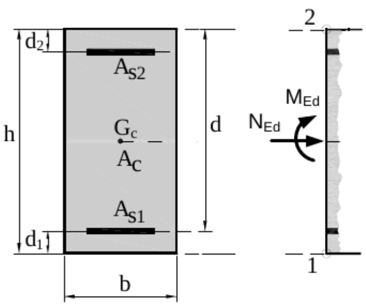
# Python3 скрипте wiki

Технички детаљи функционисања скрипти, стандард је EC2

*За сваку скрипту је потребно познавати геометријске карактеристике пресека нпр, ширину, висину, тежиште затегнуте арматуре итд. Такође је потребно познавати карактеристичну чврстоћу бетона на притисак.*
Такође је потребан и фајл $BetonPodaci.csv$ из које скрипте читају податке везане за марку бетона, узенгије итд, уколико га нема скрипте неће моћи да се покрену.



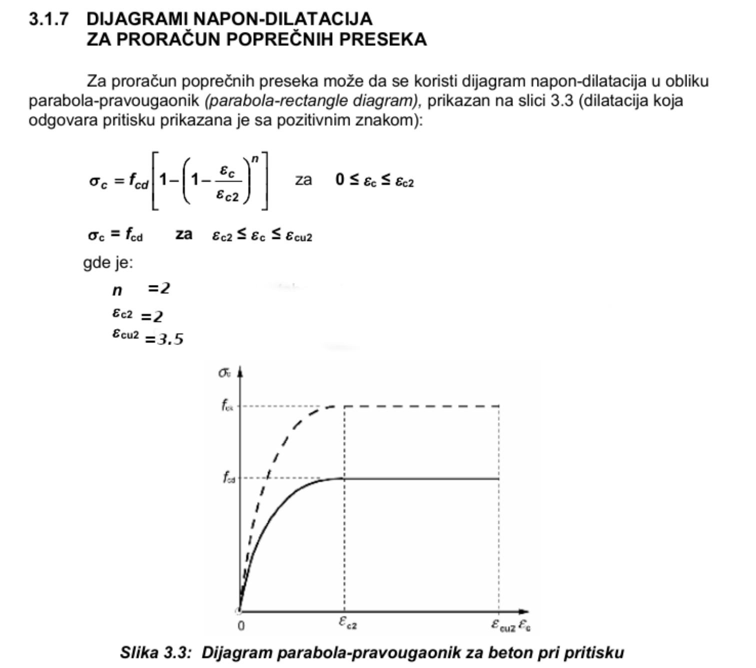

Слика 1: Oznake i konvencija sila

## 1. SlozenoSavijanje.py

Скрипта која рачуна потребну арамтуру за комбиновано напрезање пресека услед аксијалне силе (притиска или затезања) и момента савијања.
Могућности скрипте:

- Прорачун затегнуте арматуре за случај великог ексцентрицитета $\epsilon_{s1} \geq 2.5‰$

  Дилатација у затегнутој арматури се прорачунава аналитички при чему је радни дијаграм бетона на слици 2.



**3.1.7 DIJAGRAMI NAPON-DILATACIJA ZA PRORAČUN POPREČNIH PRESEKA**

Za proračun poprečnih preseka može da se koristi dijagram napon-dilatacija u obliku parabola-pravougaonik *(parabola-rectangle diagram)*, prikazan na slici 3.3 (dilatacija koja odgovara pritisku prikazana je sa pozitivnim znakom):

$$\sigma_c = f_{cd}\left[1-\left(1-\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}}\right)^n\right] \quad \text{za} \quad 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{za} \quad \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

gde je:

$n = 2$
$\varepsilon_{c2} = 2$
$\varepsilon_{cu2} = 3.5$



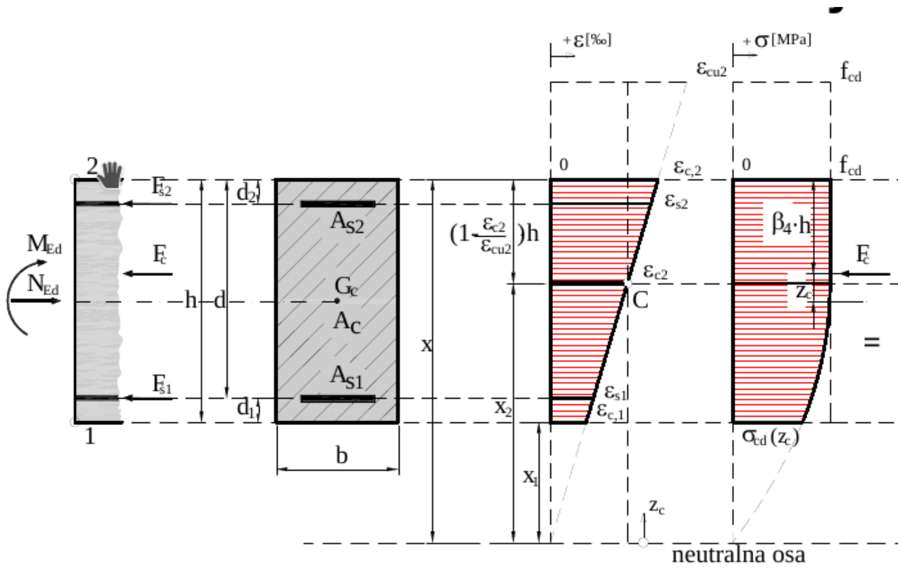
*Slika 3.3: Dijagram parabola-pravougaonik za beton pri pritisku*

Слика 2: Радни дијаграм бетона: Парабола-Права

- Двојно армирање за случај када је дилатација у затегнутој арматури $\epsilon_{s1} < 2.5‰$

- Прорачун арматуре за случај малог ексцентрицитета

  **НАПОМЕНА, ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО:** За случај малог ексцентрицитета скрипта одређује арматуру за случај симетричног дејства момента савијања и то само у случају када је **СВА** арматура у пресеку притиснута, тј модел лома је приказан на слици 3. За сваки случај погледај дијаграме интеракције, јер је могуће да је ово погрешан приступ.




Слика 3: Модел лома за који скрипта ради мали ексцентрицитет

За случајеве када постоји затегнута арматура услед малог ексцентрицитета скрипта ће деловати као да је "забаговала", али само покушава да пронађе равнотежу задовољавајуће тачности а не успева, зауставиће се када прође све итерације по $\epsilon_{c2}$ и избациће да је равнотежа успостављена са великом грешком. У случају обе притиснуте арматуре скрипта брзо проналази равнотежу, итерацијама по $\epsilon_{c2}$ па потом по $A_{s1}$ и коначно по $A_{s2}$ , при чему претходно наведене вредности се крећу у следећим интервалима:

$$\epsilon_{c2} \in (2, 3.5) \quad [‰]$$
$$A_{s1} \in (0, 0.04bh) \quad [cm^2]$$
$$A_{s2} \in (0, 0.04bh) \quad [cm^2]$$

Случајеви када скрипта користи функцију малог ексцентрицитета:

- Скрипта врши прорачун према двојном армирању и површина притиснуте арматуре је већа од површине затегнуте арматуре тј $A_{s2} > A_{s1}$
- Напон на затегнутој ивици је већи од нуле, тј када је прва ивица притиснута: $\sigma_1 > 0$
- Потребна површина арматуре услед комбинованог напрезања је мања од нуле, тј $A_{s1} < 0$ за $N_{Ed} > 0; M_{Ed} \neq 0$
- Грешка равнотоже сила за случај малог ексцентрицитета за коју скрипта избацује резултат:

$$\Delta N = F_{s1} + F_{s2} + F_c - N_{Ed} < 5 \quad [kN]$$
$$\Delta M = F_c(d - \beta_4 h) + F_{s2}(d - d_2) - M_{Ed} - N_{Ed}(h/2 - d_1) < 5 \quad [kNm]$$

- Контрола минималног и максималног процента армирања за случај великог ексцентрицитета, при чему је:

$$A_{s,min} = max \begin{cases} 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}b_t d \quad [cm^2] \\ 0.0013 b_t d \quad [cm^2] \end{cases}$$
$$A_{s,max} = 0.473bd\frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad [cm^2]$$

- Прорачун потребне арматуре за случај центричног притиска и (екс)центричног затезања, за случај центричног притиска површина арматуре је:

$$As[cm^2] = max \begin{cases} 0.15\frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0.003A_c \\ 4\phi12 = 4.52 \quad [cm^2] \end{cases}$$
$$A_c = bh$$

## 2. SmicanjeITorzija.py

Скрипта која врши прорачун пресека оптерећеног на узајамно (и појединачно) дејство смицања и торзије. Прорачун се врши итеративно, за одговарајуће површине узенгија, сечност и размак. Усвојено је да је нагиб узенгија према оси носача $\alpha = 90°$, нагиб притиснутих бетонских дијагонала према оси носача $\theta = 45°$. Потребно је унети и површину подужне арматуре од савијања $A_{s1}$.

