband

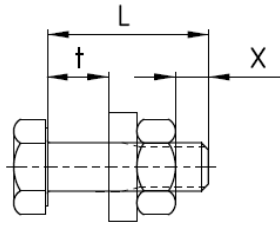
I ett skjuvat förband så går resultanten för yttre krafter som verkar på skruven i 90° vinkel mot skruvens längdaxel och skruven är alltså enbart belastad med skjuvkraft.

Exempel på skjuvade förband är knutpunkter och skarvar i fackverksstolpar uppbyggda av vinkelprofiler som visas i figur 6A, 7A, 7D samt den vänstra och mittre bilden i figur 7C.

Skjuvade förband ska uppfylla kraven i SS-EN 15048-1 och 2. Skjuvade förband ska vara utformade så att gängutloppet slutar utanför godset. Det ska i första hand åstadkommas genom att välja skruv av typ "Svenska kraftnäts skruv SK" enligt TR05-03-2, 5.9.2. För uttagning av skruv typ SK med bricka SKRB för skjuvade förband, se tabell 7A. Observera att denna tabell endast gäller för skjuvade förband.

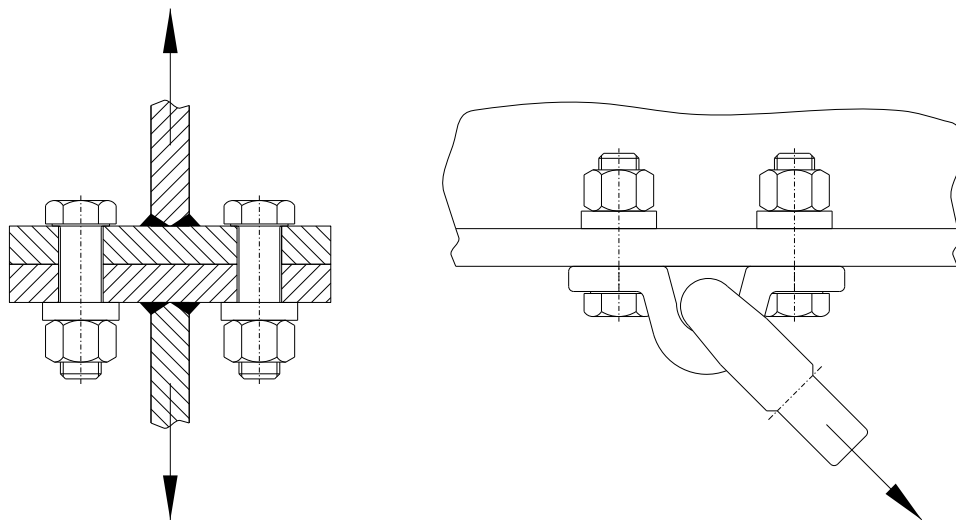
Alternativt kan skruv enligt SS-EN ISO 4014 väljas i de fall där klämlängden är för lång för SK-skruven.

**Tabell 7A Klämlängder för SK-skrivar i SKJUVADE förband**



L (mm)	Klämlängd t (mm)				
	M12	M16	M20	M22	M24
30	-7				
35	7-12				
40	12-17	7-12			
45	17-22	12-17	8-13		
50	22-27	17-22	13-18	10-15	
55	27-32	22-27	18-23	15-20	
60	32-37	27-32	23-28	20-25	18-23
65	37-42	32-37	28-33	25-30	23-28
70	42-47	37-42	33-38	30-35	28-33
75	47-52	42-47	38-43	35-40	33-38
80	52-57	47-52	43-48	40-45	38-43
85		52-57	48-53	45-50	43-48
90		57-62	53-58	50-55	48-53
95		62-67	58-63	55-60	53-58
100		67-72	63-68	60-65	58-63
X (mm)	5-10	6-11	7-12	9-14	9-14

Kantavstånd för skjuvbelastade skruvförband ska i första hand väljas i intervallet mellan 1,5 gånger skruvdiametern och 2,0 gånger skruvdiametern. För skruvar som bär liten belastning i förhållande till sin kapacitet kan kortare kantavstånd väljas. För skjuvbelastade skruvar med kantavstånd längre än 2,0 gånger skruvdiametern så ska man i allmänhet inte utnyttja längre kantavstånd i skruvberäkningen.



