

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Možnosti urychlení výstavby
monolitického rámu**

David Tomášek
2019

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Michaela Frantová, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....

David Tomášek

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Michaele Frantové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při zpracování mé bakalářské práce a společnosti INTERSTAT s.r.o. za poskytnutí podkladů k projektu sportovní haly Modřice.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomášek	Jméno: David	Osobní číslo: 460466
Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Možnosti urychlení výstavby monolitického rámu	
Název bakalářské práce anglicky: Possibilities of Acceleration of Monolithic Frame Construction	
Pokyny pro vypracování: Postup betonáže - rychlost betonáže sloupu a postup odbedňování vazníku Tuhnutí a tvrdnutí betonu - hydratace Detail rámového rohu - pracovní spára, způsob vedení výztuže	
Seznam doporučené literatury: PROCHÁZKA, J., ŠMEJKAL J. 2018. Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. ČVUT. Praha. 240 s. ISBN 978-80-01-06518-1	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michaela Frantová, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 18.2.2019	Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Anotace

Předmětem bakalářské práce je návrh vyztužení a možnosti urychlení výstavby železobetonové monolitické rámové konstrukce, která je součástí stavby sportovní haly. Práce obsahuje statický výpočet s ověřením sloupů a vazníku monolitického rámu a řešení vedení výztuže v jednotlivých konstrukčních prvcích a v rámovém rohu. Podle navrženého množství a vedení výztuže byly vyhotoveny výkresy výztuže. V další části práce jsou analyzovány vlastnosti betonové směsi, na základě kterých je navržen vhodný typ betonu pro konstrukci rámu. V poslední části práce je diskutován nejrychlejší způsob výstavby monolitického rámu, na který jsou navrženy tvary bednění a postup betonáže.

Pro výpočet vnitřních sil na rámu byl vytvořen 2D a 3D model konstrukce v programu SCIA Engineer 18.1. Návrh a posouzení konstrukcí je proveden ručními návrhovými metodami. Pro posouzení sloupů je vytvořen vlastní interakční diagram pomocí programu MS Excel.

Klíčová slova

bednění, beton, betonáž, hydratace, interakční diagram, monolitický rám, rámový roh, sloup, tuhnutí, tvrdnutí, urychlení výstavby, vazník výztuž

Annotation

The subject of the bachelor thesis is the design of the reinforcement and possibilities of acceleration of construction of the monolithic frame structure, which is the part of the sports hall construction. The thesis includes static calculation with verification of the columns and truss of the monolithic frame and solution of reinforcement in the individual structure elements and in the frame corner. Reinforcement drawings were made according to the proposed amount and guidance of the reinforcement. In the next part there is analysis of the properties of the concrete mixture are analysed on the basis of which a suitable type of concrete is designed for the frame construction. In the last part of the thesis, the fastest way of building a monolithic frame is discussed, on which the formwork and the concreting process are designed.

For the calculation of internal forces on the frame there was 2D and 3D construction model created in the SCIA Engineer 18.1. software. Design and assessment of the structures is done by manual design methods. To assess columns a custom interaction diagram is created by using MS Excel software.

Keywords

acceleration of construction, column, concrete, concreting, formwork, frame corner, hardening, hydration, interaction diagram, monolithic frame, reinforcement, solidification, truss

Obsah

Úvod	1
1. Konstrukce rámu	2
1.1 Popis konstrukce rámu	2
1.2 Zatížení	5
1.3 Vnitřní síly	7
1.4 Vyztužení rámu	9
2. Rámový roh	16
2.1 Detail rámového rohu.....	16
3. Vlastnosti betonové směsi	20
3.1 Požadavky na beton	20
3.2 Hydratace, tuhnutí a tvrdnutí betonu.....	21
3.3 Výběr vhodného betonu a jeho vlastnosti	24
4. Možnosti urychlení výstavby	26
4.1 Zhodnocení možných postupů a rizik výstavby.....	26
4.2 Volba způsobu výstavby	27
5. Bednění a betonáž sloupů	29
5.1 Návrh bednění sloupů	29
5.2 Způsob betonáže sloupů.....	30
5.3 Odstávka betonáže	33
6. Bednění a betonáž vazníku	35
6.1 Návrh bednění vazníku	35
6.2 Způsob betonáže vazníku	36
Závěr	38
Seznam použité literatury a zdrojů	41
Seznam obrázků	43
Seznam tabulek	44
Seznam příloh	44
Seznam použitých zkratk	44
Přílohy	44

Úvod

V dnešní době jsou kladeny na konstrukce čím dál větší nároky. Mezi tyto požadavky patří co nejrychlejší výstavba a uvedení konstrukce do provozu a vytváření co nejprostornějších konstrukcí. Tyto požadavky kladou velké nároky na technologii provádění výstavby, statiku konstrukcí a na používané stavební materiály, především na beton. Mezi takové konstrukce patří dnešní moderní administrativní budovy, které se staví velmi rychle a je v nich požadován co největší prostor (tzv. open space) a reprezentativní zázemí pro klienty. Dalšími stavbami s touto problematikou jsou i sportovní haly. Jejich velké rozpony vyvozují obzvláště velká namáhání na stavební prvky, kterými se zabývá tato bakalářská práce.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout vyztužení a urychlení výstavby monolitického rámu, který je součástí projektu sportovní haly. Ta je nyní ve výstavbě a nachází se ve městě Modřice v Jihomoravském kraji, kde bude sloužit pro výuku tělesné výchovy přilehlé základní školy a pro veřejnost.

V první části práce je proveden podrobný statický výpočet a posouzení jednotlivých prvků monolitického rámu na mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti. Velké rozpětí vazníku a výška sloupů vedou k nutnosti silného vyztužení konstrukce, které musí být provedeno podle platných návrhových norem a v nich uvedených konstrukčních zásad, aby bylo zajištěno působení rámového rohu. Podle navrženého množství a vedení výztuže jsou provedeny výkresy výztuže.

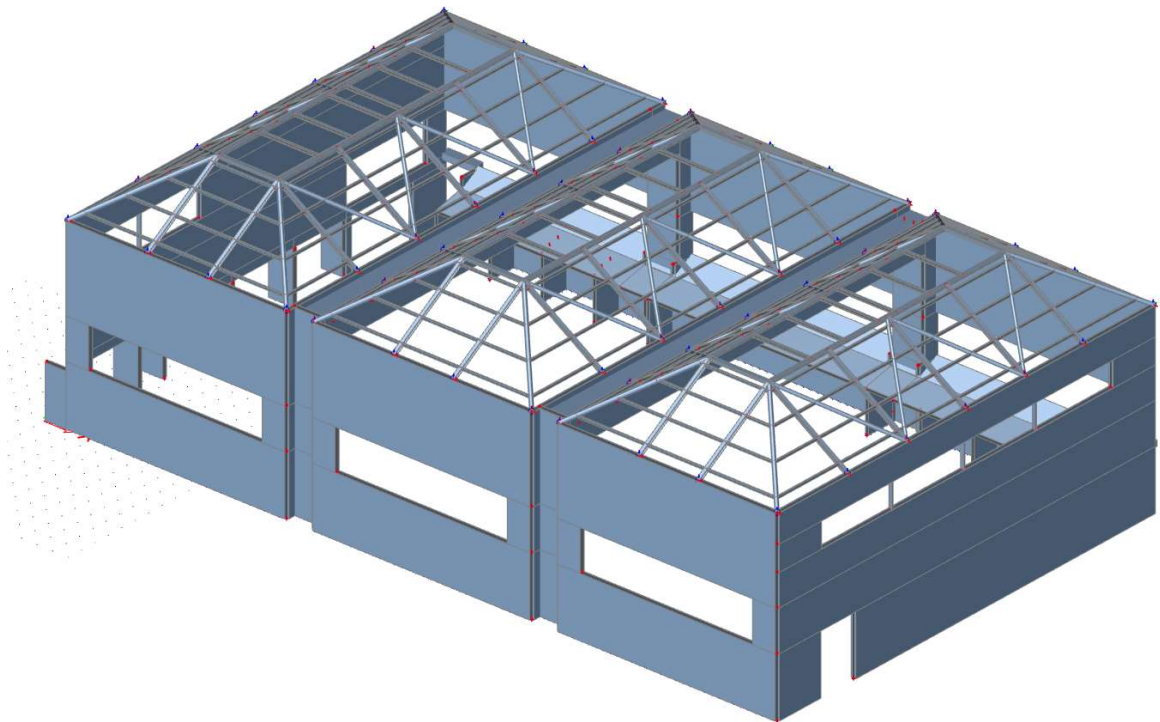
Druhá část práce je zaměřena na technologii provádění konstrukce a vlastnosti betonové směsi. Jsou zde definovány požadavky na beton, na základě kterých jsou analyzovány procesy hydratace betonu a možnosti jejich ovlivnění. Z požadavků a možností úpravy výsledných vlastností betonové směsi je vybrán vhodný beton pro výstavbu.

Poslední část práce se věnuje možnostem urychlení výstavby. Nejprve jsou zhodnoceny možné postupy výstavby, ze kterých je vybrán ten nejrychlejší. Na základě postupu výstavby je následně navržen způsob bednění a následný postup betonáže sloupů a vazníku.

1. Konstrukce rámu

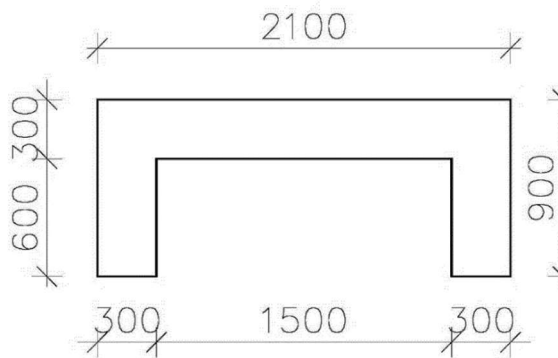
1.1 Popis konstrukce rámu

Zkoumaný monolitický rám je součástí konstrukce sportovní haly, která je umístěna ve městě Modřice, okres Brno-venkov, Jihomoravský kraj. Sportovní hala se skládá ze dvou monolitických rámu, kterým se věnuje tato práce a dále z monolitických štítových stěn a ocelových střešních konstrukcí. Schéma monolitického rámu viz *Příloha 1*.

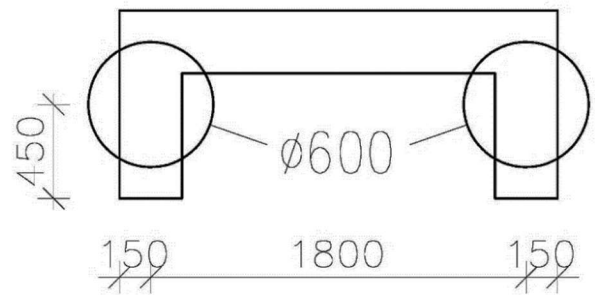


Obrázek 1 - 3D model sportovní haly vytvořený v programu SCIA Engineer

Sloupy rámu mají průřez tvaru U a jsou vetknuté do základové desky (tvar a rozměry sloupů viz *Obrázek 2*). Sloupy jsou provázány se dvěma pilotami o průměru 600 mm a délky 8 000 mm, které se nacházejí pod stojinami v ose průřezu sloupu (umístění pilot viz *Obrázek 3*).

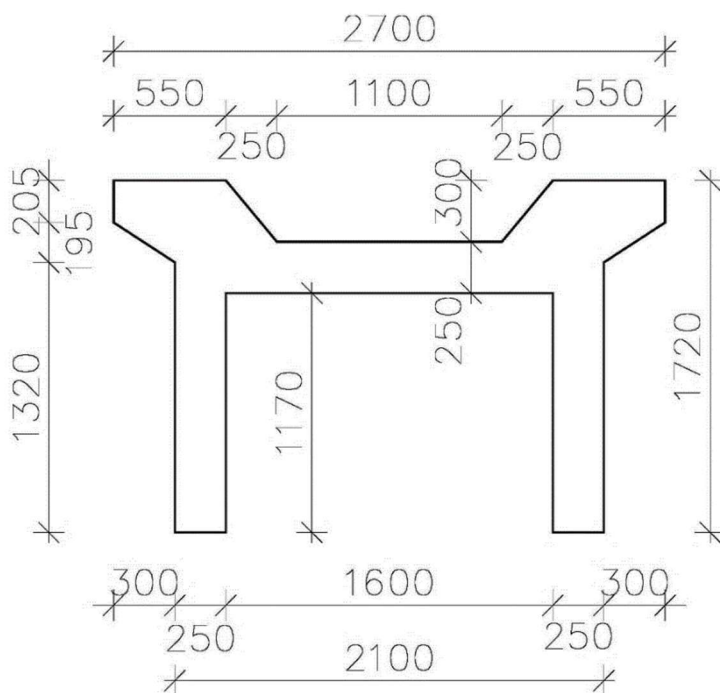


Obrázek 2 - Průřez sloupů

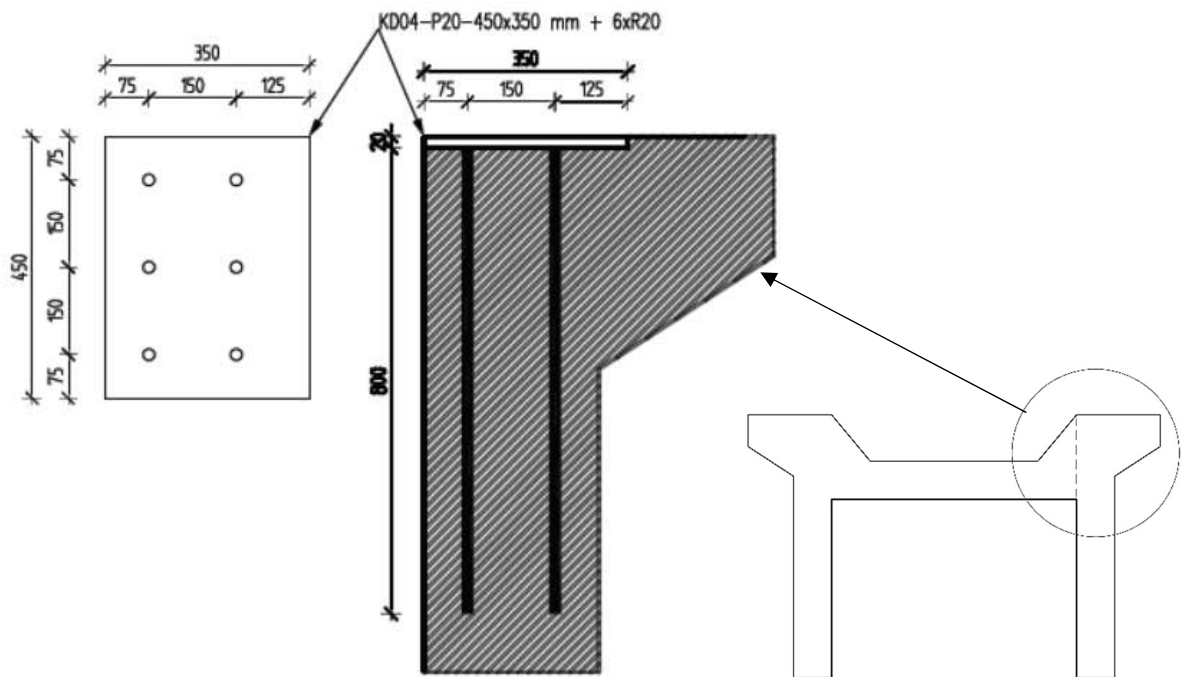


Obrázek 3 - Umístění pilot pod sloupy

Monolitický vazník rámu má průřez obráceného U s konzolkami (viz *Obrázek 4*), který vychází z potřeby napojení ocelových střešních konstrukcí (způsob napojení viz *Obrázek 5*) a zabudování vzduchotechnického potrubí společně se spustitelnou sítí, která bude rozdělovat vnitřní prostor haly na menší hřiště, do vnitřního prostoru průřezu vazníku. Tento tvar konstrukce je výhodný pro svou významnou ohybovou tuhost vzhledem k rozměrům vazníku a vzdálenosti, kterou musí překlenout. Světlé rozpětí vazníku je 26,2 m.



Obrázek 4 - Průřez vazníku



Obrázek 5 - Způsob ukotvení střešní konstrukce do vazníku pomocí kotevních desek, autor: Ing. Adam Šteidl, INTERSTAT s.r.o.

Konstrukce rámu byla zvolena jako monolit vzhledem k tuhosti spojení sloupů a vazníku, které zajišťuje přenos ohybových momentů z vazníku do sloupů. Díky tomuto provedení se sníží namáhání vazníku uprostřed rozpětí. Na druhou stranu se zvýší namáhání sloupů kvůli přerozdělení průběhu ohybových momentů, na které bude nutné nadimenzovat výztuž.

Jako alternativa monolitického provedení konstrukce rámu by se nabízela možnost prefabrikace, jelikož se ve vzdálenosti přibližně 30 km nachází společnost Prefa Brno, a.s.. Bohužel kvůli komplikované cestě na stavbu, která se nachází téměř uprostřed města, není možné dopravit vazník o takto velkých rozměrech a hmotnosti. Nákladní automobil by se nevytočil s nákladem na úzkých silnicích v centru města, kde mají zatáčky velmi malý poloměr a úhel 90° i vyšší. Zároveň hrozí riziko přetížení mostní konstrukce vedoucí přes železniční trať ke stavbě.

Další možností bylo použití dodatečného předpínání konstrukce na stavbě. Tato možnost byla vyloučena vzhledem k požadavku co nejrychlejší výstavby. Při tomto procesu je nutné zavést technologickou pauzu před vnesením předpětí do konstrukce, při které dojde k náběhu pevnosti betonu, jak je popsáno v [1].

1.2 Zatížení

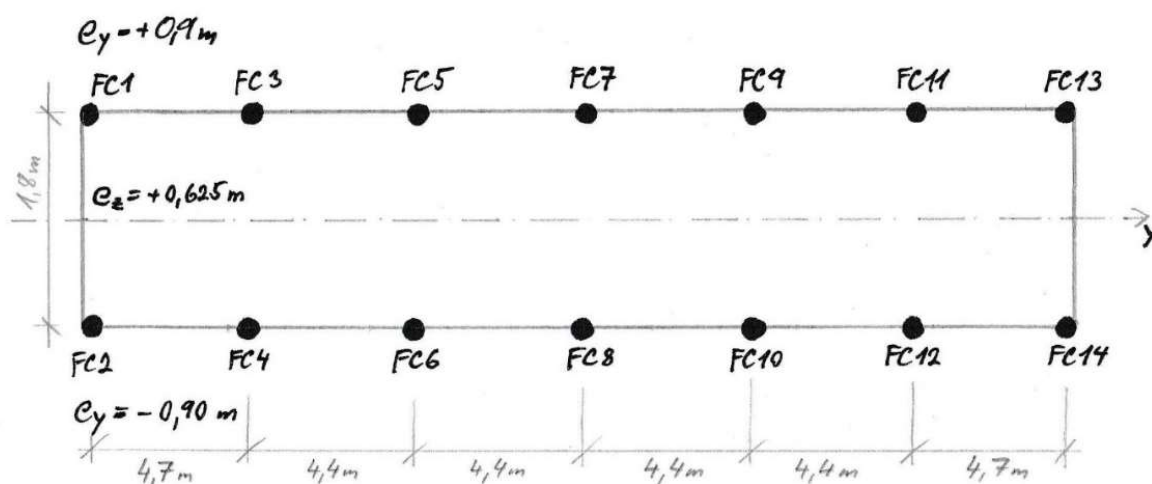
Na konstrukci rámu působí stálá zatížení od vlastní tíhy, napojení ocelové střešní konstrukce (schéma přípojí viz *Obrázek 6*) a skladby žlabu a užitná zatížení od větru a sněhu (přehled zatěžovacích stavů viz *Tabulka 1*). Především zatížení od vlastní tíhy vyvozuje na konstrukci největší průběhy vnitřních sil a v porovnání se silami od střešní konstrukce nebo skladby žlabu je mnohonásobně vyšší (viz *Tabulka 2*).

Zatěžovací stav	Popis
ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Vlastní tíha ostatních konstrukcí (z 3D modelu)
ZS3	Stálé zatížení
ZS4	Sníh
ZS5	Vítr podélný 1
ZS6	Vítr podélný 2
ZS7	Vítr příčný 1
ZS8	Vítr příčný 2
ZS9	Užitné zatížení

Tabulka 1 - Zatěžovací stavy

Zatížení	g(k) [kN/m]	q(k) [kN/m]
Vlastní tíha vazníku	37,89	-
Skladba žlabu	3,29	-
Sníh	-	3,02
Vítr podélný	-	0,55
Vítr příčný	-	0,28
Užitné – kat. H	-	0,75

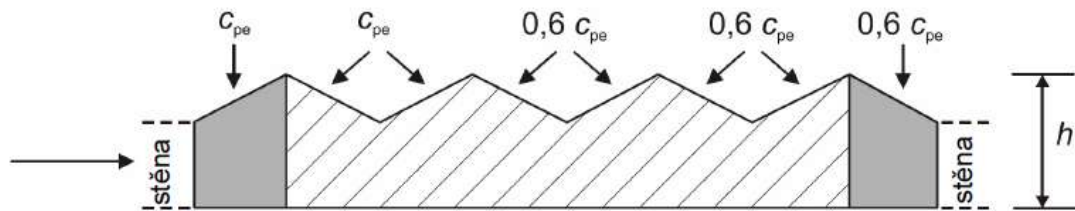
Tabulka 2 - Porovnání typů zatížení na střednici vazníku



Obrázek 6 - Schéma přípojí střešní konstrukce na vazníku

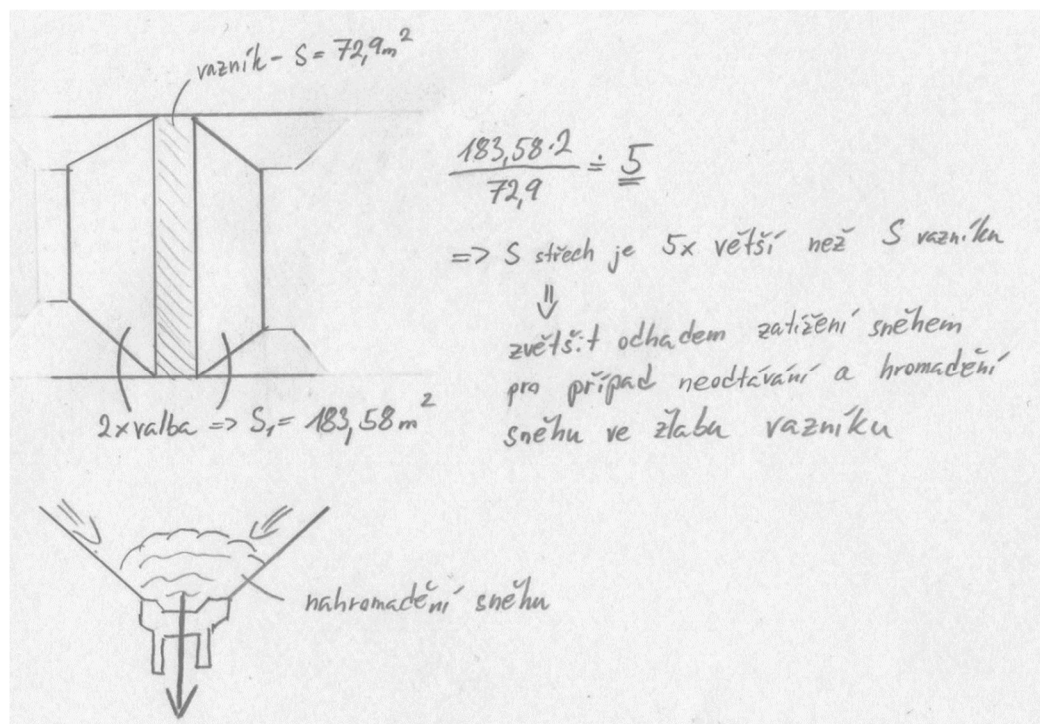
Užitné zatížení od větru bylo počítáno podle ČSN EN 1991-1-4 [22]. V tomto případě se redukovalo zatížení větrem na střešní konstrukce v podélném směru koeficientem 0,6 pro vícelodní střechy (viz *Obrázek 7*). Zatížení větrem

nevyvozuje příliš velká namáhání a v porovnání se silami působícími od vlastní tíhy, stálého zatížení a zatížení sněhem je téměř zanedbatelné (viz *Tabulka 2*). Působení sil od větru se do vazníku přenáší převážně přes střešní konstrukce, které jsou do vazníku ukotvené pomocí kotevních desek dle schématu na *Obrázku 5*. Samotné působení větru na rámovou konstrukci je vzhledem k jejím plošným rozměrům sloupů a vazníku jen nepatrné.



Obrázek 7 – Úprava hodnot součinitelů tlaku větru dle EC1 [22]

V zimním období hrozí riziko kumulace a neodtávání sněhu ve žlabu vazníku, který se do něj shrnul ze střešních konstrukcí (viz *Obrázek 8*). V takovémto případě vzniká velké namáhání od nahromaděného těžkého mokrého sněhu, které může být mnohem vyšší než uvažované zatížení sněhem spočtené dle normy. Pro tento případ je hodnota působení tíhy sněhu navýšena odhadem na 2,5 násobek normové hodnoty.

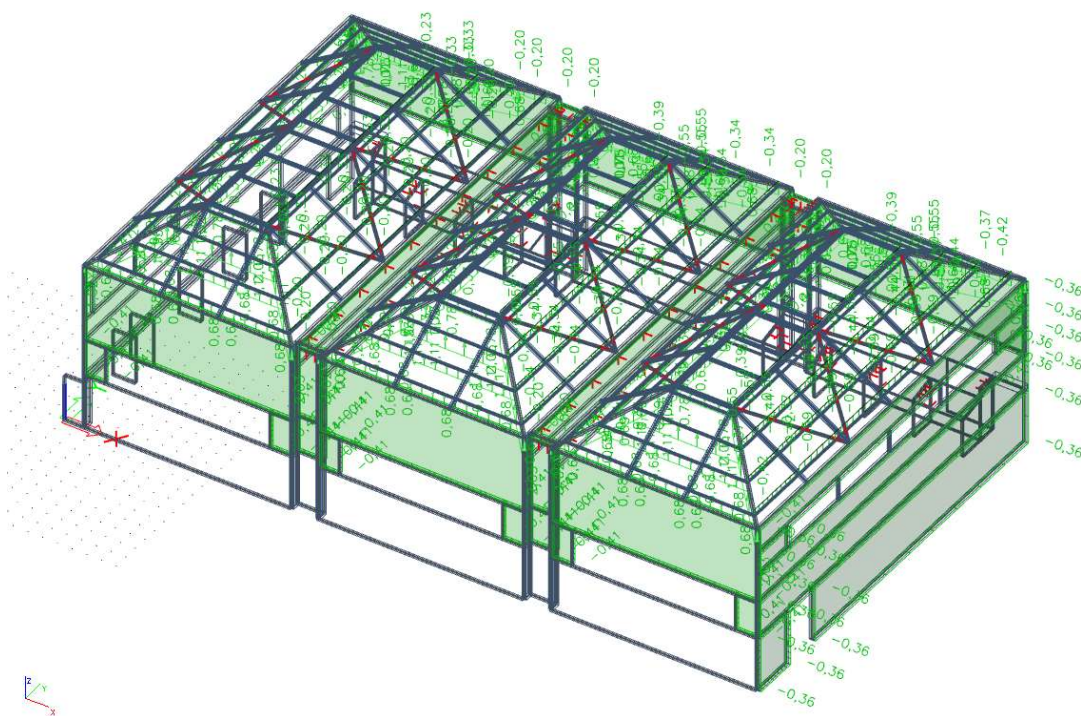


Obrázek 8 - Kumulace sněhu ve žlabu vazníku

Podrobný výpočet zatížení působících na konstrukci je uveden v *Příloze 2*.

1.3 Vnitřní síly

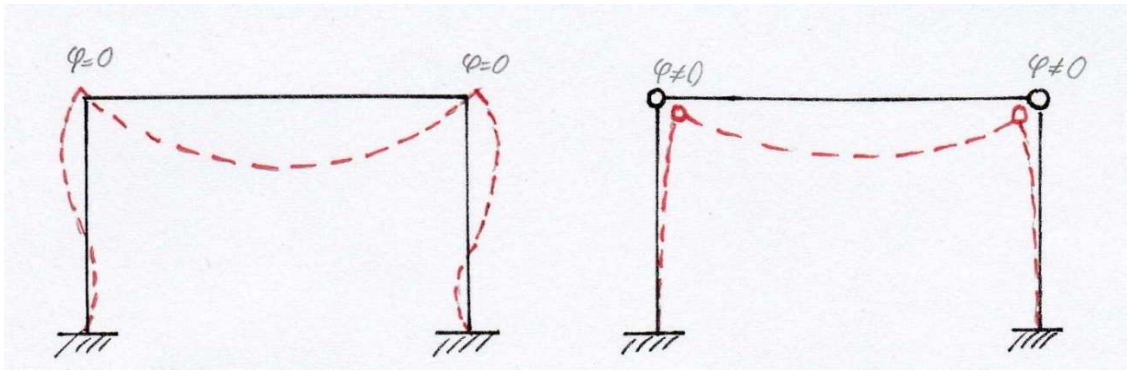
Výpočet vnitřních sil na rámu konstrukce byl proveden pomocí programu SCIA Engineer [10]. Nejprve byl vytvořen 3D model celé konstrukce sportovní haly, který byl zatížen jednotlivými zatěžovacími stavy dle *Tabulky 1* uvedené v kapitole 1.2. Z výpočtu celé konstrukce haly byly získány síly působící na vazník monolitického rámu od střešní konstrukce. Tyto síly působí pouze bodově v místech kotvení střech (podrobný výpis působících sil viz *Příloha 2*). Rám byl následně vymodelován samostatně jako 2D model, do kterého byly vneseny síly působící v místech kotvení střešní konstrukce získané z 3D modelu do stejných zatěžovacích stavů. Pro celý rám byly spočteny vnitřní síly jednotlivých zatěžovacích stavů a z nich vytvořena obálka průběhu návrhových vnitřních sil dle ČSN EN 1992-1-1 [23].



Obrázek 9 - Zatížení 3D modelu: ZS4 – Vítr podélný 1

Konstrukce rámu byla z hlediska bezpečnosti uvažována ve dvou možných stavech působení výsledné konstrukce (viz *Obrázek 10* – Působení rámu). První stav je uvažování konstrukce jako dokonale tuhého rámu tak, jak je navrhován. Na tento stav jsou dimenzovány sloupy, jelikož jsou při tomto působení vyvíjeny značně velké ohybové momenty v patě i ve zhlaví sloupu. Druhý stav uvažuje působení vazníku jako prostě uloženého nosníku. Průběhy

vnitřních sil na uvažovaných stavech monolitického rámu viz *Příloha 3 – Průběhy vnitřních sil*.



Obrázek 10 - Možnosti působení monolitického rámu

Druhý stav může nastat při porušení působení rámového rohu z důvodu nadměrné deformace, popřípadě technologické nekázně a nedostatečného probetonování hustě vyztuženého detailu rohu. V tomto případě by došlo k redistribuci vnitřních sil na rámu a uprostřed vazníku by vznikl téměř 1,5x větší ohybový moment než při působení konstrukce jako tuhého rámu. To by mohlo vést ke kolapsu konstrukce z důvodu nedostatečné únosnosti vazníku. Proto je výztuž v poli navrhována na působení vazníku jako prostého nosníku.

1.4 Vyztužení rámu

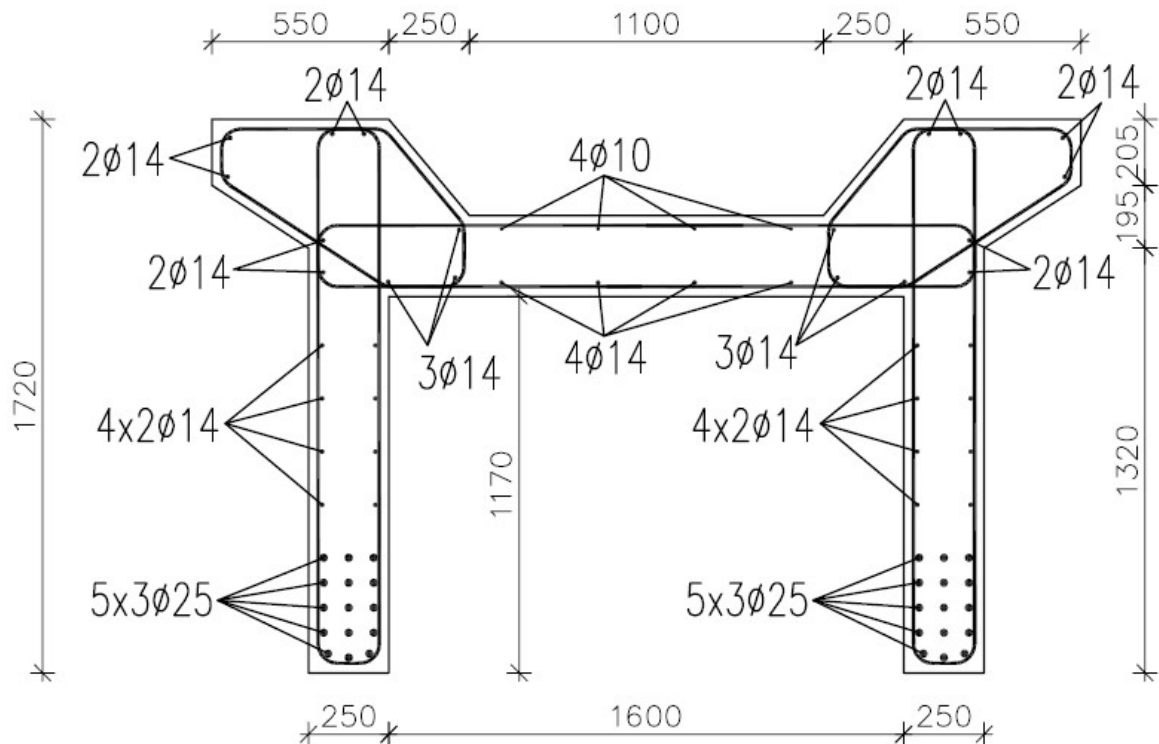
1.4.1 Výztuž vazníku

Pro vazník monolitického rámu jsou uvažovány dva stavy uložení z důvodu bezpečnosti návrhu.

