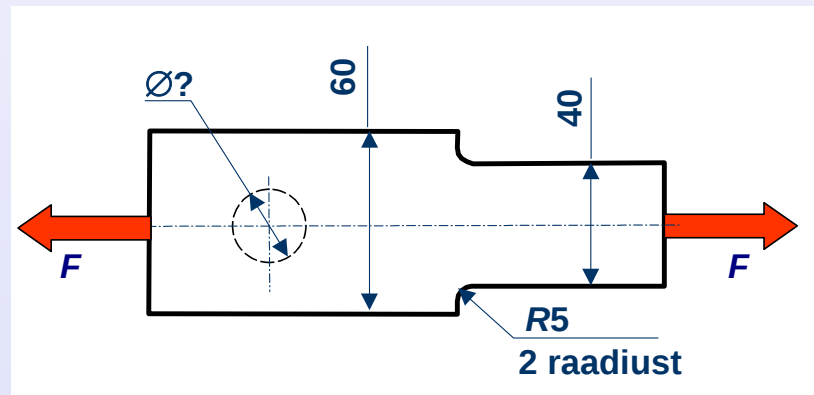


TUGEVUSÕPETUS

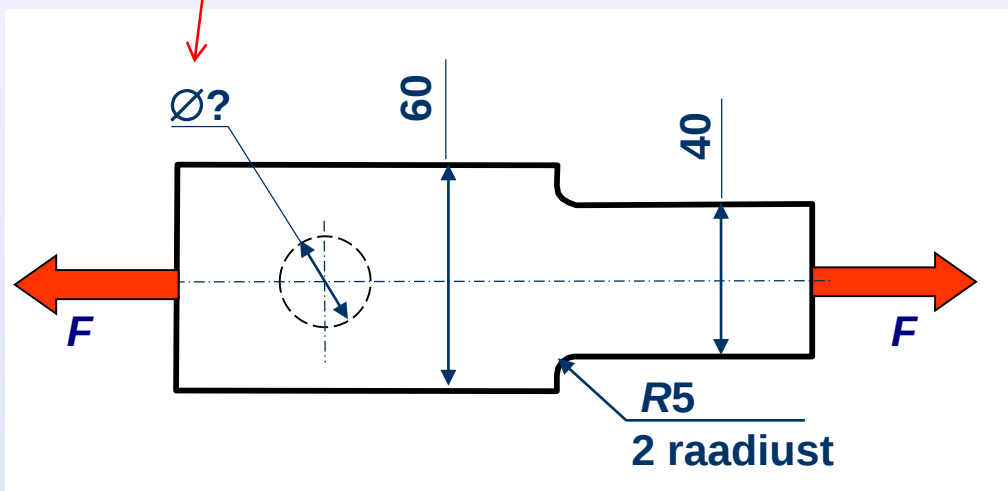
PINGEKONTSENTRATSIOON: Pike (1)



1. Ülesande püstitus ja algandmed

Topeltastmega plaad

Arvutada suurim
lubatav läbimõõt!



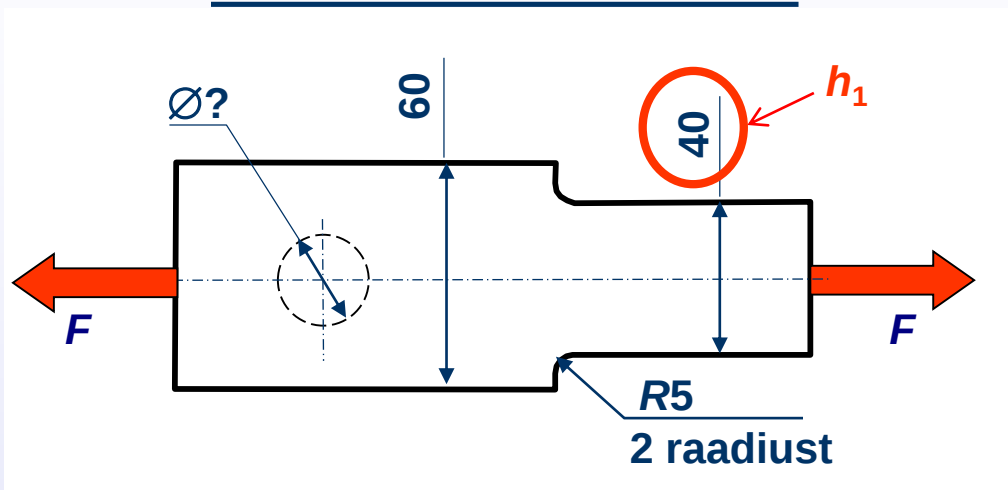
Kui suure läbimõõduga ava võib
puurida tõmmatud detaili laiemasse
ossa tingimusel, et detailil tugevus ei
vähene?

Arvestama peab detaili
geomeetria muutustest
tulenevat
pingekontsentratsiooni

2. Detaili tugevus enne ava puurimist

2.1. Madalama osa tõmbepinge avaldis

Ühtlaselt tõmmatud detail



Detail on ühtlaselt tõmmatud



Kõikide ristlõigete sisejõud

$$N = F$$

Madalama osa tõmbepinge

$$\sigma_N^{(h1)} = \frac{N}{A^{(h1)}} = \frac{F}{h_1 s} = \frac{F}{0,04 \cdot s} = 25 \frac{F}{s}$$

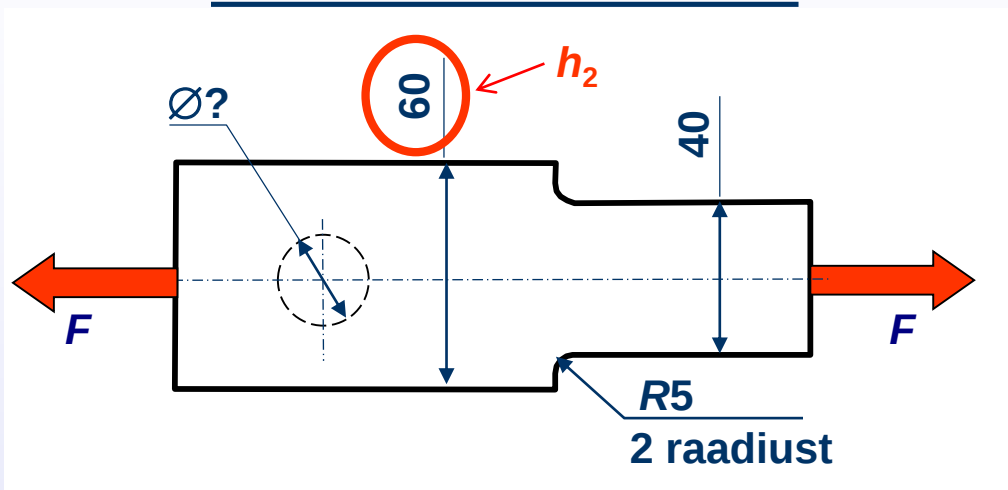
Madalama osa ristlõike pindala

Detaili paksus

Detaili madalama osa kõrgus

2.2. Kõrgema osa tõmbepinge avaldis

Ühtlaselt tõmmatud detail



Detail on ühtlaselt tõmmatud



Kõikide ristlõigete sisejõud

$$N = F$$

Kõrgema osa tõmbepinge

$$\sigma_N^{(h2)} = \frac{N}{A^{(h2)}} = \frac{F}{h_2 s} = \frac{F}{0,06 \cdot s} = 16,67 \frac{F}{s} \approx \underline{16,7 \frac{F}{s}}$$

