EUROKOODEKS 5 PUITKONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMINE

Alar Just

Tallinn 18.10.2006

Eurokoodeksite programm

- Startis 1975 Euroopa Komisjoni algatusel
- 1980-te lõpus esimene komplekt Eurokoodekseid (prENV)
- 1990-tel avaldati **ENV** standarditena
- Aprill 2004 esimene **EN** standard
- 10 aasta pärast teine põlvkond EN standardeid

Eurokoodeksite programm

Rahvuslik lisa

NA – National annex

Antakse rahvuslikult määratavad reeglid ja tegurid.

Rahvuslik lisa asub tavaliselt vastava standardi lõpus.
Standardi põhitekst on identne tõlge originaalist

Eurokoodeksid

Põhimõtted

- Üldised seisukohad ja definitsioonid, millel ei ole alternatiivi
- Nõuded ja arvutusmudelid, millele lubatakse alternatiive vaid siis, kui on eraldi sätestatud

Rakendusjuhised

- Üldtunnustatud juhised, mis vastavad põhimõtetele ja rahuldavad nende nõudeid
- Võib kasutada alternatiivseid juhiseid, kui on tõestatud, et see on kooskõlas vastava eeskirjaga.

Piirseisundid

ULS – ultimate limit state

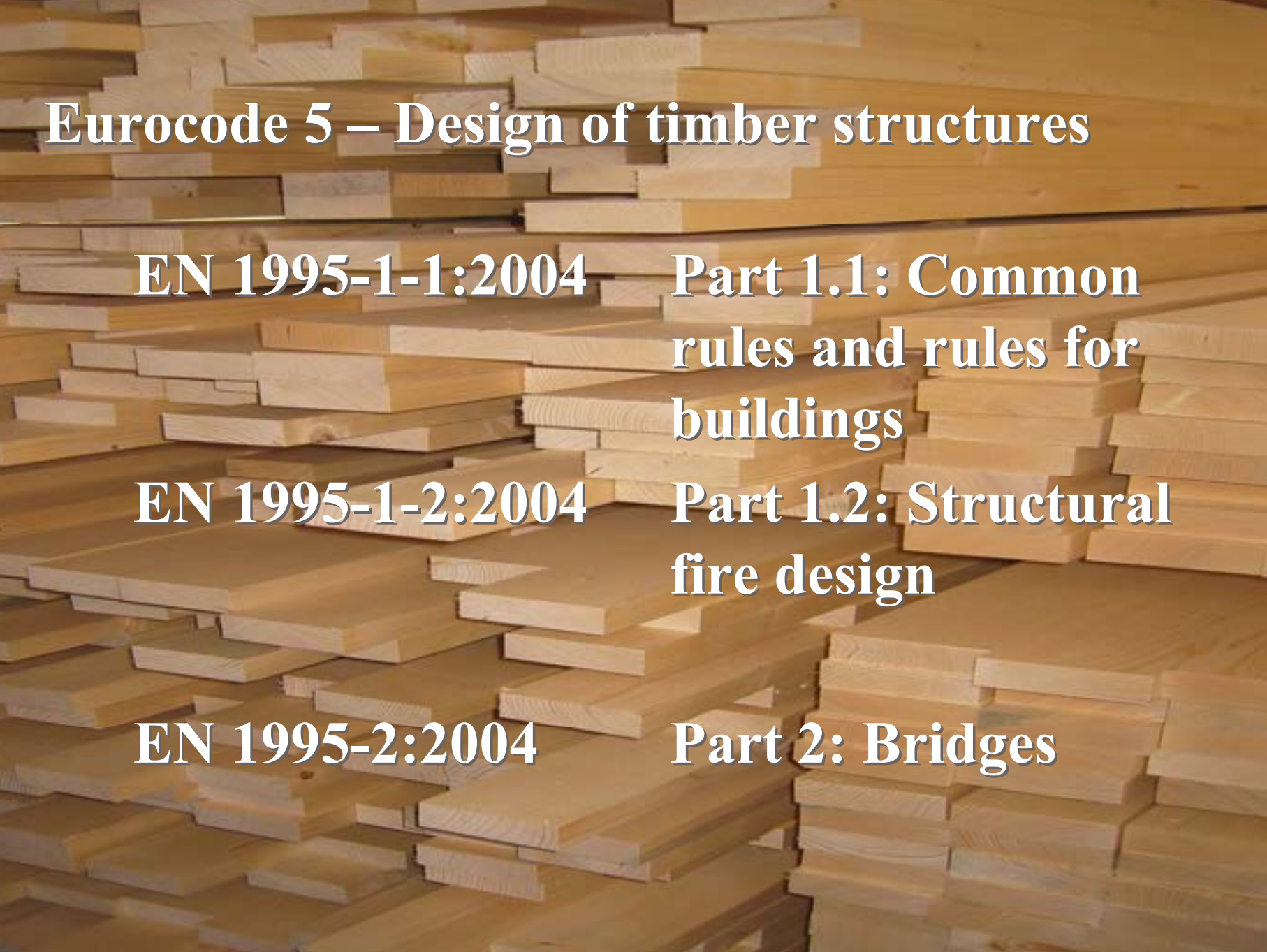