Při výpočtu a posuzování podélné výztuže v poli se vzhledem k velkému rozdílu působení momentů při prostém uložení a při rámovém působení konstrukce uvažuje vazník jako prostě podepřený.

Návrh výztuže v poli (viz *Obrázek 11*):

- horní výztuž – **22x Ø14 + konstrukční 4x Ø10**
- dolní výztuž – **30x Ø25 + 16x Ø14**

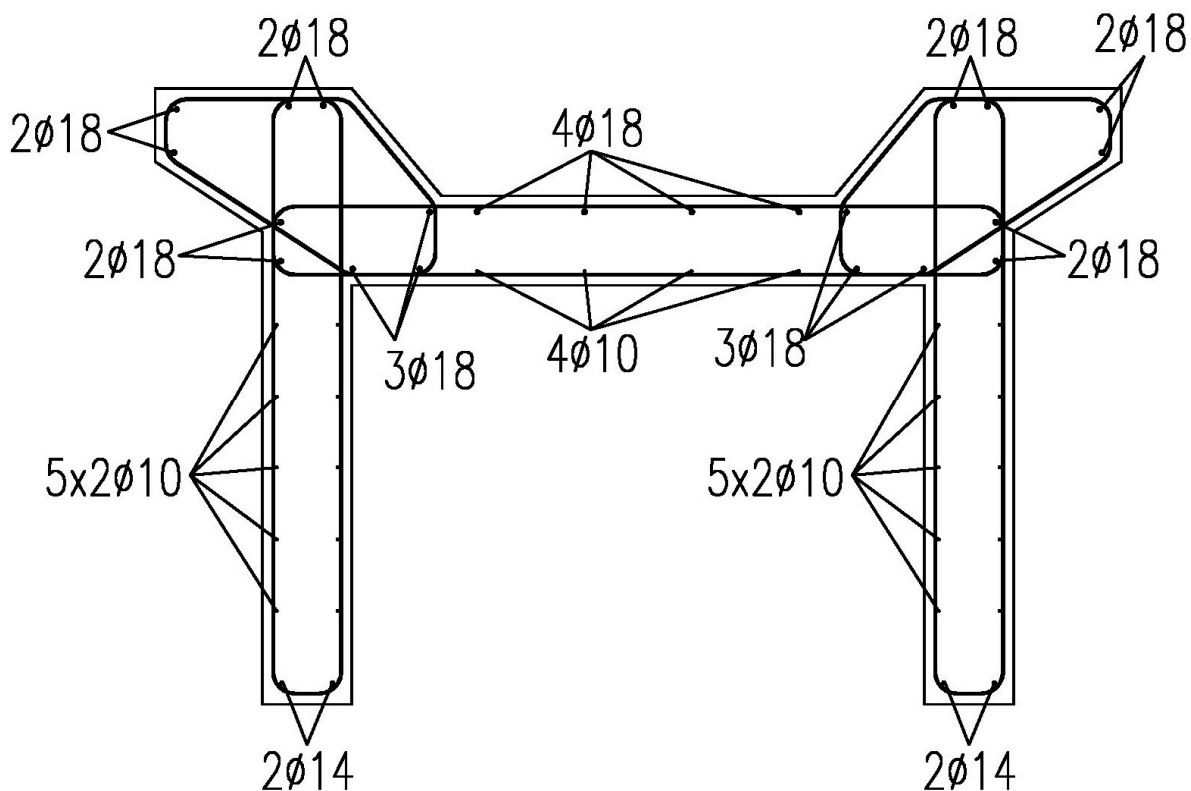


Obrázek 11 - Rozmístění výztuže vazníku v poli

Výztuž nad podporou je dimenzována na působení rámu jako dokonale tuhé konstrukce, kdy nad podporou vznikají značné momenty.

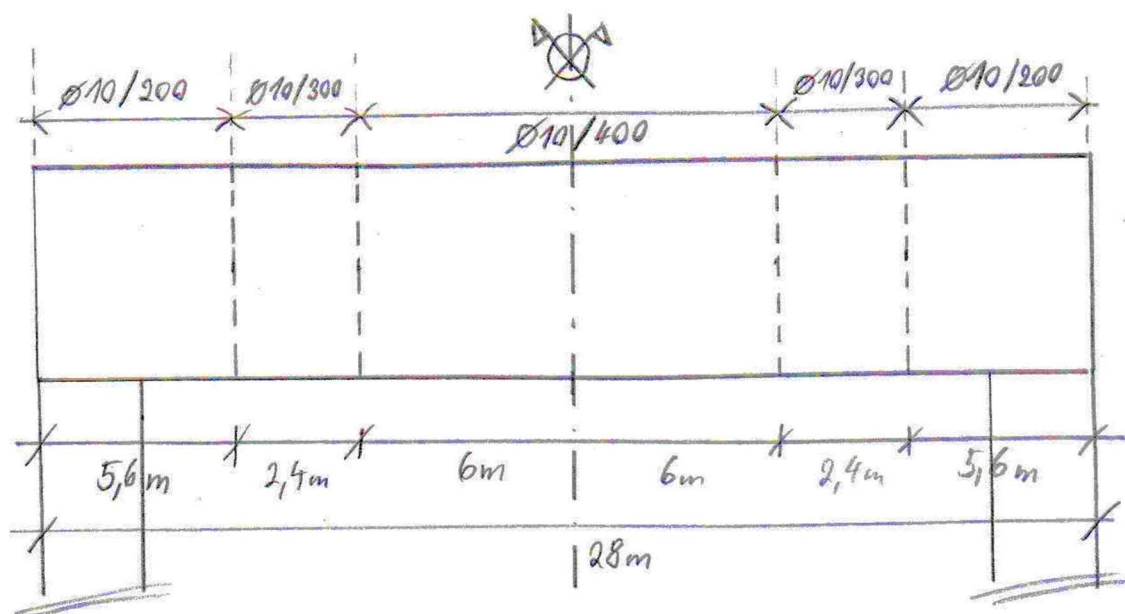
Návrh výztuže nad podporou (viz *Obrázek 12*):

- horní výztuž – **22x Ø18 + konstrukční 4x Ø10**
- dolní výztuž (konstrukční) – **4x Ø14 + 20x Ø10**



Obrázek 12 - Rozmístění výztuže vazníku nad podporou

Smyková výztuž byla navržena na posouvající síly působící na tuhém rámu. Byly navrženy tříminky $\varnothing 10$ zahuštěné kolem podpory po 200 mm a v mezilehlé oblasti po 300 mm. Uprostřed rozpětí jsou tříminky navrženy podle konstrukčních zásad na maximální možnou rozteč 400 mm (schéma rozmezí polí smykové výztuže viz Obrázek 13).



Obrázek 13 – Schéma rozmístění polí smykové výztuže vazníku

V rámci mezních stavů použitelnosti byl vazník ověřován na mezní stavy přetvoření, omezení napětí a šířky trhlin. Při posuzování na mezní stav přetvoření byl vazník posuzován na průhyb při krátkodobých a dlouhodobých účincích zatížení, dotvarování a smršťování. Výsledky vypočtených a limitních hodnot průhybů jsou uvedeny v *Tabulce 3*.

	W_{lim}	W_{celkové}	
Krátkodobé účinky	= L/500 = 53,6 mm	15,71 mm	VYHOVUJE
Dlouhodobé účinky	= L/250 = 107,2 mm	83,12 mm	VYHOVUJE

Tabulka 3 - Výsledky posouzení vazníku na mezní stav přetvoření

U mezního stavu omezení napětí bylo posuzováno omezení napětí ve výztuži a omezení tlakového napětí v betonu při vzniku podélných trhlin, a to při charakteristické kombinaci zatížení. Omezení tlakových napětí v betonu při lineárním dotvarování bylo posuzováno na kvazi-stálou kombinaci zatížení. Výsledky vypočtených a limitních hodnot napětí jsou uvedeny v *Tabulce 4*.

Omezení napětí	σ_{lim}	σ	
ve výztuži	400 MPa	70,89 MPa	VYHOVUJE
v betonu při vzniku podélných trhlin	18 MPa	3,32 MPa	VYHOVUJE
v betonu při lineárním dotvarování	13,5 MPa	1,57 MPa	VYHOVUJE

Tabulka 4 - Výsledky posouzení vazníku na mezní stav omezení napětí

Při posouzení mezního stavu šířky trhlin byla spočítána minimální požadovaná plocha výztuže pro omezení trhlin při kvazi-stálé kombinaci zatížení, která byla porovnána s výslednou napočítanou plochou výztuže vazníku. Poté bylo provedeno posouzení omezení šířky trhlin bez přímého výpočtu dle tab. 2-12 a 2-13 uvedených v [18]. Výsledné hodnoty posudku jsou následující:

- plocha výztuže: **A_{s,prov} = 17194 mm² > A_{s,min} = 2582,2 mm²**
- šířka trhlin: **w_{max} = 0,2 mm**
- vzdálenost prutů: **s = 77,5 mm < s_{max} = 200 mm**

Podrobný výpočet a posouzení výztuže vazníku na MSÚ a MSP je uveden v *Příloze 4*. Podle návrhu výztuže vazníku byl vytvořen výkres výztuže vazníku, který je přiložený v *Příloze 9*.

1.4.2 Výztuž sloupů

Pro výpočet a posouzení výztuže sloupů je uvažováno působení konstrukce jako dokonale tuhého monolitického rámu. V tomto případě jsou sloupy namáhány nejen normálovou tlakovou silou, ale zároveň značnými ohybovými momenty, na které je nutné nadimenzovat výztuž.

Nejprve bylo nutné posoudit ohybovou štíhlost sloupů, aby se určilo, zda se vzhledem k jejich výšce 10,5 m nejedná o štíhlé sloupy. Pokud by se jednalo o štíhlé sloupy, bylo by nutné uvažovat výpočet s účinky 2. řádu. Z porovnání vypočtené ohybové a limitní ohybové štíhlosti vyšlo, že se jedná o masivní sloupy.

- λ_z – neposuzuje se, jelikož jsou sloupy v ose z podepřeny proti vybočení
- $\lambda_y = 56,8$
- $\lambda_{lim} = 100,29 > \lambda_y = 56,8$

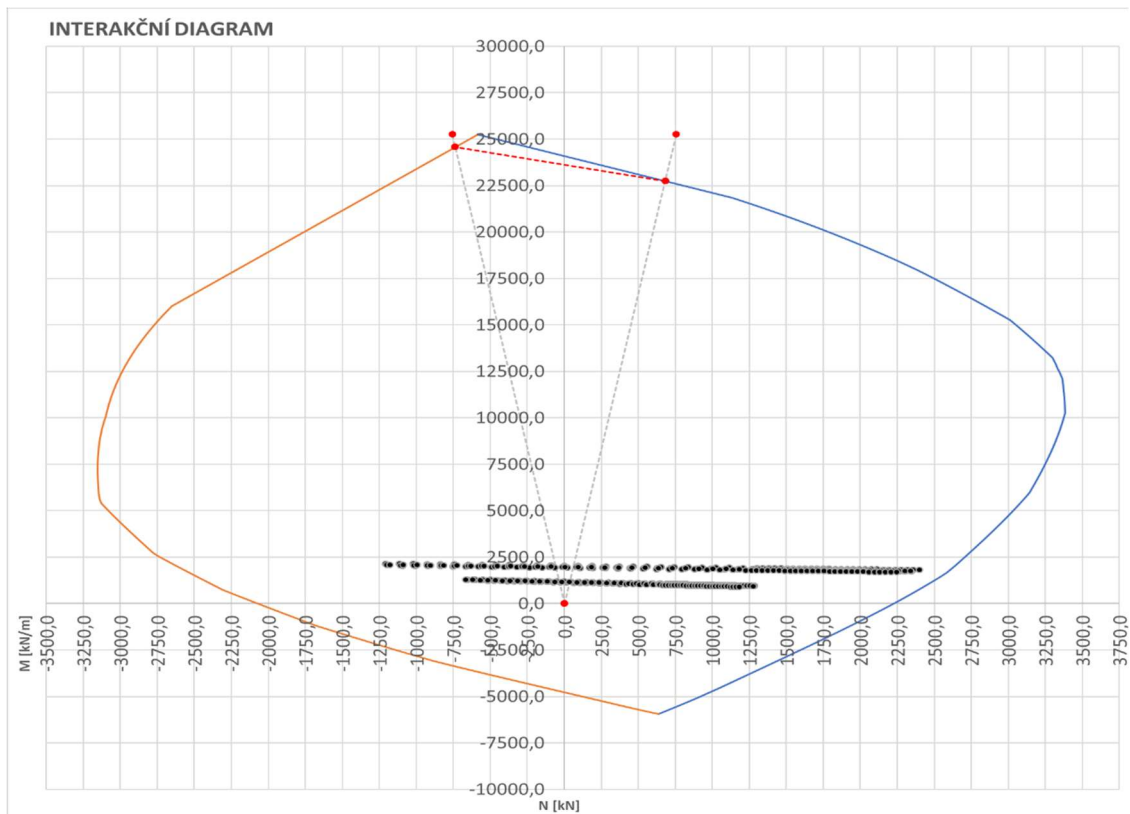
Následně byla odhadnuta výztuž, která byla vložena do průřezu ve výpočetním modelu v programu SCIA Engineer (podrobný výstup výpočtu viz *Příloha 6*). Při posuzování vyhodnocuje SCIA sloupy jako tlačené prvky a uvažuje na nich excentricitu 1. a 2. řádu. Přestože se jedná o detailní výpis posouzení sloupu, není z programového výpočtu patrné, jak byla vypočítána únosnost průřezu a jak se došlo k vykreslení interakčního diagramu. Jelikož není výpočet a posouzení ze SCIE transparentní a není tedy možné provést následnou kontrolu postupu výpočtu, přistoupil jsem k vytvoření vlastního výpočetního Excelu pro vykreslení interakčního diagramu a posouzení vnitřních sil působících na sloup. Vnitřní síly byly získány z výpočetního 2D modelu vytvořeného v programu SCIA Engineer.

Při vytváření a naprogramování výpočtu v Excelu nebylo možné postupovat klasickou metodou výpočtu bodů 0-5 interakčního diagramu, jako se postupuje u symetrických obdélníkových sloupů. Pro vytvoření diagramu bylo

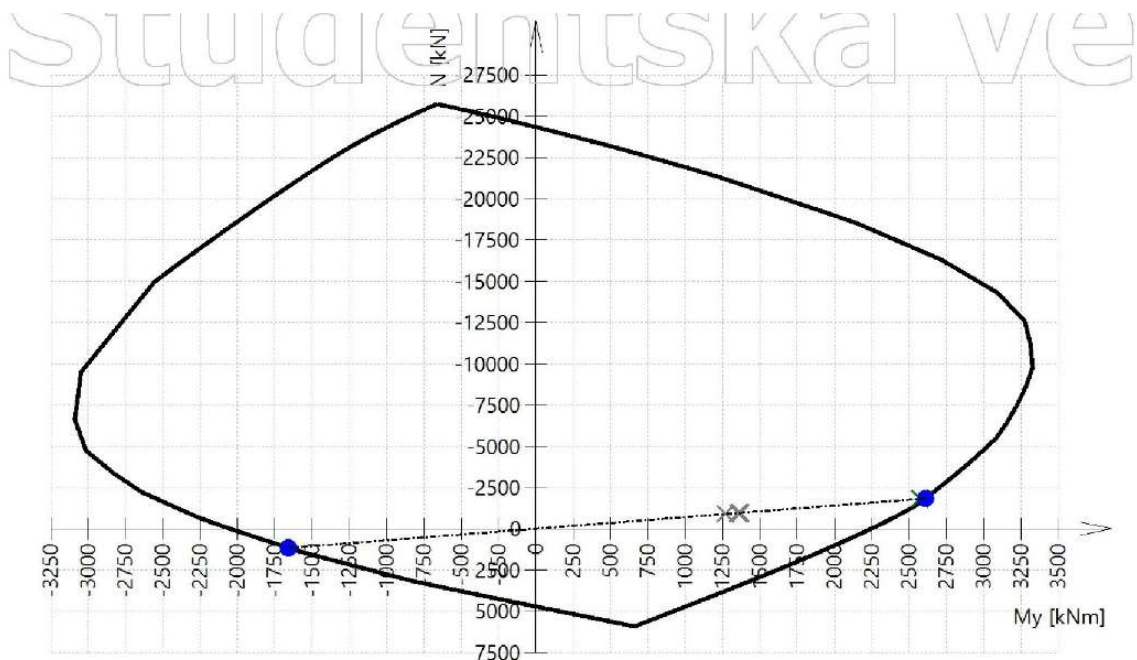
nutné vypočítat vnitřní síly pro konkrétní polohy normálové osy, která se postupně posouvala po celé výšce průřezu po 1 mm. Díky tomu vznikl relativně hladký průběh interakčního diagramu, který vyšel nesymetrický a nakloněný od svislé osy. Toto naklonění je důsledkem nesymetrického vyztužení a tvaru průřezu sloupu.

Následně bylo možné porovnat vytvořený interakční diagram v Excelu (viz *Obrázek 14*) s výstupním interakčním diagramem z programu SCIA Engineer (viz *Obrázek 15*). Ve výsledku si jsou oba interakční diagramy velmi podobné. Pro posouzení výztuže bude použitý vlastní interakční diagram vytvořený v Excelu z důvodu jasného a kontrolovatelného postupu výpočtu pro každou polohu normálové osy a výsledných vnitřních sil.

Navíc je možné v interakčním diagramu vytvořeném v Excelu snadno měnit vstupní data jako je pevnostní třída betonu, profil a poloha výztuže, díky čemuž lze zkoušet různé kombinace profilů výztuže, polohy výztuže a třídy betonu a nadimenzovat výztuž efektivně z hlediska využití.



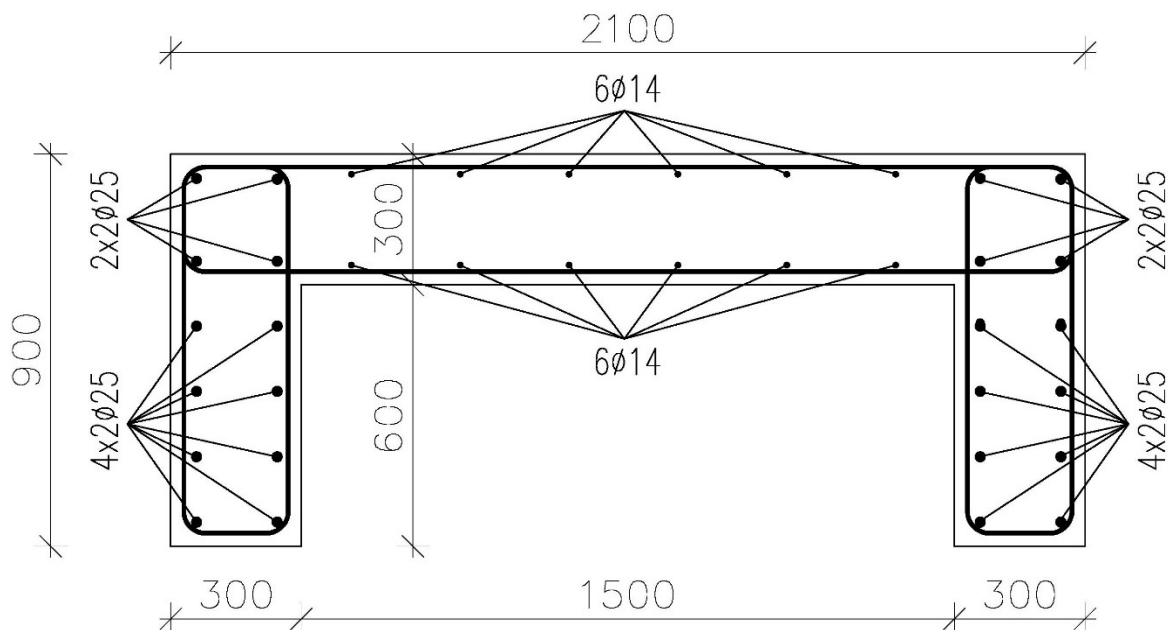
Obrázek 14 - Interakční diagram vytvořený pomocí Excelu



Obrázek 15 - Výstupní interakční diagram posudku v programu SCIA Engineer

Pro zvolenou třídu betonu C30/37 vyhovuje následující navržená výztuž (viz Obrázek 16):

- třmínky a spony: **Ø8/300 mm, zahuštění Ø8/180 mm**
- výztuž v pásnici: **12x Ø14**
- výztuž ve stojinách: **24x Ø25**



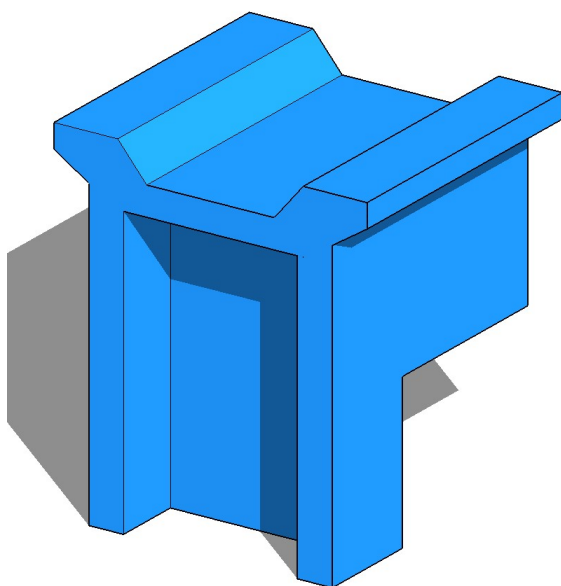
Obrázek 16 – Rozmístění výztuže sloupů

Podrobný výpočet a posouzení výztuže sloupů pomocí interakčního diagramu je uveden v Příloze 5. Podle navržené výztuže sloupů byl vytvořen výkres výztuže sloupů viz Příloha 10.

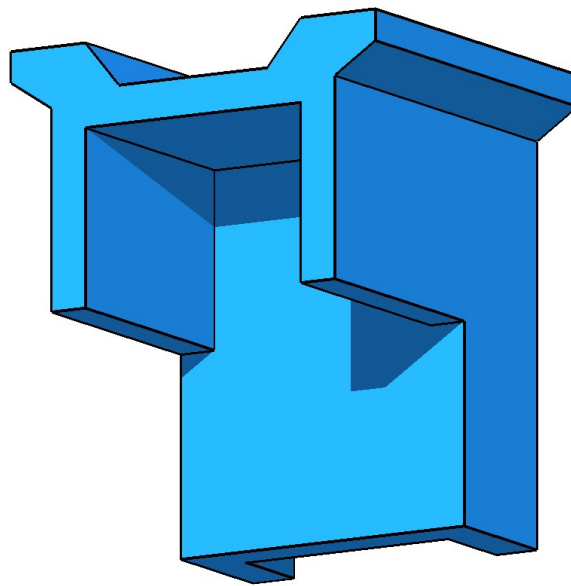
2. Rámový roh

2.1 Detail rámového rohu

Rámový roh konstrukce vzniká splynutím průřezů vazníku a sloupu (detail rámového rohu viz *Obrázek 17 a 18*). Stojiny na sebe plynule navazují a jsou zalícovány tak, aby navenek nevznikala žádná přechodová hrana, ale rozšiřují se z vazníku do sloupu o 50 mm směrem dovnitř. Pásnice vazníku také navazuje na pásnici sloupu. Ta ovšem není zakončena v místě pásnice sloupu, ale pokračuje dál a končí zalícovaná s čelem stojin sloupu.



*Obrázek 17 - 3D detail rámového rohu:
pohled shora*

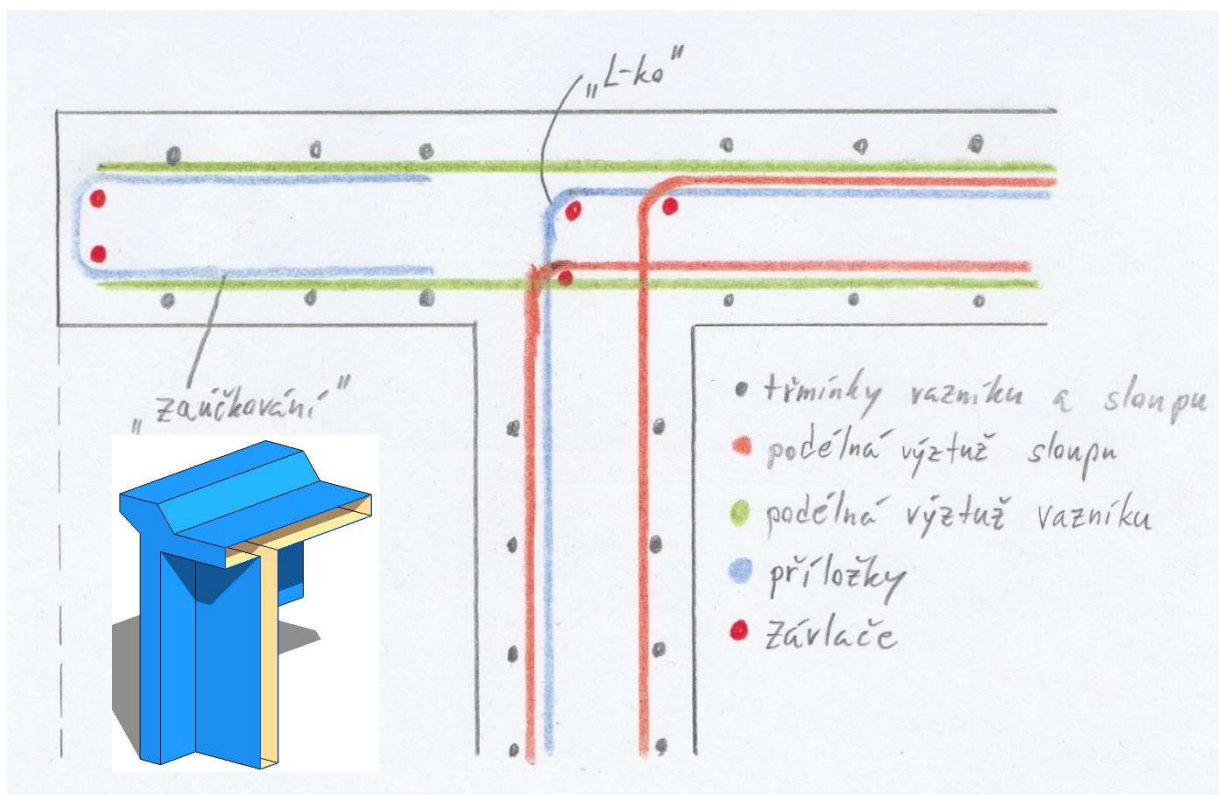


*Obrázek 18 - 3D detail rámového rohu:
pohled zdola*

Tato návaznost sloupu a vazníku umožňuje vytažení a zahnutí výztuže sloupů až do úrovně horní výztuže vazníku v pásnici, kde se bude stykovat a kotvit délkami dle profilu výztuže uvedenými v *Tabulce 5*. Podrobný postup výpočtu kotevních a přesahových délek je uveden v *Příloze 6*. Vnitřní poloměr ohybu výztuže je rovněž uveden v *Tabulce 5*.

Detail stykování horní výztuže v pásnici vazníku s výztuží pásnice sloupu je zřetelný na *Obrázku 19*. V místě křížení pásnic bude podélná výztuž sloupu zahnuta směrem do vazníku a stykována na přesah s horní a dolní výztuží pásnice vazníku. Výztuž pásnice vazníku bude protažena až do konce, kde bude opatřena výztužnými pruty tvaru U, a v místě křížení pásnic bude osazený prut tvaru L, který se bude stykovat s výztuží u horního líce pásnice vazníku

a u vnějšího líce pásnice sloupu – to bude společně se zahnutou výztuží sloupu zajišťovat rámové působení. Výztužné pruty tvaru U na konci pásnice vazníku a zahnutá výztuž v místě křížení pásnic budou opatřeny závlačemi.



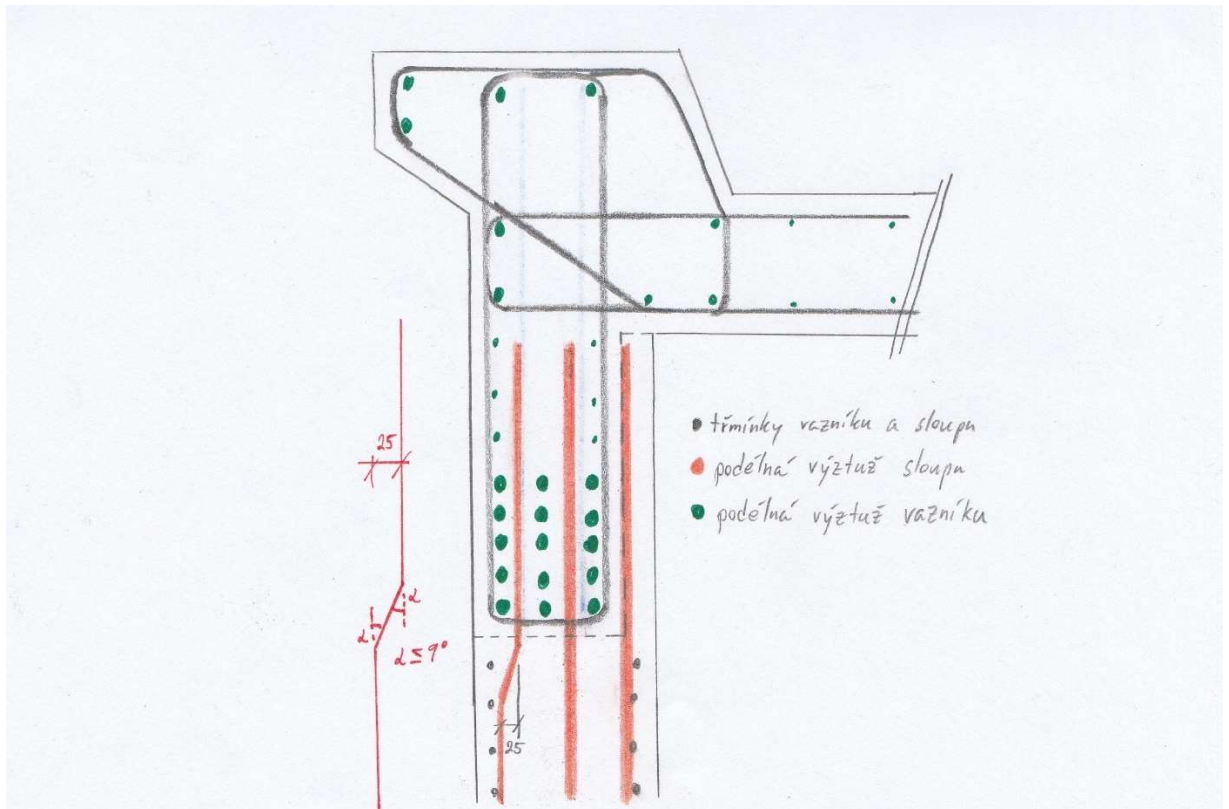
Obrázek 19 - Detail stykování výztuže pásnic sloupu a vazníku

ø	A(s)	l(b)	l(0)	r(in.)
6	28	220	330	24
8	50	290	440	32
10	79	370	550	40
12	113	440	660	48
14	154	510	770	56
16	201	580	870	64
18	254	660	980	126
20	314	730	1090	140
22	380	800	1200	154
25	491	910	1360	175
28	616	1020	1530	196
32	804	1160	1740	224
mm	mm ²	mm	mm	mm

Tabulka 5 - Kotevní a přesahové délky pro třídu betonu C30/37

Podélná výztuž sloupu ve stojinách je u vnějšího líce ve stejné úrovni, jako je vedena výztuž ve stojinách vazníku. V tomto případě bude výztuž sloupu krepovaná o 25 mm, aby se vyhnula výztuži vazníku, a úhel zahnutí nesmí

překročit velikost 9° . Vedení výztuže a způsob provedení vyhnutí je zřetelný na *Obrázku 20*. Díky tomu bude možné zatáhnout výztuž vazníku rovně nad podporou, kde bude olemována pruty tvaru U. V místě spodního líce vazníku je však vedena výztuž $\varnothing 25$ ve třech úrovních a pěti řadách, což znemožňuje použití „úček“, které zde vzhledem k poloměru zahnutí $\varnothing 25$ nelze osadit. Proto bude tato výztuž ovinutá pomocí třmínků, které k ní budou přivařeny a tím zajistí její dostatečné zakotvení nad podporou (viz *Obrázek 21*).