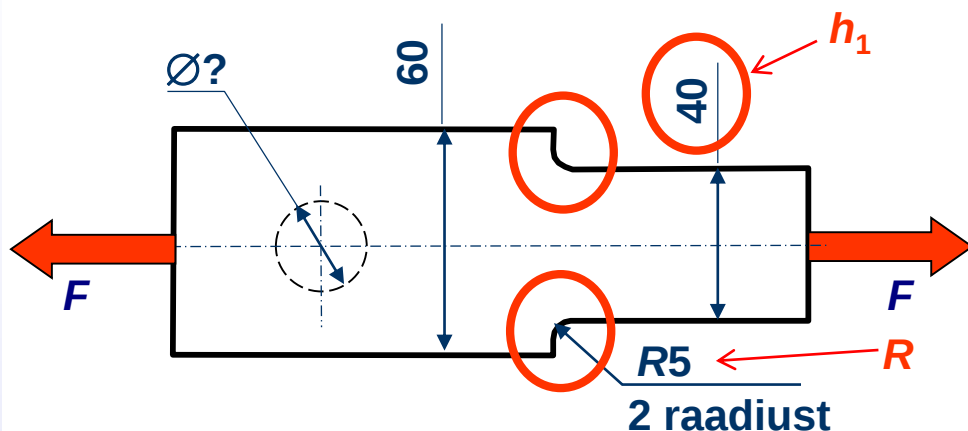
Kõrgema osa ristlõike pindala

Detaili paksus

Detaili kõrgema osa kõrgus

2.3. Astmete kohaliku tõmbepinge avaldis (1)

Ühtlaselt tõmmatud detail



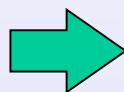
Detail on ühtlaselt tõmmatud



Kõikide ristlõigete sisejõud

$$N = F$$

Aste = pingekontsentraator



Geomeetria järsu muutuse tõttu on pingete väärtused seal suuremad, kui detaili madalamas osas

Astme piirkonna suurim tõmbepinge

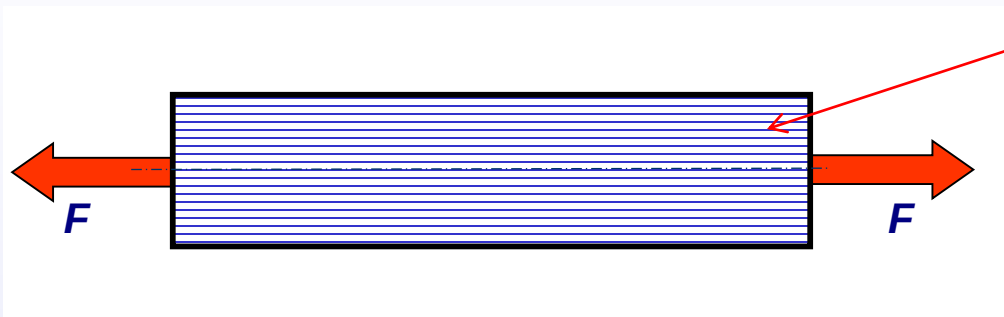
$$\sigma_N^{(R)} = K \sigma_N^{(h1)} = 25 \frac{F}{S} K$$

Astme pingekontsentratsioonitegur pikk

Astmega ristlõike nimipinge

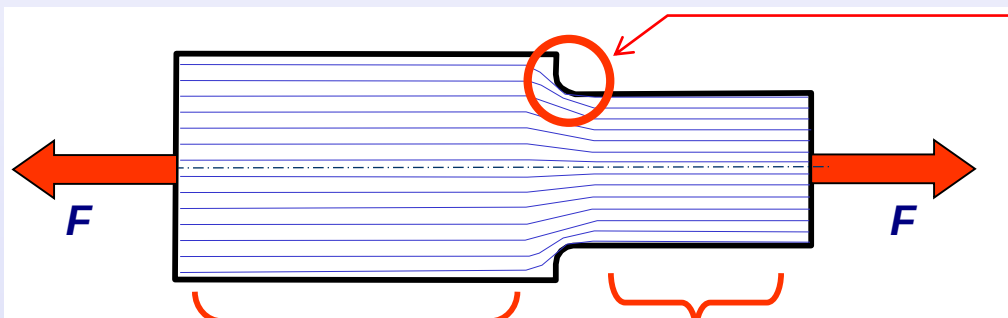
2.3. Astmete kohaliku tõmbepinge avaldis (2)

Ilma pingekontsentratorita detail



Kõik materajli kiud on võrdselt koormatud
Sisejõu tihedus on ühtlane

Pingekontsentratoriga detail



Kõik materajli kiud on võrdselt koormatud
Sisejõu tihedus on ühtlane

Kõik materajli kiud on võrdselt koormatud
Sisejõu tihedus on lokaalselt SUURENENUD

Pinge on suurenenud

Kõik materajli kiud on võrdselt koormatud
Sisejõu tihedus on ühtlane

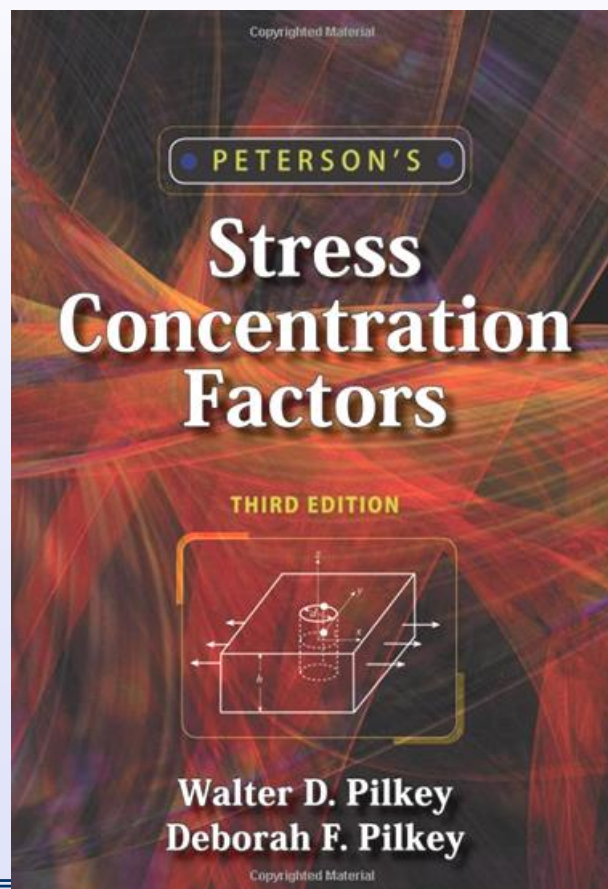
2.3.1 Astme pingekontsentratsioonitegur (1)

Pingekontsentratsioonitegurite
väärtused saadakse käsiraamatutest

Antud detaili kuju jaoks

Antud pingekontsetraatori kuju jaoks

Antud tööseisundi jaoks



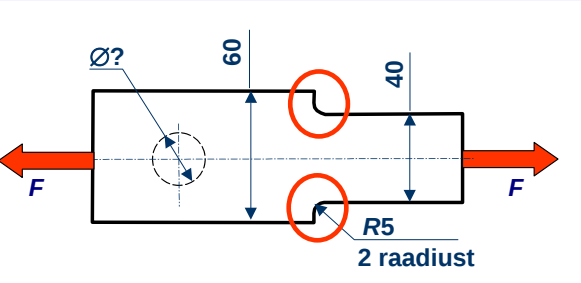
Title:	Peterson's Stress Concentration Factors (3rd Edition)
Publisher:	John Wiley & Sons
Copyright / Pub. Date:	© 2008
ISBN:	978-0-470-04824-5
Electronic ISBN:	978-1-60119-834-1
No. Pages:	541
Author/Editor:	By: Pilkey, Walter D.; Pilkey, Deborah F.
Knovel Release Date:	Jun 17, 2009
Knovel Subject Area(s):	Mechanics & Mechanical Engineering
Description:	Peterson's Stress Concentration Factors establishes and maintains a system of data classification for all of the applications of stress and strain analysis and expedites their synthesis into CAD applications. Substantially revised and completely updated, this book presents stress concentration factors both graphically and with formulas. 251 stress concentration and other important graphs in this title have been made interactive using Graph Digitizer.