Figur 7B Dragna skruvförband

### 7.2.2 Dragna förband

Definitionen av ett draget förband är att kraftresultanten mot skruvens längdaxel är mindre än  $90^\circ$ . Ett draget skruvförband är således oftast även belastad med skjuvkraft.

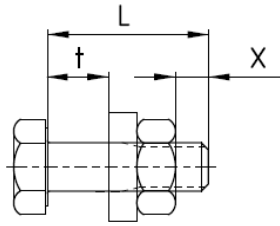
Ett exempel på draga förband är ändplåtsförband i svetsade stolpar, som visas i högra bilden i figur 7C samt exemplen som visas i figur 7B.

Skrugar till draga förband ska antingen vara utformade som icke förspända förband enligt SS-EN 15048-1 eller som förspända förband enligt SS-EN 14399-3. Icke förspända förband ska väljas i första hand.

För icke förspända förband så kan delgängade skruvar av typ "Svenska kraftnäts skruv SK", delgängade skruvar enligt SS-EN ISO 4014 eller helgängade skruvar enligt SS-EN ISO 4017 väljas.

För Svenska kraftnäts skruv SK med bricka SKRB i draga förband gäller klämlängder enligt tabell 7B. Observera att dessa är cirka en gängstigning längre än de i tabell 7A. Detta för att uppfylla kravet i SS-EN 1090-2, avsnitt 8.2.2.

**Tabell 7B Klämlängder för SK-skrivar i DRAGNA förband**



L (mm)	Klämlängd t (mm)				
	M12	M16	M20	M22	M24
30	4-9				
35	9-14				
40	14-19	9-14			
45	19-24	11-16	11-16		
50	24-29	19-24	16-21	13-18	
55	29-34	24-29	21-26	18-23	
60	34-39	29-34	26-31	23-28	22-27
65	39-44	34-39	31-36	28-33	27-32
70	44-49	39-44	36-41	33-38	32-37
75	49-54	44-49	41-46	38-43	37-42
80	54-59	49-54	46-51	43-48	42-47
85		54-59	51-56	48-53	47-52
90		59-64	56-61	53-58	52-57
95		64-69	61-66	58-63	57-62
100		69-74	66-71	63-68	62-67
X (mm)	3-8	4-9	4-9	6-11	5-10

### 7.2.3 Kantavstånd

Kantavståndet för dragna skruvförband bör i allmänhet inte väljas kortare än 1,5 gånger skruvdiametern men avståndet kan vid tjocka plåtar minskas ner till 1,25 gånger skruvdiametern.

### 7.2.4 Skruvplacering i stänger

För vinkelstäng med skruv i endast en fläns bör skruven placeras mellan uppstående fläns och liggande flänsens mittlinje. Avståndet till uppstående flänsen bör tillåta användning av hylsnyckel vid montage.

### 7.2.5 Håldiameter

Skruvhålets diameter ska vara lika med skruvdiametern plus 1,5 mm för skruvar av dimension M12 till M24. För övriga skruvdimensioner så kan hålets diameter väljas i enlighet med SS-ISO 273, serie medel.

## 7.3 Detaljer till fackverksstolpar i stål

### 7.3.1 Stänger

Det är önskvärt att så många stänger som möjligt i en stolpe är lika (lika längd, dimension och ändkapning). Stänger som är olika, men är så pass lika att det finns avsevärd risk för sammanblandning, ska undvikas.

Stolpben som är ledade i båda ändar ska vara försedda med horisontalförband i ändarna samt vid ramstängsskarvar. Ett horisontalförband kan bestå av en momentstyv ram eller vara uppbyggd av horisontaler med inre horisontaldiagonal.

Korsande diagonaler ska förbindas i skärningspunkten med minst en skruv.

Sammansatta stänger ska ha två skruvar på varje sammanbindningspunkt om anslutande fläns är bredare än 100 mm.