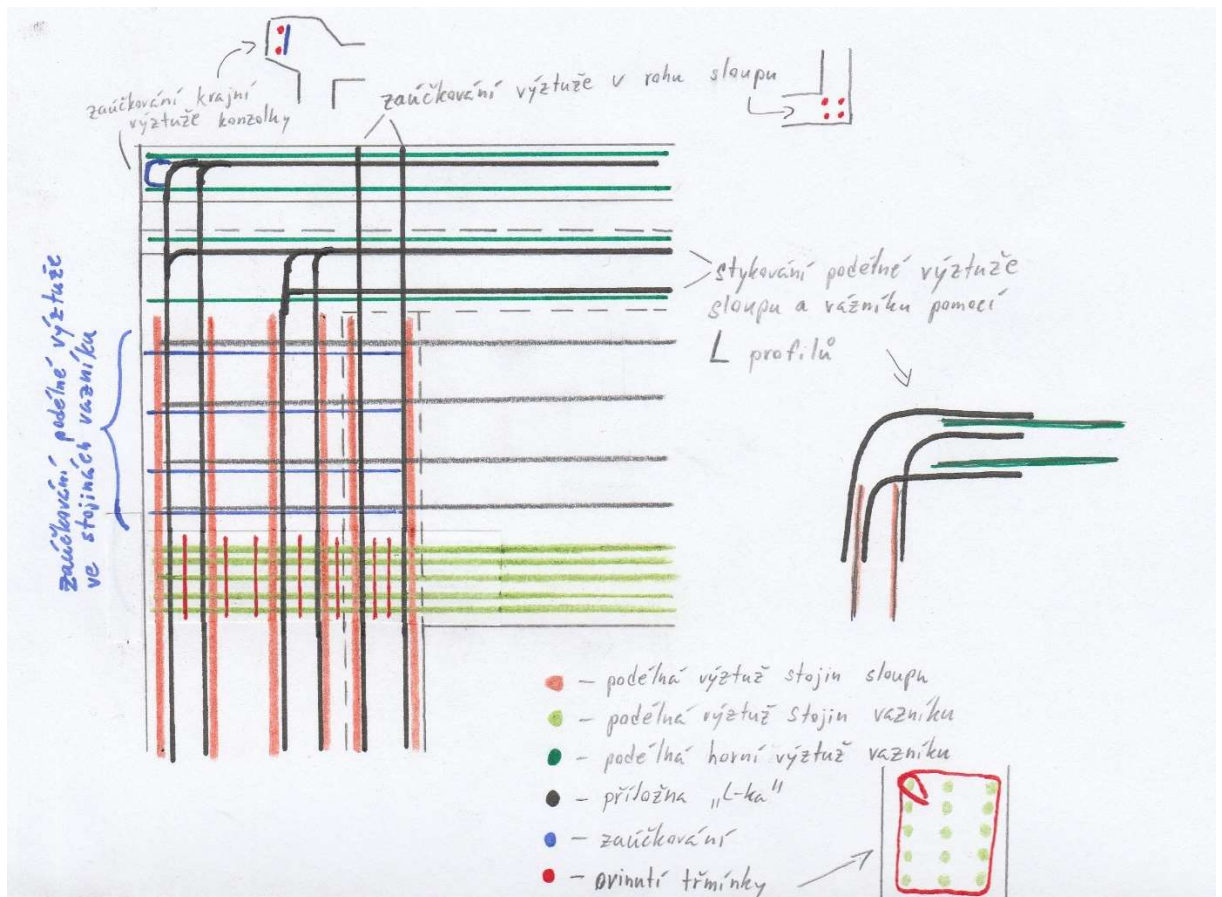
Obrázek 20 - Detail vedení podélné výztuže stojin sloupu v místě křížení s dolní výztuží vazníku

Následné zajištění působení rámového rohu v místě křížení stojin vazníku a sloupu bude provedeno pomocí L-profilů, které se budou přesahovat s podélnou výztuží stojin sloupu a horní výztuží vazníku. Způsob stykování výztuže je znázorněn na *Obrázku 21*, na kterém je zároveň znázorněný i způsob ovinutí dolní výztuže vazníku třmínky.

Díky analýze a vyřešení detailů rámového rohu a společně s vypočteným množstvím výztuže ve sloupech a vazníku je následně možné vytvořit výkres výztuže rámu, který se rozdělí do dvou výkresů tak, jak se běžně vytváří výkresy výztuže v praxi, a to na výkres výztuže vazníku (viz *Příloha 9*) a výkres výztuže sloupů (viz *Příloha 10*). Činí se tak z důvodu návazností prací na stavbě, protože

vazač výztuže, který bude provádět výztuž sloupu, nepotřebuje vidět ve výkresu výztuž vazníku, která by jej pouze mátl a ztěžovala mu čtení výkresu.

Výkresy výztuže rámu jsou vytvořeny pomocí vyztužovacího softwaru Recoc [11], který pracuje v prostředí programu AutoCAD od společnosti Autodesk.



Obrázek 21 - Detail stykování podélné výztuže stojin sloupu s horní výztuží vazníku a zakotvení dolní výztuže vazníku nad podporou

3. Vlastnosti betonové směsi

3.1 Požadavky na beton

Při návrhu konstrukce se vychází z betonu třídy C30/37, který bude použit při betonáži všech částí konstrukce monolitického rámu a bude splňovat následující požadavky:

- **krátkou dobu tuhnutí a tvrdnutí**
- **rychlý náběh počátečních pevností**
- **velmi tekutá konzistence (S5)**
- **menší frakce kameniva**

Jedno z hlavních kritérií výstavby monolitického rámu je co nejrychlejší betonáž a následné odbednění. Na základě tohoto kritéria je potřeba navrhnout takovou betonovou směs, která bude mít velice krátkou dobu tuhnutí a tvrdnutí s rychlými náběhy vysoké počáteční pevnosti. Pokud by konstrukce sloupů neměla dostatečnou únosnost a tuhost, mohla by se zdeformovat pod vahou vazníku. Při návrhu je také nutné omezit smršťování od vysychání a dotvarování betonu. Toho se dá docílit dostatečným ošetřováním betonu, hustším vyztužením konstrukce, popřípadě použitím betonu s kompenzací smrštění. Výslednou hodnotu průhybu by bylo možné snížit pomocí nadvýšení bednění vazníku. Nadvýšení po provedení posouzení vazníku na MSP není potřeba provádět, jelikož vazník vyhovuje na mezní stav přetvoření jak při krátkodobých, tak i dlouhodobých účincích zatížení.

Pro navržení betonové směsi s rychlými náběhy počátečních pevností je nutné použít při míchání čerstvé betonové směsi přísady snižující vodní součinitel. Tyto přísady definuje evropská norma ČSN EN 934-2+A1 [26], která specifikuje požadavky na přísady a na výsledné vlastnosti betonové směsi. [3] Nabízejícími se přísadami jsou superplastifikátory, které ztekucují betonovou směs bez nutnosti přidání vody, což snižuje výslednou hodnotu vodního součinitele a snadno se s nimi dosahuje stupně konzistence S5.

Pro splnění požadavků na dobu tuhnutí a tvrdnutí a náběhy počátečních pevností by se dalo použít dalších přísad, jako jsou urychlovače tuhnutí a tvrdnutí. Při používání více než jedné přísady hrozí ovlivnění působení jednotlivých přísad na výslednou směs – mohou své účinky podpořit, nebo

je naopak utlumit. V tomto případě je nutné ověřit, jakým způsobem ovlivňuje kombinace přísad výsledné vlastnosti a zdali se mohou použité přísady navzájem slučovat. [5]

Z důvodu silného vyztužení monolitického rámu, především prostorově složitého detailu rámového rohu, je potřeba velmi tekutá konzistence (S5) čerstvé betonové směsi. V místě rámového rohu se stykuje horní výztuž vazníku s výztuží sloupu, dolní výztuž vazníku bude zatažena a zakotvena do sloupu, bude zde zahuštěna síť třmínků sloupu a zároveň zde budou dotaženy třmínky z vazníku. Proto při použití nižšího stupně konzistence betonové směsi hrozí nedostatečné vyplnění prostoru mezi výztuží a vznikem kavern, což by vedlo k oslabení rámového rohu a zhoršení jeho působení jakožto tuhého rámového spoje.

Ze stejného důvodu silného vyztužení bude nutné použít do betonové směsi kamenivo nižší frakce, aby se největší frakce nezachytávaly v hustě vyztužených detailech. V tomto případě bude nutné použít frakci kameniva menší než 32 mm. Tuto podmínku by mělo splňovat případné použití samozhutnitelného betonu (SCC), u kterého se používá menší kamenivo než u běžného vibrovaného betonu (TVC). U SCC se při většině aplikací používá maximální velikosti kameniva 16 nebo 22 mm v závislosti na místní dostupnosti a zaběhlé praxi dodávající betonárky. [5]

3.2 Hydratace, tuhnutí a tvrdnutí betonu

Navrhování a výroba betonu se řídí normou ČSN EN 206+A1, Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. [24]

Beton je stavební materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva (písku) a vody, který vznikne ztvrdnutím cementové kaše (cementu a vody). Kromě těchto základních složek může navíc obsahovat dodatečné přísady nebo příměsi. [2] Úpravou poměrů jednotlivých složek betonu a přidáváním různých přísad a příměsí je možné měnit výsledné vlastnosti betonu. Tento proces se v dnešních možnostech výroby betonu nazývá návrhem betonové směsi. V tomto případě není pro navrhovanou konstrukci vybírán konkrétní

beton, ale jsou specifikovány požadavky na vlastnosti betonu, které vycházejí z namáhání a chování konstrukce.

3.2.1 Hydratace cementu

Beton tvrdne díky hydrataci cementu. Jedná se o souhrn chemických reakcí cementu a vody, díky nimž beton přechází ze snadno zpracovatelné plastické hmoty do materiálu podobnému hornině a následně do materiálu, který je pevný a chemicky odolný. Při tomto procesu dochází k hydrataci aluminátů – trikalciumaluminát (C_3A), tetrakalciumaluminátferit (C_4AF), ze kterých vznikají chemické sloučeniny, které se souhrnně označují C-A-H a podílejí se na rychlosti procesu tuhnutí. [3]

Další významný proces hydratace cementu je hydratace silikátů – alit (C_3S), belit (C_2S), při kterém vznikají chemické produkty označované souhrnně C-S-H gely. Tento proces je zodpovědný za počáteční a dlouhodobé pevnosti betonu. [3]

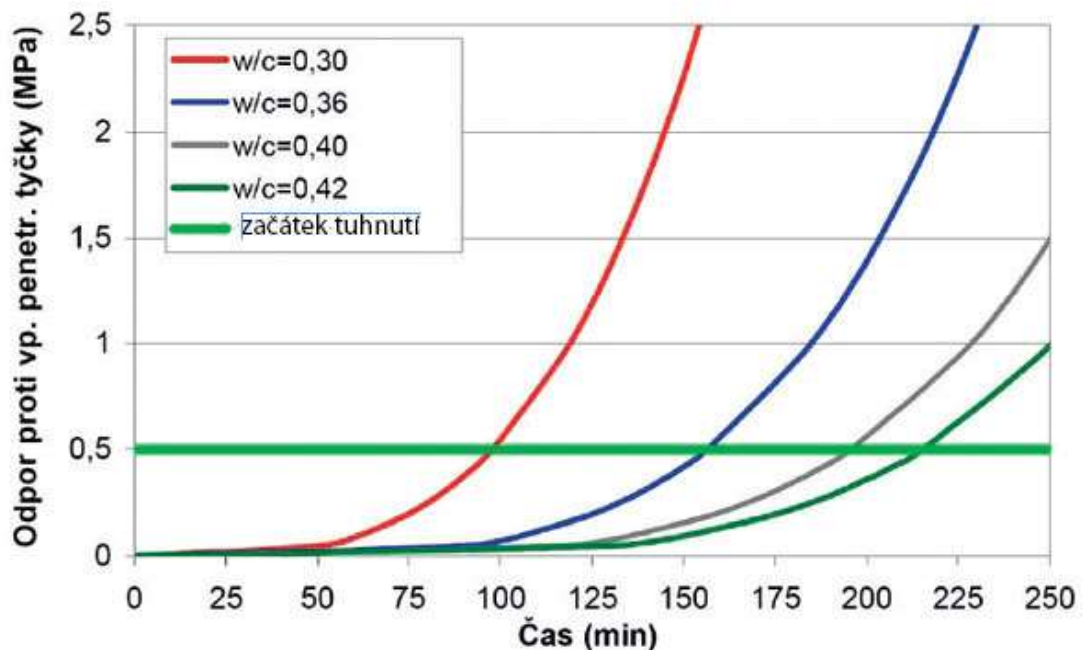
3.2.2 Vodní součinitel

Rovnice vodního součinitele se dá vyjádřit vztahem $w = \frac{v}{c}$, který udává poměr hmotnosti účinného obsahu vody (v [kg/m^3]) k hmotnosti cementu (c [kg/m^3]) v čerstvé betonové směsi. Běžně se vodní součinitel pohybuje v hodnotách od 0,3 do 0,6. Beton s nižším vodním součinitelem vykazuje lepší mechanické vlastnosti (pevnosti, modul pružnosti, odolnost vůči průsaku tlakové vody) a vyšší trvanlivost než beton s vyšším vodním součinitelem. Maximální velikost vodního součinitele ve vztahu k trvanlivosti betonu ukazují tabulky F1.1, F1.2 a F.2 normy ČSN P 73 2404 [25]. [2]

Podle množství záměsové vody v betonu je možné dělit čerstvou betonovou směs do pěti tříd konzistence (S1 – S5) od tuhé do velmi tekuté konzistence. Stupeň konzistence se určuje podle zkoušky sednutí kužele v mm.

V roce 1918 definoval D. A. Abrams zákon, který definuje závislost pevnosti betonu v tlaku na vodním součiniteli podle rovnice $f_c = K_1/K_2^{w/c}$. [3]

Z této závislosti je patrné, že rychlost vývinu pevnosti betonu nezávisí jen na vlastnostech cementu a přísad, ale také na hodnotě vodního součinitele. Z grafu na *Obrázku 22* je patrné, že pevnost betonu roste rychleji s nižším vodním součinitelem než u betonu s vyšším vodním součinitelem, jak je popsáno ve [4].



Obrázek 22 - Tuhnutí cementového tmelu s různým poměrem w/c při teplotě prostředí 20 °C [4]

3.2.3 Přísady

Do čerstvé betonové směsi se mohou přidávat různé přísady. Ty se přidávají v malých dávkách, obvykle do desítek kilogramů, a ovlivňují výsledné vlastnosti betonu – dobu tuhnutí a tvrdnutí, zpracovatelnost, pórovitost a další. Podle jejich specifické funkce, kterou plní při zlepšování vlastností betonu, se dělí do kategorií:

- urychlující přísady,
- zpomalující přísady,
- provzdušňovací přísady,
- inhibitory koroze,
- přísady zamezující smrštění betonu,
- přísady snižující obsah vody neboli plastifikátory,
- superplastifikátory,
- apod. [3]

Návrh betonové směsi pro konstrukci monolitického rámu sportovní haly bude vycházet z požadavků na urychlení výstavby, rozměrů konstrukce a z výsledků působení zatížení.

3.3 Výběr vhodného betonu a jeho vlastnosti

S přihlédnutím k požadavkům na beton, možnosti použití přísad a ovlivnění výsledných vlastností čerstvé betonové směsi a vyzrálého betonu se na betonáž monolitického rámu použije samozhutnitelný beton tekuté konzistence s pevnostní třídou betonu C30/37.

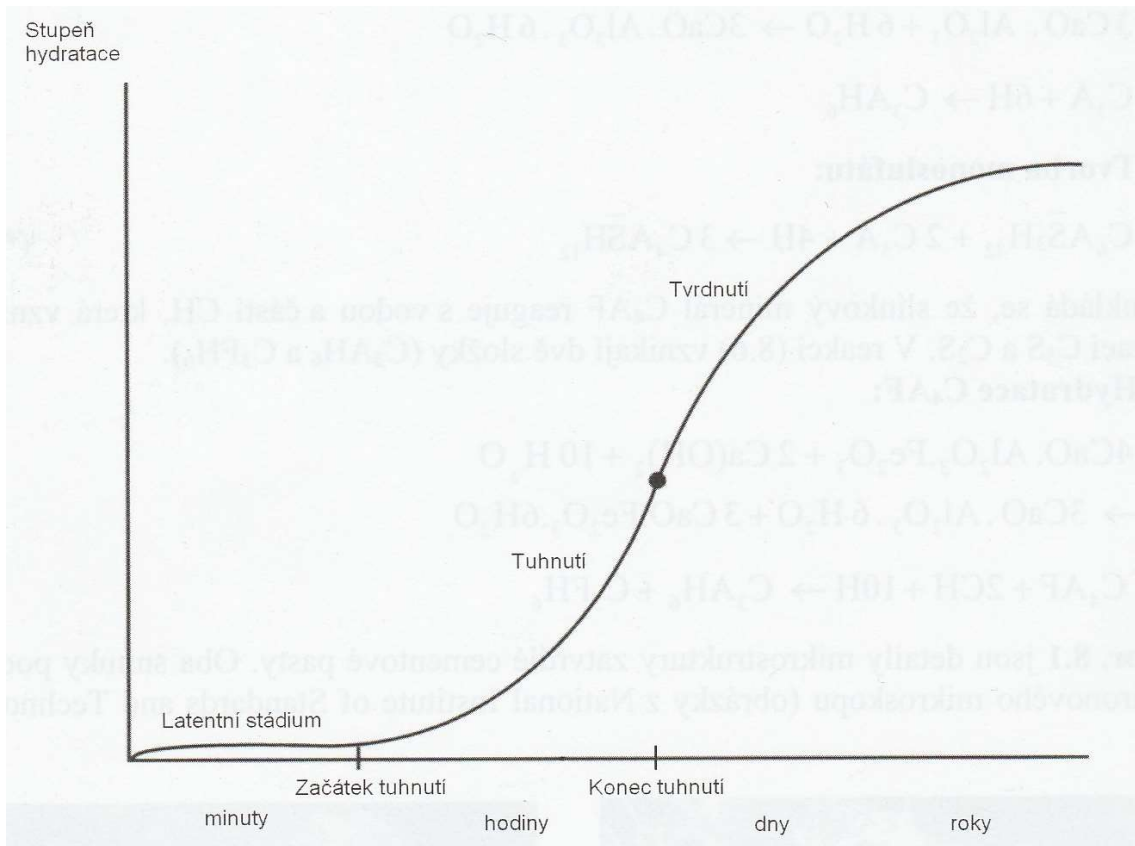
Pokud jde o složení betonu pro směs SCC i TVC v zásadě platí stejné základní závislosti, jako např. mezi hodnotami vodního součinitele a pevností v tlaku. To znamená, že směsi SCC je možné vyrobit s jakoukoliv pevností v tlaku, od nízké až po velmi vysokou. U SCC betonů tedy nemusí platit, že se hned bude jednat o „vysokohodnotný“ beton, který bude po ztvrdnutí vykazovat vysokou pevnost v tlaku. [5]

Použití SCC přináší celou řadu výhod, které usnadní betonáž monolitického rámu, urychlí celkovou výstavbu a splňují stanovené požadavky na betonovou směs uvedené v kapitole 3.1. Mezi tyto výhody patří:

- rychlejší výstavba se snadným protékáním okolo hustě uložené výztuže,
- tekutost a odolnost proti rozměšování samozhutnitelného betonu, což zajišťuje vysoký stupeň homogenity a minimální obsah pórů,
- nízký vodní součinitel umožňující rychlý nárůst pevnosti, brzké odbednění a rychlejší použití stavebních prvků a konstrukcí,
- vyloučení procesu vibrování, což vede ke zkvalitnění pracovního prostředí na pracovišti a zlepšuje vliv staveniště na jeho okolí. [2]

Vyhovující rychlost tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi SCC můžeme pozorovat na grafu uvedeném na *Obrázku 23*, ze kterého je patrné, že v prvotní fázi po přidání záměsové vody téměř nedochází k procesu hydratace. Tento proces započne přibližně po 1 až 3 hodinách, kdy zároveň nastává stádium tuhnutí směsi, která začíná po pár hodinách tuhnut. Následně dochází k vývoji

určité pevnosti a v řádu několika hodin nastává proces tvrdnutí, který má velmi rychlý náběh počátečních pevností. [5]



Obrázek 23 - Indukční období, tuhnutí a tvrdnutí SCC [5]

Postup při odbedňování a následném ošetřování SCC bude totožný jako postup při ošetřování TVC, a to kvůli faktorům ovlivňujícím rychlost vývoje a velikost dotvarování zatvrdlého betonu. Nejdůležitějšími faktory jsou množství vody ve směsi, obsah cementu, původ a vlastnosti kameniva. [5]

Díky vlastnostem SCC, které jsou uvedeny výše, je použití tohoto betonu pro výstavbu monolitického rámu nejvhodnější a nejefektivnější z hlediska požadavku rychlosti výstavby a složitosti tvaru konstrukce s hustě vyztuženými detaily.

4. Možnosti urychlení výstavby

4.1 Zhodnocení možných postupů a rizik výstavby

Pro vyhodnocení způsobu urychlení výstavby je nutné zohlednit několik vstupních parametrů, na základě kterých se stanoví postup výstavby:

- **rozměry konstrukce**
- **možné postupy betonáže a bednění**
- **umístění pracovní spáry**
- **dostupná mechanizace**

Konstrukce rámu je vzhledem k monolitickému provedení bez předpětí velmi rozměrná a její vlastní tíha je v porovnání s ostatními působícími zatíženími popsány v kapitole 1.2. velmi významná. Výška sloupů ke spodnímu líci vazníku činí 9,43 m a světlé rozpětí vazníku je 26,2 m. Tyto rozměry společně s tvary průřezů tvoří hlavní návrhové faktory ovlivňující způsob provedení bednění a postup betonáže.

Vzhledem k zaběhlým způsobům výstavby monolitických konstrukcí se nabízí způsob bednění a betonáže sloupů na dva záběry s umístěním pracovní spáry v místě nulového ohybového momentu, při kterém by se využilo posuvného bednění. Tento postup betonáže je vzhledem k požadavku urychlení výstavby pomalý, jelikož by se musela po každém pracovním záběru zavádět odstávka betonáže pro vyvázání výztuže druhé části sloupu a posunutí bednění.

Druhou možností se nabízí vybetonování sloupů na jeden záběr. Tento způsob ovšem klade vysoké nároky na bednění z hlediska účinků tlaků od čerstvé betonové směsi. I přes to se tento způsob jeví z hlediska používaného typu betonu definovaného v kapitole 3 (SCC) jako nejefektivnější z hlediska rychlosti výstavby. Navíc se při použití SCC nabízí možnost čerpání čerstvé betonové směsi odspodu a tím eliminovat problém zasouvání dlouhého rukávu do bednění.

Otázkou při betonování sloupů na jeden záběr je, zda bude rychlost betonáže taková, aby se stihly vybetonovat oba sloupy za jeden den. V případě nedostatečné rychlosti by bylo vhodné povolát dodatečnou mechanizaci, např. autojeřáb, aby mohly práce na betonování sloupů probíhat současně.

Tímto způsobem by byly sloupy vybetonovány za jeden den a práce by se následně mohly zaměřit na provedení vazníku a zmonolitnění celého rámu.

Při postupu betonování vazníku vzniká problém v místě konzolek, které vyčnívají do stran a nad průřez. Nabízí se vybetonování na dva záběry, kdy by se nejprve vybetonoval základní U-tvar vazníku a následně po zatuhnutí betonu by se vybednily a dobetonovaly konzolky pro ukotvení střešních konstrukcí. Tento postup by byl z hlediska provádění bednění jednodušší, avšak z časového hlediska pomalejší než vybetonování celého vazníku v jednom kuse. To však bude vyžadovat specifické řešení bednění pro vytvoření celého průřezu vazníku i s konzolkami. Zároveň bude muset být bednění a betonování vazníku prováděné na pevné podlaze podepřené betonářskými věžemi kvůli výšce, ve které se nachází. Po vybetonování vazníku jej bude možné ponechat „stát“ na betonářských věžích, aby byla zajištěna dostatečná doba pro tvrdnutí a náběh počátečních pevností betonu. Tím se eliminuje riziko deformace konstrukce rámu pod vlastní tíhou a zároveň se v této době mohou práce přesunout na provádění dalších konstrukcí spjatých s výstavbou celé konstrukce sportovní haly.

4.2 Volba způsobu výstavby

Po zhodnocení možností a rizik spojených s urychlením výstavby monolitického rámu byl zvolen následující způsob výstavby – oba sloupy rámu budou betonovány najednou na jeden záběr a po krátké odstávce bude na jeden záběr dobetonován vazník. Tento postup výstavby zajistí, aby byl monolitický rám zhotoven v co nejkratším čase a současně bude při výstavbě zajištěna dostatečná doba pro tvrdnutí a náběh pevností betonu, která zajistí dostatečnou tuhost konstrukce.

Vzhledem ke složitosti a rozměrům konstrukce se předpokládá následující postup a časová náročnost prací (harmonogram postupu prací viz *Tabulka 6*):

- armování a bednění obou sloupů by trvalo jeden den
- následující den by se k betonáři sloupů povolal autojeřáb a oba sloupy by byly vybetonovány za jeden den
- další den by se sloupy odbednily a začaly se ošetřovat pro omezení dotvarování a smršťování

- zároveň by se ten samý den vystavěly betonářské věže s pevnou podlahou a vyvázala se výztuž vazníku
- další den by se vytvořilo bednění vazníku, což by vzhledem k pracnosti trvalo celý den
- následující den by se vybetonoval vazník, který by byl ponechán v bednění do dalšího dne
- po odbednění vazníku by se začalo s ošetřováním vazníku, ten by byl ponechán na betonářských věžích a práce by postupovaly na jiné konstrukce spojené s výstavbou sportovní haly

Stanovený postup výstavby monolitického rámu vyžaduje specifické provedení bednění sloupů a vazníku, způsobu betonáže, odstávky betonáže a pracovní spáry. Opatření a provedení jednotlivých specifík výstavby je detailně popsáno v následujících kapitolách 5 a 6.

Dny	1	2	3	4	5	6
Sloupy	A+B	C	O+O			
Vazník			V+A	B	C	O+O

Tabulka 6 - Harmonogram postupu prací

*Legenda: A – armování; B – bednění; C – betonování; O+O – odbednění a ošetřování;
V – betonářské věže*

5. Bednění a betonáž sloupů

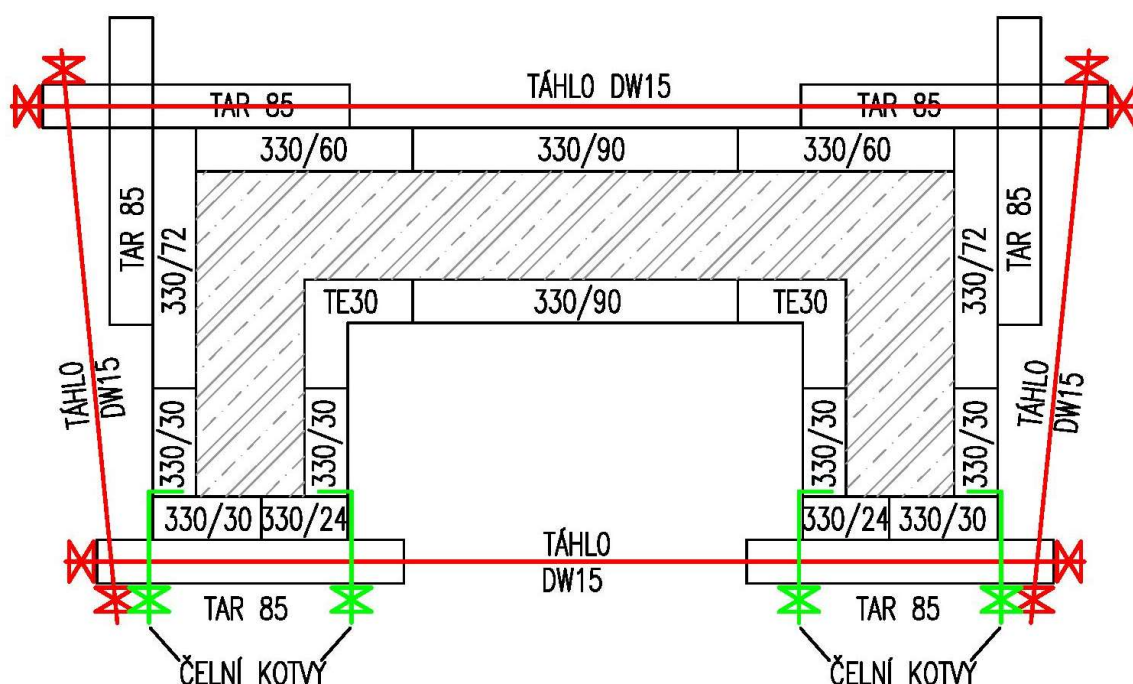
5.1 Návrh bednění sloupů

Hlavním kritériem pro návrh bednění je průřez sloupu a možnost vybednit a vybetonovat sloupy na jeden záběr. To přináší problémy s hydrostatickým tlakem vodního sloupce působícího na bednění. Přestože má SCC velmi tekutou konzistenci, není tato konzistence způsobena větším obsahem vody, ale přidáním plastifikačních přísad, díky kterým může SCC působit jako betonová směs s velkým množstvím vody. To znamená že použití SCC nezvyšuje nároky na odolnost bednění vůči tlaku čerstvé betonové směsi oproti tradičnímu vibrovanému betonu. [5]

Vzhledem k urychlení výstavby konstrukce se nabízí využití sloupových nebo stěnových systémových bednění, která nabízejí různí výrobci jako jsou např. PERI [13], DOKA [15] a MEVA [16]. Tato bednění jsou málo pracná a pracovníci je snadno postaví a složí. Pro sloupy monolitického rámu by bylo vhodné využít sloupových systémových bednění, která vydrží maximální tlak čerstvého betonu do 100 kN/m^2 . Bohužel není možné využít žádné ze systémových bednění sloupů nabízených uváděnými výrobci výše, jelikož jsou tato bednění typizovaná pro čtvercové/obdélníkové a kruhové sloupy. Navíc žádný z výrobců neposkytuje sloupové bednění pro sloupy šířky nad 2 metry.

Z těchto důvodů bude nutné přistupovat ke sloupům vzhledem k jejich rozměrům a průřezu jako ke stěnám. Využije se tedy stěnových rámových bednicích systémů společnosti PERI [13] vybavených armovacím lešením pro vazače výztuže kvůli výšce sloupů. To znamená, že výztuž sloupů nebude vyvazována jako armokoš, který se bude zasouvat do bednění, ale bude vázána rovnou na místě sloupů a následně se obední systémovými dílci. Tento systém se dodává s bednicími dílci v modulu po 30 cm (30, 60, 90, 120, 240), které jsou velmi vhodné pro průřez tohoto sloupu, který má rozměry také v násobku 30 cm. Oproti sloupovému bednění vydrží stěnové bednění maximální tlak čerstvé betonové směsi do 80 kN/m^2 , k čemuž bude muset být přihlédnuto při rychlosti ukládání betonu.

Výrobce navíc disponuje spínacími tyčemi a táhly. Spínací tyče budou použity pro sepnutí jednotlivých dílců proti sobě, aby lépe vzdorovaly tlakům od čerstvé betonové směsi a aby se zatížení na bednění rovnoměrně roznášelo. Po obvodu bednění budou použita táhla, která jej budou dodatečně stahovat. Tato táhla budou osazena po 1 metru v první polovině sloupu a poté každý 1,5 metr. Táhla budou dotažena malou silou, aby nezpůsobovala deformace bednění, ale zároveň aby vzdorovala vodorovným tlakům na bednění vyvíjených při ukládání čerstvé betonové směsi. Návrh bednění sloupů viz *Obrázek 24*.



Obrázek 24 - Návrh bednění sloupů

5.2 Způsob betonáže sloupů

Sloupy budou betonovány na jeden záběr v průběhu jednoho dne. Aby byla výstavba co nejrychlejší, bude nutné při betonáži sloupů povolat ke staveništnímu jeřábu navíc jeden dočasný autojeřáb. Díky tomu se zajistí kontinuita práce na obou sloupech současně.

Jelikož se při betonáži bude muset dodržovat několik zásadních kritérií, bude potřeba, aby byl při betonáži u každého sloupu stavební dozor, který bude dohlížet na postup práce a technologickou kázeň pracovníků. K těmto kritériím

patří dostatečné zasunutí rukávu bádie do bednění a rychlost ukládání betonové směsi pro snížení tlaků na bednění.

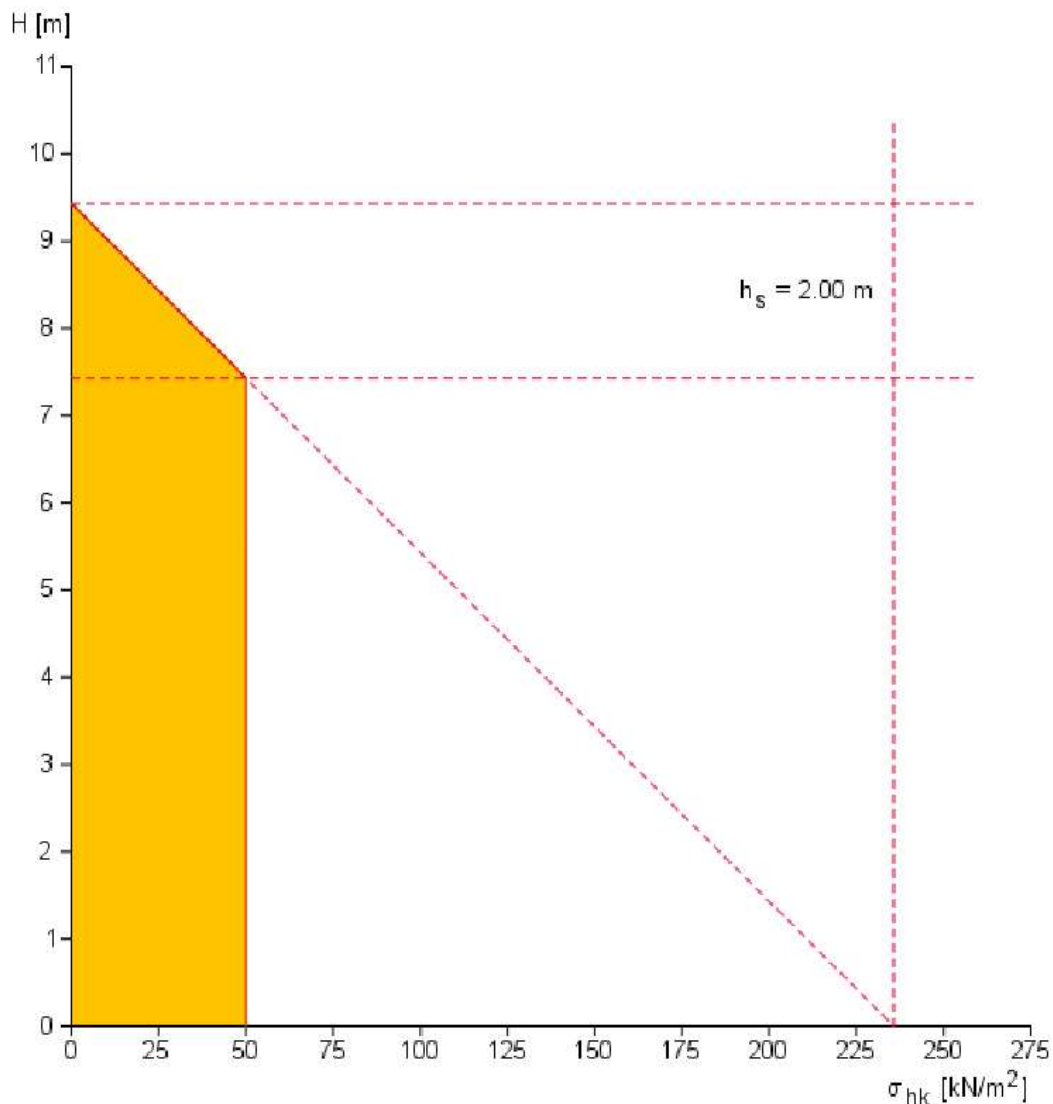
5.2.1 Ukládání čerstvé betonové směsi

Z důvodu snížení tlaků na bednění byla pro betonáž zvolena metoda ukládání čerstvé betonové směsi shora pomocí rukávu z prošívané tvrzené pružné gumy délky 10 metrů a průměru 200 mm. K nízkým tlakům na bednění dochází v případě, má-li směs v důsledku použitých přísad určitou míru tixotropie nebo je-li beton lit pomalu shora bez výrazného volného pádu. [5]

Bednicí dílce, které jsou použity ze stěnových bednicích systémů, neodolávají tlakům čerstvé betonové směsi tak dobře, jako bednicí dílce určené pro sloupy, a z tohoto důvodu nebyla zvolena metoda čerpání SCC zespodu, která se pro tento druh betonu nabízí. Při této metodě čerpání totiž vznikají dodatečné dynamické tlaky, které jsou způsobeny tlakem čerpadla. V některých případech byly při čerpání zespodu ode dna bednění naměřeny tlaky, které výrazně převyšovaly hodnoty hydrostatického tlaku. Při čerpání betonu tímto způsobem se obecně tlak vyvíjí tehdy, je-li hlavní masa betonu soustavně promíchávána proudem betonu tryskajícím ze vpusti potrubí na dně bednění. [5] Navíc by bylo nutné vytlačit betonovou směs do výšky 10 metrů a při takto vysokém čerpacím tlaku by hrozilo roztržení bednění u paty sloupu a ohrožení všech pracovníků v okolí.