2.3.1 Astme pingekontsentratsioonitegur (2)

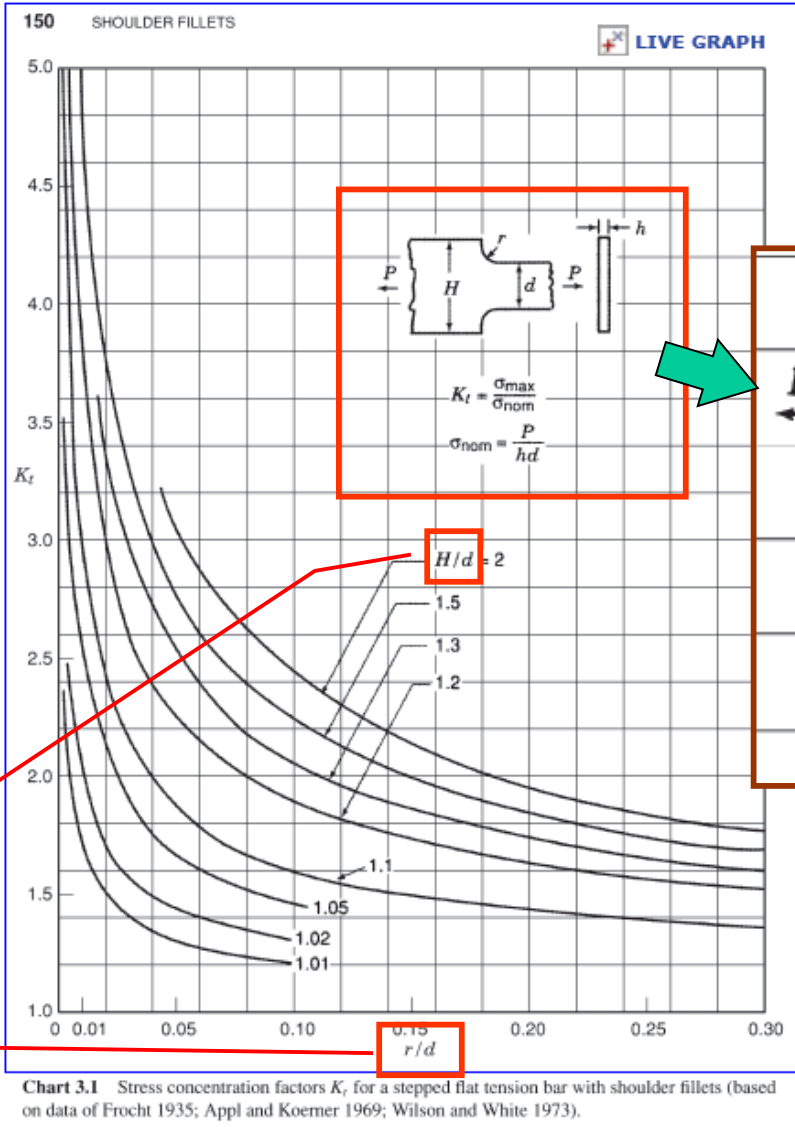
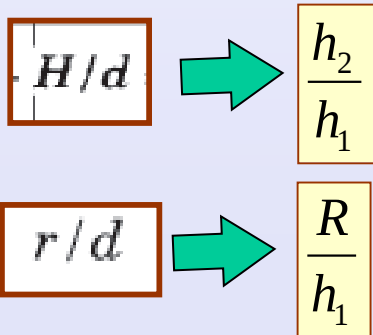
Detaili kuju = PLAAT

Pingekontsentratori kuju = ASTE

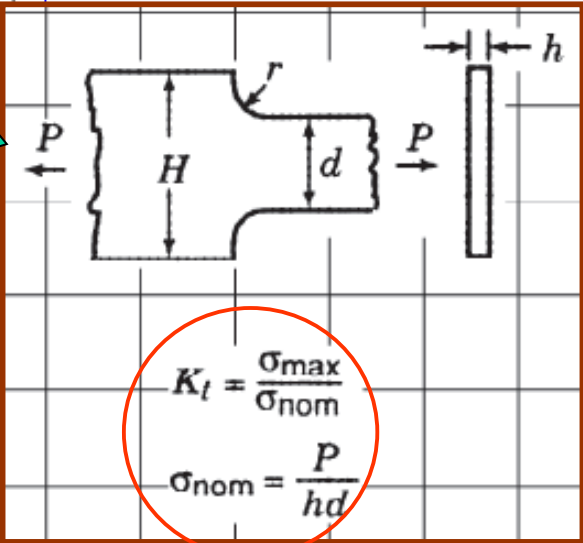
Tööseisund = PIKE



Olulised muutujad

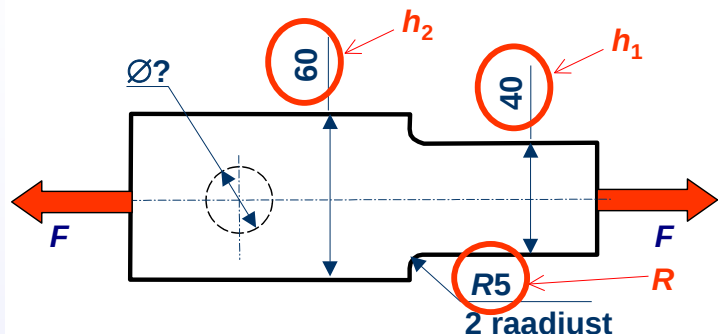


Astmetega plaadi pike



Kontsentratsiooniteguri kasutamise viis

2.3.1 Astme pingekontsentratsioonitegur (3)



Olulised muutujad

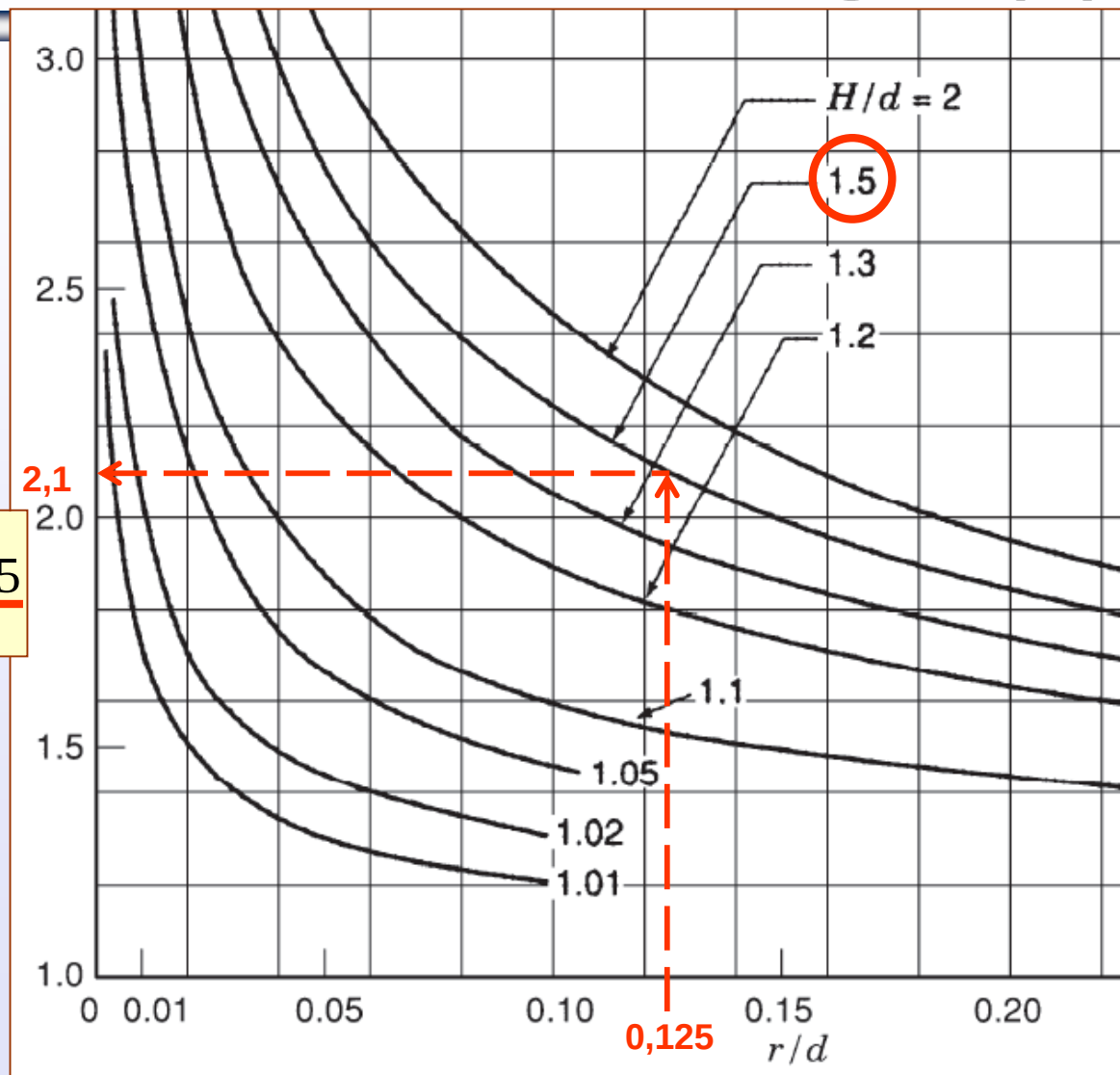
$$\frac{H}{d} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{60}{40} = \underline{1,5} \quad \frac{r}{d} = \frac{R}{h_1} = \frac{5}{40} = \underline{0,125}$$