Могућности скрипте:

- Функција смицања:
  - Прорачун потребне сечности, размака и површине узенгија
  - Прорачун минималног процента арматуре услед смицања $V_{Ed} < V_{Rdc}$, где је:

$$V_{Rdc} = max \begin{cases} 0.12k(100\rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} b_w d \quad [kN] \\ 0.035^{\frac{3}{2}} f_{ck}^{\frac{1}{2}} b_w d \quad [kN] \end{cases}$$

Где су:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, \quad k_{max} = 2, \quad d - mm$$
$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d}, \quad \rho_{l,max} = 2\%$$

Сечност је у овом случају $m = 2$, $\phi = 8[mm]$ и минимални размак арматуре је:

$$s_{min} = \frac{mA^{(1)}_{s,\phi8}}{\rho_{min} b}$$
$$\rho_{w,min} = 0.08\frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

  - Прорачун максималног подужног растојања у зависности од интензитета траснверзалне силе:

| | Прорачунска вредност силе смицања $V_{Ed}$ | $\leq C50/60$ | $\geq C50/60$ |
|---|---|---|---|
| 1 | $0.3V_{Rd,max}$ | $0.75d \leq 300mm$ | $0.75d \leq 200mm$ |
| 2 | $0.3V_{Rd,max} \leq V_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max}$ | $0.55d \leq 300mm$ | $0.55d \leq 200mm$ |
| 3 | $V_{Ed} \geq 0.6V_{Rd,max}$ | $0.3d \leq 200mm$ | $0.3d \leq 200mm$ |

  - Прорачун максималног попречног растојања узенгија у зависности од интензитета трансверзалне силе:

| | Прорачунска вредност силе смицања $V_{Ed}$ | $\leq C50/60$ | $\geq C50/60$ |
|---|---|---|---|
| 1 | $0.3V_{Rd,max}$ | $0.75d \leq 600mm$ | $0.75d \leq 400mm$ |
| 2 | $0.3V_{Rd,max} \leq V_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max}$ | $0.75d \leq 600mm$ | $0.75d \leq 400mm$ |
| 3 | $V_{Ed} \geq 0.6V_{Rd,max}$ | $0.3d \leq 300mm$ | $0.3d \leq 300mm$ |

- Контрола максималне притиснуте бетонске дијагонале, највећи проценат армирања је за сечност $m = 4$, uzengiju $\phi = 12[mm]$, rastojanje $s = 7.5[cm]$, а највећа сила у притиснутој дијагонали је:

$$V_{Rd,max} = 0.9\nu_1 bdf_{cd}$$
$$\nu_1 = max \begin{cases} 0.5 \\ 0.9 - \frac{fck}{200} \end{cases}$$

- Функција торзије:
  - Функција рачуна геометријиске податке по следећим обрасцима:

$$t_{ef} = max \begin{cases} \frac{bh}{2(b+h)} \\ 2d_1 \end{cases}$$
$$b_k = h - t_{ef}$$
$$h_k = b - t_{ef}$$
$$A_k = b_k h_k$$
$$u_k = 2 * (b_k + h_k)$$
$$T_{Rd,c} = 2A_k t_{ef} f_{ctd}$$

- Функција смицања и торзије:
  - НАПОМЕНА: Да бих учинио скрипту *паметнијом*, у смислу да ако корисник зада нпр. $V_{Ed} = 300[kN], \quad T_{Ed} = 1[kNm]$, увео сам услове да прво провери суму:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 1$$

    Уколико услов није испуњен проверавају се и следећи услови:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} \leq 0.05 \quad (1)$$
$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 0.05 \quad (2)$$

    Уколико је један од услова испуњен позива се функција за други начин напрезања. На пример ако је испуњен услов $(2)$ скрипта сматра да нема торзије и позива функцију смицања, важи и обрнут случај.
    Наравно ту је и услов лома бетонских дијагонала:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

    Уколико је услов испуњен скрипта ради итеративан прорачун површине узенгија, сечности и размака. Уколико није скрипта избацује поруку прекорачења услова и штампа $V_{Rd,max}$ и $T_{Rd,max}$.