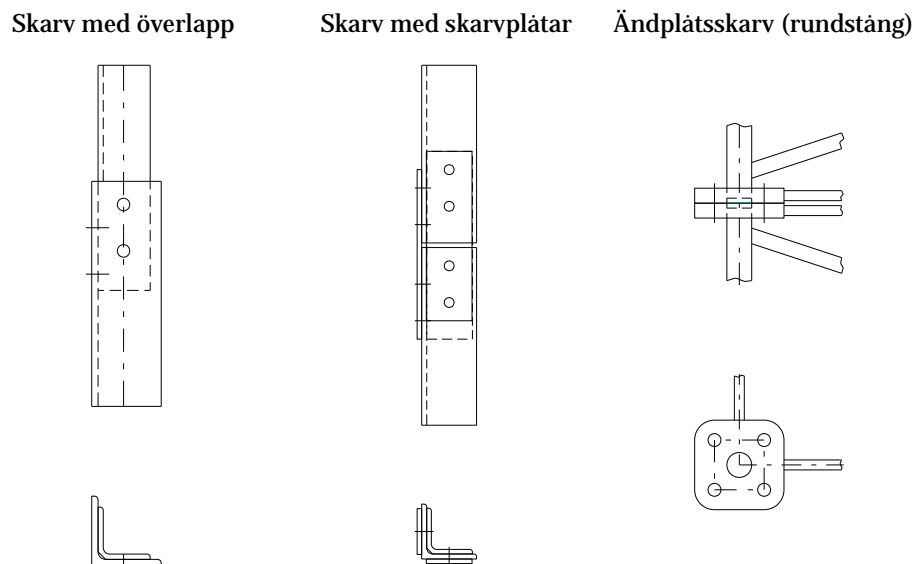
Ändsektionerna till ett i båda ändar ledat stolpben ska ha diagonaler till ändplattan för att undvika böjning i ramstänger från excentrisk last.

### 7.3.2 Stängskarvar

Skarvar i vinkelprofiler ska vara av skarvplåtstyp eller överlappningstyp. Skarv med ändplåtar ska undvikas för vinkelprofiler. Vinkelprofiler med olika dimension (grovlek) kan skarvas med överlappsskarv där den klenare profilen placeras på insidan för att minimera excentriciteten i förbandet.

Vid små dimensionsskillnader eller lika dimension så är skarv med skarvplåtar att föredra. Vid tväskärgt förband så används med fördel en vinkelprofil som inre skarvplåt.

Antalet skruv i en skarv ska vara lika i båda flänsarna.



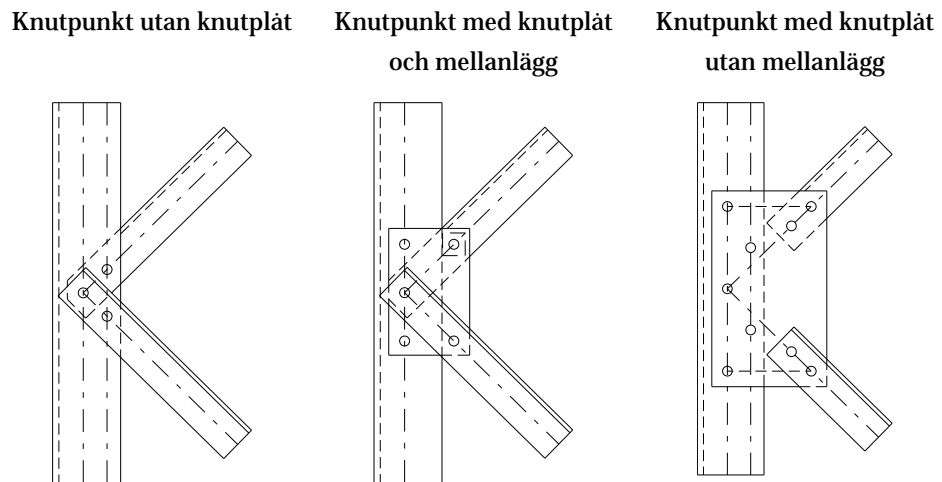
Figur 7C Exempel på olika typer av stångskarvar

### 7.3.3 Knutpunkter

Knutpunkter ska utformas med så liten excentricitet som möjligt enligt anvisningarna i avsnitt 6.2.1. Vidare så ska man i möjligaste mån försöka undvika att använda knutplåtar och använda så få skruvar som möjligt.

