

Vello Otsmaa. Betoonkonstruktsioonide arvutamine.  
Tallinna Tehnikaülikool. Eesti Betooniühing. 2021

## NORMAALLÕIKE KANDEVÕIME DIAGRAMMID

Surutud ja/või painutatud betoonelemendi normaallõike arvutusliku kandevõime määramiseks saab kasutada kolme Exceli arvutustabeliga koostatud diagrammi.

### 1. Ristkülikristlõike üldjuhuse kandevõime $N$ - $M$ diagramm (PB\_Ristkylik\_01.xlsx)

Diagramm (joonis 1) on kasutatav raud- või pingebetoonelemendi ristkülikulise normaallõike kandevõime määramiseks.

### 2. Raudbetoonelemendi ristkülikristlõike kandevõime $N$ - $M$ diagramm (RB\_Ristkylik\_01.xlsx)

Diagramm (joonis 2) on kasutatav raudbetoonelemendi ristkülikulise normaallõike kandevõime määramiseks juhul, kui pikiarmatuur paikneb ristlõike kõrguses kuni neljal tasemel.

### 3. Ümarristlõike kandevõime $N$ - $M$ diagramm (RB\_Ymar\_02.xlsx)

Diagramm (joonis 3) on kasutatav raudbetoonelemendi ümarristlõike kandevõime määramiseks.

Arvutustabelite ja saadud tulemuste kasutamine praktilisel projekteerimisel eeldab häid erialaseid teadmisi käsitletavas valdkonnas. Arvutustabelite koostajad ei vastuta tabelite kasutamisest tuleneda võivate otsuste või kaudsete kahjude eest.

## Arvutuseeldused

Normaallõike kandevõime määratakse standardi EVS-EN 1992-1-1 jaotise 6.1 ja punkti 3.1.7 (3) ning raamatu „Betoonkonstruktsioonide arvutamine“ (edaspidi /BK/) jaotise 6.2.1 järgi, lähtudes ristlõike kandepiirteisundis järgmistest eeldustest:

- betooni survetsooni pingajaotus on ristkülikuline
- survetsooni arvutuskõrgus  $y = \lambda x$ , kus  $x$  on pikideformatsiooniga määratud survetsooni kõrgus
- kui  $y \leq h$ , siis on betooni deformatsioon ristlõike enamsurutud servas  $\varepsilon_{cu3}$
- tsentrilisel surveel on betooni piirdeformatsioon  $\varepsilon_{cu} = 0,0022$
- betooni efektiivne survetugevus on  $\eta f_{cd}$

Parameetrid  $\lambda$  ja  $\eta$  vt /BK/ 6.1.2.3. Eelpingestamata armatuuri arvutuslikuks survetugevuseks on võetud  $f_{ycd} = f_{yd}$ , kuid mitte suurem kui  $\varepsilon_{cu} E_s = 440$  MPa.

Kandevõime määramisel loetakse ristlõike normaaljõud kandepiirteisundis rakendatuks ristlõike plastses raskuskeskmes, vt /BK/ jaotis 6.2.1.1 ja punkt 6.2.3.3 (3).

Kandevõime diagramm näitab normaallõike arvutusliku paindekandevõime  $M_{Rd}$  ja arvutusliku survekandevõime  $N_{Rd}$  seost survetsooni kõrguse  $x$  erinevatel väärtustel, vt /BK/ 7.3.2.1.

Antud survetsooni kõrguse  $x$  korral

$$N_{Rd} = \eta f_{cd} A_c + \sum \sigma_{si} A_{si}$$

$$M_{Rd} = \eta f_{cd} S_c + \sum \sigma_{si} A_{si} y_{si}$$

kus

$A_c$	kõrgusega $y$ määratud arvutusliku survetsooni pindala kandepiiriseisundis
$S_c$	pinna $A_c$ staatiline moment ristlõike plastset raskuskeset läbiva telje suhtes
$A_{si}$	plastset raskuskeskmest kaugusel $y_{si}$ paikneva pinge- või eelpingestamata armatuuri ristlõikepindala
$\sigma_{si}$	armatuuri $A_{si}$ pinge normaallõike kandepiiriseisundis

## Sisestatavad lähteandmed

### Betooni ja armatuuri karakteristikud

*Betoon::*

$C$	tugevusklass
$\gamma_C$	tugevuse osavarutegur
$\alpha_{cc}$	koormustegur

Eestis EVS-EN 1992-1-2 NA järgi üldjuhul  $\gamma_C = 1,5$  ja  $\alpha_{cc} = 1,0$ . Vajaduse korral võib nende tegurite väärtust muuta, vt standard EN 1992-1-2 jaotised 2.4.2.4 ja 3.1.6.