Kandepiirseisund

piirseisund, mis on seotud inimeste ohutusega ja/või konstruktsiooni ohutusega

SLS – serviceability limit state

Kasutuspiirseisund

piirseisund, mis on seotud inimeste mugavusega ja ehitise välimusega



Eurocode 5 – Design of timber structures

EN 1995-1-1:2004	Part 1.1: Common rules and rules for buildings
EN 1995-1-2:2004	Part 1.2: Structural fire design
EN 1995-2:2004	Part 2: Bridges

Eurokoodeks 5 – Puitkonstruktsioonide projekteerimine

PRAEGU KASUTUSEL:

EVS-EN 1995-1-1:2005 Üldised juhendid ja hoonete juhendid

põhineb normil EN 1995-1-1:2004

EVS 1995-1-2:2003 Tulepüsivus

põhineb normil ENV 1995-1-2:1994

EVS 1995-2:2003. Puitsillad

põhineb normil ENV 1995-2:1997

Seletus

EVS-EN 1995-1-1:2005

EVS – Eesti vabariigi standard

EN – Euroopa norm
ENV – Euroopa eelnorm,
prENV – Euroopa eelnormi eelnõu

2005 – ilmumise aasta

EN 1995-1-1:2004 Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks

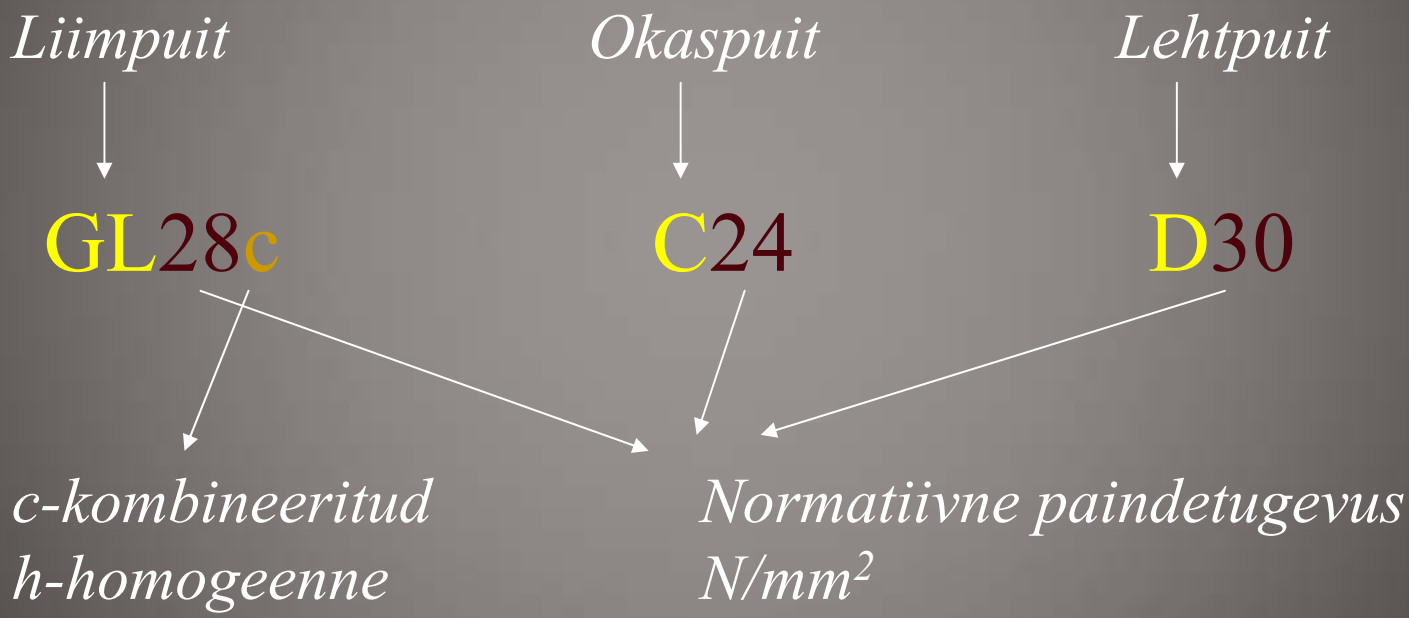
- Annab reeglid puitkonstruktsioonide projekteerimiseks normaaltingimustes.