Av de tre knutpunkterna i figur 7D så är den vänstra att föredra. Om det krävs knutplåt så kan knutpunkten utformas som den mittre bilden. Observera dock att skruvförbandet med mellanlägg har lägre kapacitet än de andra. Reduktionen i skjuvkapacitet kan bestämmas i enlighet med SS-EN 1993-1-8, avsnitt 3.6.1, formel 3.3. Värdet på  $\beta_p$  ska multipliceras med skjuvkapaciteten  $F_{v,Rd}$  enligt SS-EN 50341, tabell J.3. Mellanläggsbrickan ska vara kvadratisk med en minsta bredd på tre gånger skruvdiametern.

Den högra knutpunkten har liten excentricitet och full kapacitet för skruvförbanden. Den kräver dock mer material och tar längre tid att montera än de två andra. Dessutom krävs det att knutplåten är jämntjock med ramstången för att den ska kunna anses som "continuous" enligt SS-EN 1993-3-1. Tabell G2.



Figur 7D Olika utformning av knutpunkter

## 7.4 Avstånd fas-stolpe

Minimiavstånd mellan fas och jordad del i stolpe ska vara enligt SS-EN 50341, tabell 5.8/SE.4.

Avstånd mellan fas och stag vid risk för avbränning av stag och stolpras ska vara enligt SS-EN 50341, tabell 5.8/SE.5.

Utböjning av stolpe och isolatorkedja ska beaktas. Hänsyn ska tas till nedböjningsvinkel från horisontalplanet för ledare och för vinkelstolpar även till ledningens brytvinkel.

## 7.5 Klättringsordningar

Klättringsordningar ska vara så utformat att regler och jordlinetoppar med mera ska kunna beträdas.

Klättringsordningen ska börja cirka 2,5 m över marken.

**Tabell 7C Avstånd till närområde**

System spänning (kV)	Avstånd i luft till yttre gränsen av närområdet (m)
220	3,0
400	4,3



Klättringsordningar ska placeras så att man vid klättring inte riskerar att komma in i närområdet enligt tabell 7C. Där avstånd till närområdet inte kan innehållas vid utvändigt klättring ska klättring kunna ske inne i stolpbenet. In och utpassager ska vara markerade med skylt enligt 7.10.8.

Stolpar med flera stolpben, i vilka det är tillåtet att förflytta sig mellan stolpbenen via regeln, förses med fotsteg i ett ben upp till regeln samt i samtliga toppar från regeln.

Stolpar med flera stolpben, i vilka det inte är tillåtet att förflytta sig mellan stolpbenen via regeln, förses med fotsteg i samtliga ben.

Steghöjd bör vara 250-400 mm och ska i möjligaste mån vara konstant i respektive stolpdel.

Fotsteg ska tåla en last på 1,5 kN utan permanent deformation och 2,6 kN utan att brott uppstår vid provning. Stålkvalitet och tillverkningsmetod ska väljas så att brottet blir segt. Fotsteg med förankring av fallskyddslina ("grisknorr") ska uppfylla kraven i SS-EN 12951:2004, avsnitt 7.3 beträffande dynamisk hållfasthet.

Långa stolpben där invändig klättring sker ska förses med en horisontell vilplattform på var 12 m.

Klättringsordning i stolpe ska ta hänsyn till att topplinan kan vara i två olika lägen, dels i linvagnen och dels i topplinefästet.

Stolpar där klättring på fotsteg inte är lämpligt ska förses med stegar, vilplan och klätterhinder. Vilplan ska finnas i nedre ände på varje steg där förflyttning i sidled måste ske för fortsatt klättring. För långa stegar ska vilplan finnas på minst var 12 m.

I steg närmast mark ska stegens nedre ände förses med vilplan och läsbart klätterhinder. Klätterhinder ska vara en svängbar 2 m hög plåtdörr som ligger an mot stegpinnarna i låst läge.

Stegens bredd ska vara 400-450 mm. Avstånd mellan stegpinnar ska vara 250-300 mm och minsta diameter på stegpinne ska vara 20 mm.

Stegar dimensioneras för en last 1,5 kN utan permanent deformation och en nedböjning på högst 10 mm för hela stegen och högst 5 mm för stegpinnarna. Vid provning ska stegen tåla en last på 2,6 kN utan att brott sker.

Stegar längre än 3 m ska klara ovanstående belastning per varje 3 m.