Kui vaadeldava raudbetoonelemendi normsurvetugevus  $f_{ck,r}$  erineb standardikohasele tugevusklassile vastavast normtugevusest  $f_{ck}$ , siis võib seda arvesse võtta, asendades teguri  $\alpha_{cc}$  tegeliku väärtuse tingliku väärtusega  $\alpha_{cc,r} = \alpha_{cc} \cdot (f_{ck,r}/f_{ck})$ .

*Armatuurteras:*

$f_{yd}$	arvutuslik voolavustugevus
$E_s$	elastsusmoodul

*Pingestusteras:*

$f_{pd}$	arvutuslik tõmbetugevus
$E_p$	elastsusmoodul
$\sigma_{pm}$	pingearmatuuri $A_p$ eelpinge
$\sigma_{p2m}$	pingearmatuuri $A_{p2}$ eelpinge

### Ristlõike mõõtmed, armatuuri kogus ja paiknemine

#### 1. Ristkülikristlõike üldjuhuse kandevõime $N$ - $M$ diagramm

*Ristlõike mõõtmed:*

$h$	kõrgus
$b$	laius

*Eelpingestamata armatuur:*

$A_{s1}$	ristlõikepindala tõmmatud (vähemsurutud) tsoonis
$A_{s2}$	ristlõikepindala surutud (enamsurutud) tsoonis
$a_{s1}$	armatuuri $A_{s1}$ kaugus tõmmatud (vähemsurutud) pinnast
$a_{s2}$	armatuuri $A_{s2}$ kaugus surutud (enamsurutud) pinnast

*Pingearmatuur:*

$A_p$	ristlõikepindala tõmmatud (vähemsurutud) tsoonis
$A_{p2}$	ristlõikepindala surutud (enamsurutud) tsoonis
$a_p$	armatuuri $A_{p1}$ kaugus tõmmatud (vähemsurutud) pinnast
$a_{p2}$	armatuuri $A_{p2}$ kaugus surutud (enamsurutud) pinnast

Raudbetoonristlõikel  $A_p = A_{p2} = 0$ .

Kaugused  $a_{s1}$ ,  $a_{s2}$ ,  $a_p$  ja  $a_{p2}$  peavad tagama armatuurile nõutava betoonkaitsekihi.

#### 2. Raudbetoonelemendi ristkülikristlõike kandevõime $N$ - $M$ diagramm

*Ristlõike mõõtmed ja armeering:*

$h$	ristlõike kõrgus
$b$	ristlõike laius
$A_{si}$	samal tasemel paikneva armatuuri ristlõikepindala, kus $i = 1 \dots 4$

$d_i$  armatuuri  $A_{si}$  kaugus ristlõike enamsurutud välispinnast

Armatuuril peab olema tagatud nõutav betoonkaitsekiht.

### 3. Ümarristlõike kandevõime $N$ - $M$ diagramm

Ristlõike mõõtmed ja armeering:

- $D$  betoonristlõike läbimõõt
- $a_s$  armatuurvarda tsentri kaugus betooni välispinnast
- $\emptyset$  armatuurvarda läbimõõt
- $n$  armatuurvarraste arv ristlõikes (minimaalselt 6 varrast)

Kaugus  $a_s$  peab tagama armatuurile nõutava betoonkaitsekihi.