- Tuleb kasutada koos normidega:
  - EN 1990 Projekteerimise alused
  - EN 1991 Koormused

Tugevusklassid

Saepuit	Liimpuit
C16	GL24c, GL24h
C24	GL28c, GL28h
C30	GL32c, GL32h

Puidu tugevusklass



HT D GS C16 KD
TIMBER BS 4978

Puidu tugevus

ULS

Tugevuse arvutusväärtus:

$$X_d = k_{mod} X_k / \gamma_M$$

k_{mod} modifikatsioonitegur

X_k tugevuse normväärtus

γ_M materjali osavarutegur

Jäikus

Jäikuse arvutusväärtused:

ULS	SLS
$E_d = E_{mean} / \gamma_M$	E_{mean}
$G_d = G_{mean} / \gamma_M$	G_{mean}

E_{mean} elastsusmooduli keskväärtus

G_{mean} nihkemooduli keskväärtus

γ_M materjali osavarutegur

γ_M
Materjali omaduste osavarutegurid

Põhikombinatsioonid:	
Monoliitpuit	**1,3**
Lamell-liimpuit	**1,25**
Spoonliimpuit, vineer, Orienteeritud laastuga plaat (OSB)	**1,2**
Puitlaastplaat, puitkiudplaat	**1,3**
Liited	**1,3**
Ogaplaatliited	**1,25**
Avariikombinatsioonid:	**1,0**

Kasutusklass 1

Kasutusklass 1

Kasutusklass 2

Kasutusklass 2

Kasutusklass 3

Kasutusklass 3

Koormuse kestusklassid

	kestus	näide
Alaline	üle 10 a	omakaal
Pikaajaline	6 k – 10 a	laokoormus
Keskkestev	1 näd – 6 k	kasuskoormus
Lühiajaline	alla 1 nädala	lumi, tuul
Hetkeline		avariikoormus

k_{mod}

	1	2	3
Alaline	0,6	0,6	0,5
Pikaajaline	0,7	0,7	0,55
Keskkestev	0,8	0,8	0,65
Lühiajaline	0,9	0,9	0,7
Hetkeline	1,1	1,1	0,9

Tavaliselt katusetalade puhul

k_{mod} valitakse lühima kestusklassiga koormuse järgi

$$f_{c,0,d}$$

c – surve
t – tõmme
m – paine
v – nihe (lõige)

0 – kiudude suunas
90 – kiudude suunaga risti

k – normatiivne
d – arvutuslik

Normaalpinged

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Nõtketegur k_c

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$k_y = 0{,}5\left(1+\beta_c\left(\lambda_{rel,y} - 0{,}3\right)+\lambda_{rel,y}^2\right)$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

λ_{rel} Suhteline saledus

$f_{c,0,k}$ normatiivne survetugevus

$E_{0,05}$ elastsusmooduli 5 %-line väärtus

Saledus

- Saleduse piirväärtuseid ei ole sätestatud

- Soovitatavad maksimaalsed väärtused

  $\lambda = 120$ tõmmatud elemendid

  $\lambda = 150$ surutud elemendid

Ristlõike kõrguse tegur

Saepuidust ristkülikulise ristlõikega elemendi paindetugevust võib suurendada, kui ristlõike kõrgus on väiksem, kui 150 mm

$$k_{\mathrm{h}} = \min\begin{cases}\left(\dfrac{150}{h}\right)^{0,2} \\ 1,3\end{cases}$$

Liimpuidu puhul on vastavaks kõrguseks 600 mm

$$k_{\mathrm{h}} = \min\begin{cases}\left(\dfrac{600}{h}\right)^{0,1} \\ 1,1\end{cases}$$

Surve ristikiudu

- Surve ristikiudu

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d}$$

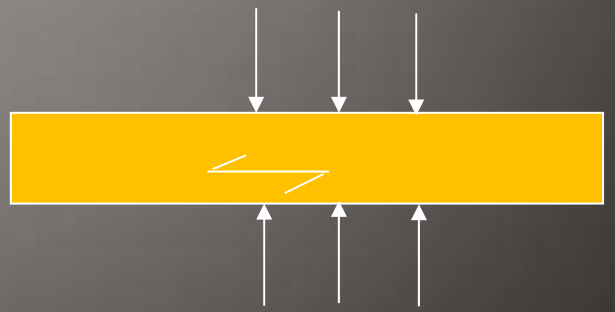
$\sigma_{c,90,d}$ – Arvutuslik survepinge ristikiudu

