2. cvičení – Výpočet vnitřních sil v rámové konstrukci

- Výpočet bude proveden pomocí statického softwaru.
- Návod pro program SCIA Engineer naleznete na webu. Studentskou verzi lze získat zdarma, stačí se zaregistrovat na https://www.scia.net/cs/forms/software-zdarma-studentska-licence
- Obdobný výpočetní software představuje program RFEM od společnosti Dlubal – pro získání studentské verze nutné zaslat naskenované potvrzení o studiu:

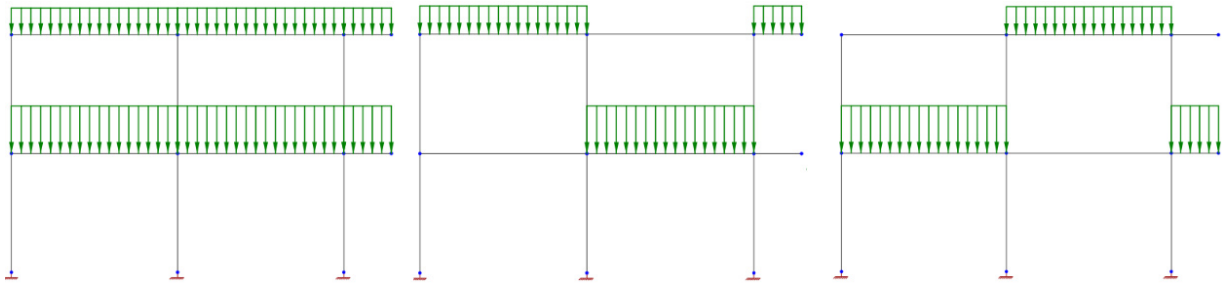
  https://www.dlubal.com/cs/vzdelavani/studenti/zadost-nebo-prodlouzeni-bezplatne-studentske-verze
- Kromě výše uvedených můžete použít rovněž libovolný jiný výpočetní program.

Zatížení

- Na začátku této části uvedeme přehledný souhrn zatížení ŽB rámu.
- Nejprve stanovíme **charakteristická liniová zatížení příčlí [kN/m]** – celkem 6 hodnot. Vycházíme z výpočtu zatížení na desce v 1. části cvičení. Zatěžovací šířka odpovídá v našem případě parametru ***R***.
  - Zatížení od vlastní tíhy desky v běžném patře $g_{0,strop,k}$ = plošná tíha ŽB stropní desky × zat. šířka
  - Zatížení od vlastní tíhy desky na střeše $g_{0,stř,k}$ = plošná tíha ŽB střešní desky × zat. šířka
  - Ostatní stálé zatížení v běžném patře $(g\text{-}g_0)_{patro,k}$ = ostatní stálé stropu × zat. šířka
  - Ostatní stálé zatížení na střeše $(g\text{-}g_0)_{stř,k}$ = ostatní stálé střechy × zat. šířka
  - Proměnné zatížení v běžném patře $q_{patro,k}$ = užitné patra × zat. šířka
  - Proměnné zatížení na střeše $q_{stř,k}$ = užitné střechy × zat. šířka
- Na obou koncích rámové příčle bude působit **bodová síla od obvodového pláště $G_{plášť,k}$ [kN]** (výpočet uvést do statického výpočtu). Způsob výpočtu hodnoty síly závisí na typu obvodového pláště (zdivo, prosklená fasáda). Zvolte dle vlastního uvážení, ale uveďte, kterou variantu jste vybrali.
- Vodorovné účinky zatížení (vítr) neuvažujeme. Předpokládáme, že jsou přeneseny ztužujícími stěnami.
- Ze zatížení sestavíme **zatěžovací stavy.** Zatížení zadáváme do výpočetního programu v **charakteristických hodnotách**.
  - *ZS1 Vlastní tíha* – vlastní tíha příčlí (generovaná automaticky programem)
  - *ZS2 Deska* – na příčlích všude hodnota zatížení od vlastní tíhy desky ($g_{0,strop,k}$ a $g_{0,stř,k}$)
  - *ZS3 Ostatní stálé*:
    - na příčlích všude hodnota liniového ostatního stálého zatížení $(g\text{-}g_0)_{patro,k}$ a $(g\text{-}g_0)_{stř,k}$
    - na koncích příčle hodnoty bodového zatížení od obvodového pláště $G_{plášť,k}$
  - *ZS4 Proměnné plné* – na příčlích všude hodnota proměnného zatížení ($q_{patro,k}$ a $q_{stř,k}$)
  - *ZS5 Proměnné šachovnicové 1* – $q_{patro,k}$ a $q_{stř,k}$ podle schématu
  - *ZS6 Proměnné šachovnicové 2* – $q_{patro,k}$ a $q_{stř,k}$ podle schématu

  ❖ Teoreticky by bylo možné z proměnného zatížení sestavit i další zatěžovací stavy, které by v některých případech vedly ke vzniku nepatrně větších hodnot M a V, než uvedené stavy. Pro jednoduchost se však spokojíme pouze se stavy uvedenými ve schématech.