Pingekontsentratsioonitegur

$$K = 2,1$$

Astmega plaadile pikkel

Vajaduse korral tuleb kasutada
interpoleerimist



2.3.2 Kohalik tõmbepinge astmetel

Astme piirkonna suurim tõmbepinge

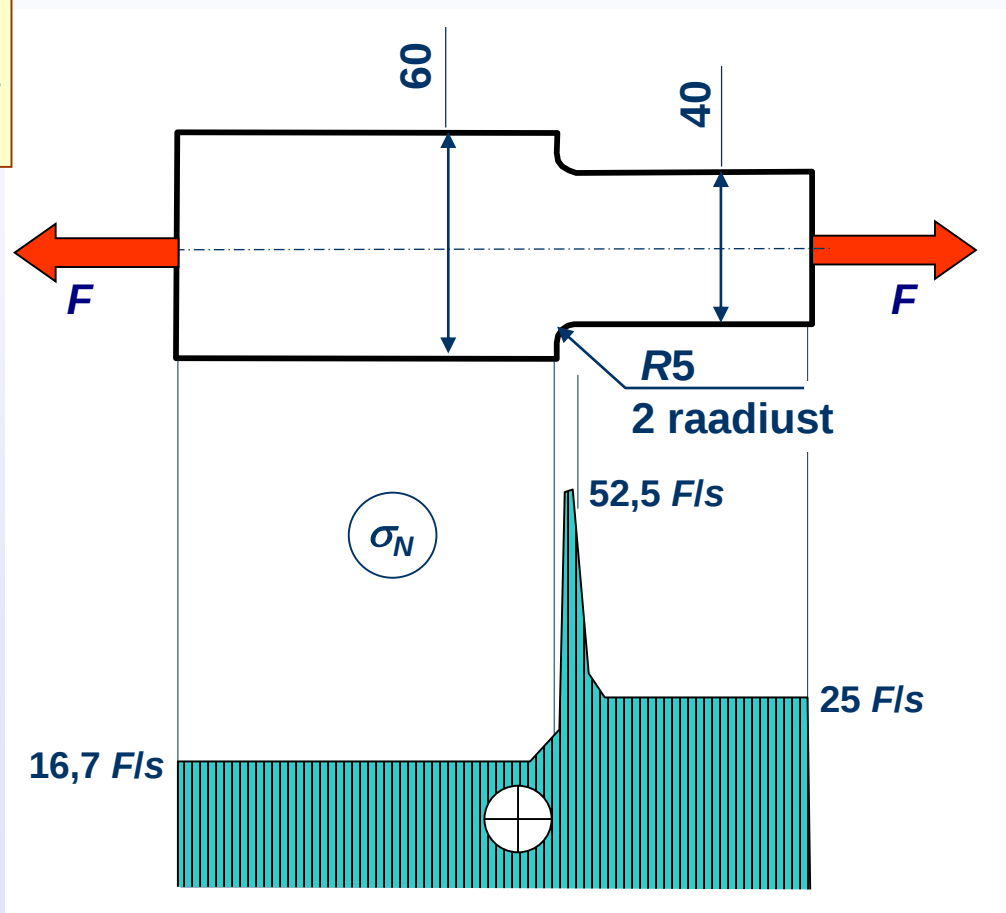
$$\sigma_N^{(R)} = 25 \frac{F}{s} K = 25 \cdot \frac{F}{s} \cdot 2,1 = 52,5 \frac{F}{s}$$

Mida järsem on geomeetria muutus, seda suurem on pingekontsentratsioon



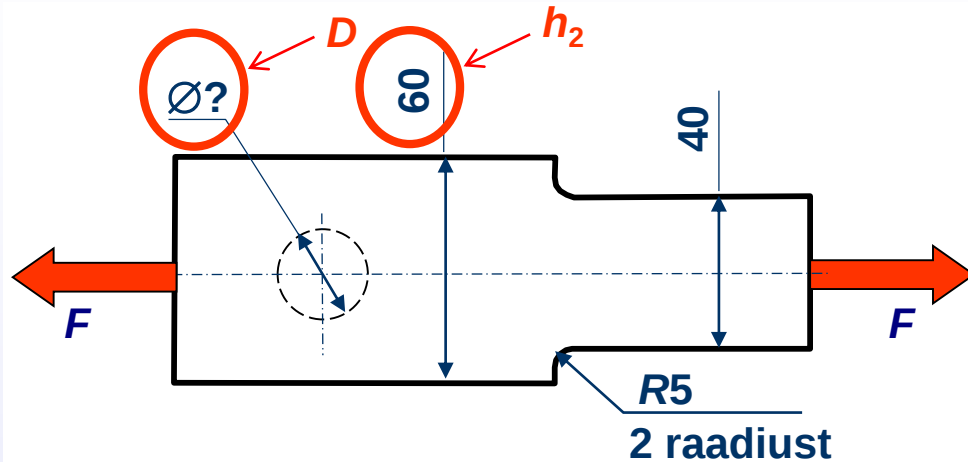
Detailide konstrueerimisel tuleb kõik geomeetria muutused näha ette võimalikult sujuvad

Detaili ristlõike kohalike pikkepingete epüür



3. Avaga detaili tugevus

3.1. Ava tugevustingimus



Puuritav ava on pingekontsentraator

Ava läbimõõt peab tagama, et detaili tugevus ei väheneks

Detaili tugevuse kriteerium

Geomeetria muutuste tulemusena ei tohi tõmbepinge kusagil ületada väärtust 52,5 F/s

Ava tugevustingimus

$$\sigma_N^{(D)} = \frac{N}{A^{(D)}} K = \frac{F}{(h_2 - D)s} K = \frac{F}{(0,06 - D) \cdot s} K \leq 52,5 \frac{F}{s}$$

Avaga ristlõike NETOpindala
Avaga ristlõike kohalik pinge

Plaadi paksus

Ava pingekontsentratsioonitegur pikkel

$$\frac{K}{(0,06 - D)} \leq 52,5$$

Ava läbimõõt

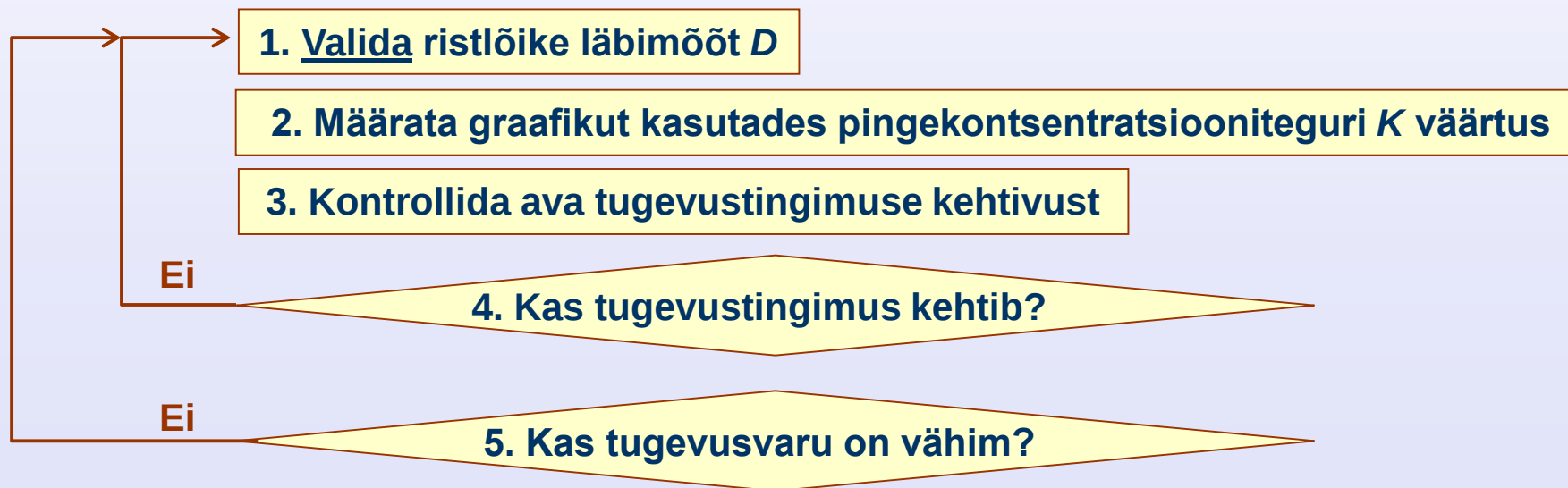
3.2. Ava läbimõõdu arvutuse metoodika

Ava tugevustingimus

$$\frac{K}{(0,06 - D)} \leq 52,5$$

See võrratus ei ole analüütiliselt lahendatav, kui seos K ja D vahel ei ole teada