$f_{c,90,d}$ – Arvutuslik survetugevus ristikiudu

$k_{c,90}$ – tegur, mis arvestab koormuse asetust jm,

$k_{c,90}$ = 1,0...4,0

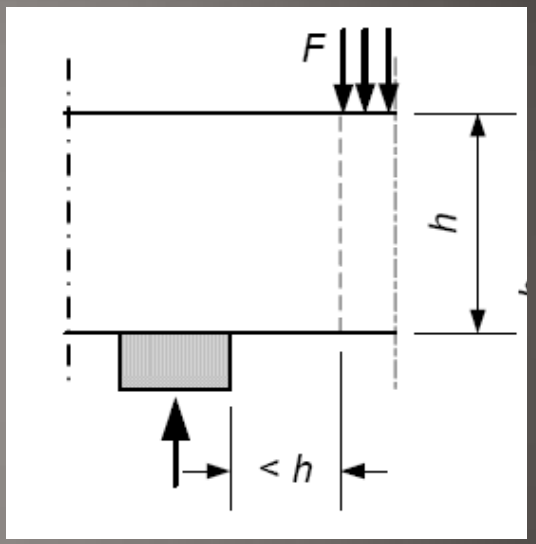
leitakse efektiivpikkuse kaudu



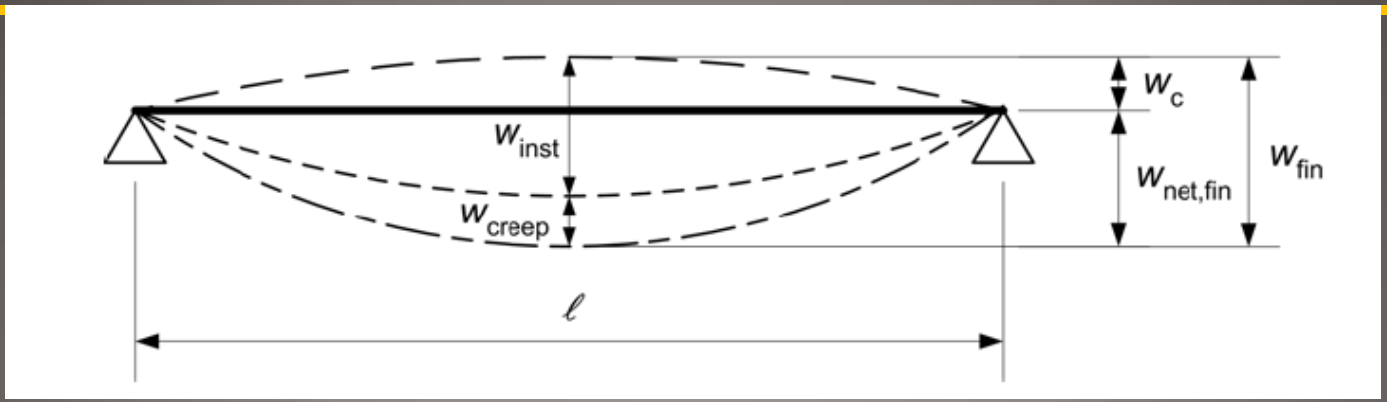
Nihe (lõige)

$$\tau_d \leq f_{V,d}$$

Toest kuni kauguseni *h* mõjuva koormuse mõju võib jätta nihkepingete kontrollil arvestamata



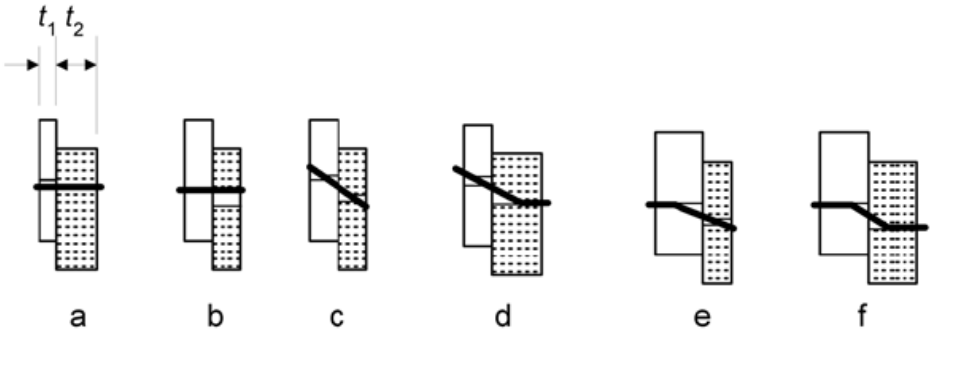
Läbivajumised



	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Tala 2 toel	$l/300$ kuni $l/500$	$l/250$ kuni $l/350$	$l/150$ kuni $l/300$
Konsoolne tala	$l/150$ kuni $l/150$	$l/125$ kuni $l/175$	$l/75$ kuni $l/150$

Liited

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d & \text{(b)} \\ \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \dfrac{t_2}{t_1} + \left(\dfrac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\dfrac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \dfrac{t_2}{t_1} \right) \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1{,}05 \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \dfrac{4\beta(2+\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d \quad t_1^2}} - \beta \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1{,}05 \dfrac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \dfrac{4\beta(1+2\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d \quad t_2^2}} - \beta \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1{,}15 \sqrt{\dfrac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{cases}$$



EN 1995-1-2:2004 Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Tulepüsivus

- Määrab erinevused ja täiendused võrreldes normaaltemperatuuri kohaste arvutustega.

