

Mekaniske treforbindelser

Produksjonskurs NTF, 13 januar 2015

Geir Glasø
Treteknisk

www.treteknisk.no



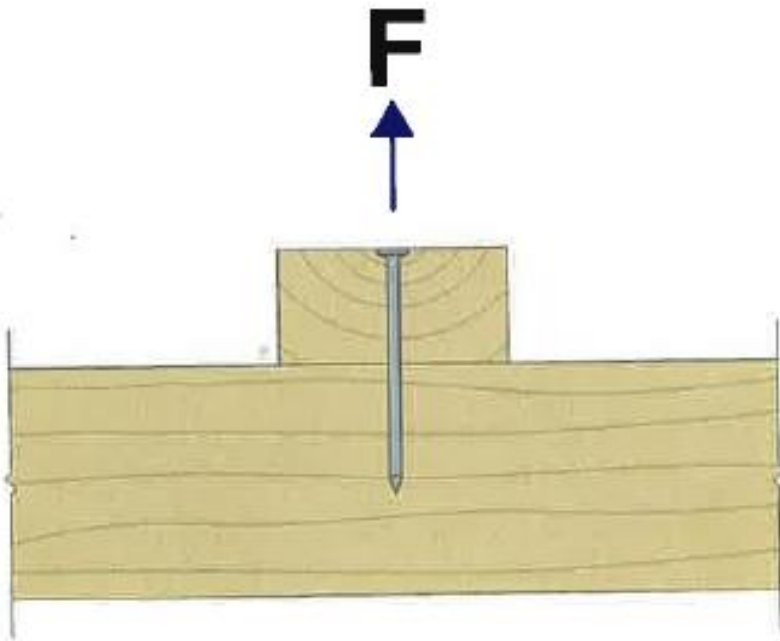
Generelt om forbindelsesmidler

- Finnes mange ulike og spesialiserte produkter på markedet
- Beregning av forbindelsesmidler er angitt i norsk europeisk standard NS-EN 1995-1-1 Prosjektering av trekonstruksjoner
- Det finnes en europeisk standard for forbindelsesmidler med Annex ZA (NS-EN 14592)
 - Dette medfører at alle forbindelsesmidler som omfattes av denne standarden krever CE merking
 - Intialtesting med fastsettelse av kar. verdier og deklarererte verdier i ytelseserklæring

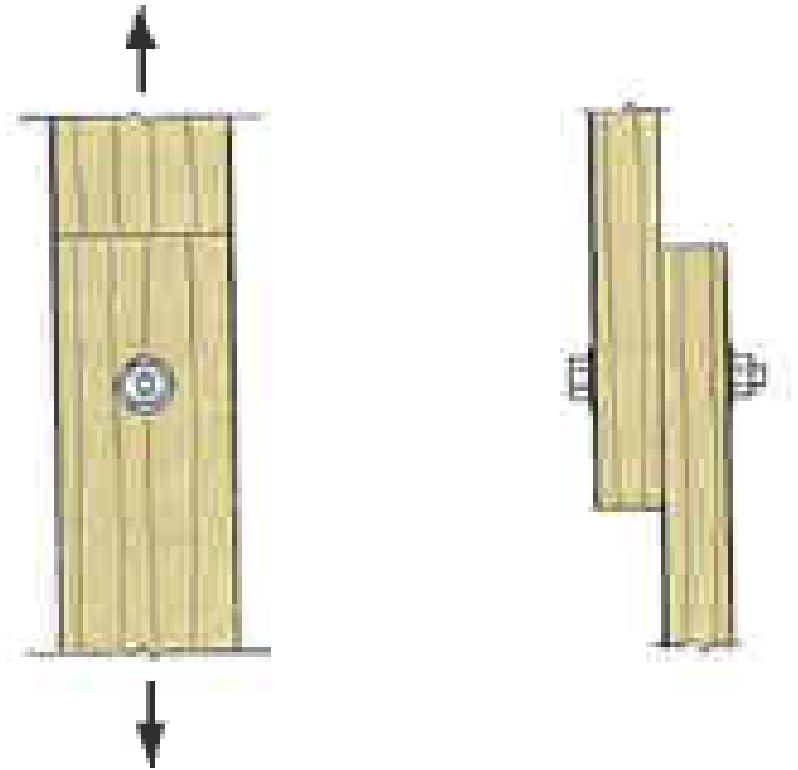
Belastning på forbinder

- En forbinder belastes for:
 - Aksialbelastning (strekk eller trykk i lengderetning på forbinder)
 - Tverrbelastning (belastning tvers på forbinders lengderetning)
 - Eller en kombinasjon av disse
- Ved aksialbelastning
 - Enten uttrekk av den delen som inneholder spissen
 - Eller gjennomtrekking av hodet i den delen hvor hodet sitter
 - Strekkstyrke (stålkvalitet er sjelden dimensjonerende)
- Spesielt for lange treskruer kan gjennomtrekking av hodet gi minst kapasitet

Aksialbelastning



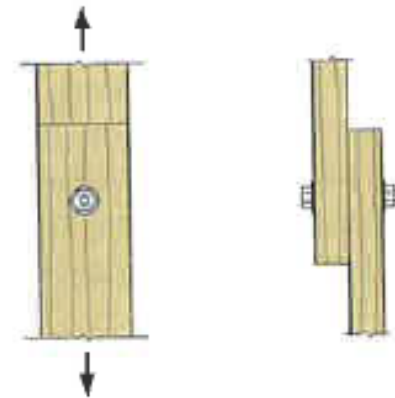
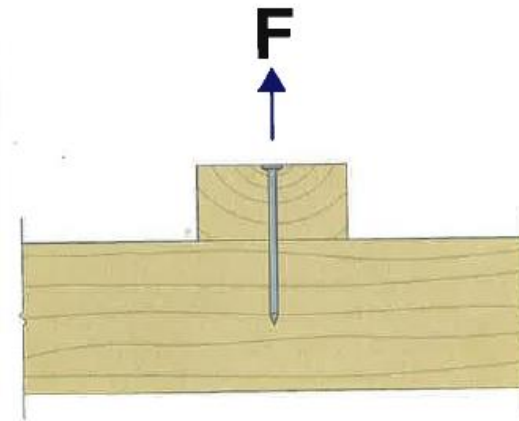
Tverrbelastning



NS-EN 14592, Annex ZA

Hva skal dokumenteres?

- **Aksialbelastning**
 - Uttreks kapasitet
 - Kapasitet ved gjennomtrekking av hode
 - Strekkfasthet stål (stålkvalitet)
 - Testing/resultat skal relateres til evt. overflatebehandling og virkeskvalitet
- **Tverrbelastning**
 - Strekkfasthet stål (stålkvalitet)
 - Flytemoment (evt. beregning basert på strekktest)
- **Innskruing av forbinder (hovedsak skruer)**
 - Torsjonskapasitet og torsjonsmotstand testes
- **Korrosjonsmotstand (klimaklasse)**
 - Belleggstype og tykkelse



Kapasitet ved aksialbelastning

Hva har betydning?

1. Trevirkets egenskaper
 1. Densitet (fasthetsklasse)
 2. Trefuktighet
 3. Innskruingsvinkel i forhold til fiberretning
 1. Ved å skru inn tvers på trevirkets lengderetning (90 grader) gir dette størst kapasitet
 2. Ved å skru inn i enden på trevirket, parallelt med fiberretning (0 grader) gir dette minst kapasitet
 3. Det er gitt minstekrav til denne vinkelen for ulike forbindelsesmidler
2. Forbinders egenskaper
 1. Stålkvalitet (strekstyrke)
 2. Glatt, preget eller gjenget parti
 3. Lengden på glatt, preget eller gjenget parti (del som inneholder spissen)
 4. Utforming av hode (stort eller lite hode og flatt eller konisk form, bruk av underlagsskiver eller ikke)
 5. Evt. lengden på preget/gjenget del som inneholder hode



Kapasitet ved tverrbelastning

Hva har betydning?