Lahendada võrratus “proovimise” teel pingekontsentratsiooniteguri graafikuid kasutades



3.3. Ava pingekontsentratsioonitegurid

Detaili kuju = PLAAT

Pingekontsentratsiooni kuju = AVA plaadi sümmeetriateljel

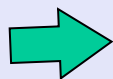
Tööseisund = PIKE

Netopindala järgi

$$\sigma_{\max} = K_{tn} \frac{N}{(H-d)h}$$

Oluline muutuja

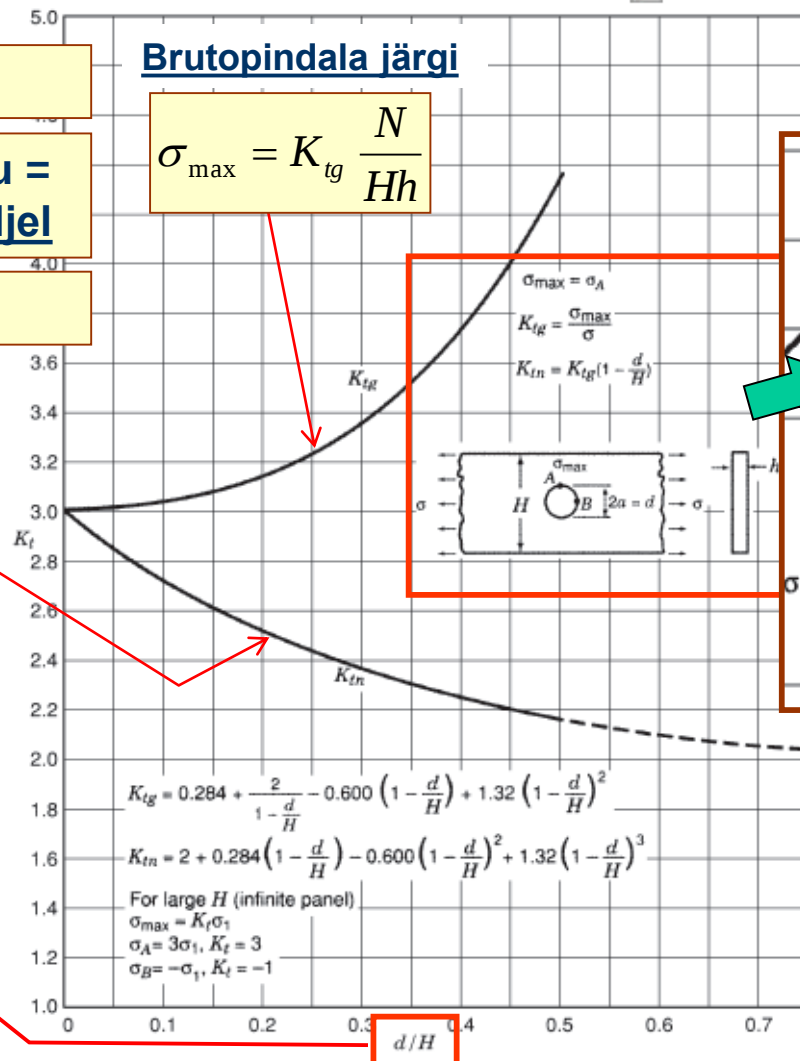
$$d/H$$



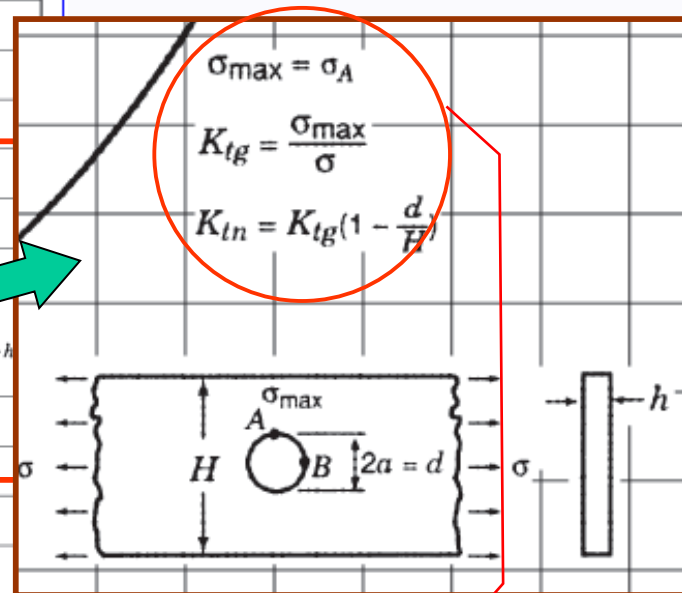
$$\frac{D}{h_2}$$

Brutopindala järgi

$$\sigma_{\max} = K_{tg} \frac{N}{Hh}$$



Avaga plaadi pike

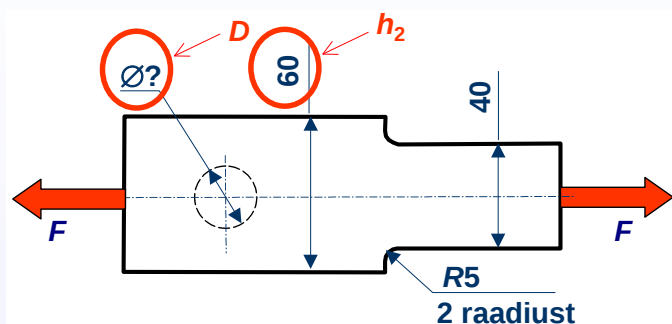


Kontsentratsioonitegurite kasutamise viisid

NB! Alati tuleb tuvastada nimipinge arvutamise viis

Chart 4.1 Stress concentration factors K_{tg} and K_{tn} for the tension of a finite-width thin element with a circular hole (Howland 1929–30).