- Tuleb kasutada koos normidega:
  - EN 1990 Projekteerimise alused
  - EN 1991 Koormused
    - sh EN 1991-1-2. Tulekahjukoormused
  - EN 1995-1-1 Puitkonstruktsioonide projekteerimine

Tugevus ja jäikus

Arvutustugevus

$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \, f_{20} / \gamma_{M,fi}$

Arvutusjäikus

$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \, S_{20} / \gamma_{M,fi}$

$f_{d,fi}$ arvutustugevus tulekahjuolukorras

$k_{mod,fi}$ modifikatsioonitegur

f_{20} tugevusnäitaja 20%-ne fraktiil

$\gamma_{M,fi}$ materjali osavarutegur $\gamma_{M,fi}=1$

Tugevus ja jäikus

$f_{20} = k_{fi}\, f_k$

$S_{20} = k_{fi}\, S_{05}$

k_{fi} teisendustegur, mis sõltub materjali variatsioonitegurist

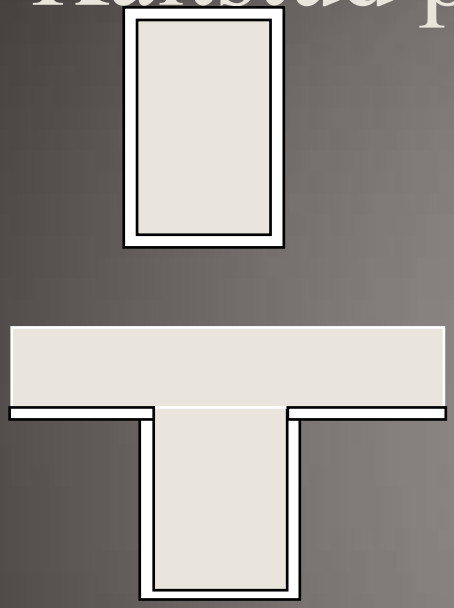
f_k normtugevus

S_{05} jäikuse 5% väärtus (E, G)

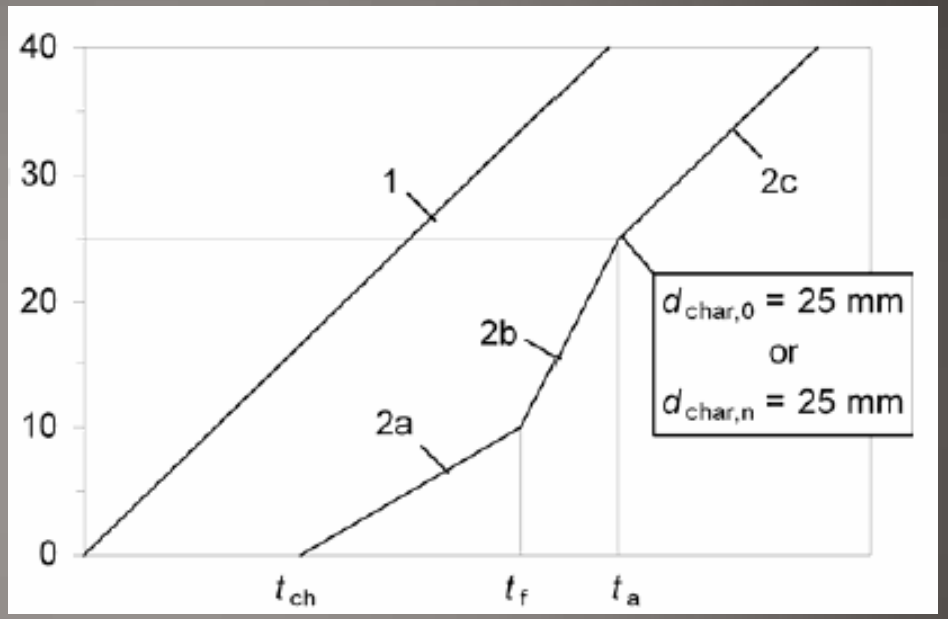
k_{fi} väärtused

Saepuit	1,25
Lamell-liimpuit	1,15
Spoonliimpuit(Kerto)	1,1

Kaitstud pinnad



$d_{char,0}$
või
$d_{char,n}$
[mm]