## 3. MomentNosivosti.py

Скрипта која врши прорачун носивости правоугаоних пресека оптерећених сложеним савијањем, пресеци могу бити са и без притиснуте арматуре.

Разматрају се два случаја, када постоји и када не постоји притиснута арматура која се узима у обзир. Уколико не постоји прорачунска притиснута арматура (случај $A_{s2} = 0$), и уколико је услов $\epsilon_{s1} \geq 2.5‰$ прорачун се врши аналитички преко коефицијента $\xi$ и исписује се носивост, уколико је $\epsilon_{s1} < 2.5‰$ момент носивости се рачуна итеративно уз задовољење равнотеже аксијалних сила:

$$\Delta N = F_c - F_{s1} - N_{Ed}$$
$$\Delta N \leq 0.5 \quad [kN]$$

Где су:

$Fc$ – Сила у притиснутом бетону
$F_{s1}$ – Сила у затегнутој арматури
$\Delta N$ – Грешка равнотеже сила

За случај постојања прорачунске притиснуте арматуре ($A_{s2} > 0$), прорачун се врши итеративно уз задовољење претходне равнотеже сила уз исту тачност, само што у равнотежи фигурише и $F_{s2}$.

## 4. Naponi.py

Скрипта која врши прорачун и контролу напона са и без притиснуте арматуре, са случај момента за пресек са прслином.
НАПОМЕНА: Дејствујући момент $M_{ed} = M$ се уноси за SLS комбинацију дејства, било за карактеристичну или квази-сталну комбинацију, приликом штампања резултата ће скрипа показати која контрола је прекорачена, корисник треба да увиди за коју комбинацију врши контролу и да изабере од резултата шта му је потребно.
Коефицијент $\xi$ се рачуна по следећем обрасцу.

$$\xi = \alpha\left(\rho_1 + \rho_2\right)(-1 + \sqrt{1 + \frac{2\left(\rho_1 + \rho_2\frac{d_2}{d}\right)}{\alpha\left(\rho_1 + \rho_2\right)^2}})$$

Напон у бетону:

$$\sigma_c = \frac{M}{bd^2}\frac{1}{\frac{\xi}{2}\left(1 - \frac{\xi}{3}\right) + \alpha p_2\left(1 - \frac{d_2}{\xi d}\right)\left(1 - \frac{d_2}{d}\right)}$$

Напон у притиснутој арматури:

$$\sigma_{s2} = \alpha\sigma_c\frac{\xi - \frac{d_2}{d}}{\xi}$$

Напон у затегнутој арматури:

$$\sigma_{s1} = \alpha\sigma_c\frac{1 - \xi}{\xi}$$

Скрипта ће исписати уколико напони у бетону или арматури пролазе следеће контроле. Квази-стална комбинација:

$$\sigma_c \leq 0.45 f_{ck}$$
$$\sigma_{s1} \leq 0.8 fyk$$

Карактеристична комбинација:

$$\sigma_c \leq 0.6 f_{ck}$$
$$\sigma_{s1} \leq 0.8 fyk$$

## 5. Prsline.py

Скрипта која врши прорачун и контролу ширине прслина за пресеке без преднапрезања напрегнуте на савијање са ребрастом арматуром. Потребно је претходно познавати напон у арматури.
Могућности скрипте:

- Могућност прорачуна за краткотрајно и дуготрајно оптерећење.
- Исписивање и максималног размака прслина $s_{r,max}$
  Препоручене карактеристичне ширине прслина $w_k$ по EC2 [mm]:

| Класа изложености | Армирано бетонски и претходно напрегнути елементи са кабловима без приањања са бетоном Квази-стална комбинација оптерећења |
|---|---|
| $X0, XC1$ | $0.4$ |
| $XC2, XC3, XC4$ | $0.3$ |
| $XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3$ | $0.3$ |