Rychlost čerpání betonové směsi se bude řídit výpočtem od výrobce bednění PERI [14], který má na svých webových stránkách kalkulačku výpočtu rychlosti ukládání a dosaženého tlaku na bednění po výšce bednění. Po zadání vstupních parametrů – teploty betonu, teploty při ukládání, doby tuhnutí, stupně konzistence (neboli druhu betonu při SCC) a výšce betonáže, dostaneme výstupní hodnoty rychlosti ukládání čerstvé betonové směsi, pro dosažení zadaného maximálního tlaku na bednění. Z protokolu výsledků (viz Příloha č.6 – výpočet rychlosti betonáže dle kalkulačky PERI) vychází při dosažení maximálního tlaku na bednění 50 kN/m² rychlost ukládání betonu 1 výškový metr za hodinu (průběh hodnoty tlaku působícího na bednění je znázorněn na Obrázku 25). I přesto, že hodnota únosnosti použitého bednění

je 80 kN/m^2 , byla zvolena maximální hodnota tlaku na bednění 50 kN/m^2 z důvodu bezpečnosti a určité rezervy únosnosti bednění při betonáži.



Obrázek 25 - Průběh tlaku čerstvé betonové směsi na bednění při rychlosti ukládání 1 výškový metr za hodinu pomocí PERI softwaru – výpočet zatížitelnosti bednění [14]

Při ukládání směsi SCC je nutné dohlédnout na to, aby na stavbě nebylo použito vibrování pro zhutnění jednotlivých vrstev betonu, jako se používá u TVC. Vibrování není u samozhutnitelného betonu žádoucí, jelikož by při vibrování docházelo k výraznému sedání hrubšího kameniva. Zároveň vyloučení tohoto procesu vede ke zlepšení pracovního prostředí na staveništi, díky čemuž nejsou pracovníci vystaveni hluku a vibracím, a také přispívá ke snížení vlivu na okolí. [2, 17]

5.2.2 Pracovní spára

Pracovní spára bude provedena podle násobku modulové výšky bednicích dílců. Na vybednění sloupu se po výšce použijí dva dílce o výšce 270 cm a jeden o výšce 330 cm, což vytvoří bednicí formu vysokou 8,7 m.

Spodní líc vazníku má výškovou kótu +9,430 m od podlahy. Abychom neoslabovali kritický detail konstrukce rámu, kterým je detail rámového rohu, bude umístěna pracovní spára 90 cm pod spodní líc vazníku v úrovni +8,530 m nad úrovní podlahy. To zajistí mírný přesah bednění nad pracovní spáru, aby při betonáži beton nepřetekl bednicí formu.

Umístění pracovní spáry vychází z modulové řady bednicích dílců firmy PERI [13], která nabízí stěnové dílce ve variantách 330, 270, 120 a 90 cm výšky. Díky tomu bude následně možné dobednit zbývající část sloupu společně s vazníkem a na zbývající části, které nepokryje modulový systém bednění, bude bednění doděláno pomocí dřevěných profilů a překližek.

Umístění pracovní spáry viz *Příloha č.8 – Schéma monolitického rámu.*

5.3 Odstávka betonáže

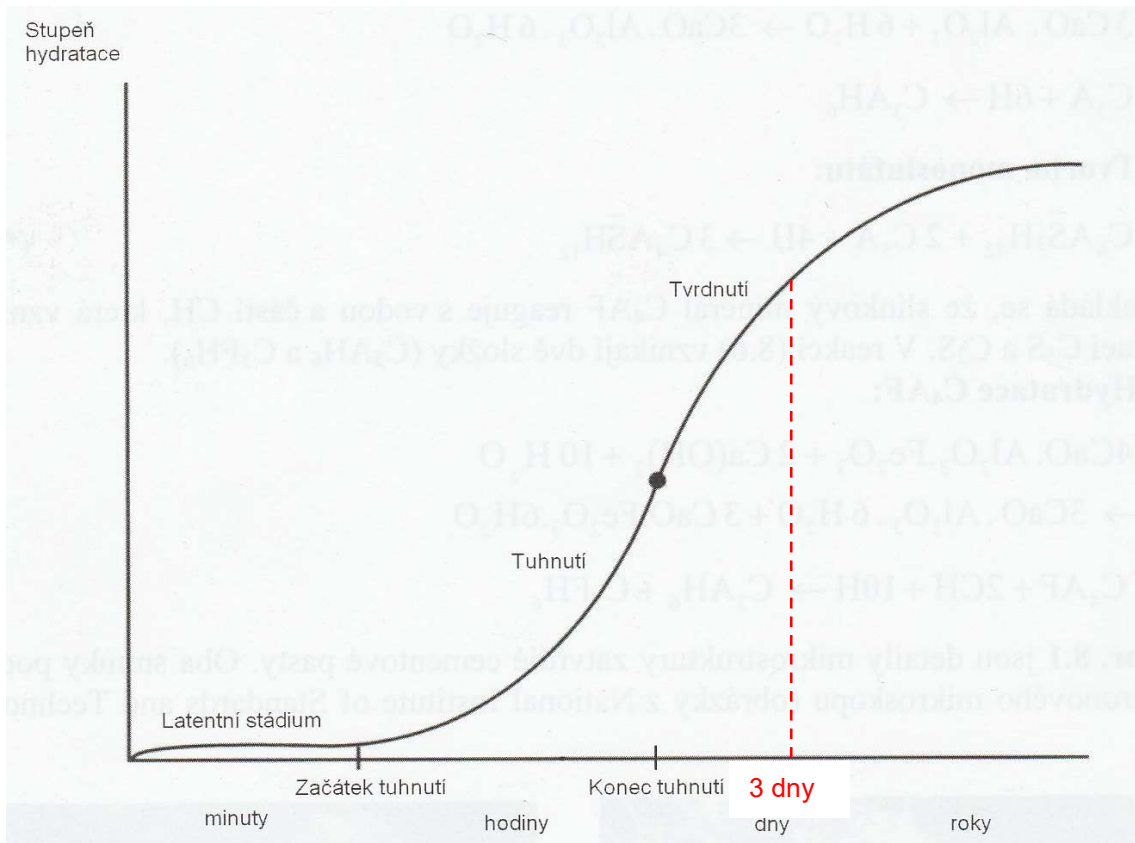
Po vybetonování obou sloupů monolitického rámu bude bednění na sloupech ponecháno až do dalšího dne, kdy se následně sundá a začne se s ošetřováním betonu a s výstavou betonářských věží s pevnou podlahou pro vyvázání výztuže a vybednění vazníku a zbytku sloupů.

Předpokládá se určitá prodleva mezi betonáží sloupů a vazníku, která je nevyhnutelná z technologické hlediska provádění bednění a vázání výztuže vazníku. Během této doby dojde ke ztvrdnutí a náběhu pevností betonu, což zajistí, aby se sloupy při betonáži vazníku nezdeformovaly pod jeho velkou tíhou.

Kvůli komplikovanému tvaru průřezu a rozměrů vazníku se předpokládá, že práce na vyvázání výztuže, osazení bednění a vytvoření dodatečných výdřev bude trvat přibližně dva dny práce. S betonáží vazníku by se začalo až třetí den po vybetonování sloupů. Po této době budou sloupy ze samozhutnitelného betonu s přísadami urychlujícími tvrdnutí betonu dostatečně tuhé a pevnost

betonu naběhne dostatečné pevnosti – v tuto dobu je již možné sloupy plně zatížit tíhou vazníku a nedojde k jejich deformaci (viz *Obrázek 26*).

Vazník navíc bude po vybetonování a odbednění ponechán podepřen betonářskými věžemi – to ještě oddálí dobu zatížení sloupů plnou vahou vazníku a umožní vyšší náběh pevností betonu. Bude tedy trvat několik dní, než dojde k plnému zatížení sloupů, což eliminuje riziko jejich deformace.



Obrázek 26 - Vývoj tvrdnutí a pevnosti sloupů v době započetí betonáže vazníku [5]

6. Bednění a betonáž vazníku

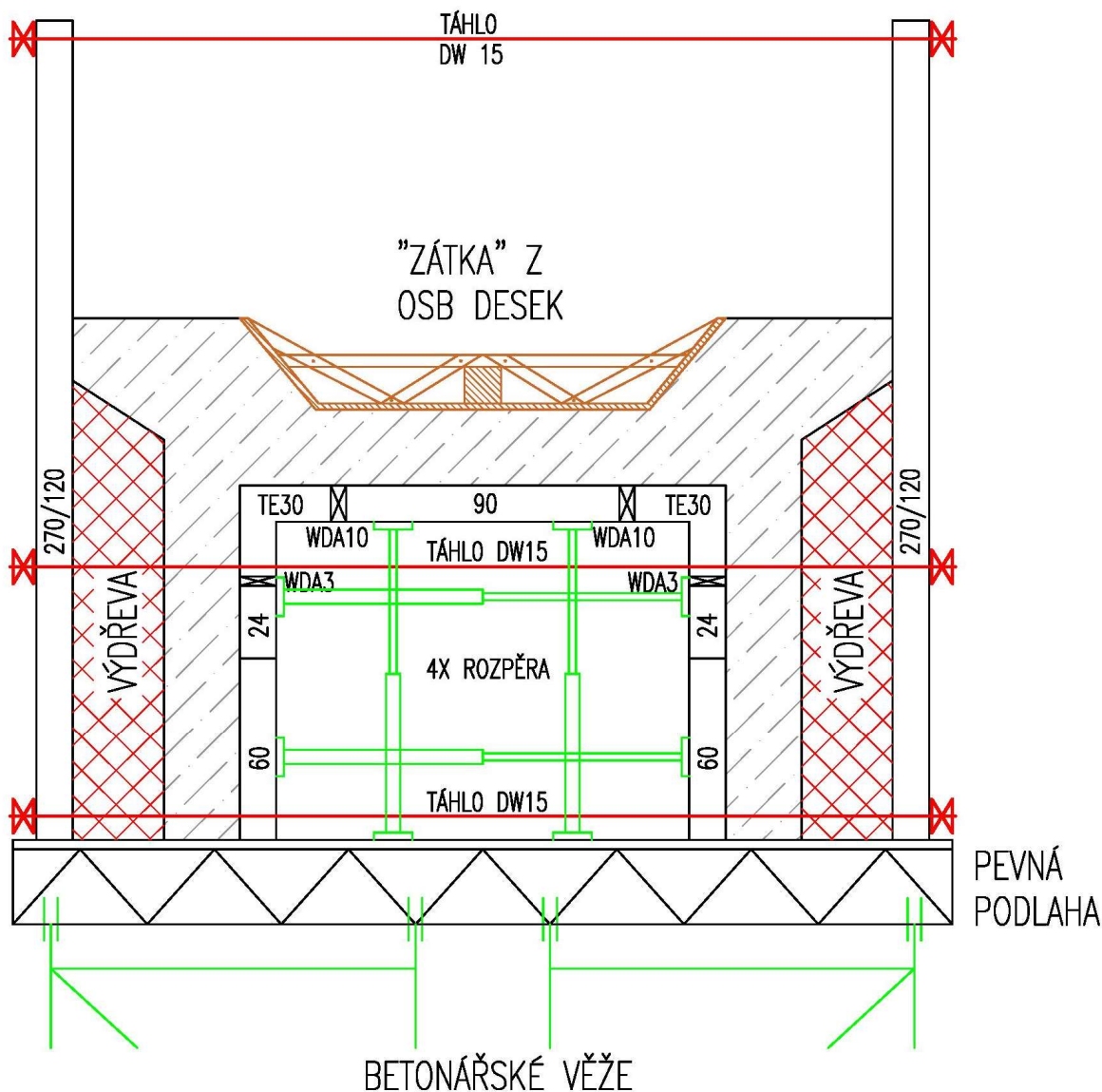
6.1 Návrh bednění vazníku

Provádění bednění vazníku je problémové z hlediska rozměrů a výšky vazníku nad zemí. Aby bylo bezpečné pro dělníky na stavbě vyvázat výztuž a následně vybednit vazník, bude nutné použít pevnou podlahu postavenou na betonářských věžích po celé délce vazníku, která bude přesahovat půdorys vazníku o 1,5 metru na každou stranu.

Vazník bude na vnitřním líci vybedněn systémovými dílci od firmy PERI [13], které budou rozepřeny – svislé dílce budou rozepřeny proti sobě a dílce pod pásnicí průřezu budou rozepřeny proti pevné podlaze pod vazníkem. Pevná podlaha bude zároveň tvořit bednění pro spodní líc stojin.

Pro vybednění vnějších stran vazníku bude použita výdřeva z desek a latí. Výdřeva se následně zakryje systémovými dílci 270/120, které budou sepnuty pomocí táhel DW15. Spodní dvě táhla mají za účel vzdorovat vodorovným účinkům tlaku čerstvé betonové směsi, zatímco horní táhlo má pouze stabilizační účinek, aby se bednicí dílce nemohli překlopit při stažení spodní části.

Horní líc průřezu, kde se nachází žlab, bude nutné v průběhu betonáže osadit „zátkou“ z OSB desek a dřevěných profilů, která bude speciálně vytvořena pro tento vazník. Zátka bude osazena pro zachování horního líce pásnice, čímž bude možné vybetonovat konzolky pro ukotvení střešní konstrukce společně s vazníkem na jeden záběr a nevytvářet pracovní spáru v místě zvětšeného namáhání vazníku od střešní konstrukce. Výkres bednění vazníku viz *Obrázek 27*.



Obrázek 27 - Návrh bednění vazníku

6.2 Způsob betonáže vazníku

Vazník bude betonován klasickým způsobem pomocí bádie a jeřábu. Nejprve se při betonování dobetonují zbylé části sloupů a následně se bude pokračovat s betonáží celého vazníku tak, aby nikde nevznikla odstavka a vazník byl v celé své délce společně se zbylými částmi sloupů zmonolitněn.

Po dosažení horní úrovně pásnice vazníku se osadí po celé délce vazníku „zátky“ z dřevěných profilů a OSB desek vytvořená speciálně pro tento projekt, která zajistí tvar žlabu pro následnou betonáž konzolek. Díky tomuto provedení betonáže nebude průřez vazníku v místech největších namáhání v poli,

nad podporami a v místě připojení střešních konstrukcí oslaben dodatečnými pracovními spárami.

Vazník bude po vybetonování ponechán v bednění do dalšího dne a následně bude ošetřován pro omezení dotvarování a smrštění. Po odbednění bude vazník nadále podepřen pevnou podlahou na betonářských věžích, aby došlo k dostatečnému vytvrnutí a náběhu pevnosti. Tímto postupem se omezí průhyb od dotvarování po sundání plošiny s betonářskými věžemi a ponechání vazníku pouze na sloupech. Od této chvíle bude konstrukce monolitického rámu kompletní a bude se moct začít s dalšími konstrukcemi a pracemi vedoucích k dokončení sportovní haly.

Závěr

Bakalářská práce zabývající se možnostmi urychlení výstavby monolitického rámu je rozdělena do tří částí podle předem stanovených cílů – vyřešení detailu vyztužení rámového rohu, analýza hydratačních procesů betonu a návržení způsobu urychlení výstavby monolitického rámu.

V první části byl nejprve definován tvar a rozměry konstrukce, která svou mohutností tvoří významné zatížení při návrhu výztuže. Poté byly spočteny jednotlivé typy zatížení, která na konstrukci působí. Jedná se o stálá zatížení od vlastní tíhy, ocelových střešních konstrukcí a skladby ve žlabu vazníku a o užitná zatížení od větru a sněhu. Pro získání průběhu vnitřních sil na konstrukci rámu bylo nejprve nutné vytvořit 3D model celé konstrukce sportovní haly, ze které byly získány síly působící na vazník v kotevních bodech střešních konstrukcí. Získané síly byly následně převedeny do 2D prutového modelu, ve kterém byly spočteny průběhy vnitřních sil pro dva stavy působení rámové konstrukce.

Prvním stavem rámové konstrukce je působení rámu jako dokonale tuhé konstrukce. Druhý stav vychází z porušení rámového působení konstrukce a je při něm uvažováno uložení vazníku jako prostého nosníku. Druhý stav je uvažován z důvodu bezpečného návrhu výztuže vazníku v poli, jelikož ve skutečnosti nikdy nebude zajištěna dokonalá tuhost rámového rohu. Výztuž vazníku nad podporou a výztuž sloupů je navrhována na stav konstrukce jako dokonale tuhé. Tento stav vyvozuje v místě uložení vazníku a na sloupy značné ohybové momenty, na které bylo nutné dostatečně nadimenzovat výztuž.

Výztuž rámové konstrukce byla navržena a posouzena podle ČSN EN 1992-1-1 na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Při návrhu výztuže vazníku bylo přistoupeno k ručním návrhovým metodám. Pro posouzení výztuže sloupů byl vytvořen vlastní výpočetní program v softwaru MS Excel k vytvoření interakčního diagramu. Po návržení množství a polohy výztuže v celé konstrukci byl analyzován způsob vedení výztuže v rámovém rohu, kde bylo nutné zajistit rámové spolupůsobení výztuže z vazníku a sloupů. Spolupůsobení je zajištěno pomocí konstrukčních zásad vedení, stykovaní a kotvení výztuže dle Eurokódu. Výstupem této části bakalářské práce jsou statické výpočty zatížení, vazníku a

sloupů (viz *Příloha 1-6*), vyřešení vedení výztuže v rámovém rohu a výkresy výztuže (viz *Příloha 9 a 10*), které byly provedeny pomocí vyztužovací softwaru Recoc.

Druhá část práce obsahuje analýzu hydratačních procesů betonu. Nejprve byly stanoveny požadavky na betonovou směs, které vycházejí z požadavku co nejrychlejšího způsobu výstavby. Těmito požadavky jsou krátká doba tuhnutí a tvrdnutí, rychlý náběh počátečních pevností, velmi tekutá konzistence (S5) a menší frakce kameniva. Na základě těchto požadavků byla provedena analýza hydratačních procesů a vlastností betonu, které je možné ovlivňovat přidáváním přísad a příměsí do čerstvé betonové směsi. Požadovaných vlastností betonu je možné dosáhnout např. snížením hodnoty vodního součinitele přidáním superplastifikačních přísad, které snižují potřebu vody a zároveň ztekucují čerstvou betonovou směs. Po zanalyzování jednotlivých procesů a možností úpravy výsledných vlastností betonu se došlo k závěru, že pro výstavbu monolitického rámu bude nejvhodnější využít samozhutnitelný beton s použitím přísad urychlujících tuhnutí a tvrdnutí betonu.

Třetí část práce obsahuje návrh způsobu urychlení výstavby monolitického rámu. K tomu bylo nutné posoudit možné postupy výstavby a zhodnotit jejich přínos k rychlosti výstavby a rizika s nimi spojená. Jako nejrychlejší a zároveň bezpečný byl zvolen způsob betonáže sloupů na jeden záběr, při kterém se přistaví dodatečný autojeřáb, se kterým bude možné vybetonovat oba sloupy současně, a po odstávce se dobetonuje vazník. Tento způsob výstavby by měl zajistit vyhotovení celé konstrukce rámu do jednoho týdne. Na zvolený způsob výstavby bylo nutné navrhnout opatření týkajících se především bednění sloupů a vazníku. U sloupů bylo navrženo bednění ze stěnových systémových dílců společnosti PERI, které však vydrží nižší tlak čerstvé betonové směsi než systémová sloupová bednění. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k sepnutí bednicích dílců pomocí spínacích tyčí proti sobě a současně k obepnutí bednění pro zadržení deformací při betonáži. Ze stejného důvodu je nutné omezit rychlost betonáže na jeden výškový metr za hodinu, aby se po výšce ustálil tlak na bednění a nenarůstal lineárně až k patě sloupu (viz *Příloha 7*). Po vybetonování sloupů z nich bude druhý den sundáno bednění a přistoupí se k ošetřování. Zároveň druhý den započnou práce na vazníku. Nejprve bude

nutné vystavět betonářské věže s pevnou podlahou s přesahem 1,5 metru od vazníku, aby se zde mohli pohybovat dělníci. Tato podlaha bude zároveň součástí bednění vazníku, které se vystaví po vyvázání výztuže. Vzhledem ke složitému tvaru vazníku budou jeho boky vytvořeny pomocí výdřev a zajištěny bednicími dílci, které budou proti sobě sepnuté. Betonáž vazníku bude provedena na jeden záběr. Kvůli přečnívajícím konzolkám nad úroveň horního líce pásnice vazníku bude při dosažení této úrovně osazena „zátká“ vytvořená z dřevěných profilů a OSB desek, která zajistí výsledný tvar průřezu vazníku. Další den bude bednění sundáno a začne se s ošetřováním, nicméně vazník bude stále ponechán na pevné podlaze z důvodu náběhu pevností. Mezitím, než bude možné sundat podepření vazníku a ponechat jej pouze na sloupech, se bude moct pokračovat s dalšími pracemi souvisejícími s výstavbou sportovní haly.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] SMETÁK, Tomáš. *Karlín Hall 2 – využití předpjatého betonu v pozemním stavitelství* [online]. časopis Konstrukce, 2014 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/karlin-hall-2-vyuziti-predpjateho-betonu-v-pozemnim-stavitelstvi/>
- [2] Portál eBeton [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/>
- [3] COLLEPARDI, Mario. *Moderní beton*. Praha: ČKAIT, 2009. Betonové stavitelství. ISBN 978-80-87093-75-7.
- [4] HORSKÝ, Marek – LUSOVÁ, Ivana – BRIATKA, Peter. Činitele ovlivňující rychlost nárůstu pevnosti betonu I. [online]. portál ASB, 2013. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/cinitele-ovlivnujici-rychlost-narustu-pevnosti-betonu-i>
- [5] DE SCHUTTER, Geert. *Samozhutnitelný beton*. Praha: ČBS, Česká betonářská společnost ČSSI, 2008. ISBN 978-80-87158-12-8.
- [6] AÏTCIN, Pierre-Claude. *Vysokohodnotný beton*. Praha: ČKAIT, 2005. Betonové stavitelství. ISBN 80-86769-39-9.
- [7] PROCHÁZKA, Jaroslav – ŠMEJKAL, Jiří. Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. Praha: ČVUT. 2018. ISBN 978-80-01-06518-1.
- [8] KOHOUTKOVÁ, Alena – PROCHÁZKA, Jaroslav – ŠMEJKAL. Modelování a vyztužování betonových prvků – Lokální modely železobetonových konstrukcí. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05329-4.
- [9] PROCHÁZKA, Jaroslav – KOHOUTKOVÁ, Alena – VAŠKOVÁ, Jitka. Navrhování železobetonových konstrukcí – Příklady a postupy. Praha: ČVUT. 2018. ISBN 978-80-01-05587-8.
- [10] Software SCIA Engineer. Dostupné z: <https://www.scia.net/cs>
- [11] Software Recoc. Dostupné z: <https://recoc.cz/>
- [12] Software AutoCAD. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/>
- [13] Portál PERI. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/>
- [14] PERI – Výpočet zatížitelnosti bednění. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/software-a-aplikace/aplikace/vypocet-zatizitelnosti-bedneni.html>
- [15] Portál Doka. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.doka.com/cz/index>

- [16] Portál Meva-international. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z:
<http://www.meva-international.com/en/index.php>
- [17] Svaz výrobců betonu ČR. 2005. Evropská směrnice pro samozhutnitelný beton[online]. [2019-03-25]. Dostupné z:
<http://www.svb.cz/assets/pdf/smernicescc.pdf>
- [18] FOGLAR, Marek – FRANTOVÁ, Michaela – JIŘÍČEK, Pavel. Betonové konstrukce 3 – Navrhování betonových konstrukcí na MSP, úvod do předpjatého betonu. Praha: ČVUT. 2012. ISBN 978-80-01-04943-3
- [19] ČSN EN 1990 (Eurokód). Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ČNI, 03/2004
- [20] ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1). Zatížení konstrukcí –Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 03/2004
- [21] ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1). Zatížení konstrukcí –Zatížení sněhem. Praha: ČNI, 06/2005
- [22] ČSN EN 1991-1-4 (Eurokód 1). Zatížení konstrukcí –Zatížení větrem. Praha: ČNI, 04/2007
- [23] ČSN EN 1992-1-1 (Eurokód 2). Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 11/2006
- [24] ČSN EN 206+A1. Beton –Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: ČNI, 04/2018
- [25] ČSN P 73 2404 - Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace. Praha: ČNI, 01/2016
- [26] ČSN EN 934-2+A1 – Příkladové příklady do betonu, malty a injektážní malty – Část 2: Příkladové příklady do betonu – Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem. Praha: ČNI. 01/2013

Seznam obrázků

Obrázek 1 - 3D model sportovní haly vytvořený v programu SCIA Engineer.....	2
Obrázek 2 - Průřez sloupů	3
Obrázek 3 - Umístění pilot pod sloupy	3
Obrázek 4 - Průřez vazníku.....	3
Obrázek 5 - Způsob ukotvení střešní konstrukce do vazníku pomocí kotevních desek, autor: Ing. Adam Šteidl, INTERSTAT s.r.o.	4
Obrázek 6 - Schéma přípojů střešní konstrukce na vazníku	5
Obrázek 7 – Úprava hodnot součinitelů tlaku větru dle EC1 [22]	6
Obrázek 8 - Kumulace sněhu ve žlabu vazníku	6
Obrázek 9 - Zatížení 3D modelu: ZS4 – Vítr podélný 1.....	7
Obrázek 10 - Možnosti působení monolitického rámu	8
Obrázek 11 - Rozmístění výztuže vazníku v poli.....	9
Obrázek 12 - Rozmístění výztuže vazníku nad podporou.....	10
Obrázek 13 – Schéma rozmístění polí smykové výztuže vazníku.....	10
Obrázek 14 - Interakční diagram vytvořený pomocí Excelu	14
Obrázek 15 - Výstupní interakční diagram posudku v programu SCIA Engineer	14
Obrázek 16 – Rozmístění výztuže sloupů.....	15
Obrázek 17 - 3D detail rámového rohu: pohled shora.....	16
Obrázek 18 - 3D detail rámového rohu: pohled zdola	16
Obrázek 19 - Detail stykování výztuže pásnic sloupu a vazníku	17
Obrázek 20 - Detail vedení podélné výztuže stojin sloupu v místě křížení s dolní výztuží vazníku.....	18
Obrázek 21 - Detail stykování podélné výztuže stojin sloupu s horní výztuží vazníku a zakotvení dolní výztuže vazníku nad podporou	19
Obrázek 22 - Tuhnutí cementového tmelu s různým poměrem w/c při teplotě prostředí 20 °C [4].....	23
Obrázek 23 - Indukční období, tuhnutí a tvrdnutí SCC [5].....	25
Obrázek 24 - Návrh bednění sloupů	30
Obrázek 25 - Průběh tlaku čerstvé betonové směsi na bednění při rychlosti ukládání 1 výškový metr za hodinu pomocí PERI softwaru – výpočet zatížitelnosti bednění [14].....	32

Obrázek 26 - Vývoj tvrdnutí a pevnosti sloupů v době započetí betonáže vazníku [5].....	34
Obrázek 27 - Návrh bednění vazníku.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Zatěžovací stavy	5
Tabulka 2 - Porovnání typů zatížení na střednici vazníku	5
Tabulka 3 - Výsledky posouzení vazníku na mezní stav přetvoření.....	11
Tabulka 4 - Výsledky posouzení vazníku na mezní stav omezení napětí	11
Tabulka 5 - Kotevní a přesahové délky pro třídu betonu C30/37	17
Tabulka 6 - Harmonogram postupu prací.....	28

Seznam příloh

Příloha 1 - Výpočet zatížení sportovní haly.....	45
Příloha 2 - Průběhy vnitřních sil na monolitickém rámu	56
Příloha 3 - Výpočet a posouzení vazníku na MSÚ a MSP	59
Příloha 4 - Výpočet a posouzení výztuže sloupů.....	78
Příloha 5 - Posouzení sloupů pomocí programu SCIA Engineer.....	87
Příloha 6 - Výpočet kotevních a přesahových délek výztuže	90
Příloha 7 - Výpočet rychlosti betonáže dle kalkulačky PERI	91
Příloha 8 - Schéma monolitického rámu	94
Příloha 9 - Výkres výztuže vazníku	95
Příloha 10 - Výkres výztuže sloupů.....	96

Seznam použitých zkratk

- SCC** – samozhutnitelný beton
- TVC** – běžný vibrovaný beton
- EC** – eurokód
- ČSN** – česká technická norma
- MSÚ** – mezní stav únosnosti
- MSP** – mezní stav použitelnosti
- ZS** – zatěžovací stav

Přílohy

Příloha 1 - Výpočet zatížení sportovní haly

Zatížení:

• užitné zatížení:

- vítr \Rightarrow umístění stavby: město Modřice; okres Brno-venkov; Jihomoravský kraj

- kat. terénu: III - $z_0 = 0,3 \text{ m}$; $z_{\min} = 5 \text{ m}$

- větrná oblast: II - $V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

- sníh \Rightarrow sněhová oblast: I - $s_k = 0,7 \text{ kPa}$

- užitné: sportovní hala, tribuny - kat. C5: $q_{k,C5} = 5,0 \sim 7,5 \text{ kN/m}^2$

• střechy - kat. H: $q_{k,H} = 0,75 \text{ kN/m}^2$

• stálé zatížení:

- vl. tíha ŽB kee - $q_{k,0} = 25 \text{ kN/m}^3$

- tíha ocel. střech. kří

• zat. sněhem:

$$s_k = 0,7 \text{ kPa} = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$C_e = 1,0$$

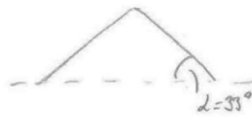
$$C_z = 1,0$$

$$\mu_1 = 0,8 \cdot (60 - 2) / 30 = 0,72$$

$$\mu_2 = 1,6$$

$$S = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_z \cdot s_k$$

$$S = 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = \underline{\underline{1,12 \text{ kN/m}^2}}$$



• zat. vítr: $V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = \underline{\underline{390,6 \text{ N/m}^2}}$$

$$q_p = C_e \cdot q_b$$

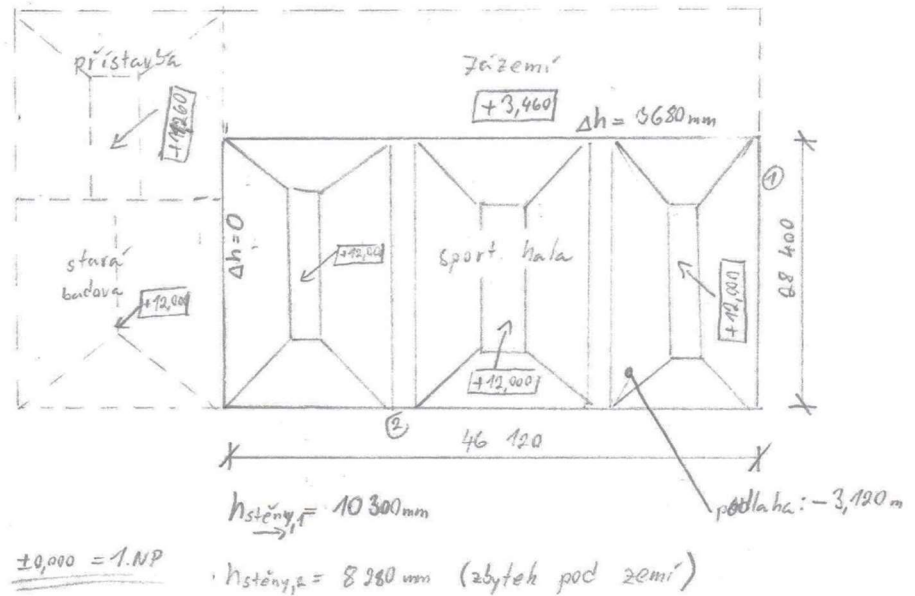
$$\hookrightarrow \text{tab.} \Rightarrow C_e = 1,3$$

$$q_p = 390,6 \cdot 1,3 = 507,8 \text{ N/m}^2 = \underline{\underline{0,51 \text{ kN/m}^2}}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