aeg t

t_{ch} söestumine algab

t_f kattematerjal puruneb

t_a söestumissügavus 25 mm

1 kaitsmata pind

2a kattematerjal jääb veel paigale

2b kattematerjal on ära kukkunud

2c söestumiskiirus ühtlustub kaitsmata puidu s.k.-ga

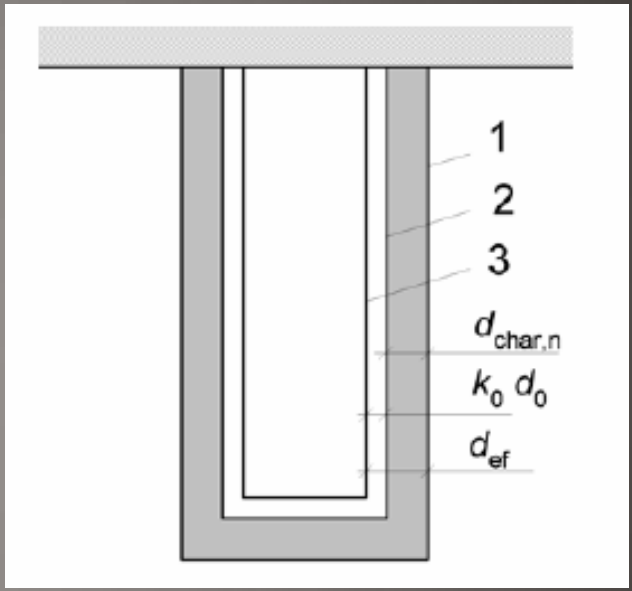
Efektiivristlõikemeetod

Efektiivsöestumissügavus

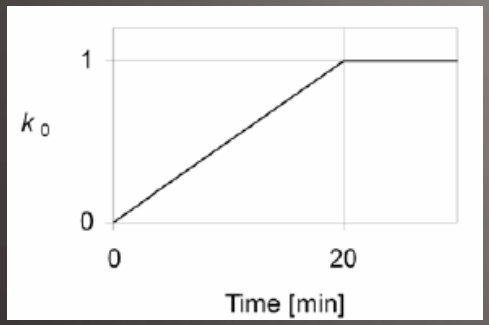
$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$

$d_0 = 7$ mm

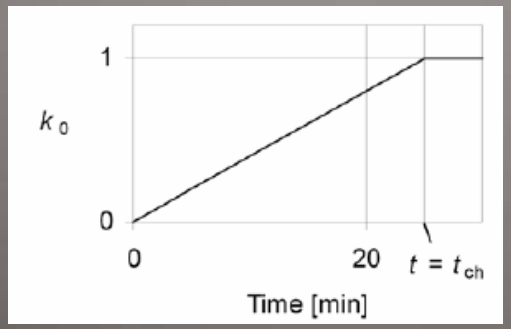
$k_{mod,fi} = 1$



k_0



Kaitsmata pind



Kaitstud pind

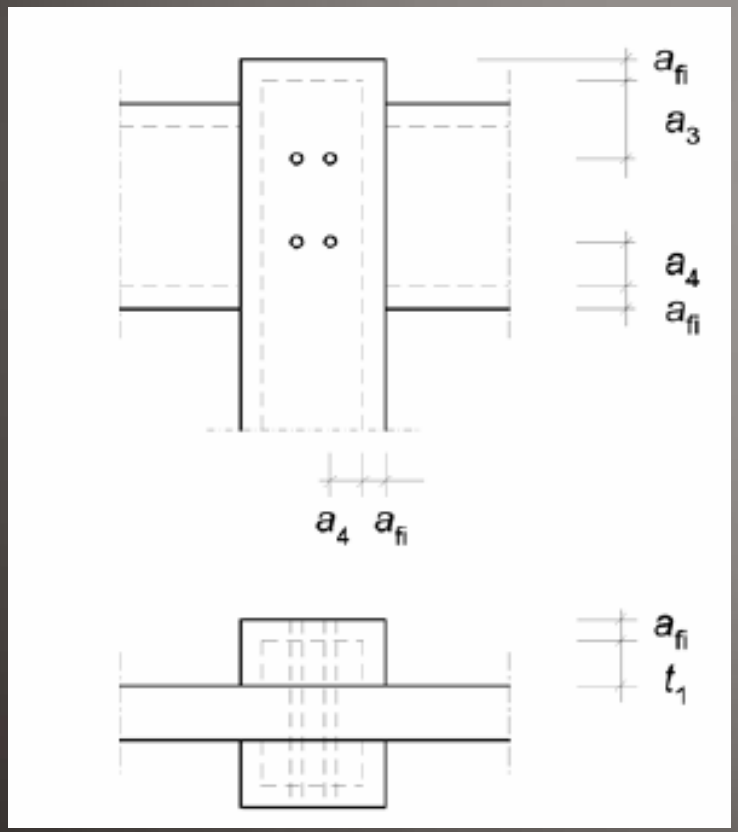
1 ristlõike algne pindala
2 jääkristlõike piir
3 efektiivristlõike piir

Söestumiskiirused

	β_o, mm/min	β_n mm/min
Okaspuit		
Liimpuit	0,65	0,7
Saepuit	0,65	0,8
Lehtpuit		
normtihedus 290 kg/m^3	0,65	0,7
normtihedus üle 450 kg/m^3	0,5	0,55
Spoonliimpuit	**0,65**	**0,7**