1. Trevirkets egenskaper

1. Densitet (fasthetsklasse) (kan være ulik for to tredeler!)
2. Trefuktighet
3. Vinkel mellom kraft og fiberretning (belastningsretning)

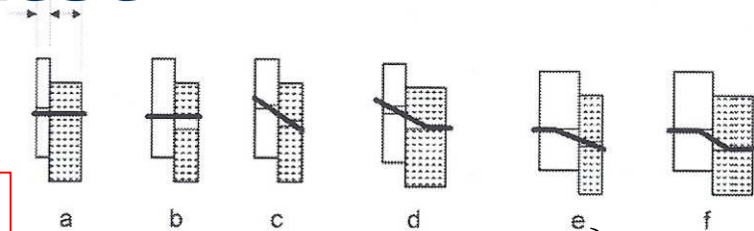
2. Forbinders egenskaper

1. Strekkfasthet forbinder (stålkvalitet)
2. Diameter på forbinder (evt. diameter på kjernen for gjengede skruer)
3. Flytemoment forbinder
4. Lengden på forbinder (gjennomgående dvs. bolt eller ikke dvs. spiker/skrue)

Prinsipper (NS-EN 1995-1-1, kap. 8)

- 1. Med mindre det er gitt regler i dette kapitlet skal forbinderens kar. kap og stivhet bestemmes ved prøving i samsvar med (ref. standarder)**
- 2. Størrelsen på og plasseringen av forbindere i en forbindelse skal velges slik at den forventede fastheten og stivheten kan oppnås (ref: avstand mellom forbindere og avstand til kant/ende)**
- 3. Det skal tas hensyn til at kapasiteten til en forbindelse kan være lavere enn summen av kapasiteten til den enkelte forbinder.**
- 4. Forbindelse med forskjellige typer forbindelsesmidler eller med ulik stivhet (i de ulike snitt) må samvirke verifiseres**
- 5. Vekslende krefter på en forbindelse.
kar. kap til en forbindelse reduseres dersom forbindelsen utsettes for vekslende indre krefter som følge av langtidslaster eller halvårslaster.**

Tverrbelastning – Beregning av kar. kapasitet 1-snitt: Tre mot Tre



Diameter:
d vs d_{ef}

$$f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$\frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c)$$

$$1.05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d)$$

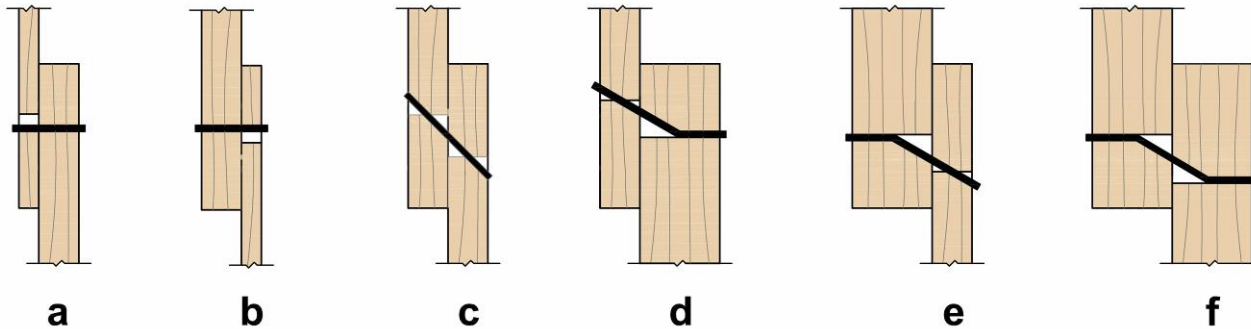
$$1.05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e)$$

$$1.15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (f)$$

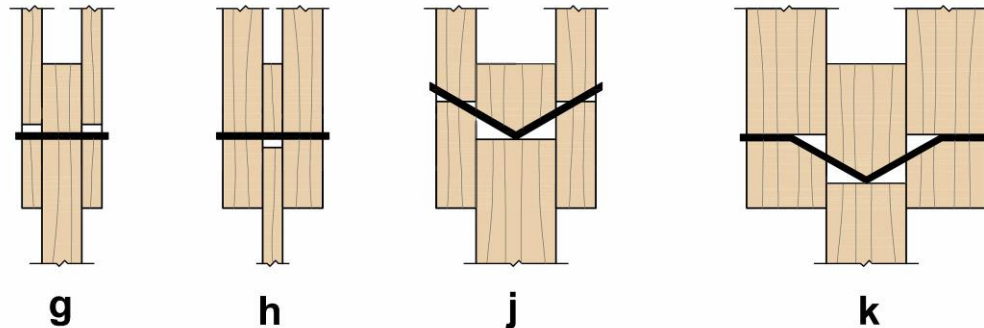
Tverrbelastning

Kapasitetsmodell: 1-snitt Tre mot Tre

ENKELT SNITTET



DOBBELT SNITTET



Modell parametre

- **Hullkantfasthet $f_{h,1,k}$ og $f_{h,2,k}$ (for tredel t1 og tredel t2)**
 - Avhengig av tremateriale (fasthetsklasse)
 - Avhengig av vinkel mellom kraft og fiberretning
 - β er forholdet mellom hullkantfasten til tredel t1 og t2

For heltre og limtre:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{f_{h,\alpha 2,k}}{f_{h,\alpha 1,k}}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} \quad (\text{spiker uten forboring})$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{spiker (forboring), bolter, skruer}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Bolter, dybler og skruer ($d > 6\text{mm}$)

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015d & \text{bartrevirke} \\ 1,30 + 0,015d & \text{parallellfiner} \\ 0,90 + 0,015d & \text{hardved} \end{cases}$$

Modell parametre

- Flytemoment $M_{y,Rk}$ til forbinderen

Spiker:
$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} & \text{Runde spiker} \\ 0,45 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} & \text{Firkant spiker, kamstift} \end{cases}$$

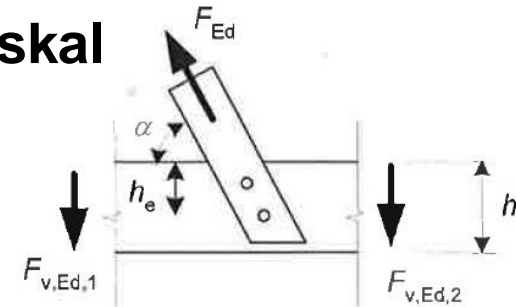
Bolter, dybler:
$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