3.4. Ava $D = 30$ mm tugevuskontroll (1)



Oluline muutuja

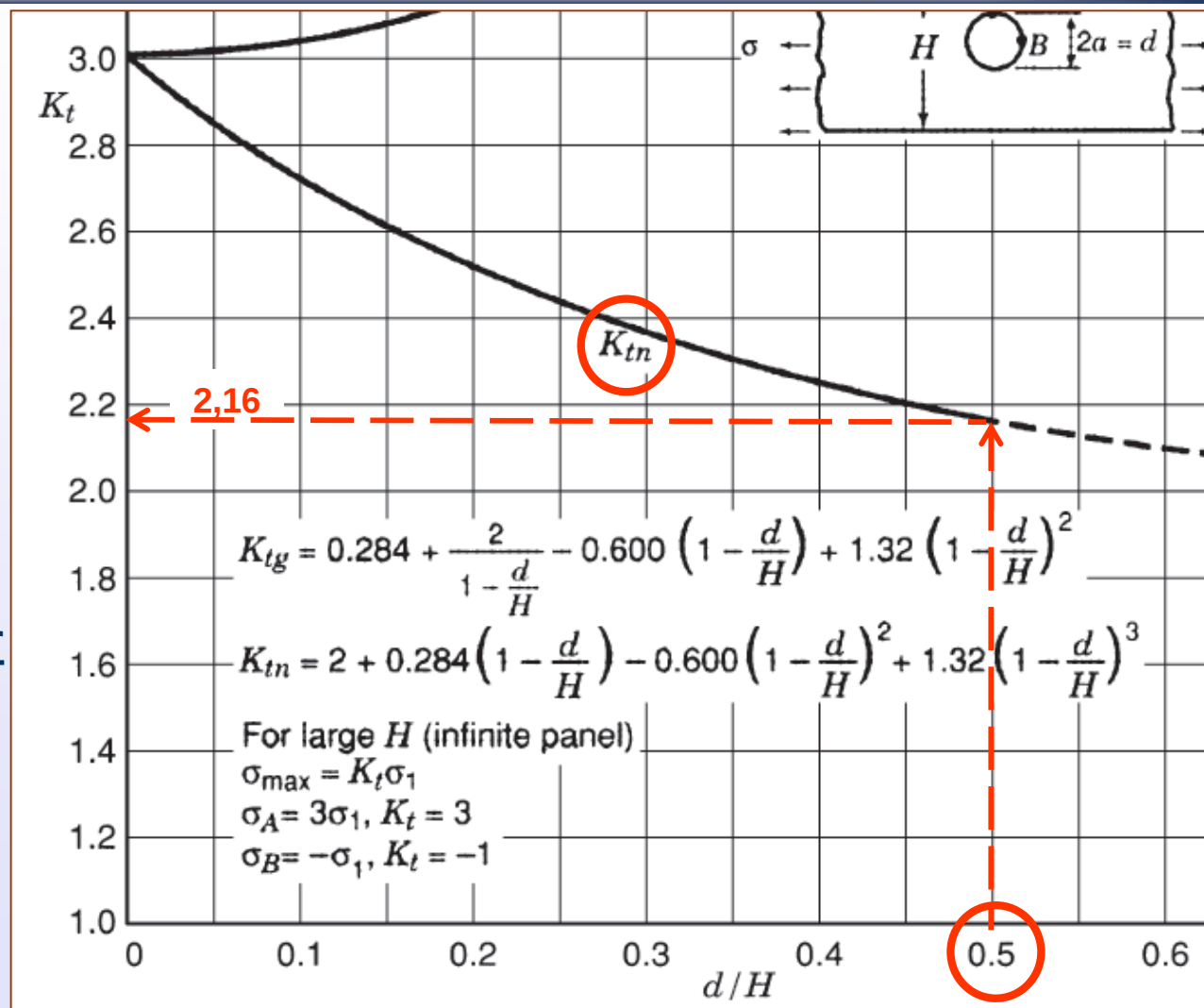
$$\frac{d}{H} = \frac{D}{h_2} = \frac{30}{60} = \underline{0,5}$$

Pingekontsentratsioonitegur

$$K = K_{tn} = 2,16$$

Avaga plaadile pikkel

Nimipinge arvutatakse
netopindala järgi



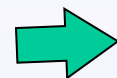
3.4. Ava $D = 30$ mm tugevuskontroll (2)

Avaga ristlõike kohalik pinge netopindala järgi

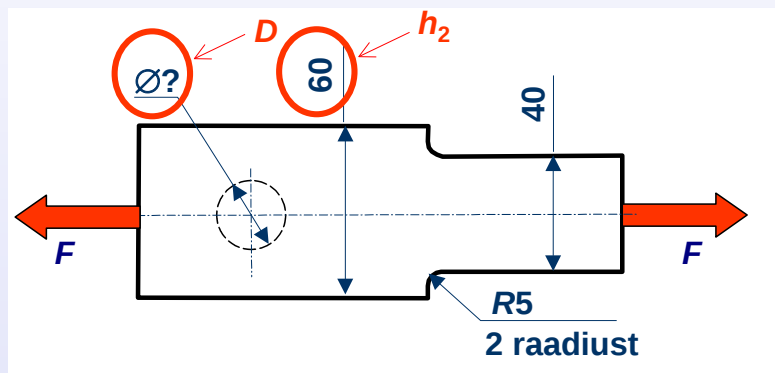
$$D = 30 \text{ mm} = 0,03 \text{ m}$$

$$K = 2,16$$

$$\sigma_{\max} = K_{tn} \frac{N}{(H - d)h}$$



$$\sigma_{\max} = K \frac{F}{(h_2 - D)s}$$



Avaga ristlõike tugevuskontroll

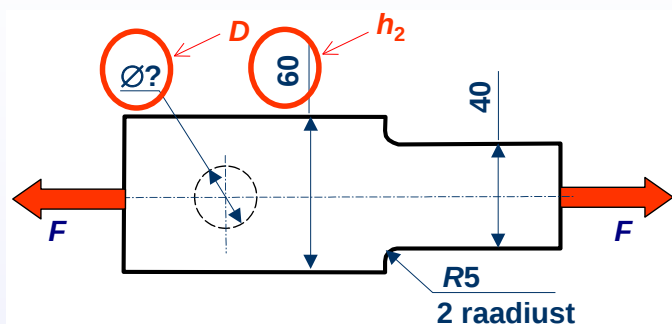
$$\frac{K}{(0,06 - D)} = \frac{2,16}{(0,06 - 0,03)} = \underline{72 > 52,5}$$



Ava $\varnothing 30$ korral detaili tugevus pikkel EI OLE piisav

Ava läbimõõt peab olema väiksem, kui 30 mm

3.5. Ava $D = 15$ mm tugevuskontroll (1)



Oluline muutuja

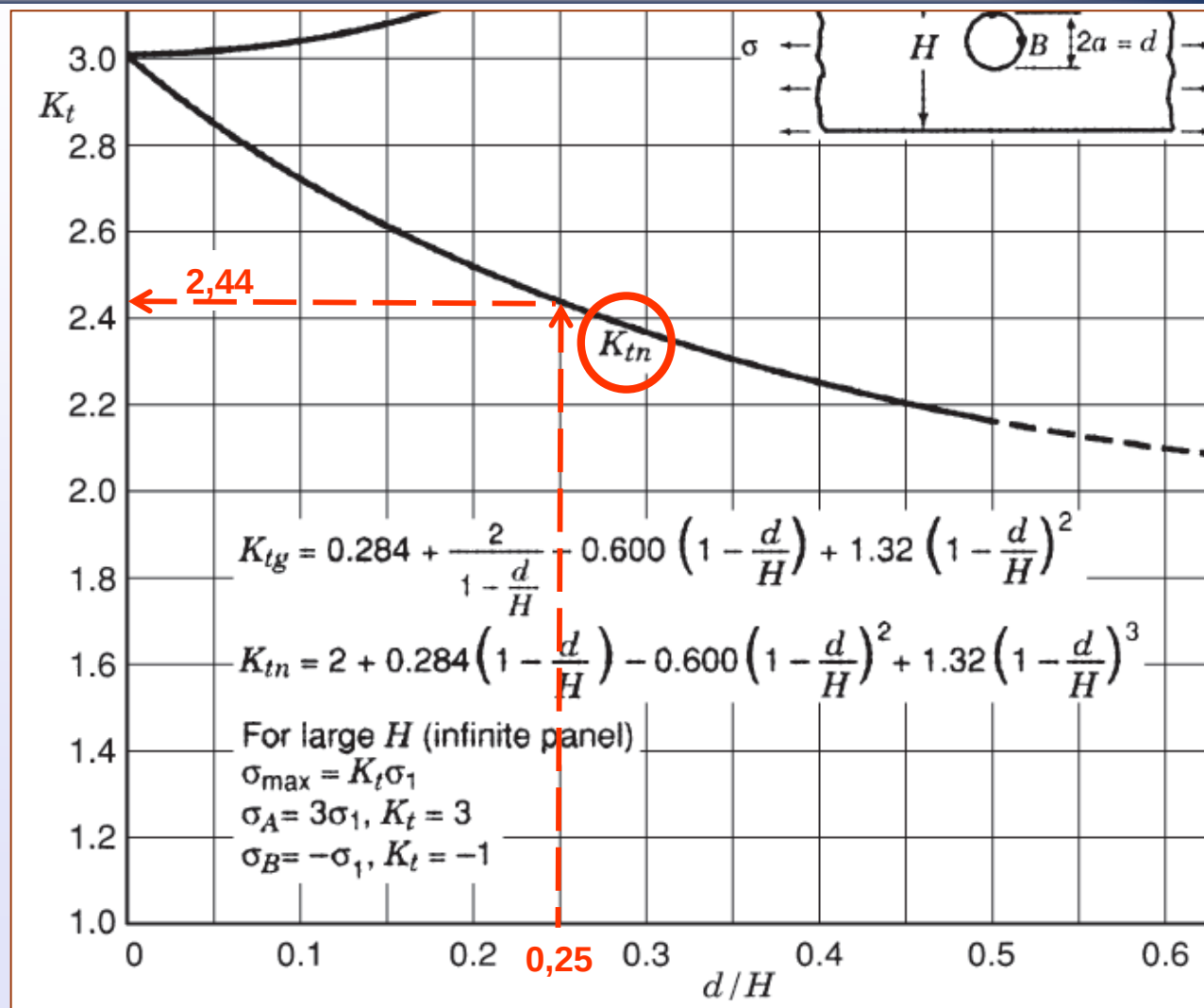
$$\frac{d}{H} = \frac{D}{h_2} = \frac{15}{60} = \underline{0,25}$$