Прорачун се врши по следећим обрасцима:

$$w_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{\mathrm{sm}} - \varepsilon_{\mathrm{cm}} = \frac{\sigma_{\mathrm{s}} - k_{\mathrm{t}} \frac{f_{\mathrm{ct,\,eff}}}{\rho_{\mathrm{p,\,eff}}} \left(1 + \alpha \rho_{\mathrm{p,eff}}\right)}{E_{\mathrm{s}}} \geq 0.6 \frac{\sigma_{\mathrm{s}}}{E_{\mathrm{s}}}$$

$$\rho_{p.eff} = \frac{A_s}{A_{c.eff}}$$

$$A_{c,eff} = b h_{ceff}$$

$$h_{c,eff} = min \begin{cases} 2.5(h-d) \\ \frac{h-x}{3} \\ h/2 \end{cases}$$

Максимално растојање прслина:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\emptyset}{\rho_{p.eff}}$$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$\emptyset = \emptyset_{eq} = \frac{n_1 \emptyset_1^2 + n_2 \emptyset_2^2}{n_1 \emptyset_1 + n_2 \emptyset_2}$$

$$k_1 = 0.8$$

$$k_2 = 0.5$$

## 6. MomentKrivina.py

Скрипта која штампа дијаграм момент-кривина за минималу, максималну, и површину арматуре унету од стране корисника. Након уноса аутоматски се приказује дијаграм са 3 криве (или две у зависности од прорачуна) и чува се фајл под називом $Stampa.png$. Прво одређује момент-кривину при појави прслине а потом итеративно мења $\epsilon_c$ за случај течења арматуре $\epsilon_{s1} = 2.175‰$, уколико се не постигне равнотежа ни за једно $\epsilon_c$ усваја се да је $\epsilon_c = 3.5‰$ и итерира се по $\epsilon_{s1}$. Дијаграми се цртају спајањем карактеристичних тачака: Приликом штампања дијаграма корисник има могућност да сачува одштампани дијаграм.

- Прва тачка $(M, \kappa)$ при којој се јавља прва прслина
- Друга тачка $(M, \kappa)$ при дилатацији течења арматуре $\epsilon_{s1} = 2.175‰$
- Трећа тачка $(M, \kappa)$ је при лому бетона, $\epsilon_c = 3.5‰$

Приликом штампања дијаграма корисник има могућност да сачува одштампани дијаграм.
Могућности скрипте:

- Исписивање у терминалу (PowerShell-u) карактеристичне тачке дијаграма, тј њихове тачне вредности момента и кривине

- Скрипта (засад) НЕ ради пресеке са утегнутим бетоном, максимална дилатација у бетону је $3.5‰$!
- Скрипта ради само са затегнутом арматуром

Равнотежа унутрашњих сила зависи само од сила у бетону и затегнутој арматури, скрипта избацује решење са грешком равнотеже сила: $\Delta N \leq 0.5\ [kN]$

7. UtezanjeStuba.py

Скрипта која врши контролу нормализоване силе у стубу и даје потребне пречнике узенгија и њихов размак за дату геометрију пресека за елементе којима је потребно да испуне средњу класу дуктилности DCM.
НАПОМЕНА: Потребно је имати потпуно дефинисан пресек (размак придржаних шипки, број придржаних шипки, ширину утезања, обим шипки за утезање итд) као и динамичке податке (период осциловања конструкције итд). Скрипта итеративно проверава за сваки пречник узенгија $\emptyset 8, \emptyset 10, \emptyset 12$, респективно уз минимални размак од $7.5\ [cm]$ и максимални размак од $20\ [cm]$. Итерира се прво за $\emptyset 8$ на $20\ [cm]$ до $\emptyset 12$ на $7.5$, и када скрипта наиђе на први размак који задовољава утезање за одређени пречник шипке прећи ће на следећи (већи) пречник и поновити итерирање од највећег размака, са овим корисник има у виду варијантна решења. Уколико не испуни услове утезања за $\emptyset 12$ на $7.5\ [cm]$ избациће коментар да је недовољно утезање пресека.

Ово је кратак опис начина рада скрипти, попуњаваћу овај wiki са времена на време, грешке су могуће и у wiki-ју и у раду скрипти, резултате посматрај са одређеном дозом скептицизма.

Сав feedback је добродошао на $nikola@lakic.one$