Skruer:
$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6}$$

Splitting og gruppe effekter

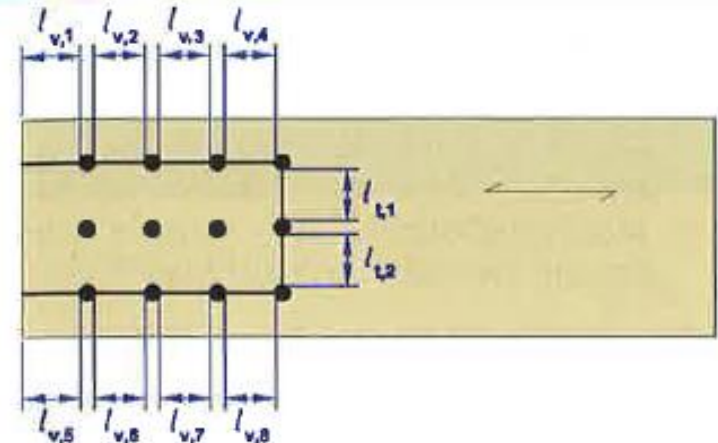
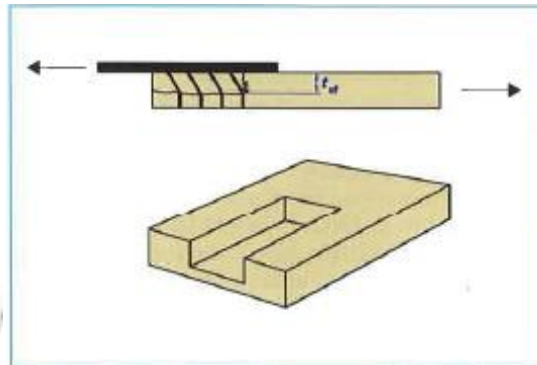
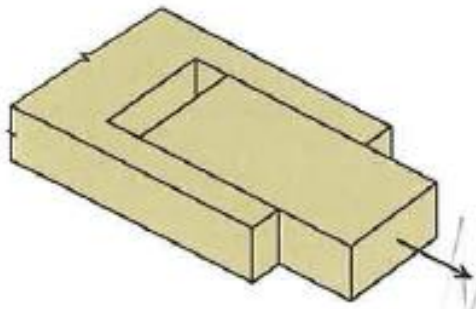
- **Splitting**

- Når en kraft virker i en vinkel på fiberretning skal det tas hensyn til mulig splitting



- **Blokkutrivning eller pluggutrivning**

- I stål mot tre med flere forbindere nær enden av tredelen og en kraft parallell med fiberretning, kan pluggutrivning/blokkutrivning oppstå
- Kontroll er basert på skjærfasthet og strekkfasthet

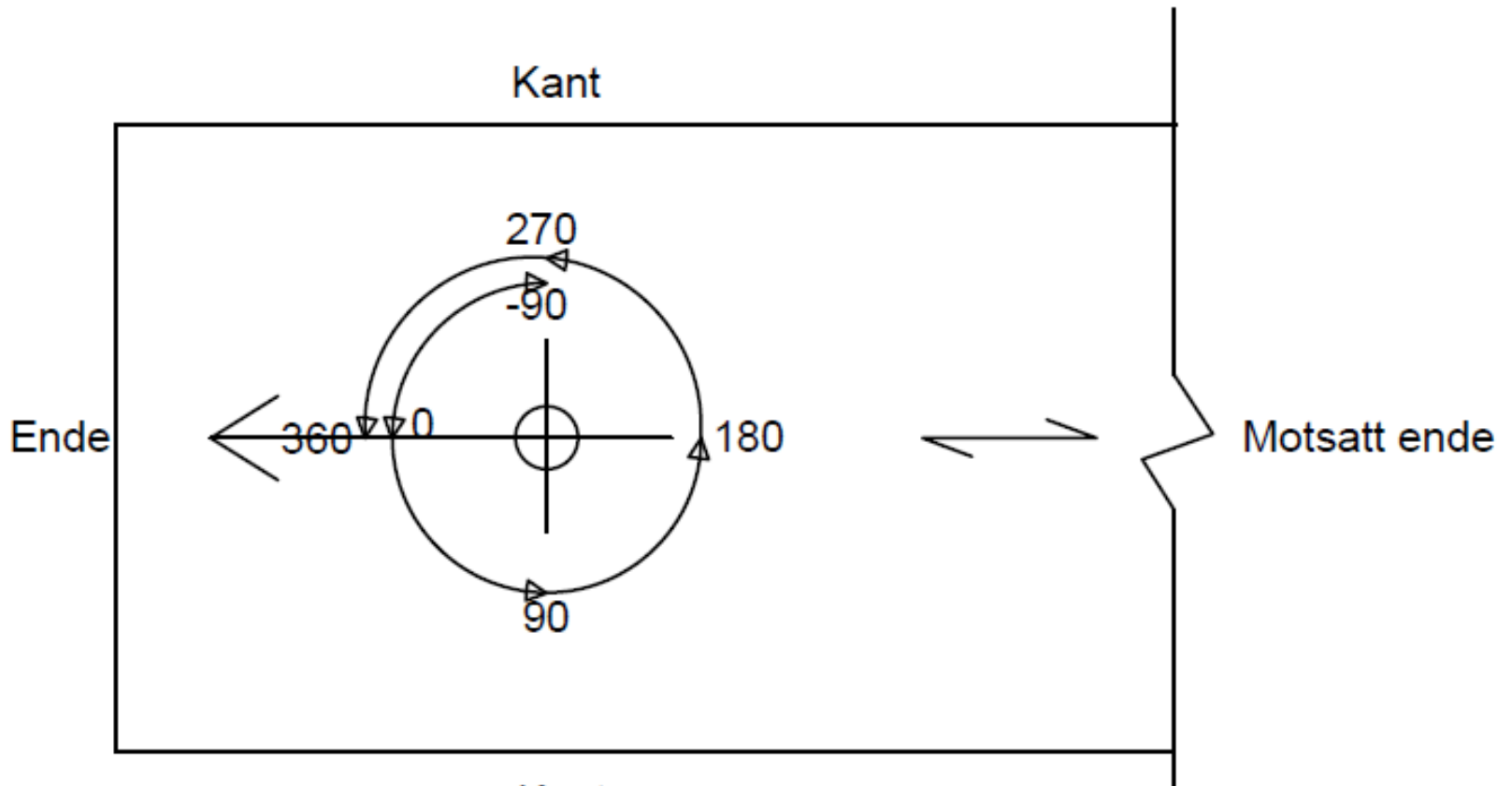


Minimumsavstander

Generelt

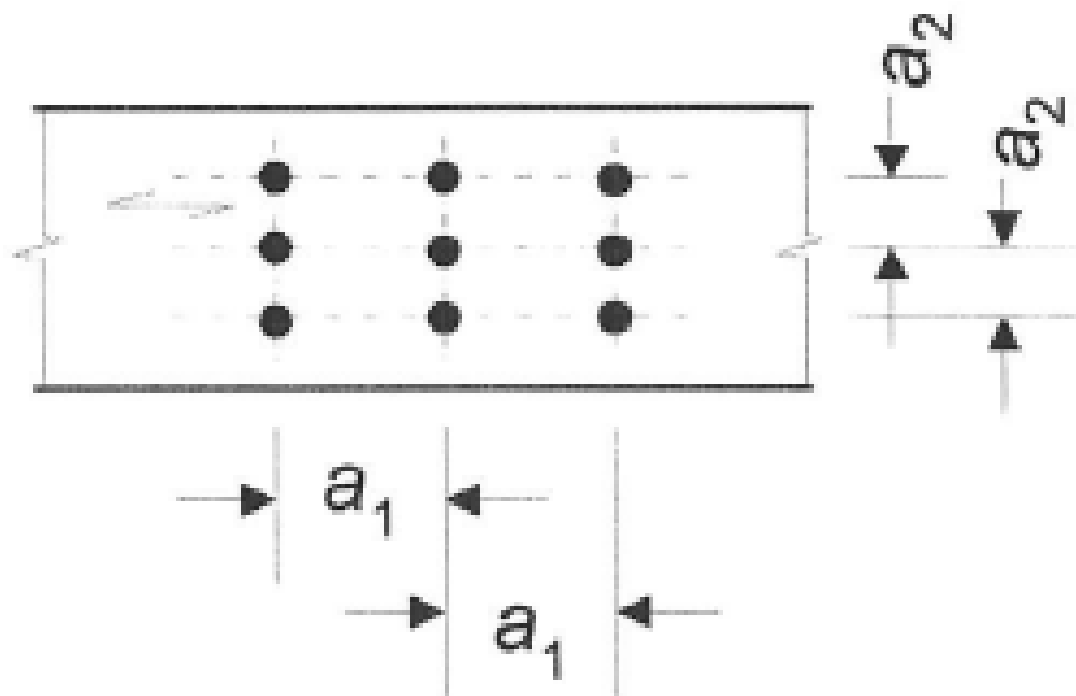
- For at kar. kap etter EK5 kan brukes kreves det at minimumsavstander opprettholdes
 - Min. avstand mellom forbindere på rekke i fiberretning
 - Min. avstand mellom forbindere tvers på fiberretning
 - Min. avstand til kant (belastet/ubelastet)
 - Min. avstand til ende (belastet/ubelastet)
- **NB! Selvborende skruer**
- EK5 opererer med vinkel α mellom
 - -90° og 360°
 - Tar utgangspunkt i $\alpha = 0$ når kraft og fiberretning er sammenfallende mot ende av tredel