Pingekontsentratsioonitegur

$$K = K_{tn} = 2,44$$

Avaga plaadile pikkel

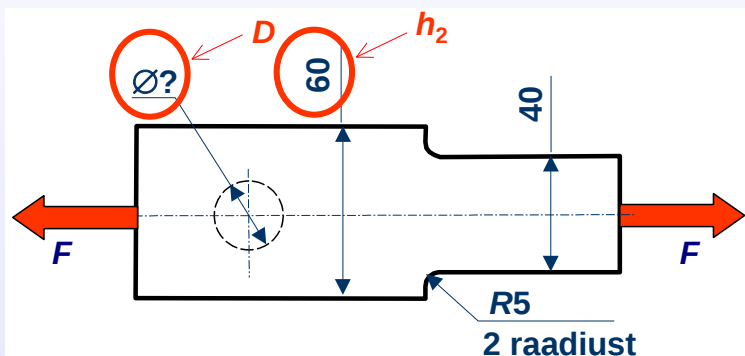
Nimipinge arvutatakse
netopindala järgi



3.5. Ava $D = 15$ mm tugevuskontroll (2)

$$D = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$$

$$K = 2,44$$



Avaga ristlõike tugevuskontroll

$$\frac{K}{(0,06 - D)} = \frac{2,44}{(0,06 - 0,015)} = 54,22 \approx \underline{54,2} > 52,5$$

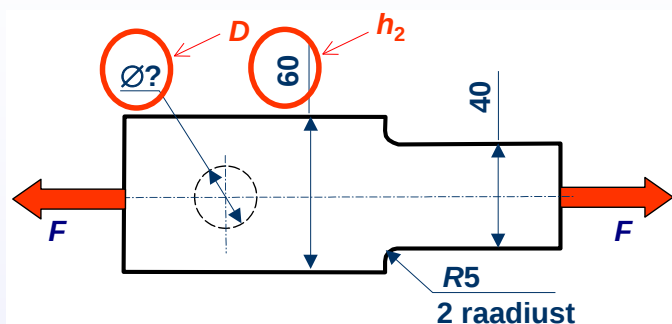


Ava $\varnothing 15$ korral detaili tugevus pikkul
EI OLE piisav

Ava läbimõõt peab olema väiksem, kui 15 mm

NB! Ava läbimõõtu vähendades nimipinge väärtus väheneb (sest detaili netopindala suureneb), kuid pingekontsentratsiooniteguri väärtus suureneb

3.6. Ava $D = 10$ mm tugevuskontroll (1)



Oluline muutuja

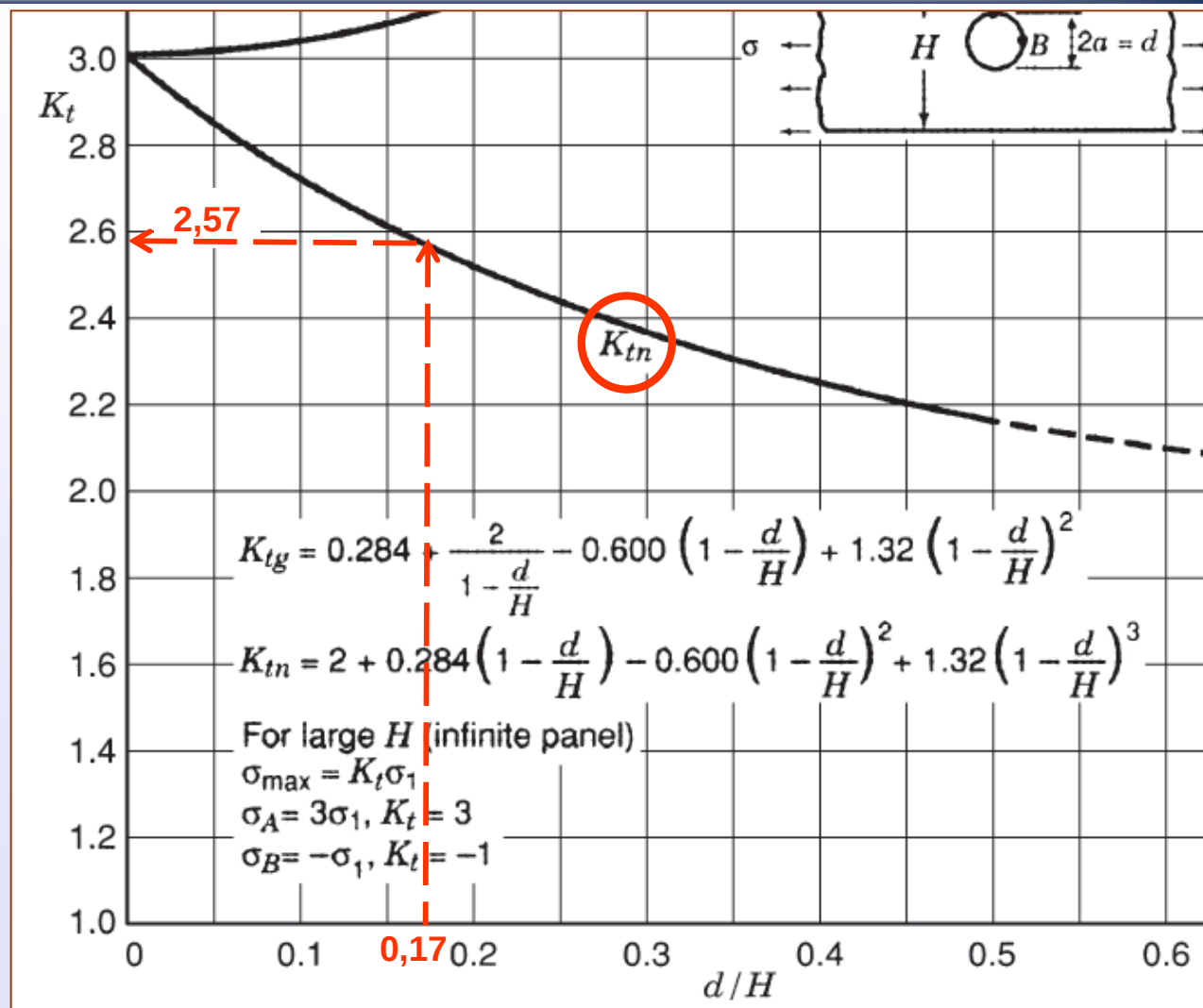
$$\frac{d}{H} = \frac{D}{h_2} = \frac{10}{60} = 0,166 \approx \underline{0,17}$$

Pingekontsentratsioonitegur

$$K = K_{tn} = 2,57$$

Avaga plaadile pikkel

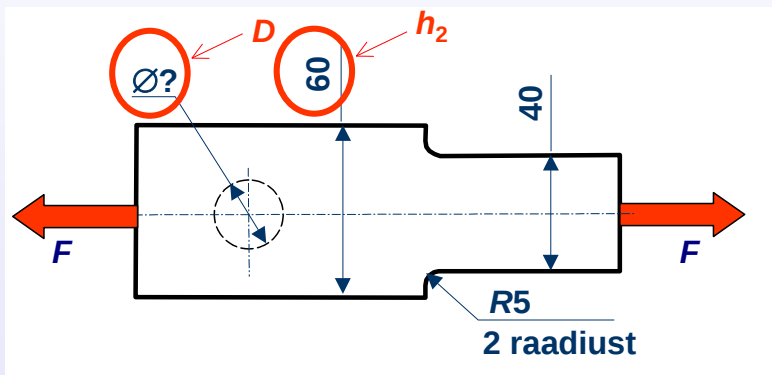
Nimipinge arvutatakse
netopindala järgi



3.6. Ava $D = 10$ mm tugevuskontroll (2)

$$D = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

$$K = 2,57$$



Avaga ristlõike tugevuskontroll

$$\frac{K}{(0,06 - D)} = \frac{2,57}{(0,06 - 0,01)} = \underline{51,4 \leq 52,5}$$