Angreppsbredd för steglast är 100 mm.

Steg ska uppfylla kraven i SS-EN 12951:2004, 7.3 beträffande dynamisk hållfasthet.

Steginfästning i stolpe ska klara samma belastning som stegarna. Vid provning så monteras stegen med minsta antal tillåtna fästen och belastas sedan med ovanstående laster vid en punkt omedelbart intill stegfästet.

Annan klättringsordning ska föreläggas beställaren för godkännande.

I vissa fall kan ett 1,6 m långt horisontellt arbetsfotsteg behövas i stolptopp. Sådant arbetsfotsteg ska vara utformat med glidstopp i ändarna. Arbetsfotsteg ska klara samma last som en fotpinne.

Vinkelstolpe med hängkedja som svänger ut mer än åtta grader vid linuppspanning ska vara så utförd att isolatorstege kan hängas rakt ovanför innerfasens linhallare.

Stolpe ska utformas med fasta förankringspunkter längs med klätteranordning och platser där montör befinner sig vid installation och underhåll. Förankringspunkterna ska utformas för att passa klätterkrokar som fallskyddsutrustning.

## 7.6 Lininfästningar

Fäste för upplagd topplina ska vara utbytbar. Fästets höjd ska ta hänsyn till linans maximala nedhåningsvinkel från horisontalplanet, normalt cirka 20 grader.

För arbete med topplina ska det finnas möjlighet att fästa en lyftdävert.

Hängkedjors infästning till regel ska vara så utförd att översta svängningscentrum kommer så nära regelns underkant som möjligt och medger svängning vinkelrätt mot linjeriktningen.

V-kedjors infästning till regel ska vara så utförd att översta svängningscentrum kommer så nära regelns underkant som möjligt och medger svängning längs linjeriktningen.

Spännkedjas infästning till regel ska vara utförd så att innersta svängningscentrum ska medge vridning kring vertikalaxeln. Om fästet enbart har en vridningspunkt (till exempel en horisontell plåt) så ska fästet utformas så att vinkeln mot horisontalplanet motsvarar den som spännkedjan har vid infästningen i stolpen.

Infästning i stolpe ska vara utförd med länk- och gaffelkoppling enligt SvK TR 05-12. Schackelanslutning är inte tillåten.

I anslutning till lininfästningarna i stolpar med hängkedjor eller V-kedjor ska finnas fästen för hissning av faslinor och topplinor.

I anslutning till lininfästningarna i stolpar med spännkedjor ska finnas fästen för hissning och inspänning av faslinor och topplinor vid lindragning och isolering.

## 7.7 Stag

Varselmärkning bestående av gula och svarta staghylsor ska monteras på stag ovanför stagskruv.

Vid dubbelstag ska minsta tillåtna radie på upplag för staglina vara enligt tabell 7D nedan.

**Tabell 7D**

staglinans area (mm <sup>2</sup> )	Upplagsradie (mm)
142	80
185	90
284	155

## 7.8 Kontrollplaner

Till varje konstruktion ska en kontrollplan tas fram. Denna kontrollplan ska baseras på utförande enligt TR05-03-2 "Stolpar tillverkning", tillverkningsritningarna och detaljberäkningarna samt SS-EN 1090-2:2008+A1:2011

## 7.9 Skyltar och varningstavlor

### 7.9.1 Allmänt

Skyltning ska utföras enligt EBR handbok "UNDERHÅLL LEDNINGAR 0,4 - 420 kV" kap 301 K samt enligt de kompletterande krav som anges i detta kapitel.

### 7.9.2 Varningstavlor

Alla stolpar ska förses med varningsanslag med texten "SVENSKA KRAFTNÄT, LIVSFARLIG LEDNING, VISTAS EJ NÄRA STOLPE OCH STAG VID ÅSKVÄDER" i enlighet med ELSÄK-FS 2008:2.

### 7.9.3 Stolpnummerskylt

Varje stolpe förses med skylt som anger stolpnummer och litteranummer samt texten "SVENSKA KRAFTNÄT".

Skylten placeras i vänster stolpben så att den kan avläsas mot högre stolpnummer.

### 7.9.4 Flygnummerskylt

I var femte stolpe ska det monteras flygnummerskyltar både mot lägre och högre stolpnummer.