### Kandevõime määramine

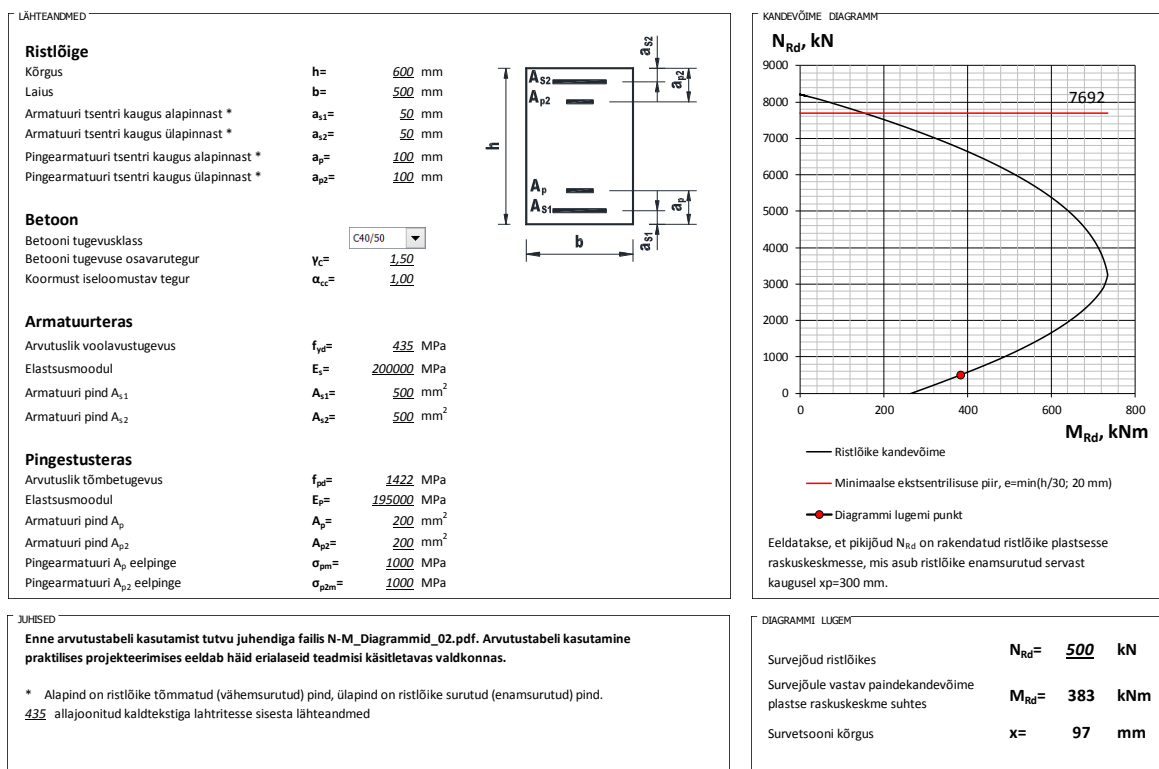
Pärast lähteandmete sisestamist kuvatakse paindekandevõime  $M_{Rd}$  ja survekandevõime  $N_{Rd}$  seost esitav diagramm. Diagrammil näidatakse ka EVS-EN 1992-1-1 poolt antud minimaalsele ekstsentrilisusele  $e_{0,min} = \min\{h/30; 20 \text{ mm}\}$  vastav arvutuslik normaaljõud  $N_{Rd,max}$  ja ristlõike plastse raskuskeskme kaugus enamsurutud servast  $x_p$ .

Sisestades diagrammile normaaljõu  $N_{Rd}$  väärtuse, kuvatakse sellele vastav paindemoment  $M_{Rd}$ , survetsooni kõrgus  $x$  ja näidatakse graafikul piirsisejõududega  $M_{Rd}$  ja  $N_{Rd}$  määratud punkti asukoht.

Arvutusliku paindemomendi  $M_{Ed}$  ja normaaljõu  $N_{Ed}$  korral on normaallõike kandevõime tagatud kui samaaegselt on rahuldatud tingimused

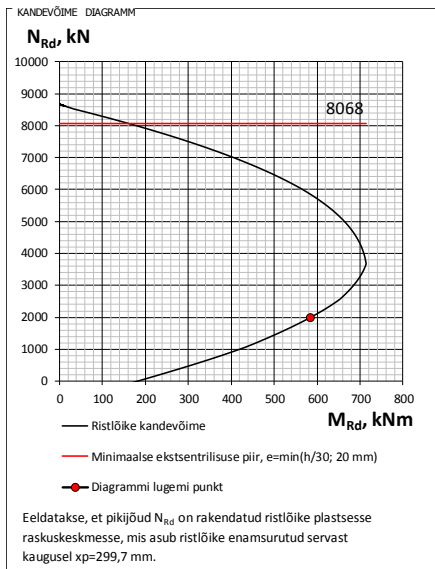
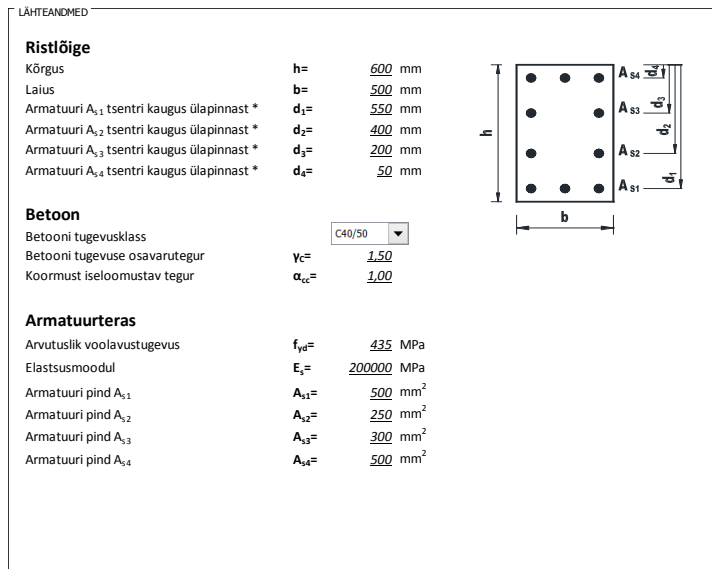
$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \text{ ja } M_{Ed} \leq M_{Rd}.$$