Vinkel kraft og fiberretning



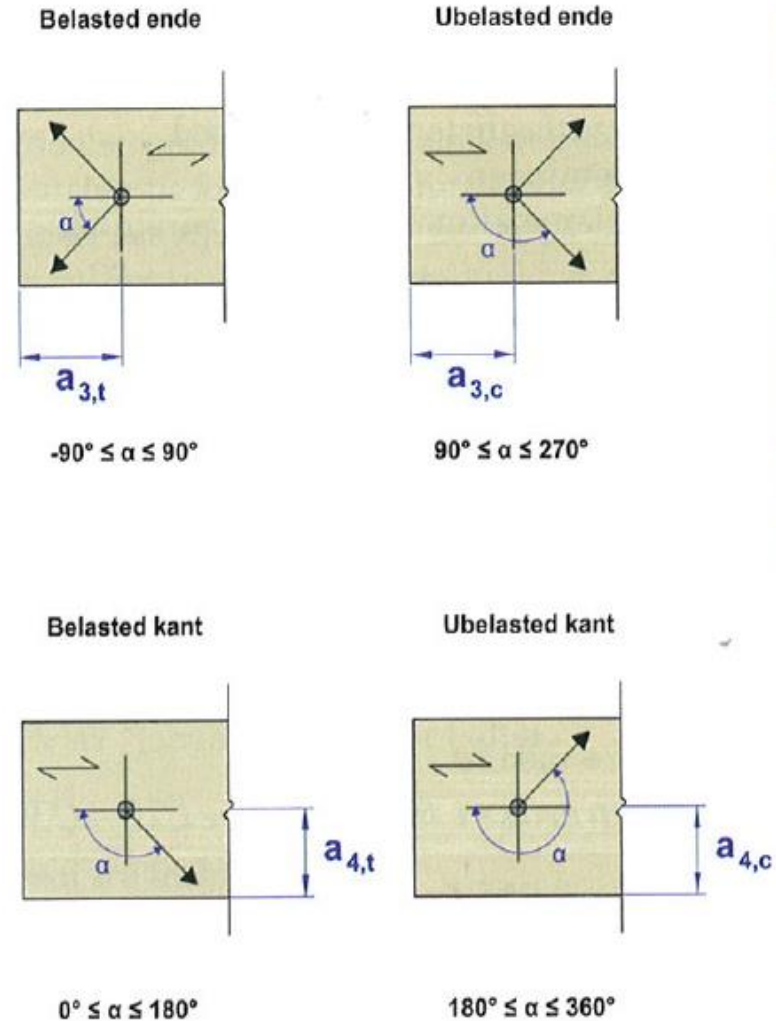
Krav til minimumsavstander

- Krav til minimumsavstander mellom forbindere på rekke i fiberretning (a_1) og mellom forbindere tvers på fiberretning (a_2)



Krav til minimumsavstander

- Belastet ende ($-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)
- Ubelastet ende ($90^\circ \leq \alpha \leq +270^\circ$)



- Belastet kant ($0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$)
- Belastet kant ($180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$)

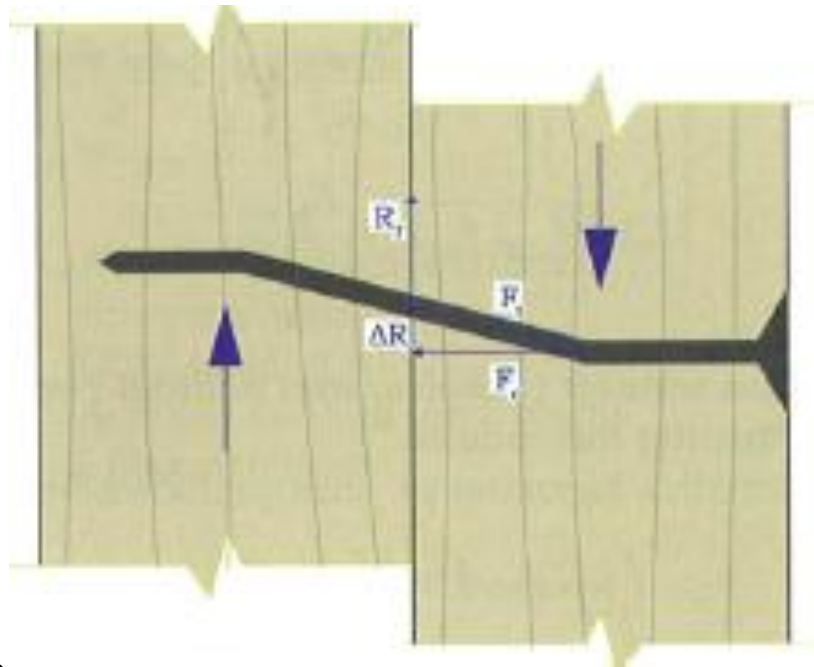
Tabell 8.2 – Minste avstander mellom spikre innbyrdes og fra spikre til kant og ende

Innbyrdes avstand og kant-/endeavstander (se figur 8.7)	Vinkel α	densitet ρ_k [kg/m ³]	Minste avstander		
			Uten forboring		Med forboring
			$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
a_1 (i fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $d < 5$ mm $d \geq 5$ mm		$(5+5 \cos \alpha) d$ $(5+7 \cos \alpha) d$	$(7+8 \cos \alpha) d$	$(4+ \cos \alpha) d$
a_2 (vinkelrett på fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
$a_{3,t}$ (belastet ende)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$		$(10+5 \cos \alpha) d$	$(15+5 \cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
$a_{3,c}$ (ubelastet ende)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$		$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ (belastet kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $d < 5$ mm $d \geq 5$ mm		$(5+2 \sin \alpha) d$ $(5+5 \sin \alpha) d$	$(7+2 \sin \alpha) d$ $(7+5 \sin \alpha) d$	$(3+2 \sin \alpha) d$ $(3+4 \sin \alpha) d$
$a_{4,c}$ (belastet kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$3d$

Ubelastet kant

Rope effect

- Ved def. i forbindelse kan strekk krefter oppstå
- I tillegg vil strekk i forbinder gi friksjon mellom tredelene