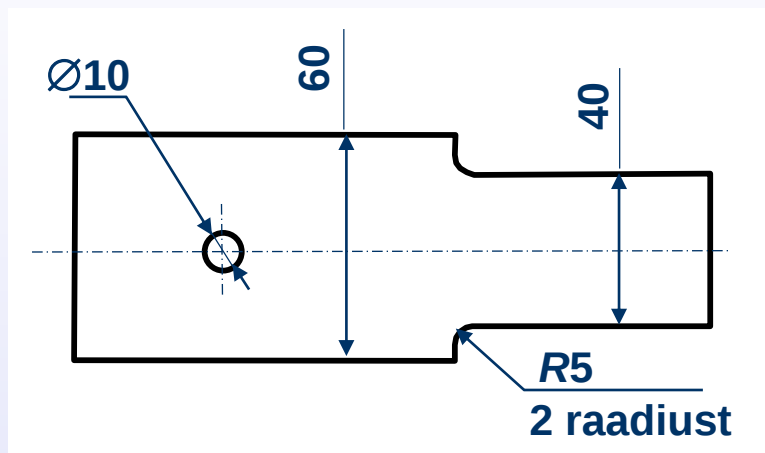
Ava $\varnothing 105$ korral detaili tugevus pikkel
ON piisav

Lisa-tugevusvaru on $(52,5 - 51,4)/52,5 = 0,02$ ehk 2 %, ava läbimõõdu 10 mm võib lugeda optimaalseks

Ava läbimõõt peab olema 10 mm või väiksem

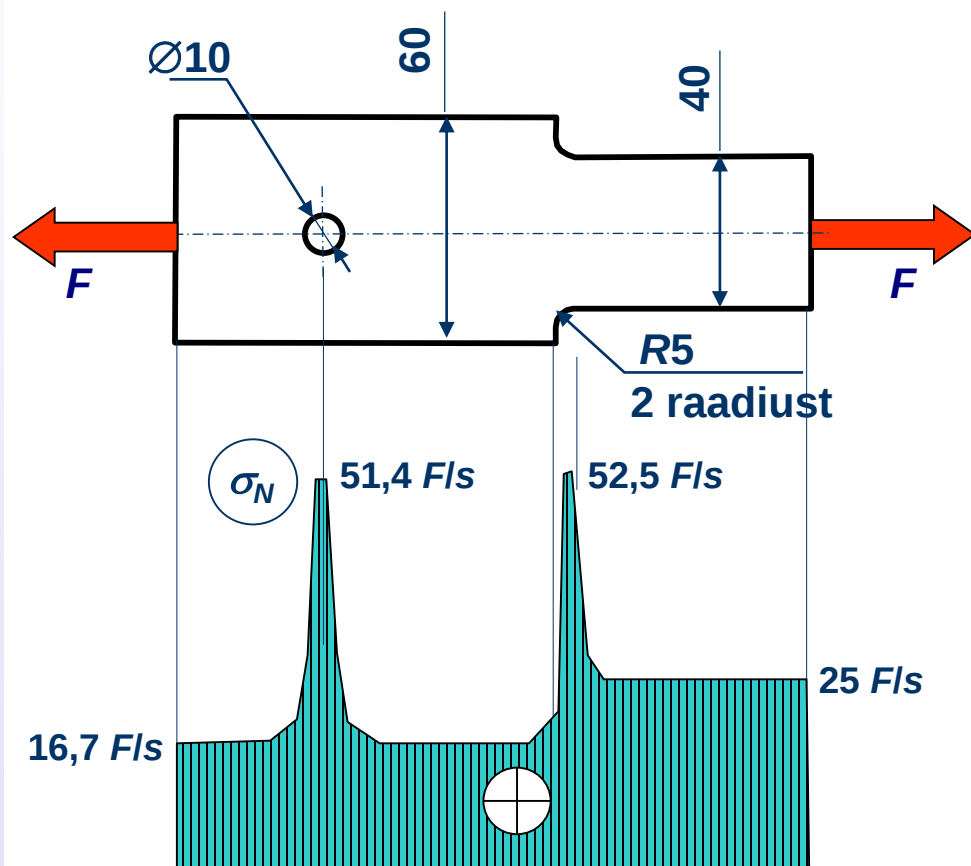
4. Tulemus

Topeltastmega ja avaga plaat



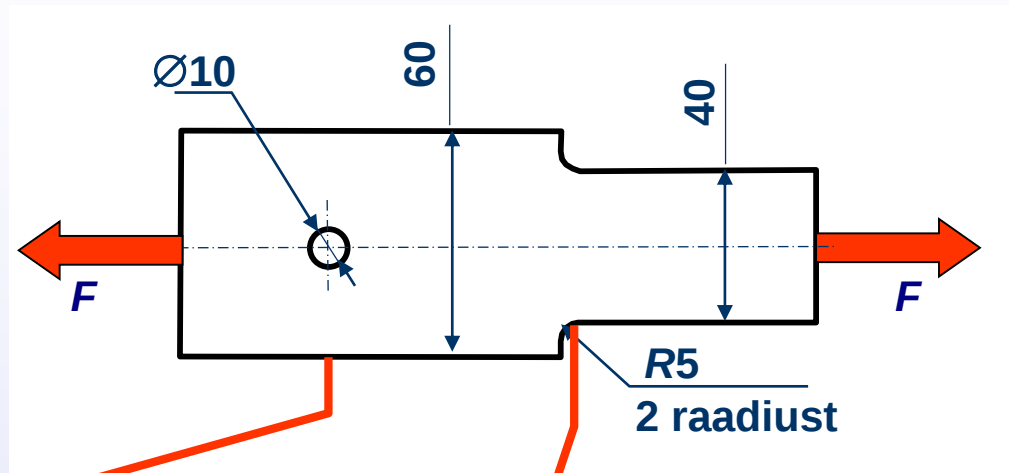
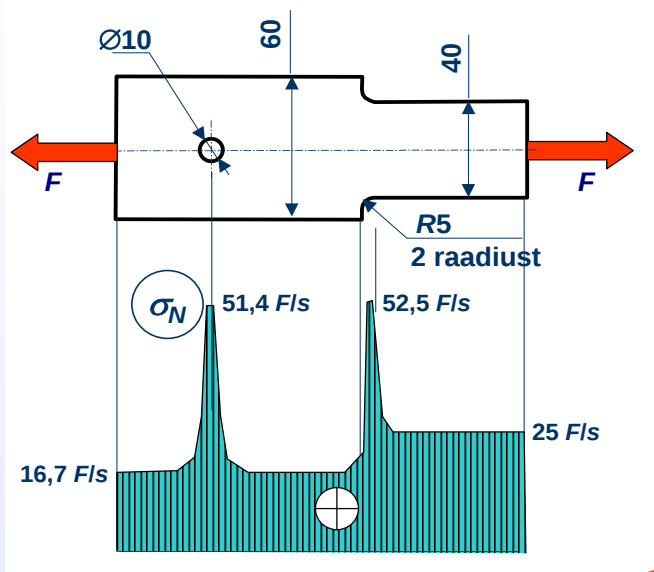
Tõmmatud detaili laiemasse ossa
võib ohutult puurida ava
läbimõõduga 10 mm või vähem

Detaili ristlõike kohalike pikkepingete epüür

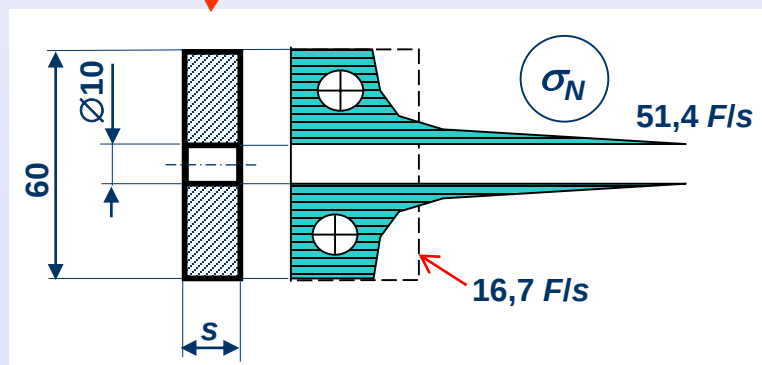


Ristlõigete kohalikud pinged

Detaili ristlõike kohalike pikkepingete epüür



Avaga ristlõige



Topeltastmega ristlõige