Liited

- Tulepüsivus $t_{d,fi}$
  - Nõutud kaugusi suurendada a_{fi} võrra



$$a_{fi} = \beta_n \, k_{flux} \, (t_{req} - t_{d,fi})$$

β_n söestumiskiirus

k_{flux} soojuse kandumist läbi kinniti arvestav tegur

$k_{flux} = 1{,}5$

t_{req} nõutav tulepüsivusaeg

Täpsemad arvutusmeetodid

Võib rakendada

- Söestumissügavuse määramiseks
- Temperatuuri kasvu ja jagunemise määramiseks
- Konstruktsiooni käitumise määramiseks

Lisas B esitatud graafikud puidu omaduste muutumisest temperatuuri muutumisel

EN 1995-2:2004 Puitsillad

- Määrab erinevused ja täiendused võrreldes standardiga EN 1995-1-1.
- Tuleb kasutada koos normidega:
  - EN 1990 Projekteerimise alused
  - EN 1991 Koormused
    - sh EN 1991-2. Sillakoormused
  - EN 1995-1-1 Puitkonstruktsioonide projekteerimine

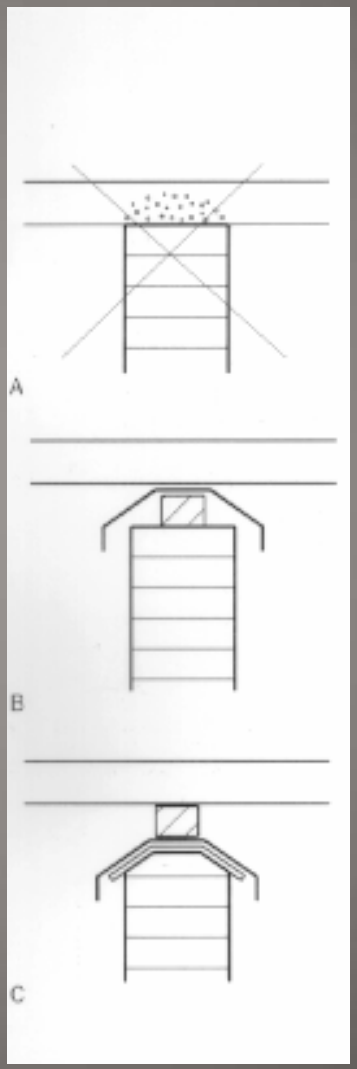
Kestvus

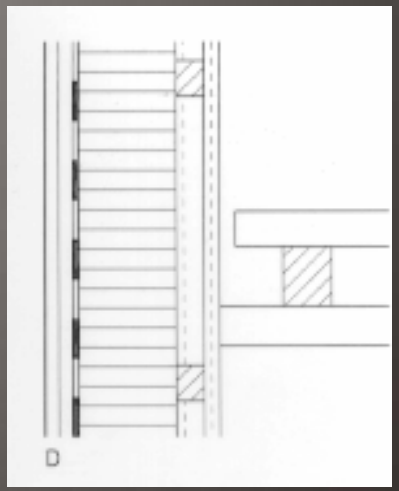
Puit võib kesta sajandeid kui seda hoida kuivana

Konstruktiivne kaitse on alati tähtis!

EN 1995-2:2004

alkway





Modifikatsioonitegur arvutustugevuse leidmiseks

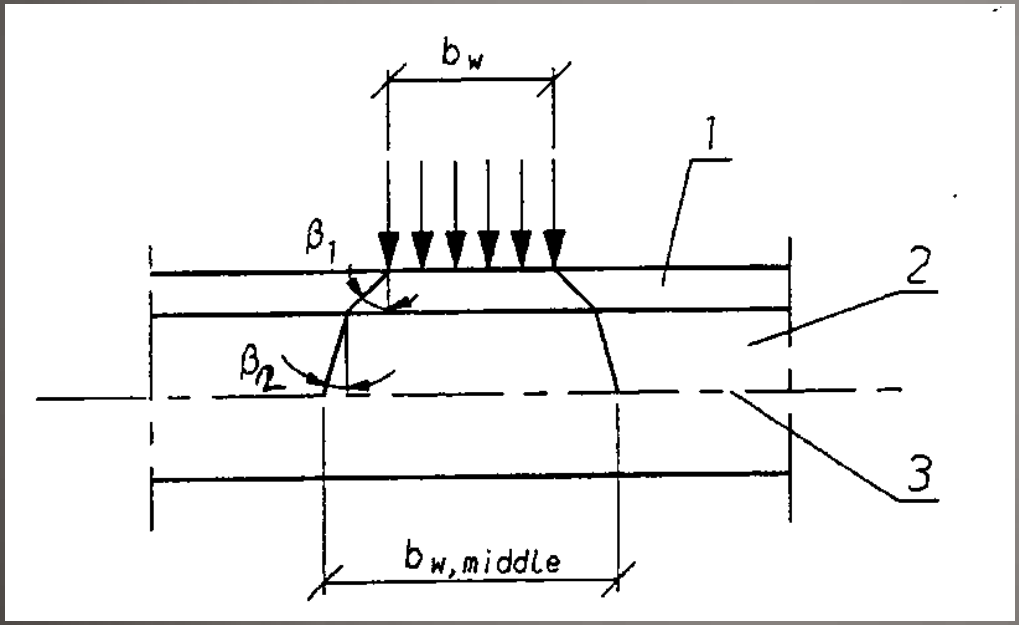
- Sillad ja sillaosad, millel puudub kaitse otsese ilmastikumõju eest, loetakse **3. kasutusklassi** kuuluvaks.
- **Katusega kaetud** või **kreosoodiga** immutatud osad võib liigitada 2.kasutusklassi.