Rope effekt

- Bidrag i bruddformer som gir flytning i forbinder
- For tverrbelastning kan kapasiteten økes utover (Johansens del) pga. rope effekt, dvs. strekk komponent i forbinder ved vinkelendring i forbinder (flytning)
- Begresning i rope effekt:

Type forbinder	Minst av: $F_{ax,Rk}/4$ eller % av Johansens del	
Spiker, rund	$F_{ax,Rk}/4$	15 %
Spiker, firkant	$F_{ax,Rk}/4$	25 %
Spiker, preget/rillet	$F_{ax,Rk}/4$	50 %
Treskruer	$F_{ax,Rk}/4$	100 %
Bolter	$F_{ax,Rk}/4$	25 %
^{w)} Stavdybler	$F_{ax,Rk}/4$	0 %



Rope effekt

- **Bolter**
 - **Rope effekt begrenset av trykk kapasitet til skive under mutter**
 - **Avhengig av trykkfastheten til trevirke ($3 \cdot f_{c,90,k}$)**
 - Tidligere $f_{c,90,k}$ for C18 = 4,8 N/mm², NÅ 2,2 N/mm²
 - Tidligere $f_{c,90,k}$ for C24 = 5,3 N/mm², NÅ 2,5 N/mm²
 - Tidligere $f_{c,90,k}$ for C30 = 5,7 N/mm², NÅ 2,7 N/mm²
 - Alle limtreklasser NÅ $f_{c,90,k} = 2,5$ N/mm²
 - **Nesten halvvering av trykkfastheten og tilsvarende for rope bidraget**

Rope effekt

- Hvis bidraget fra rope effekten ikke er kjent, skal dette bidraget settes lik null (0).
 - Dvs. hvis ikke aksialkraftkapasiteten er dokumentert fra produsent eller den kan beregnes etter Eurokode 5 settes den lik 0
- For franske treskruer vil rope bidraget bli null for diameter større enn 12 mm!

Spiker - generelt

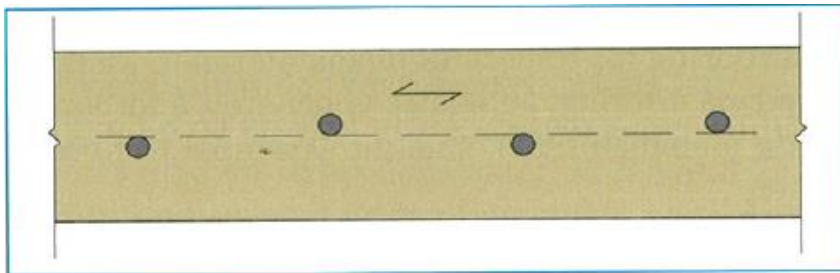


- Skiller mellom glatt og preget spiker (definisjon i NS-EN 14592)
- Gjelder spiker 1,9 – 5,0 mm
- Forboring brukes ikke i praksis
- Strekkfasthet spiker $f_{u,k} \geq 600 \text{ N/mm}^2$
- Krav spiker:
 - Diameter hode: 1,8d (2,0d når platemateriale inngår)
 - Tykkelse hode: 0,25d
 - Lengde spiss: $0,5d \leq l_s \leq 2,5d$



Spiker – Kap. tverrbelastning

- Ingen reduksjon i hullkantfasthet for vinkel mellom kraft og fiberretning
- Firkant spiker har 50 % større flytemoment enn rund spiker
- Kap for flere spiker på rekke i fiberretning
 - Reduksjon for flere på rekke avhengig av avstand mellom
 - Avstand $\geq 14d$ gir ingen reduksjon
 - Sideveis forskyvning $\geq 1,0d$



Figur 3.8. Spiker på rekke med sideveis forskyvning lik $1d$, hvor det effektive antall spiker ikke reduseres, dvs. $n_{ef} = n$.

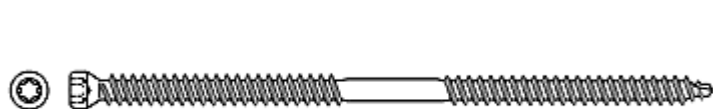
Avstand mellom spiker på rekke, parallelt med fiberretning*	k_{ef}
$a_1 \geq 14d$	1,00
$a_1 = 10d$	0,85
$a_1 = 7d$	0,70

Spiker - Aksialkraftkapasitet

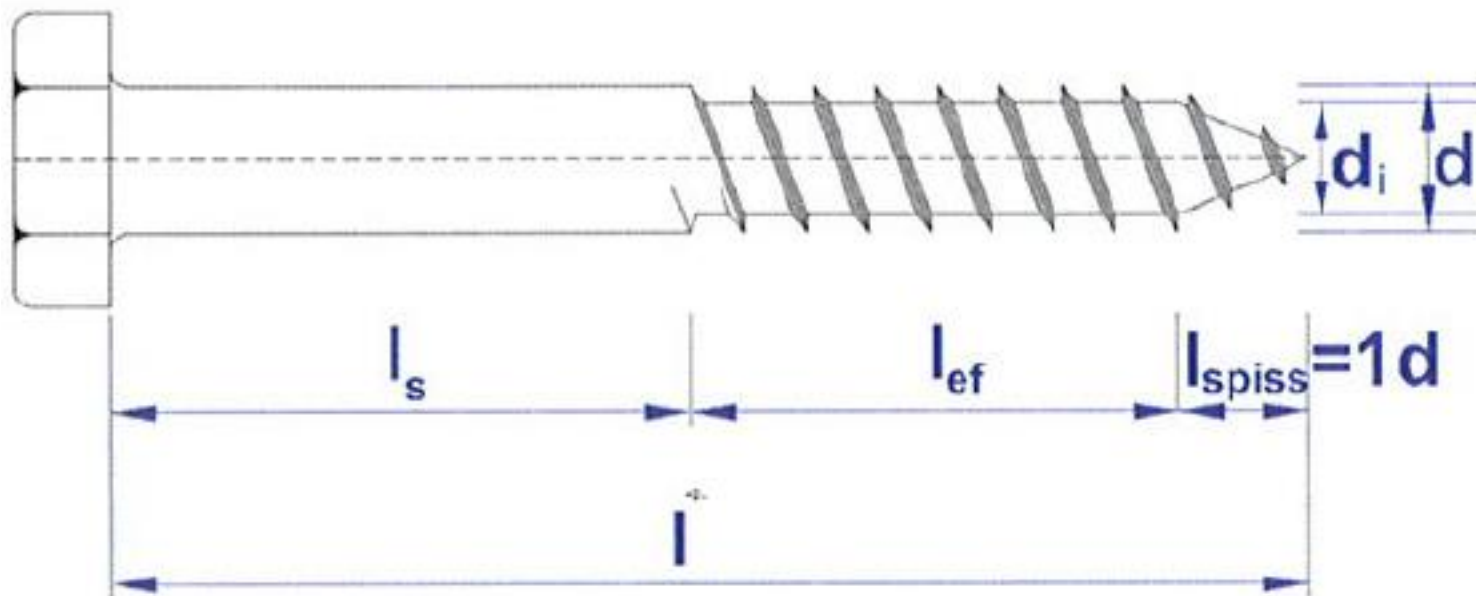
- **Spiker**
 - **Glatte spiker (runde og firkant)**
 - 8d inntregningsdybde gir 0 kap
 - 10d inntregningsdybde gir reduksjon på 50 %
 - 12 d inntregningsdybde gir full kap. uten reduksjon
 - > 12d økning i kap. (men sjekk gj.trekk hode)
 - **Preget/rillet spiker**
 - 6d inntregningsdybde gir 0 kap
 - 7d inntregningsdybde gir reduksjon på 50 %
 - 8 d inntregningsdybde gir full kap. uten reduksjon
 - > 8d økning i kap. (men sjekk gj.trekk hode)