ZS4 - proměnné plné **ZS5 - proměnné šachovnicové 1** **ZS6 - proměnné šachovnicové 2**



Schémata proměnného zatížení

Kombinace zatěžovacích stavů

- Na konstrukci budeme uvažovat **3 kombinace zatěžovacích stavů**:
  - *KZS1* = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné plné
  - *KZS2* = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné šachovnicové 1
  - *KZS3* = Vlastní tíha + Deska + Ostatní stálé + Proměnné šachovnicové 2
- Při zahrnování zatěžovacích stavů do kombinací je nutno správně nastavit dílčí součinitele bezpečnosti (1,35 pro stálá a 1,50 pro proměnná zatížení).
- Výstupem bude též **obálka** kombinací.

Redukce ohybových momentů

- Spočtené teoretické momenty je možné dále upravit s ohledem na reálné chování konstrukce.
- Příčel je podporována přímou podporou (sloupem). Pro průřezy nad podporami proto lze provést **redukci** ohybového momentu na hodnotu v líci podpory. Proveďte pro **průřez příčle s největším podporovým momentem.**

$$M_{redu} = M_{sup} - \int_0^{t/2} V_{(x)}\,dx$$

zjednodušeně: $|M_{redu}| = |M_{sup}| - |V_{sup}|.\frac{t}{2}$

M_{redu} …. redukovaná hodnota ohybového momentu
M_{sup} …. hodnota ohybového momentu v ose podpory
V_{sup} …. hodnota posouvající síly v ose podpory
t …. šířka podpory (zde šířka sloupu ve směru rozpětí příčle)

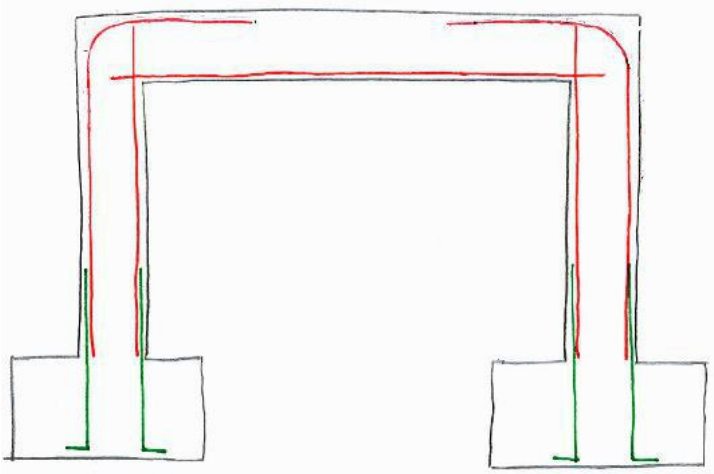
- Redukci lze provést i graficky na základě přesného vynesení průběhu ohybových momentů.
- Hodnota stanoveného momentu M_{redu} se nesmí uvažovat menší než 65 % hodnoty podporového momentu stanoveného za předpokladu vetnutí prvku do líců podpor. **Tuto podmínku zkontrolujte**.
- Redukci ohybových momentů je obecně nutné provádět pro každou kombinaci zatěžovacích stavů samostatně. Konečná obálka vnitřních sil je pak složená z takto upravených průběhů. Ve cvičení

proveďte redukci ohybových momentů pouze pro příčel a kombinaci s největším podporovým momentem.

- U staticky neurčitých konstrukcí zajištěných proti vodorovnému posunu lze pro mezní stav únosnosti provést **redistribuci ohybových momentů**. Výklad bude proveden na přednáškách, ve cvičení je provedení dobrovolné.

Schéma vyztužení celého rámu

- Nakreslete pohled na rám a schematicky zakreslete polohu **hlavní nosné podélné výztuže příčlí i sloupů** (**třmínky** pro přehlednost **nekreslete**).
- Schéma je možné nakreslit **úhledně** od ruky do statického výpočtu. V případě odbytého zakreslení může cvičící nařídit vykreslení podle pravítka. Pro šířku sloupu a výšku trámu není nutné dodržet měřítko, naopak je vhodné tyto rozměry ve schématu zvětšit.
- Použijte různé barvy tak, aby byly patrné **návaznosti prutů**. Vzor pro inspiraci:



Pro konzultaci a odevzdání úkolu přineste minimálně

- Výpočet zatížení příčle (liniové v tabulkách, bodové od obvodového pláště).
- Obrázek, ze kterého bude patrná geometrie rámu včetně rozměrů (např. printscreen modelu s ručně doplněnými kótami) a rozměry průřezu.
- Schémata konstrukce se zatížením v jednotlivých zatěžovacích stavech a hodnoty součinitelů použitých pro kombinace.
- Vykreslení M, V, N pro všechny kombinace zatěžovacích stavů.
- Obálky M, V, N.
- Redukci podporového momentu pro průřez příčle s největším podporovým momentem – potřebné výpočty a schémata.
- Schéma vyztužení celého rámu.