#### Ristkülikristlõike üldjuhuse kandevõime $N$ - $M$ diagramm



Joonis 1

### Raudbetoonelemendi ristkülikristlõike kandevõime N-M diagramm



JUHISED

Enne arvutustabeli kasutamist tutvuge juhendiga failis N-M\_Diagrammid\_02.pdf. Arvutustabeli kasutamine praktilises projekteerimises eeldab häid erialaseid teadmisi käsitletavas valdkonnas.

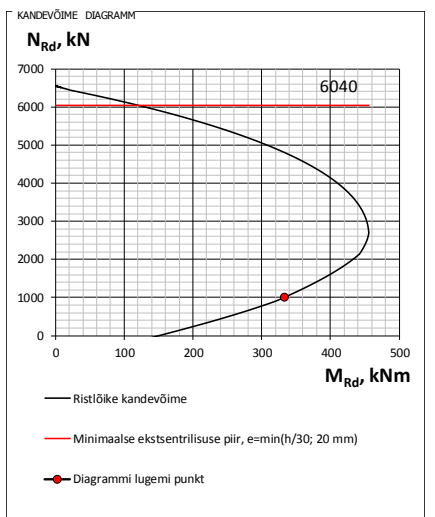
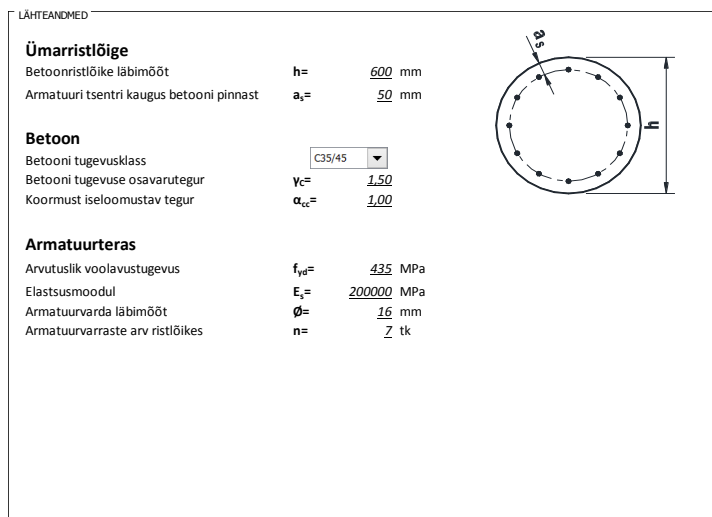
\* Alapind on ristlõike tõmmatud (vähemsurutud) pind, ülalinnast on ristlõike surutud (enamsurutud) pind. 435 allajoonitud kaldtekstiga lahtritesse sisesta lähteandmed.

DIAGRAMMI LUGEM

Survejõud ristlõikes	$N_{Rd} =$	2000 kN
Survejõule vastav paindekandevõime plastse raskuskeskme suhtes	$M_{Rd} =$	585 kNm
Survetsooni kõrgus	$x =$	198 mm

## Joonis 2

### Ümarristlõike kandevõime N-M diagramm



JUHISED

Enne arvutustabeli kasutamist tutvuge juhendiga failis N-M\_Diagrammid\_02.pdf. Arvutustabeli kasutamine praktilises projekteerimises eeldab häid erialaseid teadmisi käsitletavas valdkonnas.

435 allajoonitud kaldtekstiga lahtritesse sisesta lähteandmed

DIAGRAMMI LUGEM

Survejõud ristlõikes	$N_{Rd} =$	1000 kN
Survejõule vastav paindekandevõime	$M_{Rd} =$	333 kNm
Survetsooni kõrgus	$x =$	154 mm

## Joonis 3