Skruer - generelt

- Skruer, hva er det?
- Mange typer, for å beregne kap på mange av disse må en del parametre dokumenteres.
- Mange ulike diametre å ta hensyn til
 - Effektiv diameter på skrue



Skrue – generelt



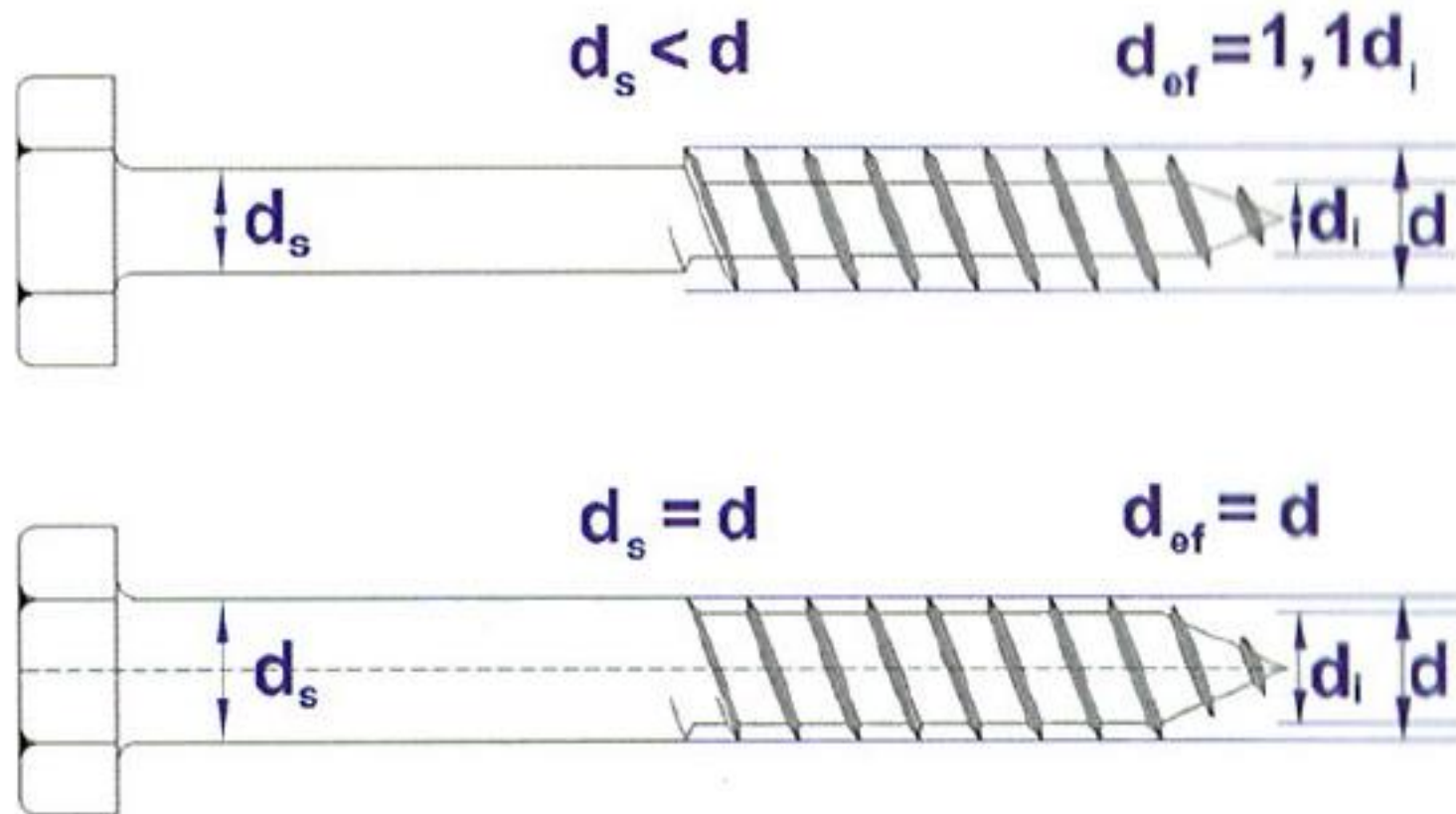
d = ytre gjengediameter

d_i = kjernediameter

l = skruens nominelle lengde

l_s = stammelengde (ugjenget)

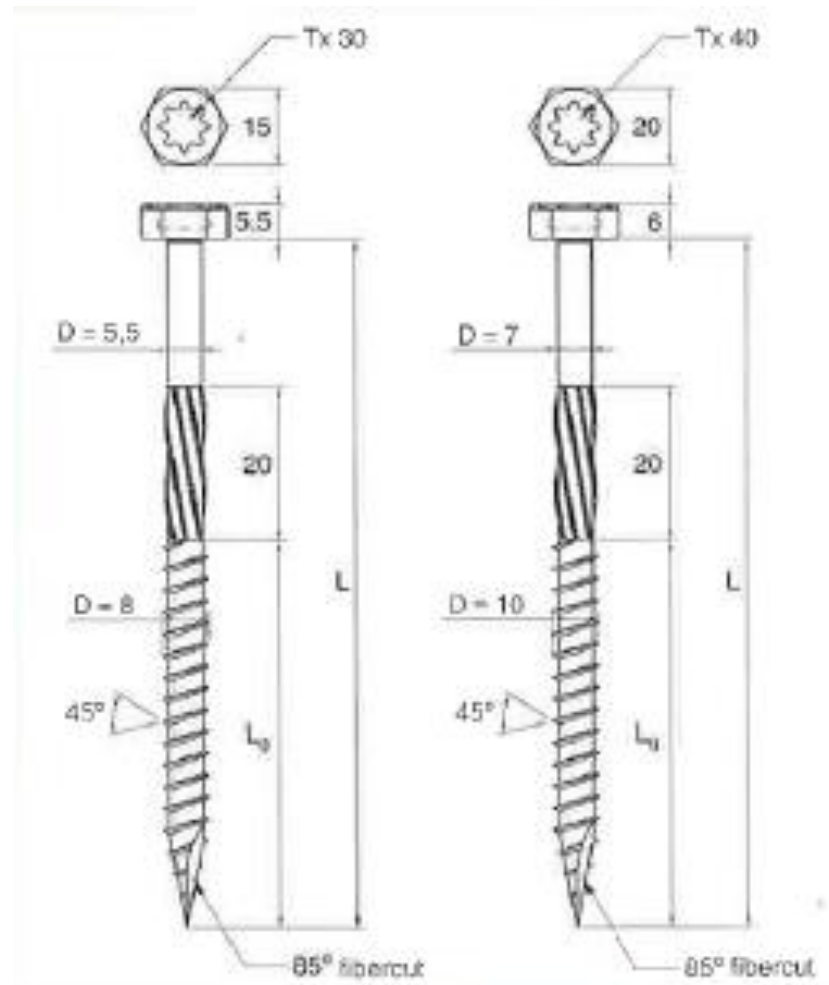
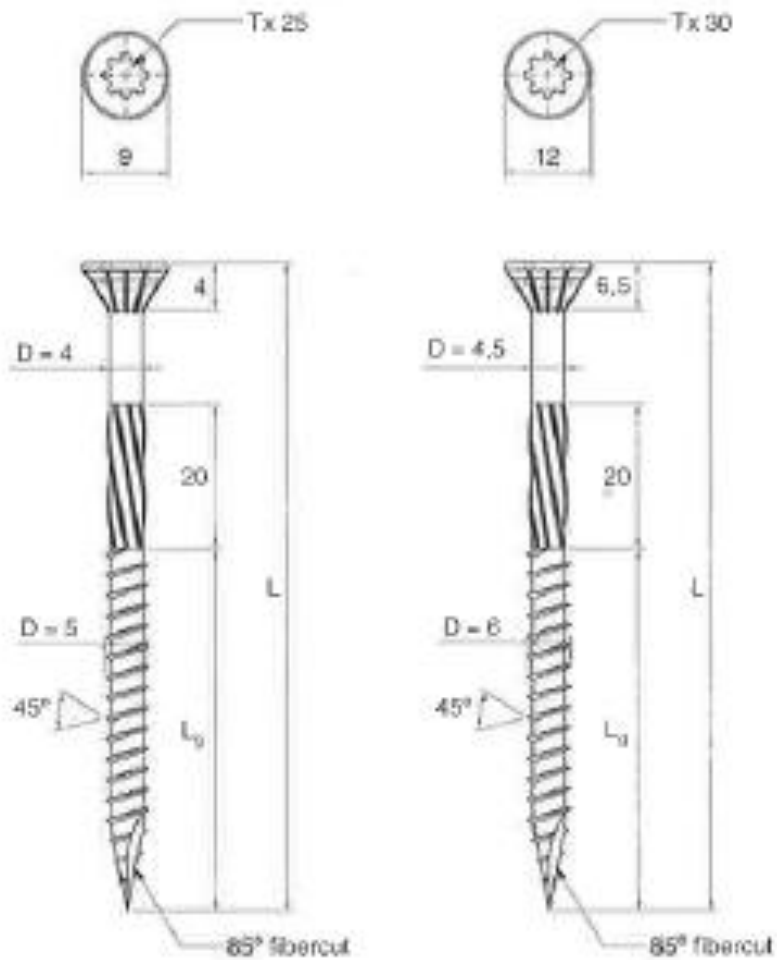
l_{ef} = gjenget del ($\geq 0,6 l$)