### 7.9.5 Flygvarningsskylt

Flygvarningsskyltar uppsätts i den ledning som korsar under en annan ledning, eller i den ledning som går parallellt med högre liggande ledning som finns inom närzonen, eller i ledning med höga hinder inom närzonen.

### 7.9.6 Regelskyltar (litteraskyltar)

Regelskyltar ska monteras i de tre stolpar som står närmast ställverk och avgreningspunkter.

Ligger avgreningspunkten max fem stolpar från ställverket uppsätts regelskyltar i varje stolpe fram till avgreningspunkten.

### 7.9.7 Sjöforsningskyltar

På platser där kraftledningar korsar område för sjötrafik ska kontakt tas med Sjöfartsverket för eventuell uppsättning av skyltar i enlighet med ELSÄK-FS 2008:2.

### 7.9.8 Förbudsskylt för klättring

Skyltar ska monteras i stolpben där det vid klättring finns risk för att gränsen för det elektriska närområdet kan komma att överträdas.

### 7.9.9 Skylt för optoinstallation

Stolpe med skarvpunkt för optolina ska ha skylt med text enligt Svk:s anvisningar.

## 8 Dokumentation

Dokumentation ska uppfylla kraven enligt tekniska riktlinjer TR08-01, TR08-02 och TR05-01.

### 8.1 Ritningar

Ritningar ska uppfylla kraven i TR05-01.

#### 8.1.1 Tillverkningsritningar

Tillverkningsritningar ska innehålla all nödvändig information för tillverkning. Ofullständigt måttatta konstruktioner som kräver mallning i verkstaden är inte tillåtet vid nykonstruktion.

På tillverkningsritning ska finnas hänvisning till tillverkningsanvisning, normalt TR05-03-2 samt uppgift om typ av ytbehandling. Vid annan zinktjocklek än Fe/Zn 95 så anges även zinktjocklek.

Om inga toleranser anges på tillverkningsritning gäller generella toleranser enligt TR05-03-2, avsnitt 5.4. Om toleranser anges på ritning så gäller de före generell tolerans.

### 8.1.2 Sammanställningsritningar

På stolpsammanställningsritning eller stolpkroppssammanställningsritning så ska finnas en sammanfattning av tillverkningsanvisningarna. Den kan innehålla följande:

#### **Bestämmelser**

Standarder samt Svenska kraftnäts TR.

#### **Material**

Förklaring av beteckningar i stycklista med hänvisning till standarder och specifikationer för material, fästelement och tillsatsmaterial.

#### **Utförande**

Hänvisning till utförandeklass, toleranser, ytbehandling, märkning samt åtdragning och säkring för fästelement.

#### **Kontroll**

Hänvisning till kontrollplan.

## 8.2 Beräkningar

Beräkningen ska dokumenteras i en rapport som ska innehålla följande:

- > Vilken eller vilka standarder som beräkningen är baserad på. För standarderna ska anges namn, nummer samt utgåva.
- > Vilka belastningsantaganden som gjorts exempelvis lintyper, uppspanning och belastande linlängd.
- > Skiss på det beräknade objektet med huvudmått utsatta. Det ska vara möjligt att ur rapporten utläsa dimensioner på ingående detaljer samt huvudmått på skruvförband.
- > Samtliga lastfall med alla laster redovisade samt i vilka punkter/på vilka ytor lasterna angriper.
- > Redovisning av reaktionslaster i stolpfötter för alla lastfall ska sammanställas separat som "Laster på fundament". Reaktionslastens angreppspunkt under fotplåten ska beskrivas tydligt.
- > Lista på i konstruktionen ingående detaljer med redovisning av belastning, dimensioneringsmetod samt utnyttjandegrad. För konstruktion med flera lika detaljer så räcker det med redovisning av den mest belastade detaljen.

För beräkning som görs i dator med hjälp av program av typen finit element eller liknande ska programnamn, en generell redovisning av programmets funktion samt använda element exempelvis "stängelement som enbart tar upp drag- och tryck" redovisas.

För datorberäkning som kan karakteriseras som "datoriserad handberäkning" är in- och utdata samt använda formler en tillräcklig redovisning.

Språk i beräkningsrapport ska vara svenska eller engelska.