- Liikluskoormust arvestatakse **lühiajalise koormusena.**

Sildade puhul tavaliselt $\mathbf{k_{mod} = 0,7}$

Konstruktsiooniarvutus

Jõud rakendatakse elemendi kesktasandile.



1 - teekate,

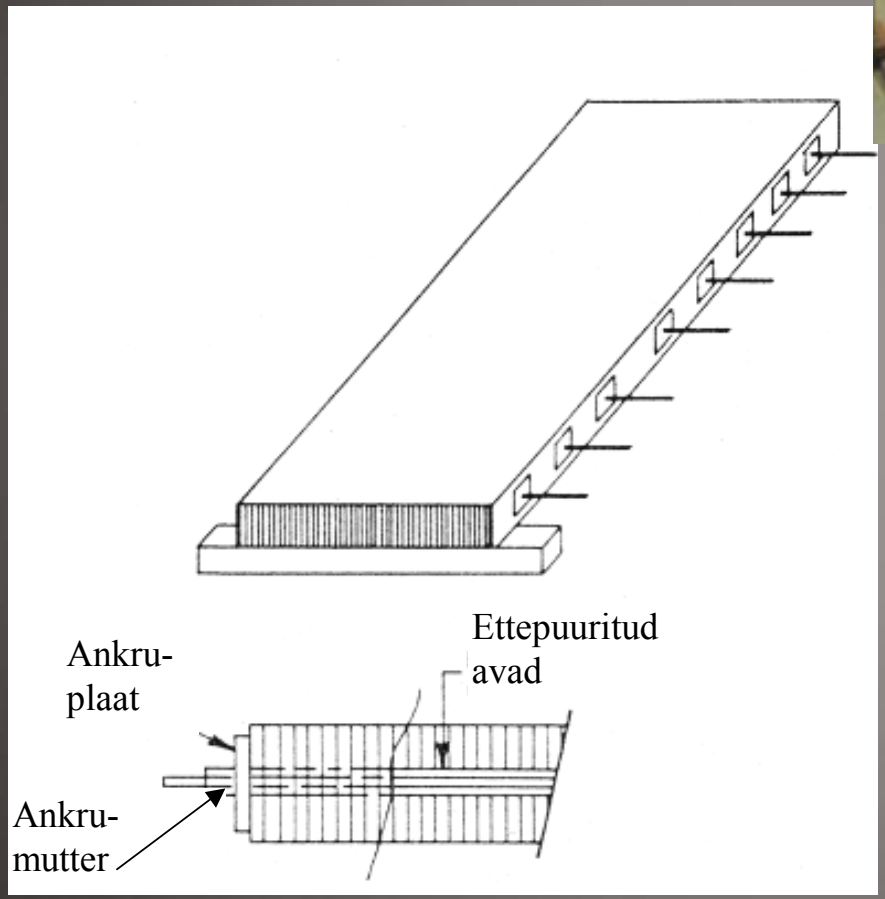
2 - puitplaat,

3 - puitplaadi kesktasand

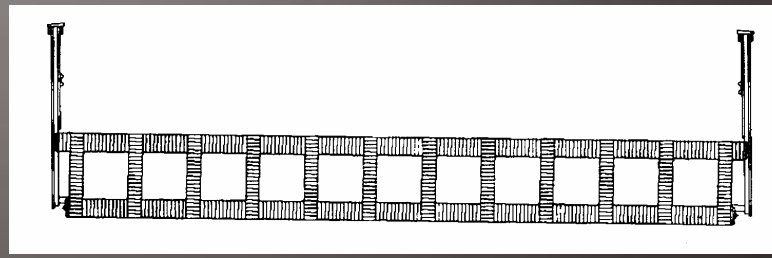
β=45° piki lamellide suunda

β=15° lamellide suunaga risti

Pingelamellplaat



- Monoliit- või liimpuidust lamellid
- Terasvardad s=0,6...1 m
- Pikkus ca 10 m
- σ~ 1,0 Mpa (Skandinaavias)



Karpristlõige

Kokkuvõte

EC 5 vs SNiP

- Puitelementide ristlõiked ja liited on ökonoomsemad
- Eurokoodeks on turvaline norm
- Inseneridel lasub suurem vastutus lahenduse õigsuse eest

- Lihtne projekteerida ükskõik kuhu Euroopas

Tänan!