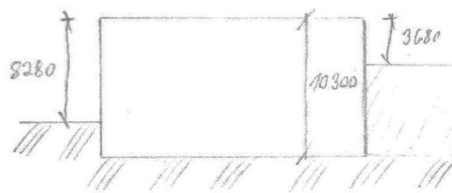
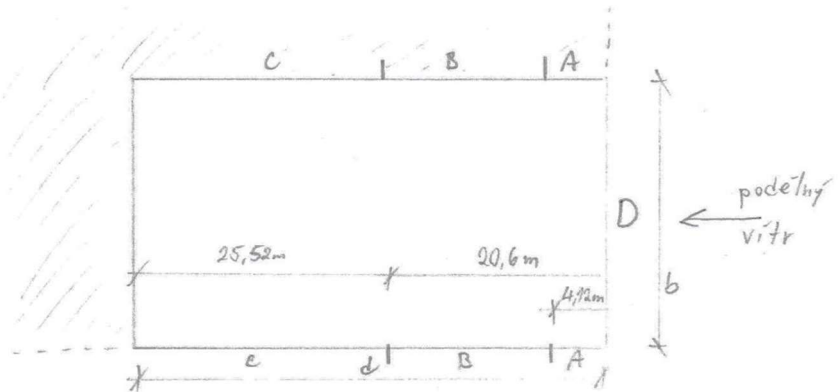
SPORTOVNÍ HALA:

dilatačně oddělené objekty



Zatížení sněhem: viz str. -1-

Zatížení větrem:



$$d = 46,12\text{m}$$

$$b = 28,4\text{m}$$

$$h = 10,3\text{m}$$

$$e = \min(b, sh)$$

$$e = sh = 20,6\text{m}$$

výpočet str. -1- →

$$q_p = 0,51\text{kN/m}^2$$

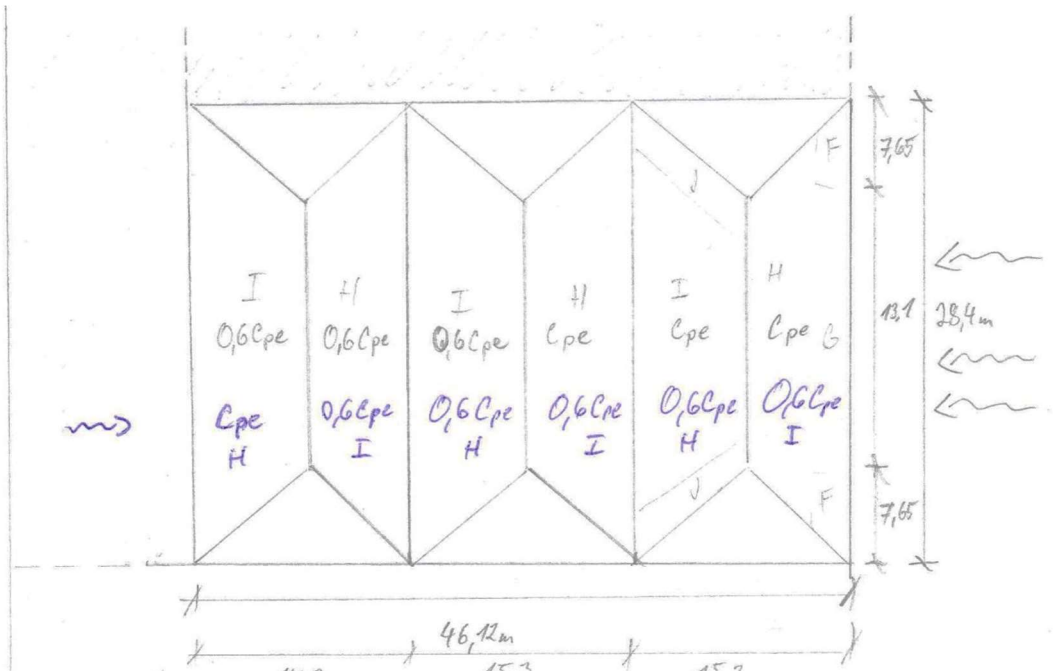
$$W_{e,k} = q_p \cdot c_{pe,10}$$

oblast	$c_{pe,10}$	$W_{e,k}$ [kN/m ²]
A	-1,2	-0,612
B	-0,8	-0,408
C	-0,5	-0,255
D	+0,7	+0,357
E	-0,3	-0,153

$$\frac{h}{d} = \frac{10,3}{46,12} = 0,22 \leq 0,25$$

⊖ = vztlak

⊕ = tlak

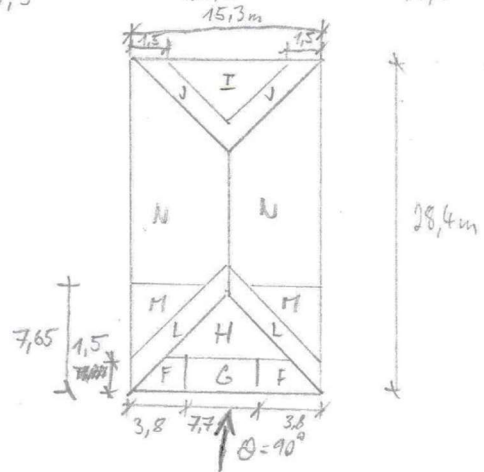


Vitr. přičný
 $e = \min(3, 24)$
 $b = 15,3m$
 $h = 15,2m$
 $e = 3 = 15,3m$

viz. str. -1- →

$q_p = 0,51 kN/m^2$

$W_{ek} = q_p \cdot C_{pe,10}$



$\alpha = 33^\circ$
 ⊖ vztlak
 ⊕ tlak

$\theta = 90^\circ$

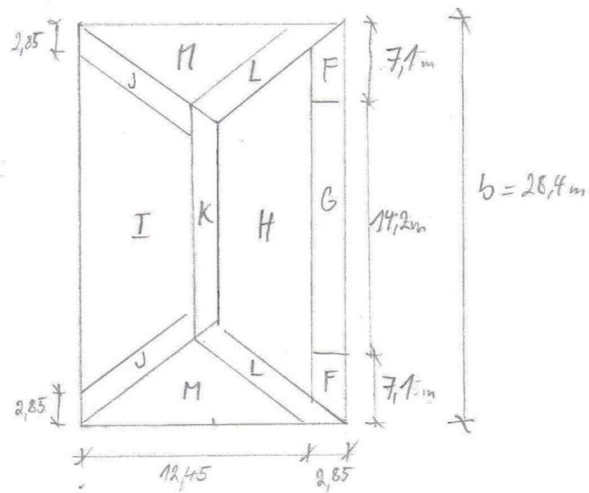
Oblast	$C_{pe,10}$	$W_{ek} [kN/m^2]$
F	-0,5	-0,255
	+0,5	+0,255
G	-0,5	-0,255
	+0,7	+0,357
H	-0,2	-0,102
	+0,4	+0,204
I	-0,4	-0,204
J	-0,7	-0,357
K	-0,5	-0,255
L	-1,4	-0,714
M	-0,8	-0,408
N	-0,2	-0,102

tlaky na návětrné straně
 o s hodnotou ⊕ a ⊖

OBLAST	$C_{pe,10}$	$W_{ek} [kN/m^2]$
A	-1,2	-0,612
B	-0,9	-0,459
C	-0,5	-0,255
D	+0,71	+0,362
E	-0,3	-0,153

$b = 46,12m$
 $d = 28,4$
 $h = 10,3$
 $e = 24 = 20,6m$
 $\frac{h}{e} = 0,36$

VÍTR PODELNÝ ↘



$h = 15,2\text{m}$
 $e = b = 26,4\text{m}$

$q_p = 0,51\text{ kN/m}^2$

Oblast	$C_{pe, 10}$	$W_{k, i}$ [kN/m ²]	$0,6 W_{k, i}$ [kN/m ²]
F	-0,5	-0,255	X
	+0,5	+0,255	
G	-0,5	-0,255	X
	+0,7	+0,357	
H	-0,2	-0,102	-0,061
	+0,4	+0,204	+0,122
I	-0,4	-0,204	-0,122
J	-0,7	-0,357	X
K	-0,5	-0,255	
L	-1,4	-0,714	
M	-0,8	-0,408	
N	-0,2	-0,102	

Stálé zatížení

V9.3 3.91

ochranná vrstva
separační vrstva
roznášecí a izolační vrstva
drenážní vrstva
hydroizolační souvrství

tepelná izolace
tepelná izolace
parotěsná a provizor. hydroizol.
penetrační vrstva
spádová vrstva
penetrační vrstva
nosná vrstva

ŽLAB MEZI VALBAMI SPORTOVNÍ HALY (KAČÍREK)

378 - 538 mm

praný nedrcený kačírek šedobílý frakce 32-63 mm	100 - 60 mm	①
textilie z netkaných polypropylenových vláken 500g/m ²	3 mm	②
tepelná izolace z extrudovaného polystyrenu XPS 500 SF	50 mm	③
geosyntetikum z polyethylenových vláken 600g/m ² Petexdren 600	4 mm	④
SBS modifikovaný izolační asfaltový pás vrchní Elastek 50 Special Mineral	5 mm	⑤
plnoplošně nataven na spodní část hydroizolačního souvrství		
SBS modifikovaný samolepicí asfaltový pás Glastek 30 Sticker Plus	3 mm	⑥
polystyrenové desky stabilizované EPS 150 S Stabil lepené	180 mm	⑦
polystyrenové klíny stabilizované EPS 150 S Stabil lepené	20 - 190 mm	⑧
SBS modifikovaný izolační asfaltový pás s AI vložkou Rooftek AI Special Mineral	3 mm	⑨
asfaltová emulze Dekprimer		
cementový potěr modifikovaný disperzní základní nátěr	10 - 40 mm	⑩
železobetonová konstrukce (viz SKŘ)		

pro největší tl.

① $g_1 = 1500 \text{ kg/m}^3 = 150 \text{ kg/m}^2$

② $g_2 = 0,5 \text{ kg/m}^2$ zanedbat

③ $g_3 = 45 \text{ kg/m}^3 = 2,25 \text{ kg/m}^2$

⑦ $g_7 = 80 \text{ kg/m}^3 = 3,6 \text{ kg/m}^2$

⑧ $g_8 = 20 \text{ kg/m}^3 = 3,8 \text{ kg/m}^2$

⑩ $g_{10} = 2100 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow 84 \text{ kg/m}^2$

$\Sigma = 243,65 \text{ kg/m}^2 = 2,4365 \text{ kN/m}^2$

V9.1 STŘECHA

pohledová vrstva
mikroventilační vrstva

podkladní vrstva
větrací vrstva
pojistná vrstva
izolační vrstva
parotěsná vrstva

distanční a nosná vrstva

akustická vrstva
parotěsná vrstva
podhledová vrstva

VALBOVÉ STŘECHY SPORTOVNÍ HALY

1095 mm

lakované systémové plechové pásy se stojatou drážkou	① 0,63 mm
strukturální dělicí rohož s kontaktní, difúzně otevřenou fólií na spodní straně např. VAPOZINC nebo DEKTEN METAL	8 mm
dřevěná prkna šířky cca 120 mm hloubkově impregnovaná nesrážená k sobě	② 26 mm
vzduchová mezera (kontralatě)	③ 60 mm
pojistná hydroizolační folie plošně paropropustná	
izolace z minerálních vláken 3x 80 mm v překládaných rostech	④ 240 mm
folie vyztužená s hliníkovou vrstvou	
provětrávaná vzduchová mezera s ocelovou konstrukcí (viz SKŘ)	665 mm
izolace z minerálních vláken do akustických konstrukcí	⑤ 60 mm
cementovláknitá deska (např. KNAUF Heraklith EPV nebo heraklith BM-W) na systémové konstrukci z vyztužených plechových nosných profilů	⑥ 35 mm

① $g_1 = 5 \text{ kg/m}^2 = 5 \text{ kg/m}^2$

② $g_2 = 670 \text{ kg/m}^3 = 17,42 \text{ kg/m}^2$

③ $g_3 =$ zanedbat

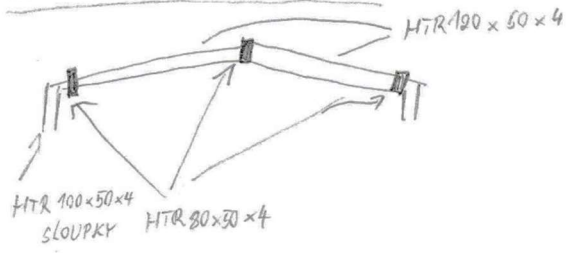
④ $g_4 = 35 \text{ kg/m}^3 = 8,4 \text{ kg/m}^2$

⑤ $g_5 = 35 \text{ kg/m}^3 = 2,1 \text{ kg/m}^2$

⑥ $g_6 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 35 \text{ kg/m}^2$

$\Sigma = 67,92 \text{ kg/m}^2 \approx 0,68 \text{ kN/m}^2$

SVĚTLÍK NA VALBOVÉ STŘEŠE



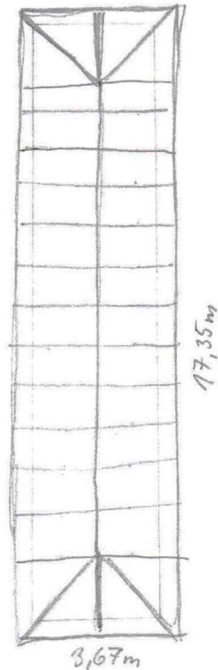
- ① 3x HTR 80x50x4 ... L = 17,55 m
- ② 30x HTR 190x50x4 ... L = 11,60 m
- ③ 86x HTR 100x50x4 ... L = 4,20 m

$$g_1 = 7,75 \text{ kg/m} \cdot 3 \cdot 17,55 = 408 \text{ kg}$$

$$g_2 = 10,5 \text{ kg/m} \cdot 30 \cdot 11,6 = 504 \text{ kg}$$

$$g_3 = 8,60 \text{ kg/m} \cdot 26 \cdot 0,42 = 94 \text{ kg}$$

$$\Sigma = 1006 \text{ kg}$$



3,67 m

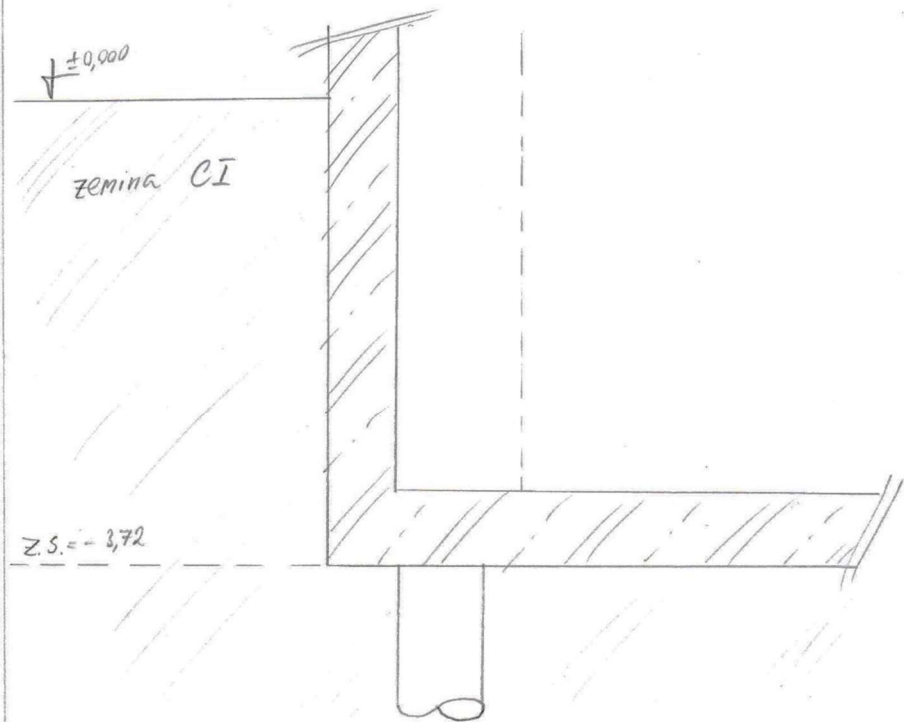
17,35 m

$$S = 63,7 \text{ m}^2$$

$$g_s = 15,8 \text{ kg/m}^2$$

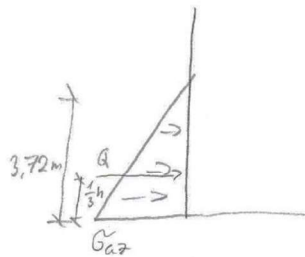
$$g = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

Zemní tlak (na levý sloup) - Z.S. nad hladinou spodní vody



CI: $\gamma_c = 21,9 \text{ kN/m}^3$
 $\nu = 0,40$
 $\beta = 0,47$
 $\varphi_{ef} = 19^\circ$
 $c_{ef} = 28 \text{ kPa}$

"sola držnost zanedbáváme"



$$\cdot \sigma_{a2} = \sigma_z \cdot K_a = \gamma_c \cdot h \cdot K_a$$

$$\cdot K_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$\cdot K_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{19}{2} \right) = 0,509$$

$$\cdot \sigma_z = \gamma_c \cdot h = 21 \cdot 3,72 = 78,12 \text{ kN/m}^2$$

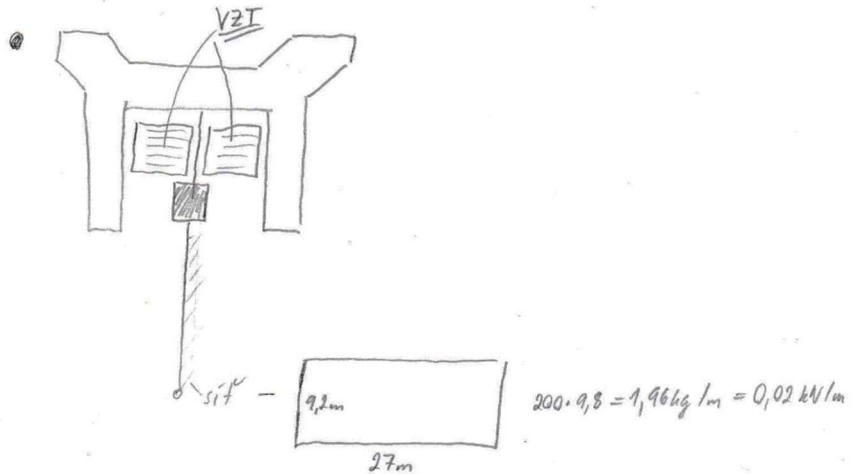
$$\cdot \sigma_{a2} = \sigma_z \cdot K_a = 78,12 \cdot 0,509 = \underline{\underline{39,76 \text{ kN/m}^2}}$$

$$\cdot Q = \frac{\sigma_{a2} \cdot h}{2} = \frac{39,76 \cdot 3,72}{2} = \underline{\underline{73,95 \text{ kN/m}}}$$

$$\frac{h}{3} = \frac{3,72}{3} = \underline{\underline{1,24 \text{ m}}}$$

Rezerva (= přidané zatížení)

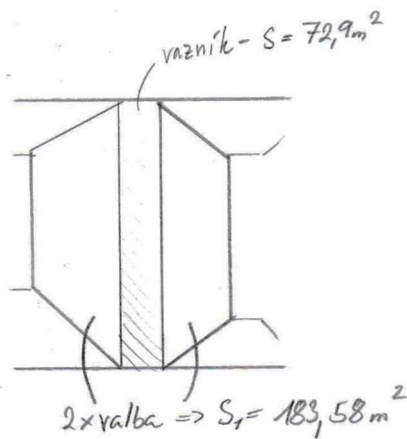
- vazník umístěn mezi 2 oddělitelnými částmi haly
 ↳ dělení pomocí spouštěcí sítě



- skladba žlába ve spádu

$$\begin{aligned} \Rightarrow & + \text{skladba žlába } 3,9 \text{ kN/m} \\ & + \text{dělicí sít' } 200 \text{ g/m}^2 \Rightarrow 0,02 \text{ kN/m} \\ & + \text{VZT potrábí cca } 10 \text{ kg/m}^2 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \Rightarrow & + \text{skladba žlába } 3,9 \text{ kN/m} \\ & + \text{dělicí sít' } 200 \text{ g/m}^2 \Rightarrow 0,02 \text{ kN/m} \\ & + \text{VZT potrábí cca } 10 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}} \right\} \Rightarrow \underline{\underline{\text{rezerva } 1 \text{ kN/m}}}$$

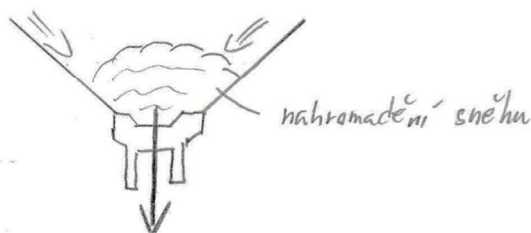
Navyšeni zat. sněhem na vazník



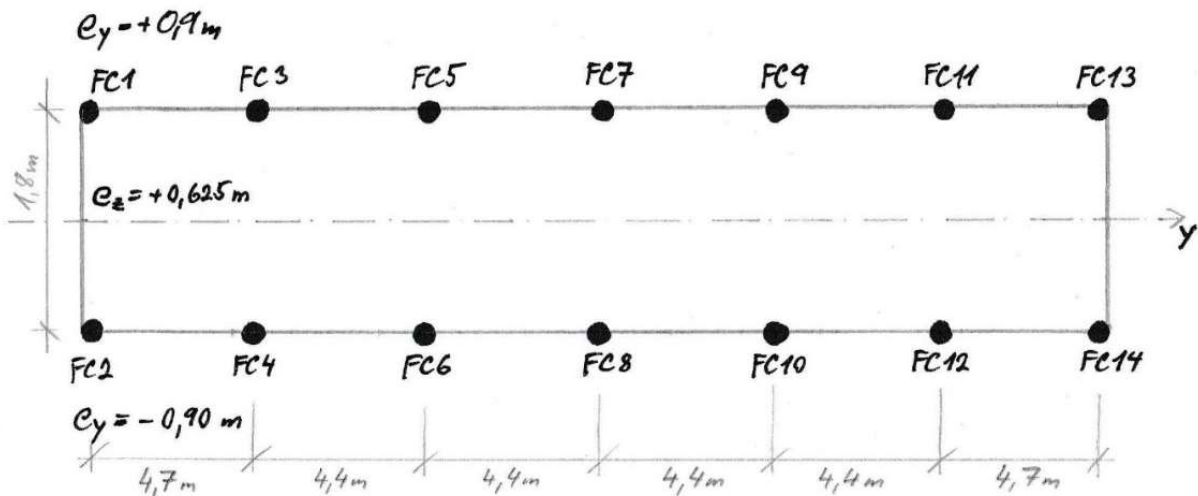
$$\frac{183,58 \cdot 2}{72,9} \doteq \underline{\underline{5}}$$

\Rightarrow S střeš je 5x větší než S vazníku

↓
 zvětš. + odhadem zatížení sněhem
 pro případ neodtávání a hromadění
 sněhu ve žlába vazníku



- Soupis sil působících na vazník v přípojích střešní konstrukce získaných z 3D modelu konstrukce, které se následně vloží do 2D modelu.



Vlastní tíha		Rx (2D) = Ry (3D)		Ry (2D) = -Rx (3D)				Mx (2D) = My (3D)			My (2D) = -Mx (3D)		
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)	My [kNm]	My (2D)	Mz [kNm]	Mz (2D)
ZS1	FC1	112,05	-115,08	-115,43	-112,52	-73,89	-73,67	-1,13	-0,58	-0,58	1,13	0,10	0,10
ZS1	FC2	-112,98	-115,08	-114,73	112,52	-73,45	-73,67	-1,31	0,88	0,88	1,31	-0,41	-0,41
ZS1	FC3	-25,83	-14,28	-14,50	25,60	14,70	14,31	4,14	-0,78	-0,78	-4,14	6,45	6,45
ZS1	FC4	25,37	-14,28	-14,05	-25,60	13,92	14,31	4,01	0,79	0,79	-4,01	-6,35	-6,35
ZS1	FC5	-40,23	-91,53	-92,66	40,83	21,01	21,09	2,93	-3,29	-3,29	-2,93	5,54	5,54
ZS1	FC6	41,43	-91,53	-90,40	-40,83	21,16	21,09	2,83	2,93	2,93	-2,83	-5,53	-5,53
ZS1	FC7	-41,93	1,06	1,07	41,96	24,54	24,20	-0,31	-1,43	-1,43	0,31	-0,49	-0,49
ZS1	FC8	41,98	1,06	1,05	-41,96	23,86	24,20	-0,30	1,40	1,40	0,30	0,48	0,48
ZS1	FC9	-30,37	108,05	109,13	31,05	14,64	14,80	-3,73	-3,52	-3,52	3,73	-7,00	-7,00
ZS1	FC10	31,72	108,05	106,97	-31,05	14,96	14,80	-3,64	3,28	3,28	3,64	7,00	7,00
ZS1	FC11	-9,56	14,76	15,01	9,37	3,93	3,64	-4,26	-1,36	-1,36	4,26	-6,63	-6,63
ZS1	FC12	9,17	14,76	14,50	-9,37	3,34	3,64	-4,12	1,47	1,47	4,12	6,52	6,52
ZS1	FC13	99,69	98,20	98,26	-100,41	-65,80	-65,75	2,43	-0,64	-0,64	-2,43	1,73	1,73
ZS1	FC14	-101,12	98,20	98,14	100,41	-65,70	-65,75	2,60	0,88	0,88	-2,60	-1,54	-1,54
Stálé zatížení		Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)	My [kNm]	My (2D)	Mz [kNm]	Mz (2D)
ZS2	FC1	46,35	-46,29	-47,42	-45,56	-33,29	-32,67	-2,95	-2,40	-2,40	2,95	-0,29	-0,29
ZS2	FC2	-44,76	-46,29	-45,16	45,56	-32,05	-32,67	-3,14	2,73	2,73	3,14	0,12	0,12
ZS2	FC3	2,88	-4,07	-4,12	-2,63	-10,71	-10,59	1,18	-6,79	-6,79	-1,18	1,82	1,82
ZS2	FC4	-2,38	-4,07	-4,01	2,63	-10,47	-10,59	1,15	7,02	7,02	-1,15	-1,81	-1,81
ZS2	FC5	-0,54	-28,64	-29,21	0,64	-12,86	-12,86	0,76	-12,42	-12,42	-0,76	1,68	1,68
ZS2	FC6	0,74	-28,64	-28,07	-0,64	-12,86	-12,86	0,72	12,84	12,84	-0,72	-1,73	-1,73
ZS2	FC7	-8,10	0,24	0,23	8,16	-4,78	-4,89	-0,07	-8,59	-8,59	0,07	-0,11	-0,11
ZS2	FC8	8,21	0,24	0,24	-8,16	-5,00	-4,89	-0,07	9,09	9,09	0,07	0,11	0,11
ZS2	FC9	1,44	32,36	32,41	-1,26	-14,08	-14,05	-0,91	-12,42	-12,42	0,91	-2,04	-2,04
ZS2	FC10	-1,07	32,36	32,31	1,26	-14,02	-14,05	-0,88	13,00	13,00	0,88	2,08	2,08
ZS2	FC11	5,81	4,12	4,15	-5,61	-12,62	-12,57	-1,18	-6,87	-6,87	1,18	-1,83	-1,83
ZS2	FC12	-5,41	4,12	4,08	5,61	-12,51	-12,57	-1,16	7,29	7,29	1,16	1,83	1,83
ZS2	FC13	42,97	42,82	43,46	-42,60	-31,38	-31,11	3,26	-2,57	-2,57	-3,26	0,46	0,46
ZS2	FC14	-42,22	42,82	42,17	42,60	-30,84	-31,11	3,54	2,99	2,99	-3,54	-0,26	-0,26

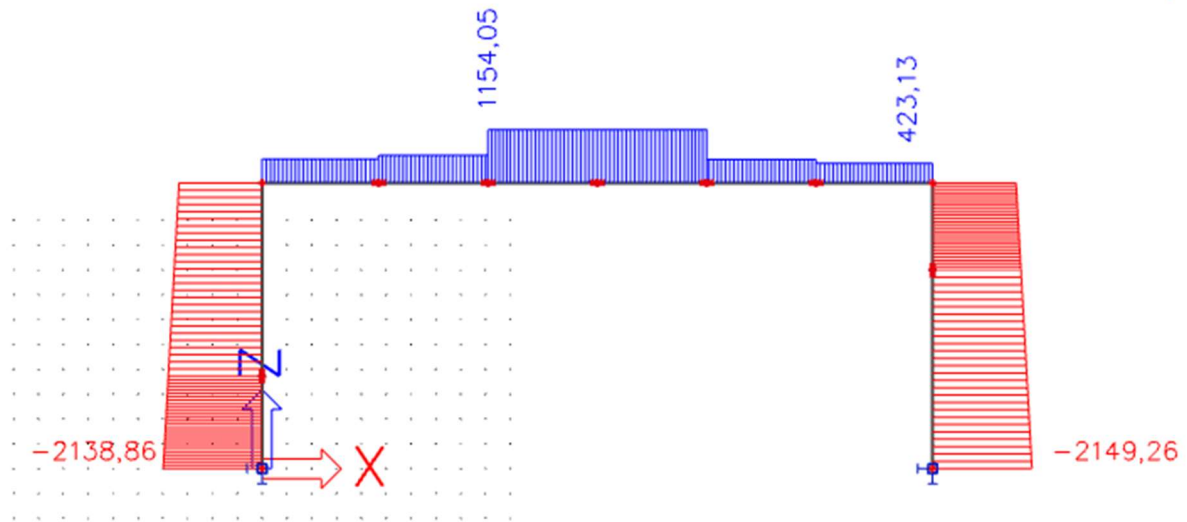
Snih													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)	My [kNm]	My (2D)	Mz [kNm]	Mz (2D)
ZS3	FC1	81,39	-80,36	-83,48	-78,87	-58,78	-57,08	-5,31	-4,39	-4,39	5,31	-0,37	-0,37
ZS3	FC2	-76,35	-80,36	-77,23	78,87	-55,37	-57,08	-5,81	5,13	5,13	5,81	0,06	0,06
ZS3	FC3	12,09	-6,96	-7,03	-11,35	-23,37	-22,98	2,01	-12,02	-12,02	-2,01	3,11	3,11
ZS3	FC4	-10,61	-6,96	-6,88	11,35	-22,58	-22,98	1,97	12,66	12,66	-1,97	-3,10	-3,10
ZS3	FC5	16,09	-48,99	-50,08	-15,91	-33,82	-33,84	1,30	-22,66	-22,66	-1,30	2,92	2,92
ZS3	FC6	-15,72	-48,99	-47,89	15,91	-33,85	-33,84	1,20	24,19	24,19	-1,20	-3,08	-3,08
ZS3	FC7	-5,61	0,41	0,40	5,84	-14,10	-14,31	-0,12	-15,46	-15,46	0,12	-0,18	-0,18
ZS3	FC8	6,07	0,41	0,41	-5,84	-14,51	-14,31	-0,12	17,11	17,11	0,12	0,19	0,19
ZS3	FC9	19,43	55,32	55,53	-19,11	-35,88	-35,85	-1,54	-22,66	-22,66	1,54	-3,53	-3,53
ZS3	FC10	-18,78	55,32	55,11	19,11	-35,81	-35,85	-1,46	24,46	24,46	1,46	3,69	3,69
ZS3	FC11	16,98	7,06	7,10	-16,35	-26,54	-26,28	-2,02	-12,14	-12,14	2,02	-3,13	-3,13
ZS3	FC12	-15,72	7,06	7,01	16,35	-26,01	-26,28	-2,00	13,12	13,12	2,00	3,14	3,14
ZS3	FC13	75,51	74,38	76,70	-73,69	-55,53	-54,39	5,85	-4,72	-4,72	-5,85	0,62	0,62
ZS3	FC14	-71,86	74,38	72,06	73,69	-53,25	-54,39	6,50	5,60	5,60	-6,50	-0,25	-0,25
Vitr podélný 1													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)2	My [kNm]	My (2D)2	Mz [kNm]	Mz (2D)2
ZS4	FC1	-8,86	9,55	9,55	8,86	10,44	10,44	1,66	3,79	3,79	-1,66	0,30	0,30
ZS4	FC2	10,56	9,80	9,80	-10,56	9,75	9,75	2,23	-2,21	-2,21	-2,23	-0,58	-0,58
ZS4	FC3	-6,17	-1,03	-1,03	6,17	1,51	1,51	0,37	-1,30	-1,30	-0,37	0,58	0,58
ZS4	FC4	5,20	0,42	0,42	-5,20	6,35	6,35	-0,08	-2,49	-2,49	0,08	0,12	0,12
ZS4	FC5	-1,55	-5,50	-5,50	1,55	-4,18	-4,18	0,07	-5,35	-5,35	-0,07	0,85	0,85
ZS4	FC6	3,22	1,35	1,35	-3,22	7,69	7,69	0,32	-6,87	-6,87	-0,32	0,44	0,44
ZS4	FC7	-2,64	-0,03	-0,03	2,64	-2,65	-2,65	0,01	-4,61	-4,61	-0,01	0,01	0,01
ZS4	FC8	-1,62	-0,07	-0,07	1,62	3,97	3,97	0,02	-6,09	-6,09	-0,02	-0,03	-0,03
ZS4	FC9	-1,81	5,25	5,25	1,81	-4,00	-4,00	-0,03	-5,38	-5,38	0,03	-0,82	-0,82
ZS4	FC10	3,89	-2,10	-2,10	-3,89	8,07	8,07	-0,27	-6,86	-6,86	0,27	-0,60	-0,60
ZS4	FC11	-6,39	0,98	0,98	6,39	1,64	1,64	-0,35	-1,37	-1,37	0,35	-0,55	-0,55
ZS4	FC12	6,12	-0,45	-0,45	-6,12	6,93	6,93	0,09	-2,53	-2,53	-0,09	-0,13	-0,13
ZS4	FC13	-8,51	-9,15	-9,15	8,51	10,28	10,28	-1,73	3,83	3,83	1,73	-0,34	-0,34
ZS4	FC14	8,91	-8,04	-8,04	-8,91	8,86	8,86	-2,32	-2,29	-2,29	2,32	0,56	0,56
Vitr podélný 2													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)2	My [kNm]	My (2D)2	Mz [kNm]	Mz (2D)2
ZS5	FC1	-11,71	10,93	10,93	11,71	9,93	9,93	1,54	1,72	1,72	-1,54	0,92	0,92
ZS5	FC2	10,29	10,53	10,53	-10,29	11,55	11,55	2,22	-4,03	-4,03	-2,22	-0,33	-0,33
ZS5	FC3	-6,46	0,20	0,20	6,46	5,73	5,73	-0,01	1,07	1,07	0,01	-0,01	-0,01
ZS5	FC4	6,66	-0,69	-0,69	-6,66	2,99	2,99	0,27	0,42	0,42	-0,27	-0,42	-0,42
ZS5	FC5	-3,33	0,13	0,13	3,33	5,42	5,42	0,26	3,86	3,86	-0,26	-0,22	-0,22
ZS5	FC6	2,43	-3,62	-3,62	-2,43	-1,75	-1,75	0,07	3,66	3,66	-0,07	-0,62	-0,62
ZS5	FC7	0,67	-0,06	-0,06	-0,67	2,59	2,59	0,02	3,63	3,63	-0,02	0,03	0,03
ZS5	FC8	2,24	-0,02	-0,02	-2,24	-1,38	-1,38	0,01	3,23	3,23	-0,01	-0,01	-0,01
ZS5	FC9	-3,86	-1,10	-1,10	3,86	5,75	5,75	-0,21	3,89	3,89	0,21	0,34	0,34
ZS5	FC10	2,82	3,60	3,60	-2,82	-1,52	-1,52	-0,04	3,73	3,73	0,04	0,59	0,59
ZS5	FC11	-7,25	-0,26	-0,26	7,25	6,25	6,25	0,02	1,14	1,14	-0,02	0,03	0,03
ZS5	FC12	7,09	0,66	0,66	-7,09	3,21	3,21	-0,26	0,55	0,55	0,26	0,41	0,41
ZS5	FC13	-10,82	-9,95	-9,95	10,82	9,51	9,51	-1,64	1,80	1,80	1,64	-0,91	-0,91
ZS5	FC14	9,70	-9,74	-9,74	-9,70	11,12	11,12	-2,26	-4,02	-4,02	2,26	0,42	0,42