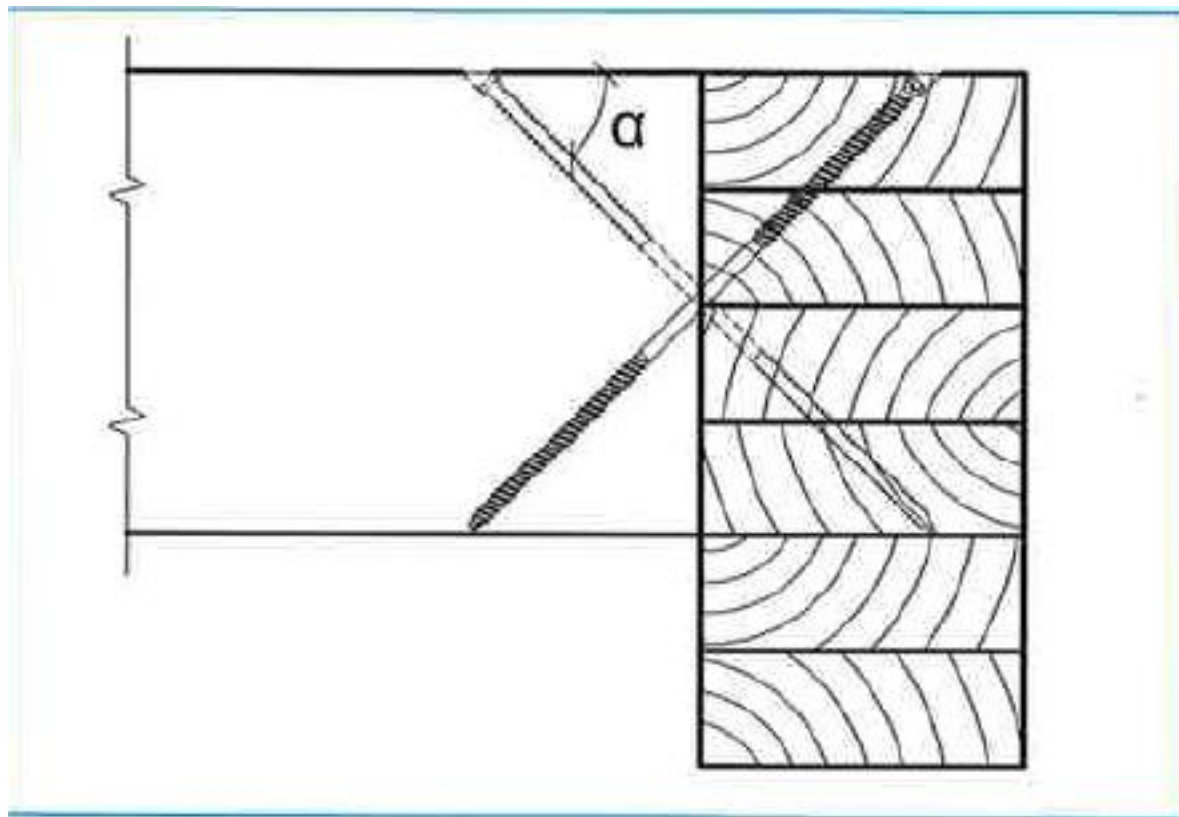
d = ytre gjengediameter
 d_i = kjernediameter
 d_s = stammediameter

Figur 6.3. Bestemmelse av effektiv diameter d_{ef} , avhengig av skruetype.