Vitr příčný 1													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)2	My [kNm]	My (2D)2	Mz [kNm]	Mz (2D)2
ZS6	FC1	-20,33	21,18	21,18	20,33	15,79	15,79	2,64	0,45	0,45	-2,64	-0,32	-0,32
ZS6	FC2	20,26	20,83	20,83	-20,26	15,56	15,56	2,66	-0,51	-0,51	-2,66	0,38	0,38
ZS6	FC3	-8,14	1,26	1,26	8,14	11,09	11,09	-0,34	4,76	4,76	0,34	-0,51	-0,51
ZS6	FC4	8,57	1,19	1,19	-8,57	11,25	11,25	-0,32	-4,76	-4,76	0,32	0,50	0,50
ZS6	FC5	-7,08	4,21	4,21	7,08	9,62	9,62	-1,10	5,06	5,06	1,10	0,49	0,49
ZS6	FC6	7,03	3,28	3,28	-7,03	9,58	9,58	-1,08	-5,22	-5,22	1,08	-0,45	-0,45
ZS6	FC7	1,88	-0,19	-0,19	-1,88	0,20	0,20	0,06	1,21	1,21	-0,06	0,10	0,10
ZS6	FC8	-2,06	-0,20	-0,20	2,06	0,24	0,24	0,06	-1,41	-1,41	-0,06	-0,10	-0,10
ZS6	FC9	-1,87	-7,48	-7,48	1,87	3,19	3,19	0,21	1,93	1,93	-0,21	0,50	0,50
ZS6	FC10	1,67	-7,41	-7,41	-1,67	3,14	3,14	0,18	-2,08	-2,08	-0,18	-0,50	-0,50
ZS6	FC11	-4,43	-0,93	-0,93	4,43	4,22	4,22	0,25	1,11	1,11	-0,25	0,39	0,39
ZS6	FC12	4,90	-0,89	-0,89	-4,90	4,53	4,53	0,24	-1,19	-1,19	-0,24	-0,38	-0,38
ZS6	FC13	-14,88	-14,84	-14,84	14,88	11,28	11,28	-1,16	1,21	1,21	1,16	-0,39	-0,39
ZS6	FC14	15,83	-15,76	-15,76	-15,83	11,91	11,91	-1,22	-1,38	-1,38	1,22	0,27	0,27
Vitr příčný 2													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)2	My [kNm]	My (2D)2	Mz [kNm]	Mz (2D)2
ZS7	FC1	-11,06	11,29	11,29	11,06	8,77	8,77	0,98	1,15	1,15	-0,98	0,20	0,20
ZS7	FC2	12,38	12,58	12,58	-12,38	9,67	9,67	1,08	-1,31	-1,31	-1,08	-0,12	-0,12
ZS7	FC3	-2,28	0,55	0,55	2,28	2,81	2,81	-0,14	1,04	1,04	0,14	-0,22	-0,22
ZS7	FC4	2,83	0,57	0,57	-2,83	3,23	3,23	-0,15	-1,19	-1,19	0,15	0,23	0,23
ZS7	FC5	-0,40	3,23	3,23	0,40	2,23	2,23	-0,09	1,84	1,84	0,09	-0,26	-0,26
ZS7	FC6	0,14	3,87	3,87	-0,14	2,17	2,17	-0,07	-2,00	-2,00	0,07	0,26	0,26
ZS7	FC7	1,76	-0,05	-0,05	-1,76	0,28	0,28	0,01	1,20	1,20	-0,01	0,01	0,01
ZS7	FC8	-1,92	-0,01	-0,01	1,92	0,29	0,29	0,00	-1,34	-1,34	0,00	0,00	0,00
ZS7	FC9	-6,85	-4,82	-4,82	6,85	9,41	9,41	1,12	4,96	4,96	-1,12	-0,39	-0,39
ZS7	FC10	6,87	-3,40	-3,40	-6,87	9,36	9,36	1,09	-4,97	-4,97	-1,09	0,36	0,36
ZS7	FC11	-10,21	-1,12	-1,12	10,21	12,43	12,43	0,29	4,81	4,81	-0,29	0,44	0,44
ZS7	FC12	10,61	-1,01	-1,01	-10,61	12,49	12,49	0,26	-4,69	-4,69	-0,26	-0,41	-0,41
ZS7	FC13	-16,52	-16,66	-16,66	16,52	13,35	13,35	-2,86	0,51	0,51	2,86	0,08	0,08
ZS7	FC14	16,52	-16,44	-16,44	-16,52	13,11	13,11	-2,79	-0,50	-0,50	2,79	-0,12	-0,12
Užitné zatížení													
Stav	Přípoj	Rx [kN]	Rx (2D)	Ry [kN]	Ry (2D)	Rz [kN]	Rz (2D)	Mx [kNm]	Mx (2D)2	My [kNm]	My (2D)2	Mz [kNm]	Mz (2D)2
ZS8	FC1	48,37	-47,60	-49,59	-46,74	-35,13	-34,04	-3,32	-2,75	-2,75	3,32	-0,24	-0,24
ZS8	FC2	-45,11	-47,60	-45,61	46,74	-32,94	-34,04	-3,63	3,21	3,21	3,63	0,05	0,05
ZS8	FC3	8,41	-4,00	-4,04	-7,94	-15,18	-14,93	1,16	-7,57	-7,57	-1,16	1,79	1,79
ZS8	FC4	-7,46	-4,00	-3,96	7,94	-14,67	-14,93	1,13	7,97	7,97	-1,13	-1,78	-1,78
ZS8	FC5	11,42	-28,41	-29,09	-11,33	-22,05	-22,07	0,74	-14,23	-14,23	-0,74	1,69	1,69
ZS8	FC6	-11,23	-28,41	-27,72	11,33	-22,08	-22,07	0,68	15,21	15,21	-0,68	-1,80	-1,80
ZS8	FC7	-2,29	0,23	0,22	2,44	-9,62	-9,75	-0,06	-9,72	-9,72	0,06	-0,10	-0,10
ZS8	FC8	2,58	0,23	0,23	-2,44	-9,87	-9,75	-0,07	10,77	10,77	0,07	0,11	0,11
ZS8	FC9	13,28	32,03	32,12	-13,11	-23,19	-23,18	-0,87	-14,22	-14,22	0,87	-2,04	-2,04
ZS8	FC10	-12,94	32,03	31,93	13,11	-23,17	-23,18	-0,83	15,37	15,37	0,83	2,14	2,14
ZS8	FC11	11,09	4,06	4,08	-10,70	-16,92	-16,76	-1,16	-7,63	-7,63	1,16	-1,80	-1,80
ZS8	FC12	-10,31	4,06	4,03	10,70	-16,59	-16,76	-1,15	8,25	8,25	1,15	1,81	1,81
ZS8	FC13	44,96	44,26	45,74	-43,78	-33,27	-32,54	3,63	-2,96	-2,96	-3,63	0,35	0,35
ZS8	FC14	-42,59	44,26	42,77	43,78	-31,81	-32,54	4,04	3,51	3,51	-4,04	-0,13	-0,13

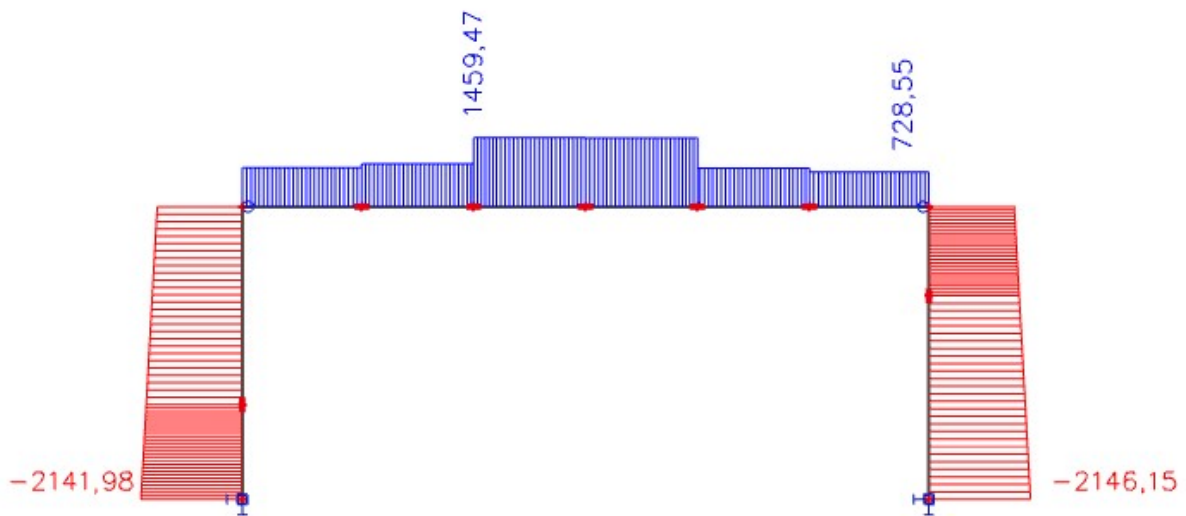
Příloha 2 - Průběhy vnitřních sil na monolitickém rámu

Průběh obálky normálových sil

- Stav 1 – Tuhý rám

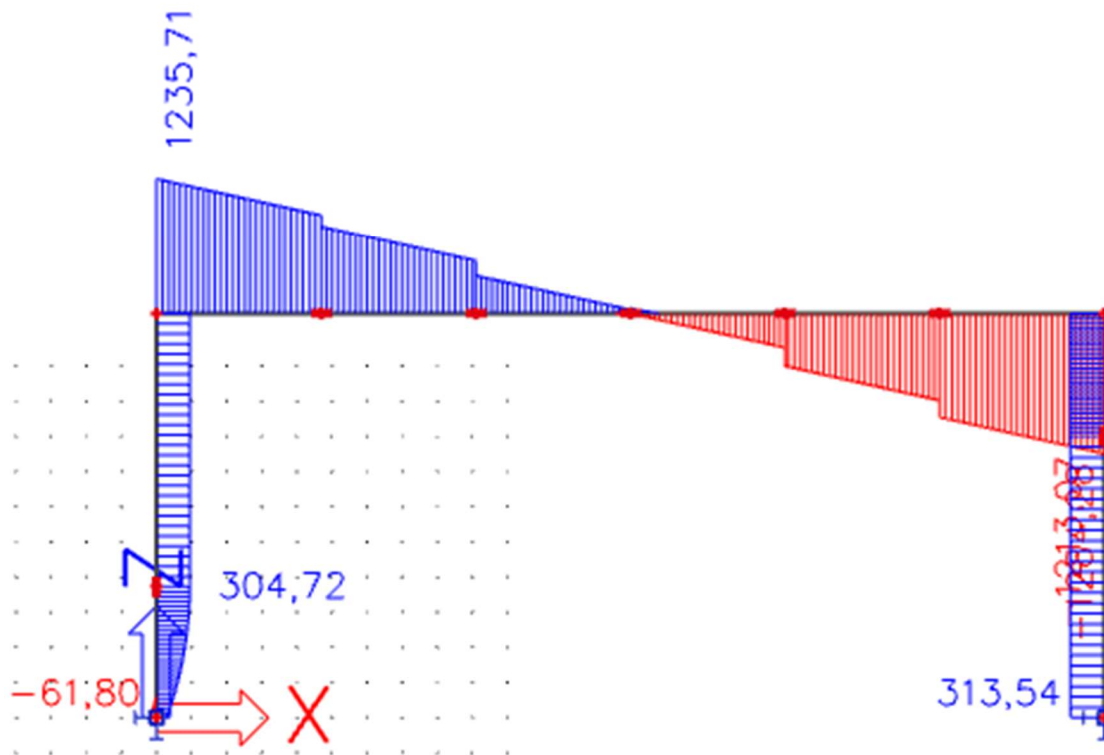


- Stav 2 – Vazník jako prostý nosník

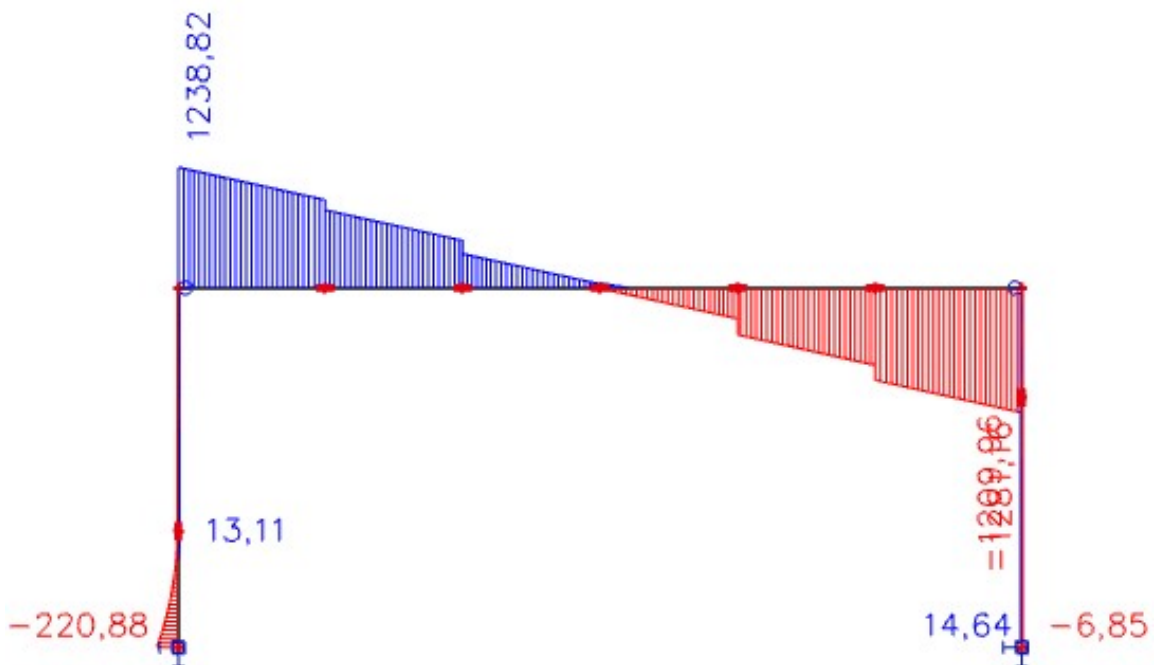


Průběh obálky posouvajících sil

- Stav 1 – Tuhý rám

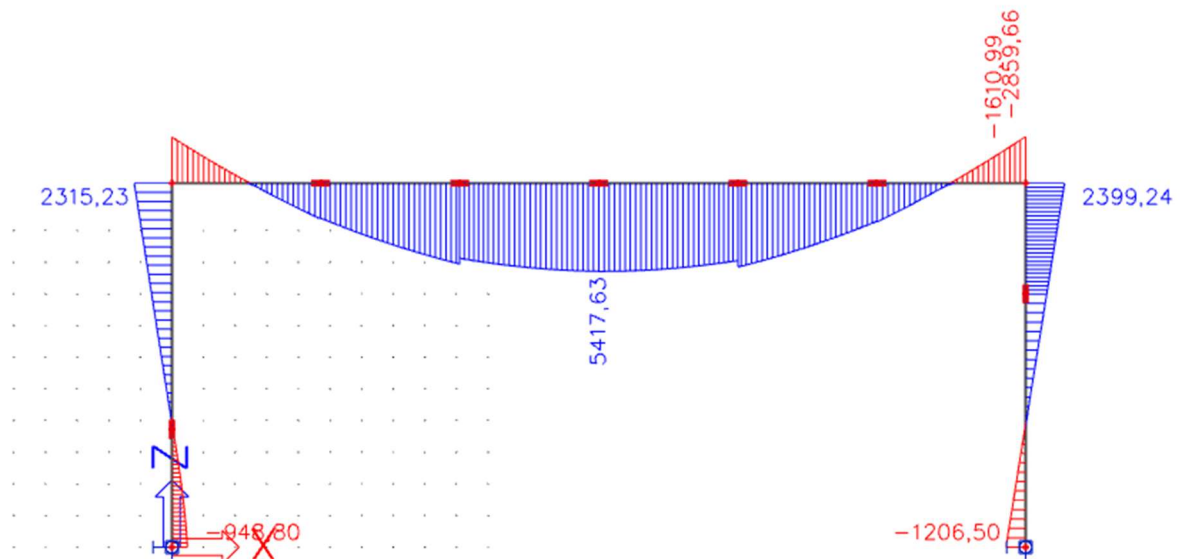


- Stav 2 – Vazník jako prostý nosník

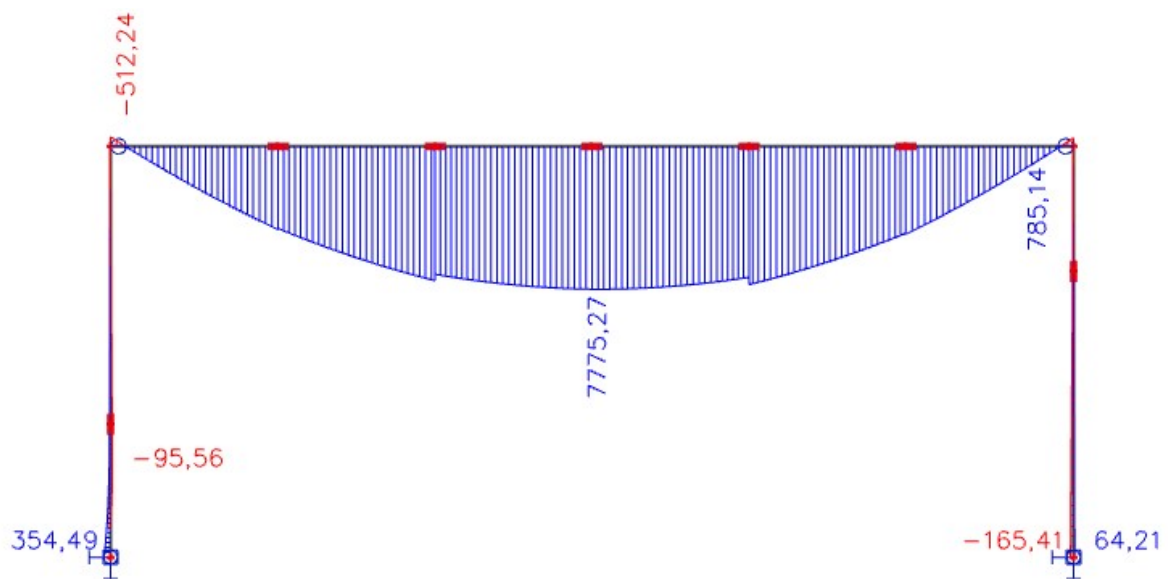


Průběh obálky ohybových momentů

- Stav 1 – Tuhý rám



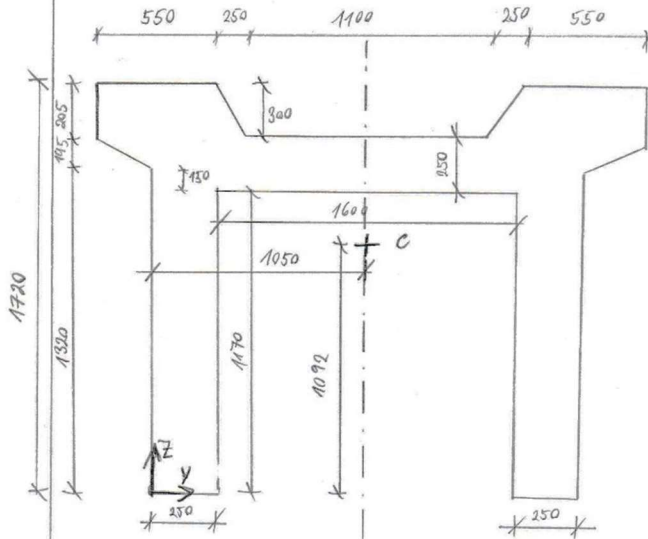
- Stav 2 – Vazník jako prostý nosník



Příloha 3 - Výpočet a posouzení vazníku na MSÚ a MSP

Výpočet výztuže vazníku:

beton: C30/37
ocel: B500B



$$C = [1050, 1092]$$

$$A = 1,5165 \text{ m}^2$$

$$I_y = 0,33301 \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,1201 \text{ m}^4$$

$$i_y = 469 \text{ mm}$$

$$i_z = 859 \text{ mm}$$

$$W_{el,y} = 30507 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 8,2973 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

Výpočet vnitřních sil
viz SCIA

Výztuž v poli: $M_{Ed,R} = 5417,63 \text{ kNm}$ →

$M_{Ed,PN} = 7774,87 \text{ kNm}$ →

odhad - $\phi_s = 8 \text{ mm}$
 $\phi_b = 20 \text{ mm}$

$c_{nom} = 25 \text{ mm}$

$$d_T = h_T - c_{nom} - \frac{\phi_s}{2} - \phi_b = 1720 - 25 - \frac{20}{2} - 8 = 1677 \text{ mm}$$

$b = 2100 \text{ mm}$ (tlačná oblast v pásnici)

odhad ramene vnitř. sil

$$Z = 0,9 \cdot d = 1509 \text{ mm}$$

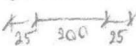
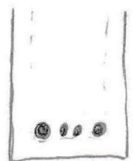
$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{Z \cdot f_{yd}} = \begin{cases} A_{s,req,R} = \frac{5417,63}{1509 \cdot 434000} = 8272,38 \text{ mm}^2 \\ A_{s,req,PN} = \frac{7774,87}{1509 \cdot 434000} = 11871,73 \text{ mm}^2 \end{cases}$$

$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_T \cdot d; 0,0013 \cdot b_T \cdot d\right) = \max\left(0,26 \cdot \frac{2,9}{300} \cdot 2100 \cdot 1677; 0,0013 \cdot 2100 \cdot 1677\right) = \max(5310,72; 4578,2) = 5310,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1,5165 \cdot 10^6 = 60660 \text{ mm}^2$$

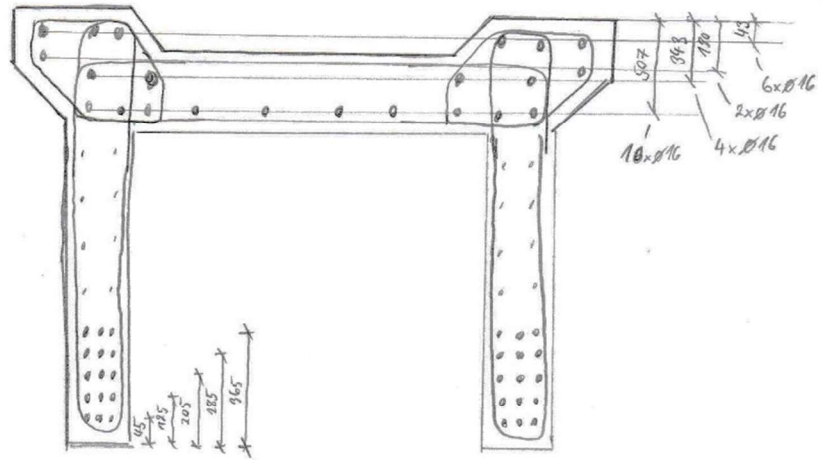
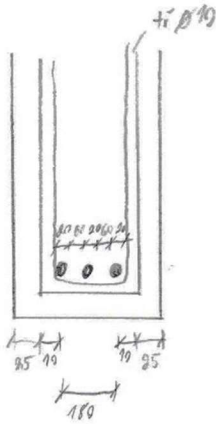
$$A_{s,0,10} = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$s_{min} \approx (12 \cdot \phi_{max}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) \approx (24,37; 20 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$



$$A_{s, \varnothing 20} = 314,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, \varnothing 16} = 201 \text{ mm}^2$$



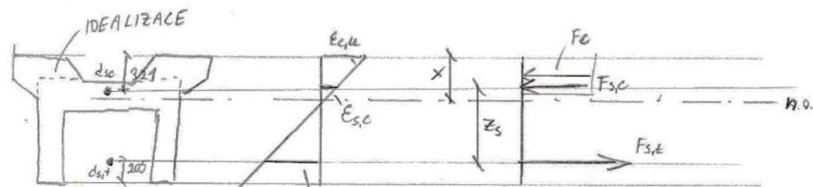
NÁVRH: $22 \times \varnothing 16$ v tláčenej oblasti ; $A_{s,c} = 4422 \text{ mm}^2$

$30 \times \varnothing 20$ v ťaženej oblasti ; $A_{s,t} = 9423 \text{ mm}^2$

$$A_{s, \text{prov}} = 13845 \text{ mm}^2$$

$$d_{s,c} = \frac{10 \cdot 507 + 4 \cdot 343 + 2 \cdot 180 + 6 \cdot 43}{22} = 321 \text{ mm}$$

$$d_{s,t} = \frac{3 \cdot 45 + 3 \cdot 125 + 3 \cdot 205 + 3 \cdot 185 + 3 \cdot 165}{15} = 205 \text{ mm}$$



$$d_{s,c} = 321 \text{ mm} = 21 \text{ mm (idealizácie)}$$

$$d_{s,t} = 205 \text{ mm}$$

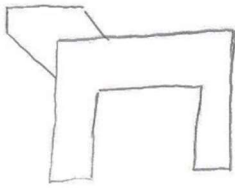
$$d = 1515 \text{ mm} = 1205 \text{ mm (idealizácie)}$$

predpoklad: $\epsilon_{s,c} < \epsilon_{y,c} \Rightarrow \sigma_{s,c} = E \cdot \epsilon_{s,c}$

$$1) \frac{\epsilon_{cu}}{x} = \frac{\epsilon_{s,t}}{x - d_{s,c}}$$

$$2) F_{s,t} = F_c + F_{s,c}$$

$$A_{s,t} \cdot f_{yd} = A_{s,c} \cdot E \cdot \epsilon_{s,c} + 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} \Rightarrow \epsilon_{s,c} = \frac{A_{s,t} \cdot f_{yd} - 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E}$$



$$-E_{cu} \cdot d_{sc} + E_{cu} \cdot x = x \cdot \frac{A_{s,t} \cdot f_{yd} - 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E}$$

$$A_c = (x - 300) \cdot 2100 + 2 \cdot 195557,9 + 2 \cdot 7500 = (2100x - 223884,2) \text{ mm}^2$$

$$-E_{cu} \cdot d_{sc} + E_{cu} \cdot x = \frac{x \cdot A_{s,t} \cdot f_{yd}}{A_{s,c} \cdot E} - \frac{x \cdot 0,8 \cdot (2100x - 223884,2) \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E}$$

$$-E_{cu} \cdot d_{sc} + E_{cu} \cdot x = x \cdot \frac{A_{s,t} \cdot f_{yd}}{A_{s,c} \cdot E} - x^2 \cdot \frac{1680 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E} + x \cdot \frac{179107,36 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E}$$

$$x^2 \cdot \left(\frac{1680 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E} \right) - x \cdot \left(E_{cu} + \frac{A_{s,t} \cdot f_{yd}}{A_{s,c} \cdot E} + \frac{179107,36 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E} \right) - E_{cu} \cdot d_{sc} = 0$$

$$x^2 \cdot \left(\frac{1680 \cdot 20}{4422 \cdot 210000} \right) - x \cdot \left(0,0035 + \frac{9423 \cdot 434}{4422 \cdot 210000} + \frac{179107,36 \cdot 20}{4422 \cdot 210000} \right) - 0,0035 \cdot 321 = 0$$

$$x^2 \cdot 3,618 \cdot 10^{-5} - x \cdot 0,01176 + 5,13 = 0$$

$$x_1 = \dots$$

$$x_2 = \dots$$

$$x^2 \cdot 3,618 \cdot 10^{-5} - x \cdot 0,00476 - 1,1235 = 0$$

$$x_1 = 253,9 \text{ mm} \rightarrow \text{nesplňuje předpoklad}$$

$$x_2 = -992 \text{ mm} \rightarrow \text{nelze}$$

$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = 434 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $E_{cu} = 0,0035$
 $A_{s,c} = 4422 \text{ mm}^2$
 $A_{s,t} = 9423 \text{ mm}^2$
 $d = 1515 \text{ mm}$

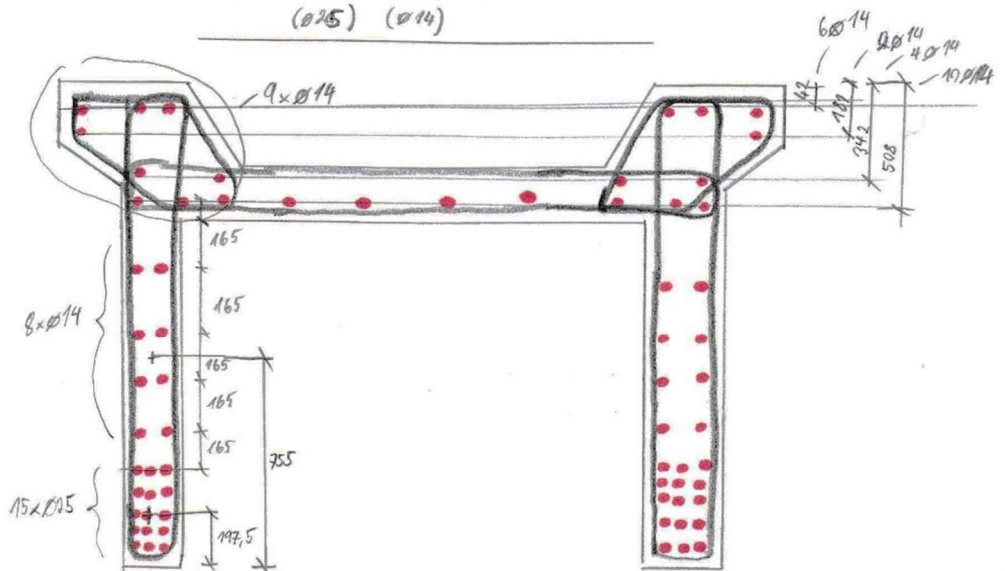
⇒ NOVÝ NÁVRH: 22 × Ø14 horní výztuž

30 × Ø25 + 16 × Ø14 dolní výztuž

$$A_{s,c} = 3388 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,t} = 14730 + 2464 \text{ mm}^2$$

(Ø25) (Ø14)



$$d_{s,c} = \frac{10 \cdot 508 + 4 \cdot 342 + 2 \cdot 181 + 6 \cdot 42}{22} = 327 \text{ mm}$$

$$d_{s,t} = \frac{14730 \cdot 197,5 + 2464 \cdot 755}{14730 + 2464} = 277,4 \text{ mm}$$

$$X^2 \left(\frac{1680 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E} \right) - X \cdot \left(-\epsilon_{cu} + \frac{A_{s,t} \cdot f_{yd}}{A_{s,c} \cdot E} + \frac{179 \cdot 107,36 \cdot f_{cd}}{A_{s,c} \cdot E} \right) - \epsilon_{cu} \cdot d_{s,c} = 0$$

$$X^2 \cdot \frac{1680 \cdot 20}{3388 \cdot 210 \cdot 000} - X \cdot \left(-0,0035 + \frac{17 \cdot 194 \cdot 434}{3388 \cdot 210 \cdot 000} + \frac{179 \cdot 107,36 \cdot 20}{3388 \cdot 210 \cdot 000} \right) - 0,0035 \cdot 321 = 0$$

$$4,72 \cdot 10^{-5} \cdot X^2 - 0,019 - 1,1235 = 0$$

$$X_1 = 327 \text{ mm} \Rightarrow \text{PŘEDPOKLAD SPLNĚN} \checkmark$$

$$X_2 = \cancel{72,8 \text{ mm}} \Rightarrow \text{nelze}$$

$$\epsilon_{sp} = \frac{17 \cdot 194 \cdot 434 - 0,8 \cdot (2100 \cdot 327 - 223 \cdot 884,2) \cdot 20}{3388 \cdot 210 \cdot 000} = 8,03 \cdot 10^{-5} \leq \epsilon_{yd} \checkmark$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot z_c + F_{s,c} \cdot z_{s,c} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} \cdot z_c + A_{s,c} \cdot E \cdot \epsilon_{sp} \cdot z_{s,c}$$

$$z_c = d - 0,4x = 1442,6 - 0,4 \cdot 327 = 1311,8 \text{ mm}$$

$$z_{s,c} = d - d_{s,c} = 1442,6 - 321 = 1121,6 \text{ mm}$$

$$A_c \text{ (CAD)} = 455 \cdot 007,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,c} = 3388 \text{ mm}^2$$

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot 455 \cdot 007,5 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 1,3118 + 3388 \cdot 10^6 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 8,03 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1216$$

$$M_{Rd} = 9614,01 \text{ kNm} > M_{Ed} = 7774,87 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

\Rightarrow VYUŽITÍ 81%

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{327}{1442,6} = 0,23 < 0,45 \checkmark$$

Výztuž v poli vyhovuje \checkmark

(h)

$$d = 1720 - d_{s,t} =$$

$$= 1442,6 \text{ mm}$$

Podpora:

$$M_{Ed} = 2859,66 \text{ kNm}$$

$$d_T = 1677 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm (šířka obou stojen)}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 1509 \text{ mm}$$

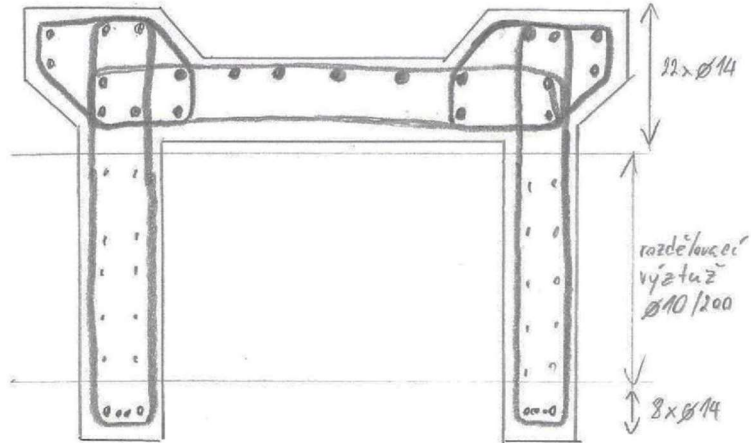
$$A_{s, \text{req}} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{2859,66}{1509 \cdot 434000} = \underline{\underline{4366,52 \text{ mm}^2}}$$

$$A_{s, \text{min}} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d ; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \max \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 500 \cdot 1677 ; 0,0013 \cdot 500 \cdot 1677 \right) =$$

$$= \max (1264,46 ; 1090,05) = \underline{\underline{1264,46 \text{ mm}^2}}$$

$$A_{s, \text{max}} = \underline{\underline{60660 \text{ mm}^2}}$$

NÁVRH: 22 x Ø14 ... horní oblast ; $A_{s,t} = 3388 \text{ mm}^2$
 8 x Ø14 ... dolní oblast ; $A_{s,e} = 1232 \text{ mm}^2$

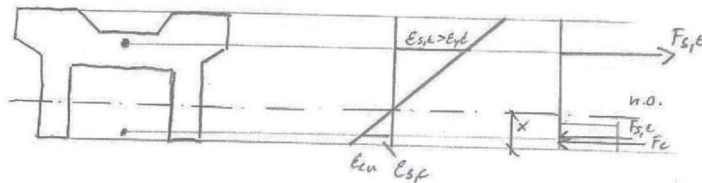


$$A_{\text{prov}} = 4620 \text{ mm}^2$$

$$d_{s,t} = 321 \text{ mm}$$

$$d_{s,e} = 42 \text{ mm}$$

$$d = 1399 \text{ mm}$$



Předpoklad: 1) $\frac{\epsilon_{cu}}{x} = \frac{\epsilon_{s,e}}{x - d_{s,c}}$

2) $F_{s,t} = F_c + F_{s,c} \Rightarrow \epsilon_{s,e} = \frac{A_{s,e} \cdot f_{y,d} - 0,8 A_c \cdot f_{c,d}}{A_{s,e} \cdot E}$

$A_c = x \cdot 500$

$\epsilon_{cu} \cdot x - \epsilon_{cu} \cdot d_{s,c} = x \cdot \frac{A_{s,e} \cdot f_{y,d} - 0,8 \cdot x \cdot 500 \cdot f_{c,d}}{A_{s,e} \cdot E}$

$\epsilon_{cu} \cdot x - \epsilon_{cu} \cdot d_{s,c} = x \cdot \frac{A_{s,e} \cdot f_{y,d}}{A_{s,e} \cdot E} - x \cdot \frac{0,8 \cdot 500 \cdot f_{c,d}}{A_{s,e} \cdot E}$

$x^2 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 500 \cdot f_{c,d}}{A_{s,e} \cdot E} \right) + x \cdot \left(\epsilon_{cu} - \frac{A_{s,t} \cdot f_{y,d}}{A_{s,e} \cdot E} \right) - \epsilon_{cu} \cdot d_{s,c} = 0$

$x^2 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 500 \cdot 80}{1232 \cdot 210\,000} \right) + x \cdot \left(0,0035 - \frac{3388 \cdot 434}{1232 \cdot 210\,000} \right) - 0,0035 \cdot 42 = 0$

$3,1 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 - 0,0022x - 0,147 = 0$

$x_1 = 113,0 \text{ mm}$

$x_2 = \cancel{42 \text{ mm}} \rightarrow \text{nelze}$

$\epsilon_{s,c} = \frac{3388 \cdot 434 - 0,8 \cdot 113 \cdot 500 \cdot 80}{1232 \cdot 210\,000} = 0,0022 \leq \epsilon_{y,d} \checkmark$ předpoklad splněn

$M_{rd} = F_c \cdot z_c + F_{s,c} \cdot z_{s,c} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{c,d} \cdot z_c + A_{s,e} \cdot E \cdot \epsilon_{s,c} \cdot z_{s,c}$

$z_c = d - 0,4x = 1399 - 0,4 \cdot 113 = 1353,8 \text{ mm}$

$z_{s,c} = d - d_{s,c} = 1399 - 42 = 1357 \text{ mm}$

$M_{rd} = 0,8 \cdot (113 \cdot 500) \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 1,3538 + 1232 \cdot 10^{-6} \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 0,0022 \cdot 1,357$

$M_{rd} = 1996,22 \text{ kNm} < M_{Ed} = 2859,66 \text{ kNm} \quad \times \text{ NEVYHOVUJE}$

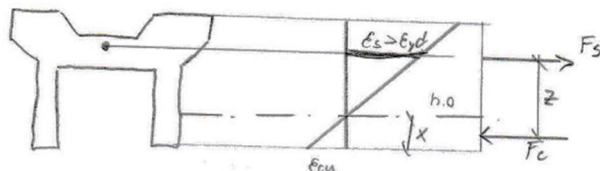
NOVÝ NÁVRH => Jednostranné vyztužení

horní vyztuž: $82 \times \varnothing 18$

$A_{s,prav} = 5588 \text{ mm}^2$

$d_H = 321 \text{ mm}$

$d = 1399 \text{ mm}$



Overeni: $X = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$

$$X = \frac{5588 \cdot 434}{0,8 \cdot 500 \cdot 20} = 303 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{303}{1399} = \underline{\underline{0,22 < 0,45 \checkmark}}$$

$$z = d - 0,4x = 1399 - 0,4 \cdot 303 = 1277,8 \text{ mm}$$

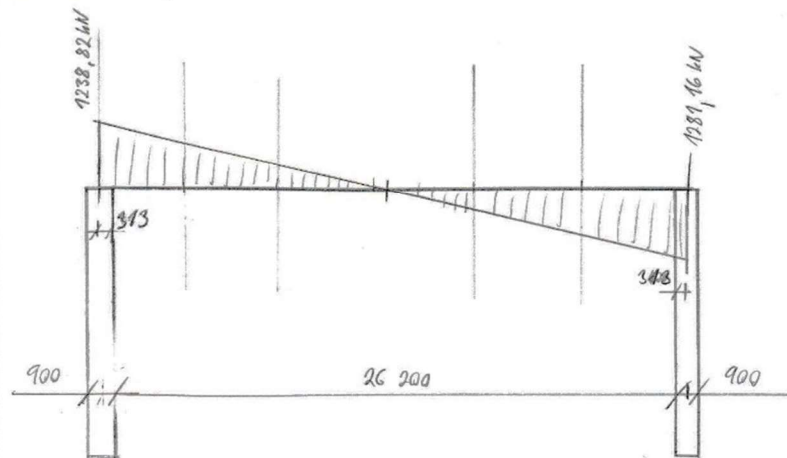
$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot z \cdot f_{yd} = 5588 \cdot 10^{-6} \cdot 1277,8 \cdot 434 \cdot 1000$$

$$M_{Rd} = 3098,91 \text{ kNm} > M_{Ed} = 2859,66 \text{ kNm}$$

92,28% využiti \checkmark

Výztuž nad podporou vyhovuje

Návrh smykové výztuže:



$$d = 1,399 \text{ m}$$

=> IDEALIZACE: rovnoměrně zat.

$$\frac{1238,82 + 1281,16}{2} = 1259,99 \text{ kN nad podporou}$$

$$l_{\text{celk}} = 26,200 + 2 \cdot 0,343 = 26,826 \text{ m}$$

$$2 \cdot 1259,99 - 26,826 \cdot g_d = 0$$

$$g_d = \underline{\underline{93,94 \text{ kN/m}}}$$

$$V_{\text{ed},1} = V_{\text{ed}} - d \cdot g_d = 1259,99 - 1,399 \cdot 93,94 = \underline{\underline{1128,57 \text{ kN}}}$$

"Návrhové třmínky": návrh: $\phi_{\text{tr}} = 10 \text{ mm}$

$$n = 4$$

$$A_{\text{sw}} = \frac{n \cdot n \cdot \phi_{\text{tr}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 10^2}{4} = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$\cotg \theta = 1,3$$

$$z = 1,2778 \text{ m}$$

$$s_1 \leq \frac{A_{\text{sw}} \cdot f_{y,d}}{V_{\text{ed},1}} \cdot z \cdot \cotg \theta = \frac{314,16 \cdot 10^{-6} \cdot 434,000}{1128,57} \cdot 1,2778 \cdot 1,3 = 0,2 \text{ m} = \underline{\underline{200 \text{ mm}}}$$

^

$$s_1 \leq \min(0,75d; 400 \text{ mm}) = (1049; 400 \text{ mm}) = \underline{\underline{400 \text{ mm}}}$$

NÁVRH: "Třmínek čtyřstrizný: $\phi 10 \text{ mm} / 200 \text{ mm}$ "

$$\nu = 0,2$$

$$f_{y,d} = f_{y,k}$$

$$f_{c,k} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{y,k} = 500 \text{ MPa}$$

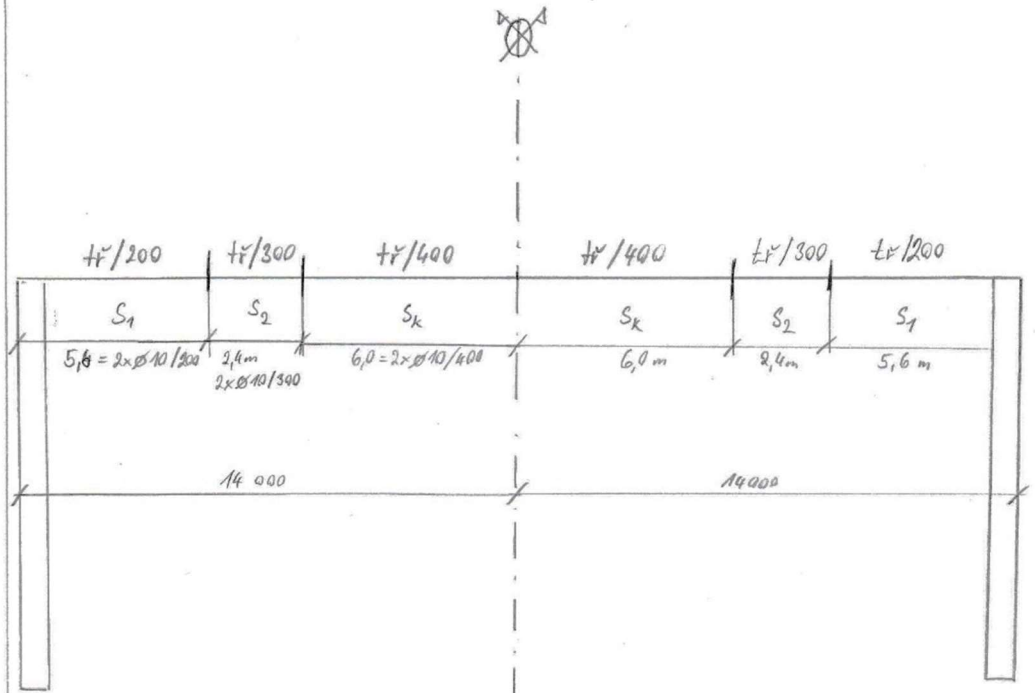
Posouzení: Stupeň vyztužení: $\rho_{\text{sw},1} = \frac{A_{\text{sw}}}{b \cdot s_1} = \frac{314,16}{500 \cdot 200} = 0,003 = \underline{\underline{0,3\%}}$

$$\rho_{\text{sw},\text{max}} = \frac{0,5 \cdot \nu \cdot f_{c,d}}{f_{y,d}} = \frac{0,5 \cdot 0,2 \cdot 30}{500} = 0,0046 = \underline{\underline{0,46\%}}$$

$$\rho_{\text{sw},\text{min}} = \frac{0,008 \cdot \sqrt{f_{c,k}}}{f_{y,k}} = \frac{0,008 \cdot \sqrt{30}}{500} = \underline{\underline{0,009\%}}$$

$$\rho_{\text{sw},\text{min}} < \rho_{\text{sw},1} < \rho_{\text{sw},\text{max}} \quad \text{V POKOJE} \quad \checkmark$$

Rozdělení smykové výztuže \downarrow



Návrh: oblast - S₁: Tr 2 \varnothing 10/200
 S₂: Tr 2 \varnothing 10/300
 S_K: Tr 2 \varnothing 10/400

Posouzení vazníku na MSP

$$M_{char} = 4723,65 \text{ kNm}$$

$$M_{kvz} = 3153,18 \text{ kNm}$$

$$d = 1442,6 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{l}{d} = \frac{26800}{1442,6} = 18,6 < \lambda_d$$

$$\lambda_d = k_{o1} \cdot k_{o2} \cdot k_{o3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\hookrightarrow k_{o1} = 1,0 \quad (?)$$

$$k_{o2} = \frac{7}{26,8} = 0,26$$

$$k_{o3} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = \frac{500}{500} \cdot \frac{17194}{11871,7} = 1,45$$

$$\lambda_{d,tab} = 16,6$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{A_c} = \frac{17194 \cdot 10^{-6}}{1,5165} = 0,011 = 1,1\%$$

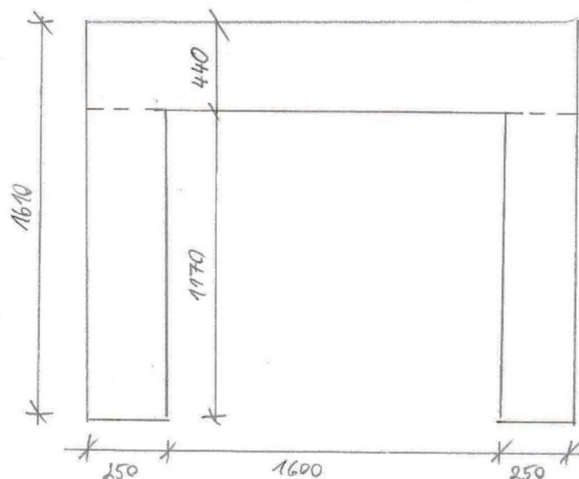
$$\lambda_{d,tab} = \begin{matrix} 20,5 & \text{pro } \rho = 0,5\% \\ 14,0 & \text{pro } \rho = 1,5\% \end{matrix}$$

$$\lambda_d = 1,0 \cdot 0,26 \cdot 1,45 \cdot 16,6 = 6,26 \neq \lambda_d \quad \nabla \Rightarrow \text{nutno posoudit MSP výpočtem}$$

$$W_g = \frac{l}{250} = \frac{26800}{250} = 107,2 \text{ mm}$$

$$W_F = \frac{l}{200} = \frac{26800}{200} = 134 \text{ mm}$$

Idealizace průřezu



$$A_{c,přis.nec} = 931500 \text{ mm}^2 \text{ (CAD)}$$

← IDEALIZACE na \square

$$A_c = 1,509 \text{ m}^2$$

$$C [1050; 1078]$$

$$I_y = 3,1377 \cdot 10^{-1} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,4316 \cdot 10^{-1} \text{ m}^4$$

$$i_y = 456 \text{ mm}$$

$$i_z = 747 \text{ mm}$$

$$W_{el,y} = 2,9109 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 8,0301 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

ST, I: $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$; $E_s = 210 \text{ GPa}$

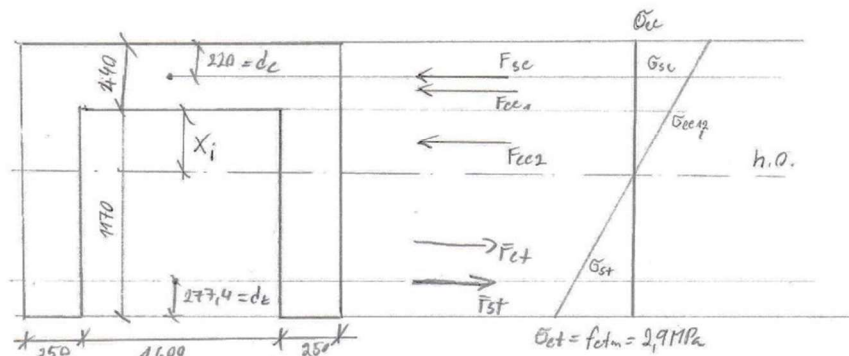
$$E_{e,ST} = \frac{E_{cm}}{1 + \eta = 0} = 32 \text{ GPa}$$

$$d_{ST} = \frac{E_s}{E_{e,ST}} = \frac{210}{32} = \underline{6,56}$$

$$F_{c2} + F_{cc1} + F_{sc} = F_{ST} + F_{cT}$$

$$A_c = 3388 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 17194 \text{ mm}^2$$



$$F_{cc1} + F_{cc2} + F_{sc} = F_{cT} + F_{ST}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (\sigma_{cc1} + \sigma_{cc2}) \cdot h_p \cdot b_p + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \sigma_{cc1} \cdot b_s \cdot x_i + A_{s,e} \cdot \sigma_{st} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \sigma_{ct} \cdot (h_s - x_i) \cdot b_s + A_{s,e} \cdot \sigma_{st}$$

$$\sigma_{cc} = \frac{\sigma_{st} \cdot (h_p + x_i)}{h_s - x_i} = \frac{2,9 \cdot (440 + x_i)}{1170 - x_i}$$

$$\sigma_{cc1} = \frac{\sigma_{st} \cdot x_i}{h_s - x_i} = \frac{2,9 \cdot x_i}{1170 - x_i}$$

$$\sigma_{st} = \frac{\sigma_{ct} \cdot (h_s - x_i - d_t)}{h_s - x_i} \cdot d_{ST} = \frac{2,9 \cdot (992,6 - x_i)}{1170 - x_i} \cdot 6,56$$

$$\sigma_{sc} = \frac{\sigma_{ct} \cdot (h_p + x_i - d_c)}{h_s - x_i} \cdot d_{ST} = \frac{2,9 \cdot (220 + x_i)}{1170 - x_i} \cdot 6,56$$

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2,9 \cdot (440 + x_i)}{1170 - x_i} + \frac{2,9 \cdot x_i}{1170 - x_i} \right) \cdot 440 \cdot 250 + 1,0 \cdot \frac{2,9 \cdot x_i}{1170 - x_i} \cdot 250 \cdot x_i + 3388 \cdot \frac{2,9 \cdot (220 + x_i)}{1170 - x_i} \cdot 6,56 =$$

$$= 1,0 \cdot \frac{2,9}{2} \cdot (1170 - x_i) \cdot 250 + 17194 \cdot \frac{2,9 \cdot (992,6 - x_i)}{1170 - x_i} \cdot 6,56$$

$$x_{i,ST,I} = \underline{142,785 \text{ mm}} \quad (L=P \dots \text{excel metadalu iterace})$$

$$\begin{aligned}
I_{Y,ST,I} &= \frac{1}{12} \cdot b_p \cdot h_p^3 + b_p \cdot h_p \cdot \left(x_i + \frac{h_p}{2}\right)^2 \\
&+ 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_s \cdot h_s^3 + 2 \cdot b_s \cdot h_s \cdot \left(\frac{h_s}{2} - x_i\right)^2 \\
&+ d_{st} \cdot A_{s,c} \cdot (h_p - d_{st} + x_i)^2 \\
&+ d_{st} \cdot A_{s,t} \cdot (h_s - x - d_e)^2 = \\
&= \frac{1}{12} \cdot 2100 \cdot 440^3 + 2100 \cdot 440 \cdot \left(142,8 + \frac{440}{2}\right)^2 \\
&+ 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot 1170^3 + 2 \cdot 250 \cdot 1170 \cdot \left(\frac{1170}{2} - 142,8\right)^2 \\
&+ 6,56 \cdot 3388 \cdot (440 - 220 + 142,8)^2 + 6,56 \cdot 17194 \cdot (1170 - 142,8 - 274,4)^2 \\
&= \underline{\underline{3,845 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4}}
\end{aligned}$$

$$C_{ST,I} = \frac{1}{E_{c,eff,st} \cdot I_{Y,ST,I}} = \frac{1}{32000 \cdot 3,845 \cdot 10^{11}} = \underline{\underline{8,127 \cdot 10^{-17} \frac{1}{\text{N} \cdot \text{mm}^2}}}$$

$$M_{R,ST} = f_{ctm} \cdot \frac{I_{Y,ST,I}}{h - h_p - x_i} = 2900 \cdot \frac{3,845 \cdot 10^{11}}{1,61 - 0,44 - 0,1428} = \underline{\underline{1085,52 \text{ kNm}}}$$

$M_{krz} > M_{cr}$

$3153,18 > 1085,52 \text{ kNm} \Rightarrow$ vznik trhlin

ST,II \rightarrow stejná nad n.o.

$$S_{cp} + S_{csN} + S_{sc} = S_{st}$$

$$\begin{aligned}
b_p \cdot h_p \cdot \left(\frac{h_p}{2} + x_i\right) + 2 \cdot b_s \cdot x_i \cdot \frac{1}{2} + d_{st} \cdot A_e \cdot (h_p - d_e + x_i) &= d_{st} \cdot A_e \cdot (h_s - x - d_e) \\
2100 \cdot 440 \cdot (220 + x_i) + 2 \cdot 250 \cdot x_i \cdot \frac{1}{2} + 6,56 \cdot 3388 \cdot (440 - 220 + x_i) &= 6,56 \cdot 17194 \cdot (1170 - x - 274,4) \\
x \rightarrow \text{nelze určit} \quad \text{!}
\end{aligned}$$

n.o. v právnici \rightarrow

$$b_p \cdot h_p \cdot \left(x - \frac{h_p}{2}\right) + d_{st} \cdot A_e \cdot (x - d_e) = d_{st} \cdot A_e \cdot (h - d_e - x)$$

$$x = \underline{\underline{338,35}} \text{ předpoklad OK}$$

$$\begin{aligned}
 I_{y,ST,II} &= \frac{1}{12} b_p \cdot h_p^3 + b_p \cdot h_p \cdot \left(x_i - \frac{b_p}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot b_s \cdot h_s^3 + 2 \cdot b_s \cdot h_s \cdot \left(h - \frac{h_s}{2} - x\right)^2 + \\
 &+ d_{ST} \cdot A_c \cdot (x_i - d_c)^2 + d_{ST} \cdot A_s \cdot (h - d_t - x)^2 = \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 2100 \cdot 440^3 + 2100 \cdot 440 \cdot (338,85 - 220)^2 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot 1170^3 + \\
 &+ 2 \cdot 250 \cdot 1170 \cdot \left(1610 - \frac{1170}{2} - 338,85\right)^2 + 6,56 \cdot 3388 \cdot (338,85 - 220)^2 + \\
 &+ 6,56 \cdot 17194 \cdot (1610 - 274,4 - 338,85)^2 = \\
 &= \underline{\underline{4,825 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4}}
 \end{aligned}$$

$$C_{ST,II} = \frac{1}{E_{c,ST} \cdot I_{y,ST,II}} = \frac{1}{32000 \cdot 4,825 \cdot 10^{11}} = \underline{\underline{6,477 \cdot 10^{-17} \frac{1}{\text{N} \cdot \text{mm}^2}}}$$

$$\xi_{i,ST} = 1 - \beta \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M_{kvz}}\right)^2 = 1 - 1 \cdot \left(\frac{1085,52}{3153,18}\right)^2 = 0,881$$

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{1}{r_m}\right)_{kvz,ST} &= M_{kvz} \cdot \left[(1 - \xi_{i,ST}) \cdot C_{ST,I} + \xi_{i,ST} \cdot C_{ST,II}\right] = \\
 &= 3153,18 \cdot 10^6 \cdot \left[(1 - 0,881) \cdot 8,127 \cdot 10^{-17} + 0,881 \cdot 6,477 \cdot 10^{-17}\right] \\
 &= \underline{\underline{0,21 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mm}}}}
 \end{aligned}$$

$$W_{kvz,ST} = k \cdot L^2 \cdot \left(\frac{1}{r_m}\right)_{kvz,ST} = \frac{5}{48} \cdot 26800^2 \cdot 0,21 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{15,71 \text{ mm}}}$$

$$W_{kvz,ST} \leq \frac{1}{500} \cdot L = \frac{1}{500} \cdot 26800$$

$$W_{kvz,ST} \leq 53,6 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{15,71 \text{ mm}}} \leq 53,6 \text{ mm} \quad - \text{práhyb kvz VYHODVUJE}$$

$$A_e = 1,509 \text{ m}^2$$

$$u = 2 \cdot 2,100 + 2 \cdot 1,67 + 2 \cdot 1,17 = 9,76 \text{ m}$$

Dlouhodobé působení ↴

- odbednění po 28 dnech

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_e}{u} = \frac{2 \cdot 1,509}{9,76} = 0,309 \text{ m}$$

C30/37, $t_0 = 28 \text{ dní}$, CEM R, $h_0 = 0,309$

$$\Rightarrow \varphi = 1,8$$

$$E_{c, \text{eff}, \text{LT}} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = \frac{32}{1 + 1,8} = 11,43 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{LT} = \frac{E_s}{E_{c, \text{eff}, \text{LT}}} = \frac{210}{11,43} = 18,37$$

↓ Postup jako u ST ↴

$$\underline{LT, I} \Rightarrow F_{cc1} + F_{cc2} + F_{sc} = F_{ct} + F_{st}$$

$$\frac{1}{2} (\sigma_{cc} + \sigma_{cc12}) \cdot h_p \cdot b_p + 2 \cdot \frac{1}{2} \sigma_{cc12} \cdot b_s \cdot x_i + A_{sc} \cdot \sigma_{sc} = 2 \cdot \frac{1}{2} \sigma_{ct} \cdot (h_s - x_i) \cdot b_s + A_{st} \cdot \sigma_{st}$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{2,9 \cdot (440 + x_i)}{1170 - x_i} + \frac{2,9 \cdot x_i}{1170 - x_i} \right) \cdot 440 \cdot 2100 + 10 \cdot \frac{2,9 \cdot x_i}{1170 - x_i} \cdot 250 \cdot x_i + 3388 \cdot \frac{2,9 \cdot (220 + x_i)}{1170 - x_i} \cdot 18,37 =$$

$$= 10 \cdot 2,9 \cdot (1170 - x_i) \cdot 250 + 17194 \cdot \frac{2,9 \cdot (892,6 - x_i)}{1170 - x_i} \cdot 18,37$$

$$\underline{X_{LT, I} = 215,8 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned} I_{y, \text{LT}, I} &= \frac{1}{12} b_p \cdot h_p^3 + b_p \cdot h_p \cdot \left(x_i + \frac{h_p}{2} \right)^2 + 2 \cdot \frac{1}{12} b_s \cdot h_s^3 + 2 \cdot b_s \cdot h_s \cdot \left(\frac{h_s}{2} - x_i \right)^2 + \\ &+ \alpha_{LT} \cdot A_{sc} \cdot (h_p - d_c + x_i)^2 + \alpha_{LT} \cdot A_{st} \cdot (h_s - x - d_c)^2 = \\ &= \underline{4,946 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4} \end{aligned}$$

$$C_{LT, I} = \frac{1}{E_{c, \text{eff}, \text{LT}} \cdot I_{y, \text{LT}, I}} = \underline{1,769 \cdot 10^{-16} \frac{1}{\text{Nm}^2}}$$

$$M_{cr,LT} = f_{ctm} \cdot \frac{I_{y,I,LT}}{h - h_p - x_i} = 2900 \cdot \frac{4,946 \cdot 10^{-1}}{1,61 - 0,44 - 0,2158} = \underline{\underline{1503,18 \text{ kNm}}}$$

$$M_{kvz} > M_{cr}$$

$3153,18 > 1503,18 \text{ kNm} \Rightarrow$ vznik trhlin již při KVZ kombinaci

LT, II ∇

n.o. v pásnici

$$b_p \cdot h_p \cdot \left(x - \frac{h_p}{2}\right) + d_{LT} \cdot A_c \cdot (x - d_c) = d_{LT} \cdot A_s \cdot (h - d_s - x)$$

$$x_{LT,II} = 338,8 \text{ mm}$$

~~n.o. ve středě~~

~~$$b_p \cdot h_p \cdot \left(\frac{h_p}{2} + x_i\right) + 2 \cdot b_s \cdot x_i \cdot \frac{1}{2} + d_{LT} \cdot A_c \cdot (h_p - d_c + x_i) = d_{LT} \cdot A_s \cdot (h_s - x - d_s)$$~~

~~$$x_{LT,II} =$$~~

$$I_{y,LT,II} = \frac{1}{12} b_p \cdot h_p^3 + b_p \cdot h_p \cdot \left(x_i - \frac{h_p}{2}\right)^2 + 2 \cdot \frac{1}{12} b_s \cdot h_s^3 + 2 \cdot b_s \cdot h_s \cdot \left(h - \frac{h_s}{2} - x\right)^2 + d_{LT} \cdot A_c \cdot (x - d_c)^2 + d_{LT} \cdot A_s \cdot (h - d_s - x)^2 =$$

$$= \underline{\underline{6,8 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4}}$$

$$C_{LT,II} = \frac{1}{E_{c,eff,LT} \cdot I_{y,LT,II}} = \underline{\underline{1,286 \cdot 10^{-16} \frac{1}{\text{Nm}^2}}}$$

$$\xi_i = 1 - \beta \cdot \left(\frac{M_{cr}}{M_{kvz}}\right) = 1 - 0,5 \cdot \frac{1503,18}{3153,18} = \underline{\underline{0,762}}$$

$$\left(\frac{1}{r_m}\right)_{LT} = M_{kvz} \cdot \left[(1 - \xi_i) \cdot C_{LT,I} + \xi_i \cdot C_{LT,II} \right] =$$

$$= 3153,18 \cdot 10^6 \cdot \left[(1 - 0,762) \cdot 1,769 \cdot 10^{-16} + 0,762 \cdot 1,286 \cdot 10^{-16} \right] =$$

$$= \underline{\underline{4,42 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{mm}}}}$$

VLIV SMRŠŤOVÁNÍ ↴

Stat. moment ^{výřt.} k těžišti průřezu

$$S_s = A_{s,t} \cdot y_t - A_{s,c} \cdot y_c = 17\,194 \cdot (747 - 274,4) - 3388 \cdot (863 - 220) = \\ = \underline{5\,947\,400,4 \text{ mm}^3}$$

$$E_{sn} = 4 \cdot 10^{-4}$$

průřezu - $I_{y,c} = 3,1377 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4$

$$W_{sn} = \frac{L^2}{2} \cdot \frac{E_{sn} \cdot L_{LT} \cdot S_s}{I_c} = \frac{26\,800^2}{2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 18,37 \cdot 5\,947\,400,4}{3,1377 \cdot 10^{-11}} = \\ = \underline{50,02 \text{ mm}}$$

DOTVAROVÁNÍ

$$W_{k5,LT} = k \cdot L^2 \cdot \left(\frac{1}{r_m}\right)_{LT} = \frac{5}{48} \cdot 26\,800^2 \cdot 4,42 \cdot 10^{-7} = \underline{33,1 \text{ mm}}$$

PRŮHYB DLOUHODOBÝ ↴

$$W = W_{sn} + W_{k5,LT} = 50,02 + 33,1 = \underline{83,12 \text{ mm}}$$

Posouzení $W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{26\,800}{250} = 107,2 \text{ mm}$

$$W < W_{lim}$$

$$\underline{83,12 \text{ mm} < 107,2 \text{ mm}}$$

NOSNÍK VYHOVUJE NA MSP.