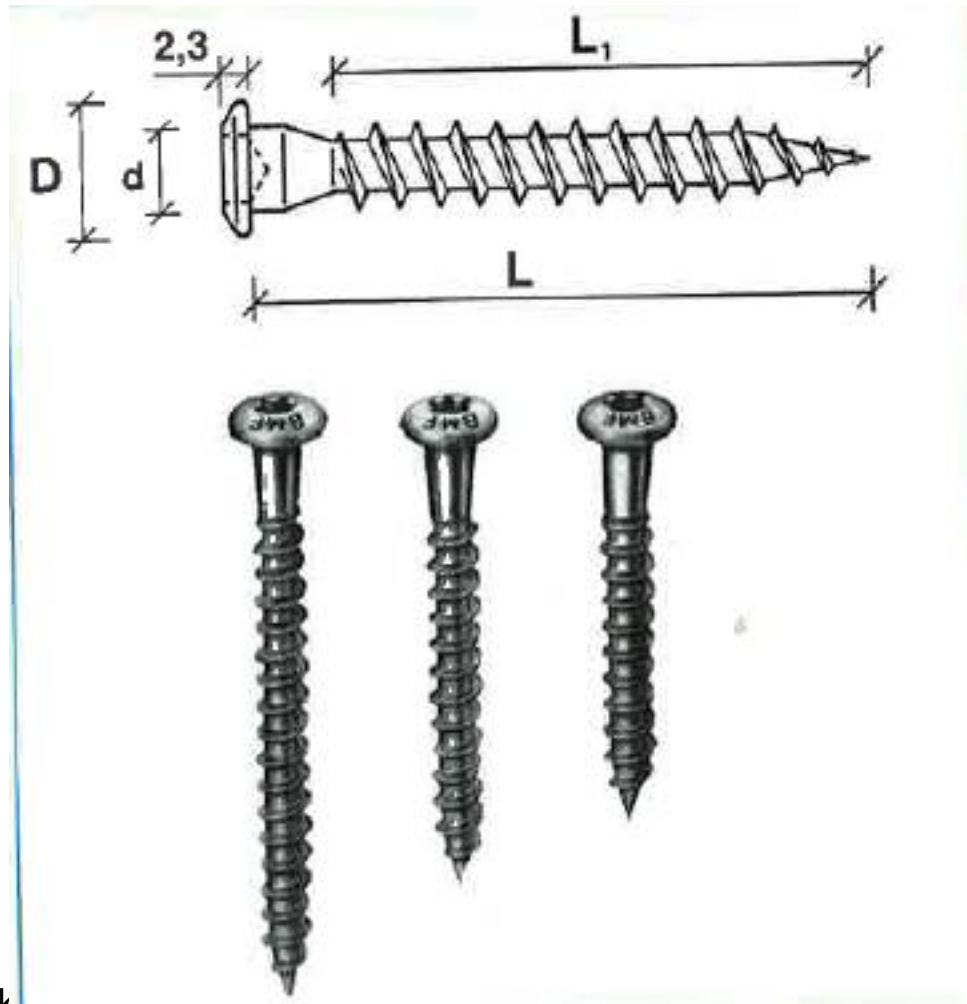




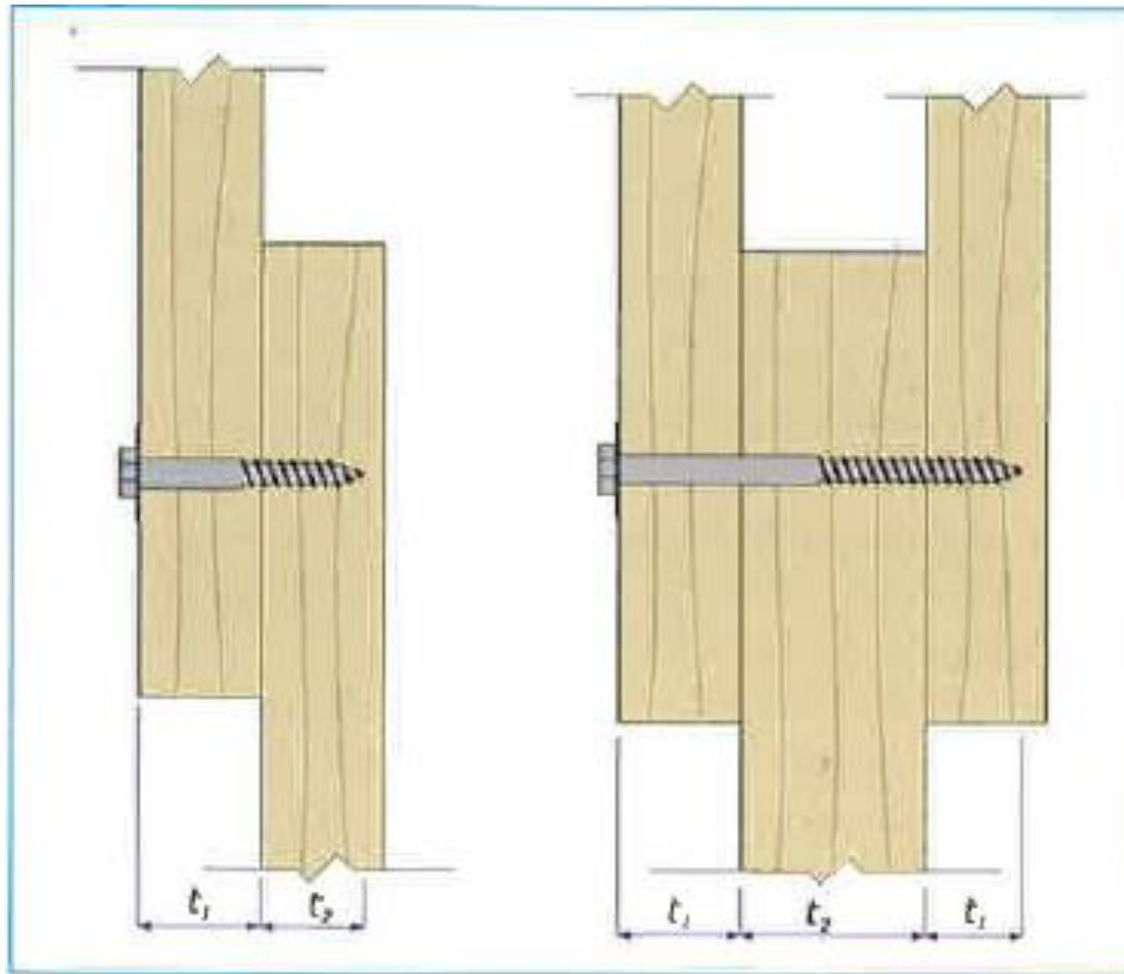
Skrue – innskruing



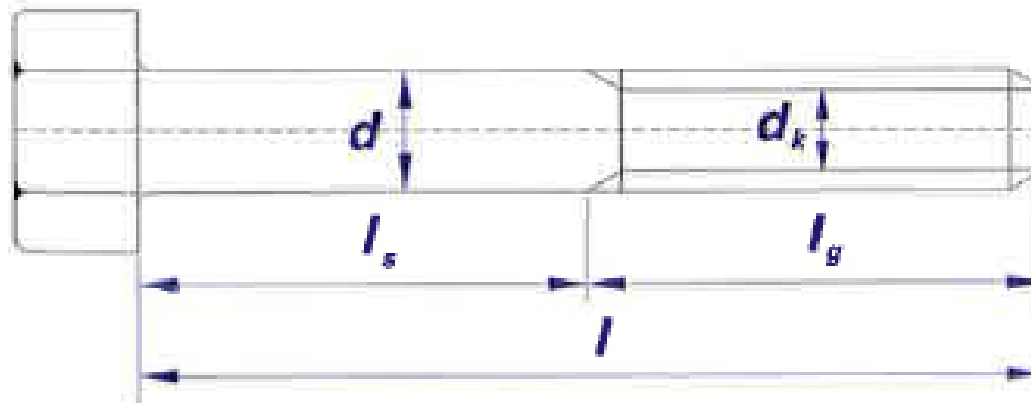
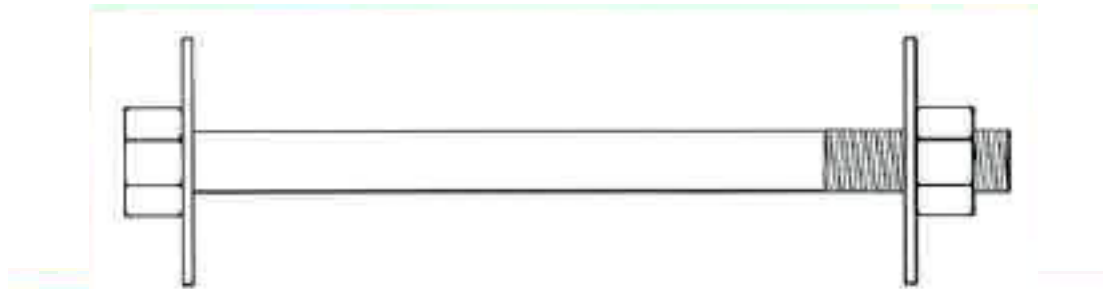
Eks. beslagskrue



Skrue – innnskruing gjengedel



Bolt - definisjoner



- d = stammediameter
- d_k = kjernediameter
- l = boltens nominelle lengde
- l_s = stammelengde
- l_g = gjenget del

Dybel - definisjon