Mezní stav omezení napětí:

$$M_{char} = 4723,65 \text{ kNm}$$

$$M_{kvz} = 3153,18 \text{ kNm}$$

Omezení napětí ve výtuzi σ

$$\sigma_s = \sigma_{s1} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek}}{I_{y,II,st}} \cdot (d - x_{ir}) = 6,56 \cdot \frac{4723,65}{0,4825} \cdot (1,4426 - 0,33885) = \underline{\underline{70,89 \text{ MPa}}}$$

$$k_s = 0,8$$

$$\alpha_e = 6,56$$

$$I_{y,II,st} = 4,825 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$M_{Ek} = M_{char} = 4723,65 \text{ kNm}$$

$$d = 1442,6 \text{ mm}$$

$$x_{ir} = 338,85 \text{ mm}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 70,89 \text{ MPa} < k_s \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad \checkmark \quad \text{VYHOVUJE}$$

Omezení tlakových napětí v betonu σ

• podélné trhliny: $M_{Ek} = 4723,65 \text{ kNm}$ $k_1 = 0,6$
C30/37 $\rightarrow f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\sigma_{cc} = \frac{M_{Ek}}{I_{y,II,st}} \cdot x_{ir} = \frac{4723,65}{0,4825} \cdot 0,33885 = \underline{\underline{3,32 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{cc} = 3,32 \text{ MPa} < k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa} \quad \checkmark \quad \text{VYHOVUJE}$$

• lineární dotvarování: $M_{gk} = 3153,18 \text{ kNm}$ $x_{LT} = 338,8 \text{ mm}$
 $k_1 = 0,45$ $I_{y,LT,y} = 6,8 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

$$\sigma_{cc} = \frac{M_{gk}}{I_{y,LT,y}} \cdot x_{LT} = \frac{3153,18}{0,68} \cdot 0,3388 = \underline{\underline{1,57 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{cc} = 1,57 \text{ MPa} < k_1 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa} \quad \checkmark \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průřez vyhovuje na mezní stav omezení napětí.

Mezní stav šířky trhlin:

$l_{LT} = 18,37$
 $x_{LT} = 338,8 \text{ MPa}$
 $M_{gk} = 3153,18 \text{ kNm}$
 $I_{y,II,LT} = 6,8 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$
 $d = 1442,6 \text{ mm}$

$$\sigma_{sk} = l_{LT} \cdot \frac{M_{gk}}{I_{y,II,LT}} \cdot (d - x_{LT}) = 18,37 \cdot \frac{3153,18}{0,68} \cdot (1,4426 - 0,3388) = 94 \text{ MPa}$$

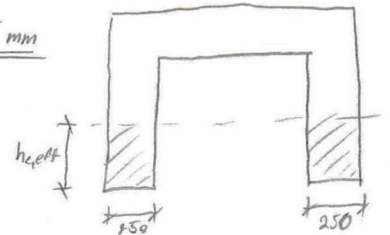
Minimální průřez plocha výztuže:

$k_c = 0,4$
 $k = 1,0$
 $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$

$$A_{s,min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_{sk}}$$

$h_{c,eff} = \min(2,5 \cdot (h - d); (h - x_{i,1,LT})/3; h/2) =$
 $= \min(2,5 \cdot (1610 - 1442,6); (1610 - 215,8)/3; 1610/2) =$
 $= \min(418,5; 464,7; 655) = 418,5 \text{ mm}$

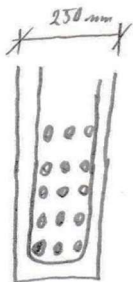
$A_{ct} = 2 \cdot (h_{c,eff} \cdot b_{stoj}) = 2 \cdot 418,5 \cdot 250 =$
 $= 209 \cdot 250 \text{ mm}^2 = 0,21 \text{ m}^2$



$$A_{s,min} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 2,9 \cdot 209 \cdot 250}{94} = 2582,2 \text{ mm}^2$$

$A_{s,prov.} = 17194 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 2582,2 \text{ mm}^2 \checkmark$ VYHOVUJE

Omezení šířky trhlin: - dle tabulek v ČSN EN 1992-1-1



$c = 25 \text{ mm}$
 $\phi_{st} = 10 \text{ mm}$
 $\phi = 25 \text{ mm}$
 $n = 3$

↳ Kontrola σ výztuže ↴

$\phi = 25 \text{ mm}$
 $\sigma_{sk} = 100 \text{ MPa}$ } Pro $\sigma_{sk} = 100 \text{ MPa}$ a navržený $\phi 25$ vyhovuje $w_{max} = 0,2 \text{ mm}$

↳ Kontrola vzdál. prutu ↴

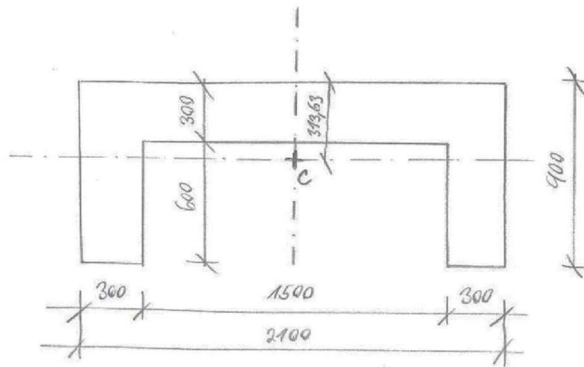
$w_{max} = 0,2 \text{ mm}$
 $\sigma_{sk} = 100 \text{ MPa}$ } Pro $w_{max} = 0,2 \text{ mm}$ a $\sigma_{sk} = 100 \text{ MPa}$ vyhovuje $s_{max} = 200 \text{ mm}$

vzdál. prutu: $s = \frac{b - 2 \cdot (c + \phi_{st} + \frac{\phi}{2})}{n - 1} = \frac{250 - 2 \cdot (25 + 10 + \frac{25}{2})}{3 - 1} = 77,5 \text{ mm}$

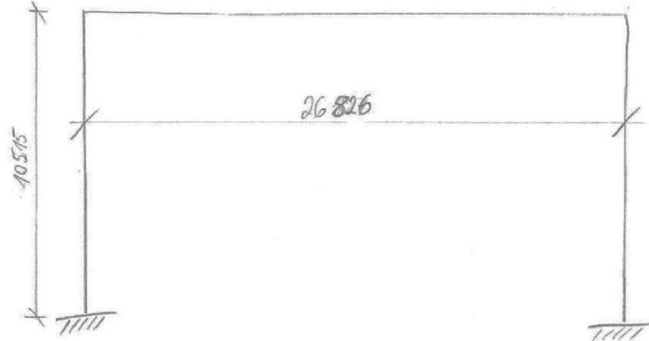
$s = 77,5 \text{ mm} < s_{max} = 200 \text{ mm} \checkmark$ VYHOVUJE

Příloha 4 - Výpočet a posouzení výztuže sloupů

Výpočet výztuže sloupů

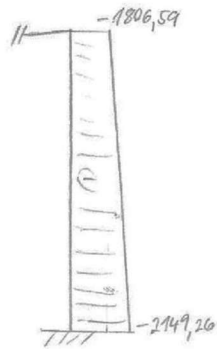


• střednice rámu

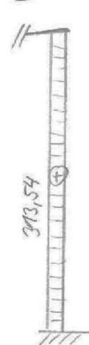


• Vnitřní síly na sloupu - výpočet proveden ve SCIA engineer

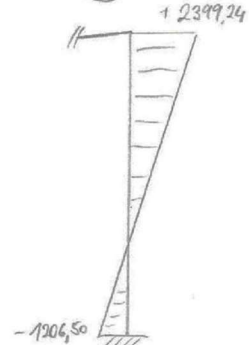
(N) [kN]



(V) [kN]



(M) [kNm]



ČSN EN 1992-1-1:

$$h = 10,515 \text{ m}$$

Imperfekce:

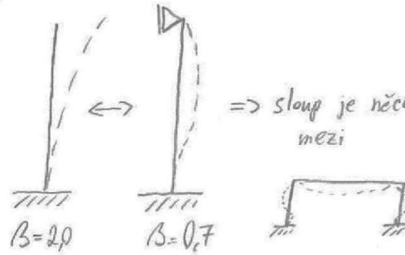
$$e_i = \theta_0 \cdot d_h \cdot d_m \cdot \frac{l_0}{2}$$

$$\hookrightarrow \theta_0 = \frac{1}{200}$$

$$d_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{10,515}} = 0,62 \quad \wedge \quad \frac{2}{3} \leq L_h \leq 1,0 \Rightarrow \underline{d_h = \frac{2}{3}}$$

$$d_m = 1,0$$

$l_0 \rightarrow$



$$\beta = \frac{2+0,7}{2} = 1,35$$

$$l_0 = 10,515 \cdot 1,35 = \underline{14,2 \text{ m}}$$

$$e_i = \frac{1}{200} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,0 \cdot \frac{14200}{2} = \underline{23,7 \text{ mm}}$$

$$I_y = 6,1916 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_z = 5,2582 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$A_c = 9,9 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Štíhlost: $\lambda = \frac{l_0}{i} \Rightarrow$ POSOUZENÍ V ROVINĚ RÁMU, MIMO ROVINU RÁMU
JE SLOUP DRŽEN PROTI VÝBOČENÍ

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}}$$

$$i_y = 250 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} = \frac{14200}{250} = \underline{56,8}$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot C}{\sqrt{n}} \Rightarrow n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2149,26 \cdot 10^3}{9,9 \cdot 10^5 \cdot 20} = 0,11$$

$$A = 0,7$$

$$B = 1,1$$

$$C = 1,7 - r_m$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} \wedge |M_{01}| \leq |M_{02}|$$

momenty v hlavě a patě sloupů ...
jednotlivých ZS

\Rightarrow stanovit nejnepříznivější hodnotu r_m

\Rightarrow nejnepříznivější hodnota = r_m co největší kladná hodnota
nebo co nejmenší záporná

$$r_m \in \langle -1; 1 \rangle$$

C30/37 \Rightarrow $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

nejnepříznivější
hodnota r_m
=>

ZS	M_{hlava} [kNm]	$\frac{M_{02}}{M_{01}}$	M_{patic} [kNm]	$\frac{M_{01}}{M_{02}}$	$r(m) = \frac{M_{01}}{M_{02}}$
ZS1	1364,97	= M_{02}	-668,83	= M_{01}	-0,49
ZS2	-391,93	= M_{02}	185,95	= M_{01}	-0,47
ZS3	335,35	= M_{02}	-182,74	= M_{01}	-0,54
ZS4	713,09	= M_{02}	-354,89	= M_{01}	-0,50
ZS5	-60,60	= M_{02}	27,87	= M_{01}	-0,46
ZS6	-51,45	= M_{02}	24,14	= M_{01}	-0,47
ZS7	-126,74	= M_{02}	95,66	= M_{01}	-0,75
ZS8	-153,12	= M_{02}	113,93	= M_{01}	-0,74
ZS9	351,33	= M_{02}	-175,80	= M_{01}	-0,50

$$\Rightarrow \lambda_{lim} = \frac{90 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = \frac{90 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot [1,7 - (-0,46)]}{\sqrt{0,11}}$$

$$\lambda_{lim} = 100,29 > \lambda_y = 56,8$$

=> sloup je masivní

=> omezení interakčního diagramu „seřiznutím“ přímkou

Návrh a posouzení výztuže pomocí INTERAKČNÍHO DIAGRAMU:

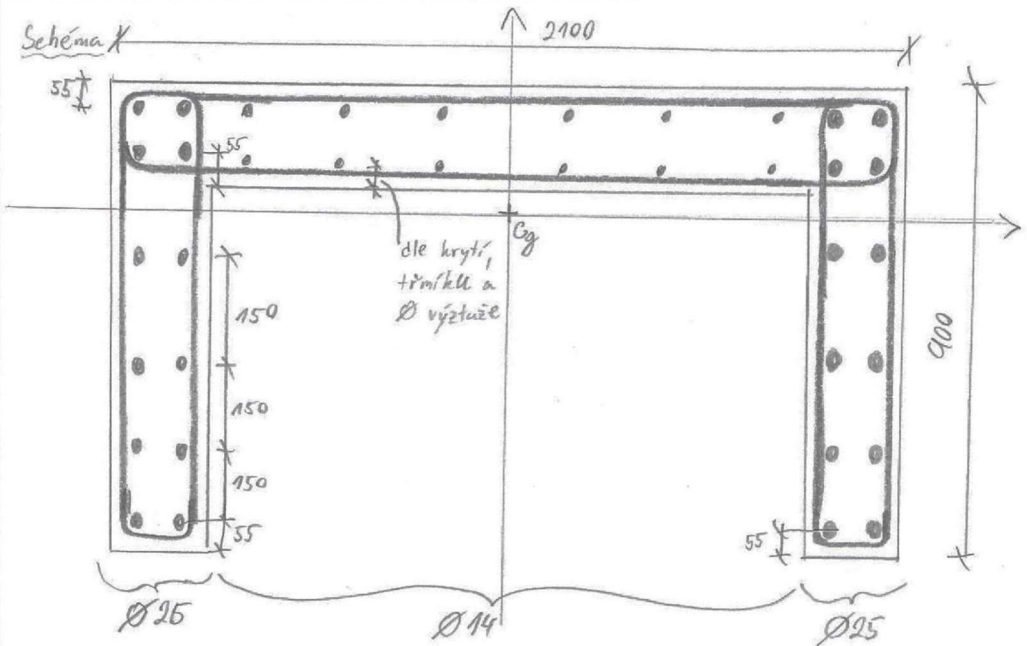
poloha výztuže

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

C30/37

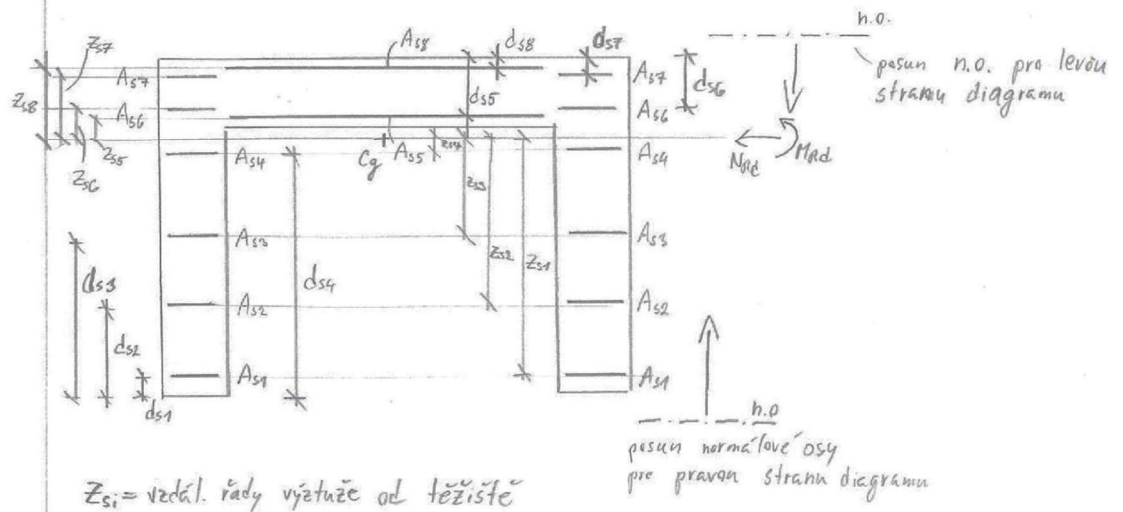
B 500 B

Schéma X



třímkly: Ø10

Rády výztuže:



z_{si} = vzdál. řady výztuže od těžiště

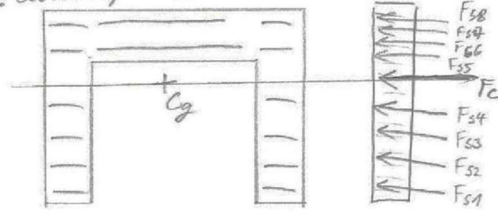
Omezení tlakové únosnosti

$$e_0 = \max\left(\frac{h_{nol}}{30}; 20\right)_{min} = \max\left(\frac{900}{30}; 20\right) = \max(30, 20)_{min} = \underline{30 \text{ mm}}$$

$$M_0 = N_{rd,0} \cdot e_0$$

Body interakčního diagramu:

BOD 0: dostředný tlak



$\sigma_{s,p} = 400 \text{ MPa}$

$$N_{Rd,0} = A_c \cdot f_{cd} + \sum_{i=1}^{1-8} A_{si} \cdot \sigma_{s,p}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s8} \cdot z_{s8} + A_{s7} \cdot z_{s7} + A_{s6} \cdot z_{s6} + A_{s5} \cdot z_{s5}) \cdot \sigma_s - (A_{s1} \cdot z_{s1} + A_{s2} \cdot z_{s2} + A_{s3} \cdot z_{s3} + A_{s4} \cdot z_{s4}) \cdot \sigma_s$$

BOD 5: prostý tah

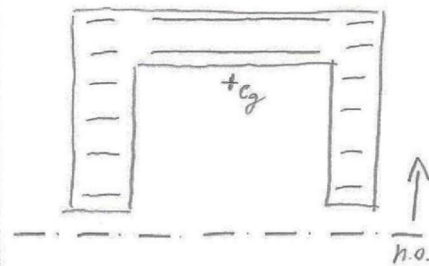
$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$

$$N_{Rd,5} = \sum_{i=1}^{1-8} A_{si} \cdot f_{yd}$$

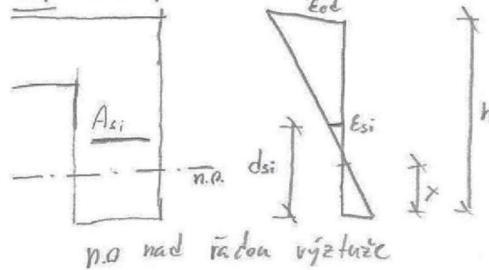
$$M_{Rd,5} = (A_{s1} \cdot z_{s1} + A_{s2} \cdot z_{s2} + A_{s3} \cdot z_{s3} + A_{s4} \cdot z_{s4}) \cdot f_{yd} - (A_{s8} \cdot z_{s8} + A_{s7} \cdot z_{s7} + A_{s6} \cdot z_{s6} + A_{s5} \cdot z_{s5}) \cdot f_{yd}$$

INT. DIAGRAM V EXCELU ↴

- Prává strana diagramu - posun n.o. po 1mm po průřezu



⇒ ϵ_{si} : n.o. pod řádkou výztuže

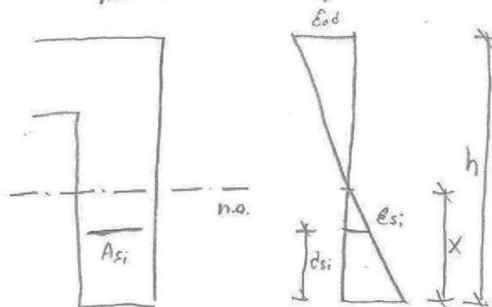


$$\frac{\epsilon_{ed}}{h-x} = \frac{\epsilon_{si}}{d_{si}-x}$$

$$\epsilon_{si} = \frac{\epsilon_{ed} \cdot (d_{si}-x)}{h-x}$$

⇒ $\epsilon_{si} < \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = E_s \cdot \epsilon_{si}$

$\epsilon_{si} > \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = f_{yd}$



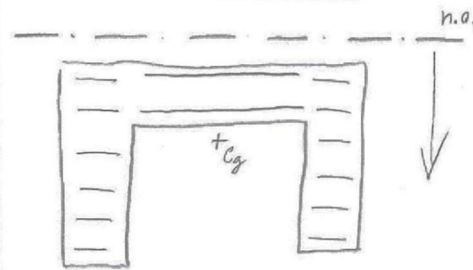
$$\frac{\epsilon_{ed}}{h-x} = \frac{\epsilon_{si}}{x-d_{si}}$$

$$\epsilon_{si} = \frac{\epsilon_{ed} \cdot (x-d_{si})}{h-x}$$

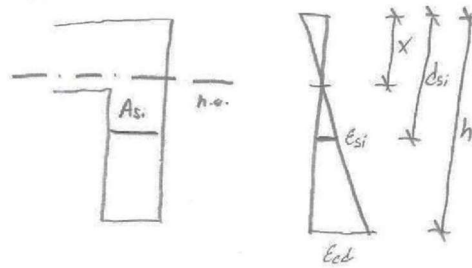
⇒ $\epsilon_{si} < \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = E_s \cdot \epsilon_{si}$

$\epsilon_{si} > \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = f_{yd}$

- Levá strana diagramu: posun n.o. po 1mm po průřezu



$\Rightarrow \underline{\underline{\epsilon_{si}}}$: n.o. nad řadou výztuže



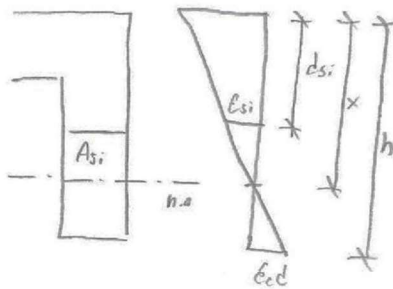
$$\frac{\epsilon_{cd}}{h-x} = \frac{\epsilon_{si}}{d_{si}-x}$$

$$\epsilon_{si} = \frac{\epsilon_{cd} \cdot (d_{si}-x)}{h-x}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{si} < \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = E_s \cdot \epsilon_{si}$$

$$\epsilon_{si} > \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = f_{yd}$$

n.o. pod řadou výztuže



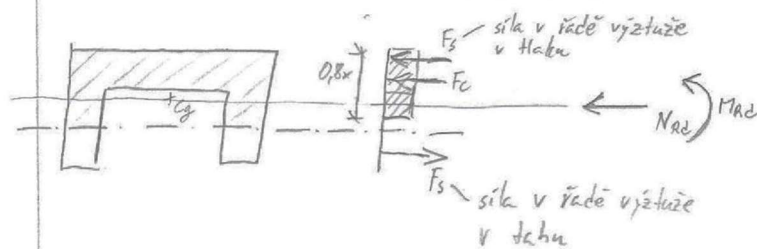
$$\frac{\epsilon_{cd}}{h-x} = \frac{\epsilon_{si}}{x-d_{si}}$$

$$\epsilon_{si} = \frac{\epsilon_{cd} \cdot (x-d_{si})}{h-x}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{si} < \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = E_s \cdot \epsilon_{si}$$

$$\epsilon_{si} > \epsilon_{yd} \Rightarrow \sigma_s = f_{yd}$$

Výsledné Nac a Mac palohy n.o. ↘



$$F_{si} = A_{si} \cdot \sigma_{si}$$

σ_s dle přetvoření

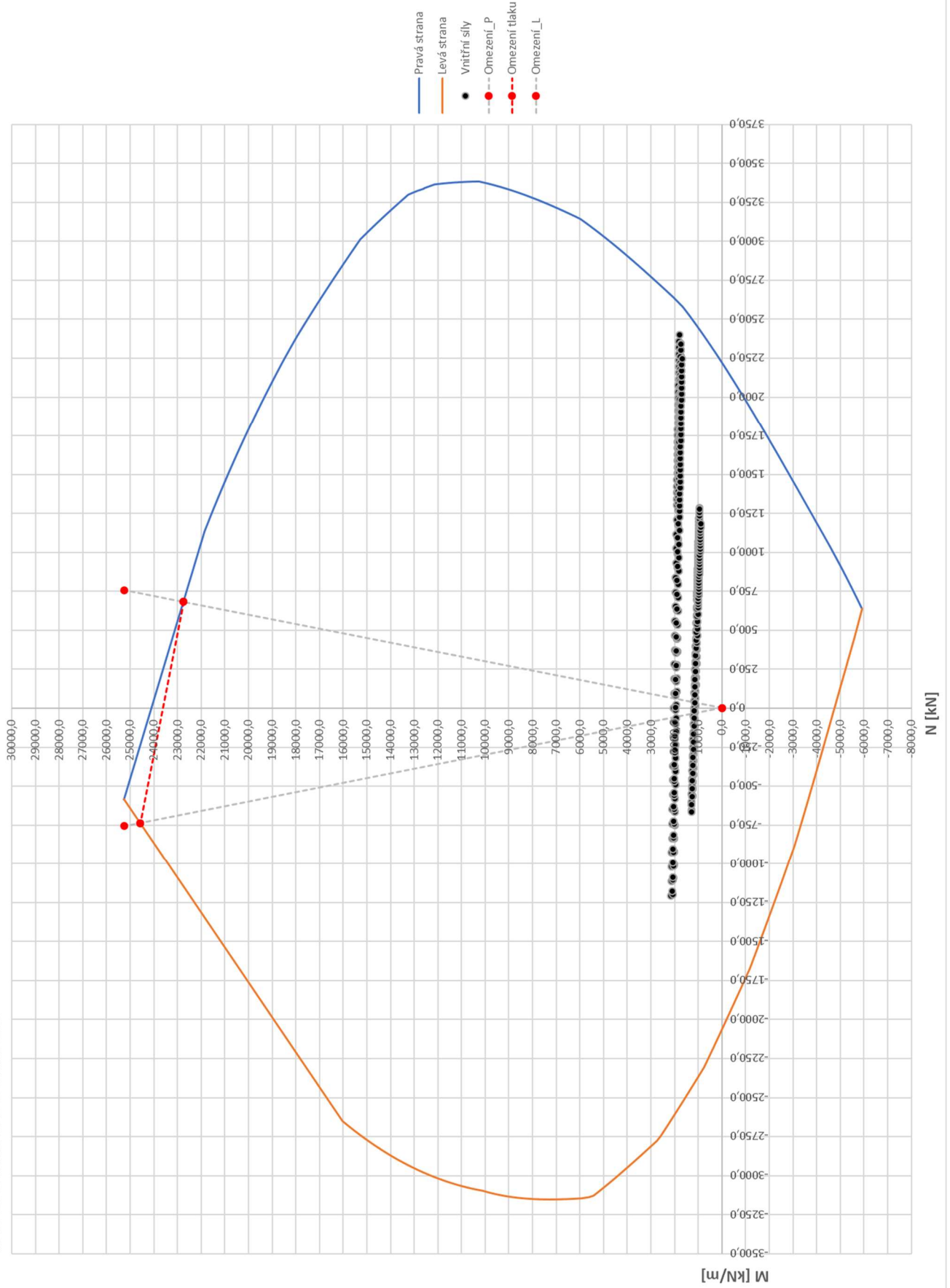
$$F_c = \rho_s \cdot A_c \cdot f_{cd}$$

\Rightarrow Výsledný interakční diagram bude zkosený vzhledem k nesympetrickému průřezu a nesympetrickému vyztužení.

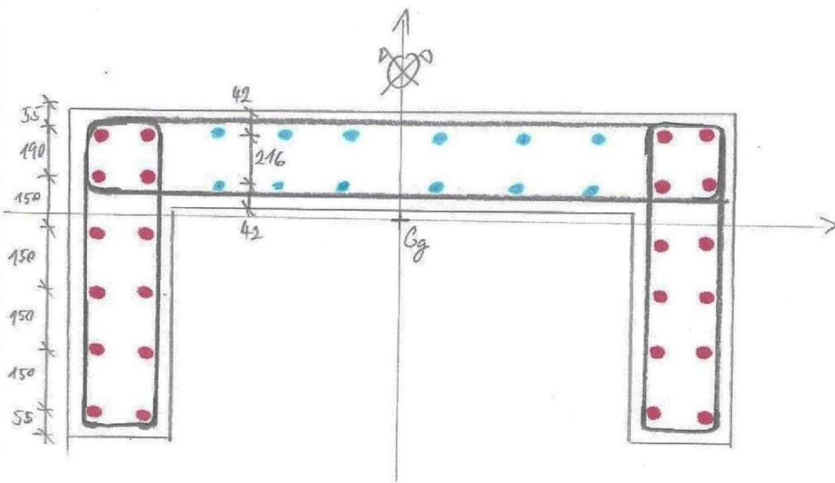
\Rightarrow VÝSLLEDNÝ DIAGRAM Z EXCELU ↘

Použitý materiál:										
Ocel:	B500B		Beton:	C30/37						
f _{yd}	435 MPa		f _{ck}	30 MPa						
E(s)	200 GPa		f _{cd}	20 MPa						
σ(s)	400 MPa		f _{ctm}	2,9 MPa						
ε(yd)	0,002175	-	E _c	32 GPa						
			ε(cd)	0,0035	-					
Hodnoty průřezu:										
b	2100 mm		b(pás.)	300 mm						
h	900 mm		b(stoj.)	300 mm						
c	25 mm									
c(g,y)	1050 mm									
c(g,z)	313,5 mm									
Ac	990000 mm ²									
Výztuž:										
ø(tř)	8 mm									
Výztuž pod osou y:										
ø(s1)	25 mm		ø(s2)	25 mm		ø(s3)	25 mm		ø(s4)	25 mm
n(s1)	4 -		n(s2)	4 -		n(s3)	4 -		n(s4)	4 -
A(s1)	1964 mm ²		A(s2)	1964 mm ²		A(s3)	1964 mm ²		A(s4)	1964 mm ²
d(s1)	55 mm		d(s2)	205 mm		d(s3)	355 mm		d(s4)	505 mm
z(s1)	531,5 mm		z(s2)	381,5 mm		z(s3)	231,5 mm		z(s4)	81,5 mm
Výztuž nad osou y:										
ø(s5)	14 mm		ø(s6)	25 mm		ø(s7)	25 mm		ø(s8)	14 mm
n(s1)	6 -		n(s6)	4 -		n(s7)	4 -		n(s8)	6 -
A(s5)	924 mm ³		A(s6)	1964 mm ³		A(s7)	1964 mm ³		A(s8)	924 mm ³
d(s5)	260 mm		d(s6)	245 mm		d(s7)	55 mm		d(s8)	40 mm
z(s5)	53,5 mm		z(s6)	68,5 mm		z(s7)	258,5 mm		z(s8)	273,5 mm
Konstrukční zásady										
A(s)	13632 mm²									
A(s,min1)	494,08 mm ²	<	A(s)	VYHOVUJE						
A(s,min2)	1980 mm ²	<	A(s)	VYHOVUJE						
A(s,max)	39600 mm ²	>	A(s)	VYHOVUJE						
Omezení tlakové únosnosti:										
h(col)	900 mm									
e(0)	30 mm									
M(0)	757,58 kNm									
Kombinace zatížení max/min:										
Max N(Ed):			Min (Ned):							
M(Ed)	2338,64 kNm		M(Ed)	1197,27 kNm						
N(Ed)	2149,26 kN		N(Ed)	902,08 kN						
Max (Med)			Min (Med)							
M(Ed)	2399,24 kNm		M(Ed)	-1206,5 kNm						
N(Ed)	1747,25 kN		N(Ed)	2149,26 kN						

INTERAKČNÍ DIAGRAM



- dle interakčního diagramu vyhovuje navržená výztuž



- tř: Ø10
 - stojiny: Ø25
 - pásnice: Ø14
- } $A_{s,celk}$

Rozteč tř.

$$s_s \leq \min(15 \cdot \phi_i; \min(b, h); 300 \text{ mm}) = \min(15 \cdot 25; \min(900, 2100); 300)$$

$$s_s \leq \min(375; 900; 300) \text{ mm}$$

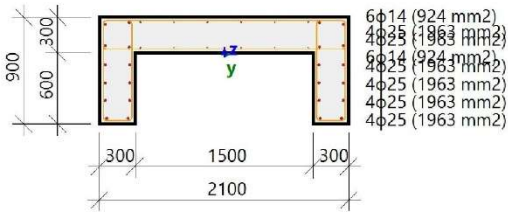
$s_s = 300 \text{ mm}$ → zahuštění na $\phi_i \cdot s_s = \underline{180 \text{ mm}}$ u hlavy a paty
na výška 2 m

Příloha 5 - Posouzení sloupů pomocí programu SCIA Engineer

Posouzení kapacity - interakční diagram

Lineární výpočet
 Kombinace: Obálka - únosnost
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B2

Sloup B2		Obecný průřez
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07		Řez 109 [dx = 10.5 m]
Délka prvku:	L = 10.5 m	Beton: C30/37
Vzpěr y-y	L _y = 11.5 m (posuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z	L _z = 7.35 m (neposuvný)	Třída prostředí: XC3
		Podélná výztuž: B 500B
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		12φ14 mm + 24φ25 mm (A _s = 13628 mm ²)
		ρ _i = 1,377 % (107 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500B
		Bilineární bez nakloněné horní větve
		φ10/195 mm (n _s = 4) (A _{sw} = 314 mm ²)
		ρ _w = 0,162 % (12.6 kg/m) (A _{swm} = 1608 mm ² /m)
		Krytí (třmínek)
		Horní: 25 mm
		Spodní: 25 mm
		Levý: 25 mm
		Pravý: 25 mm



Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota tlakové pevnosti betonu

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí na mezi kluzu podélné výztuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Síly

Z MKP výpočtu

$$N = -1806 \text{ kN} \quad M_y = 2573 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

Obsah kombinace:

$$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.50 \cdot ZS4 + 1.50 \cdot ZS9$$

Tlačený dílec

Limitní osová síla, při které se dílec uvažuje jako tlačený:

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.01 \cdot (20 \cdot 10^6 \cdot 0.99) = -198 \text{ kN}$$

Podmínka posudku:

$$N_{Ed} < N_{com} = -1806 \text{ kN} < -198 \text{ kN} \dots \text{ tlačený dílec}$$

Poznámka: Je třeba zohlednit excentricitu prvního a druhého řádu, protože dílec je považován za tlačený (osová síla je výrazná).

Přepočet ohybových momentů.

Účinek 2. řádu: Ano

Prvek je uvažován jako samostatný prvek: Ano

Imperfekce: Ano

Použít pro výpočet ekvivalentních momentů: Ano

$$N_{Ed} = -1806 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 1594 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 126 \text{ kNm}$$

Vstupní údaje použité pro generování ID

Metoda posudku pro interakční diagram	$N_u M_u$
Dělení svislého přetvoření	250
Počet svislých řezů	36
Výslednice kroutícího momentu	$M_{res} = 1599 \text{ kNm}$
Úhel výsledného momentu vztažený k M_y směr v horizontální rovině M_y - M_z	$\alpha_{M_y M_z} = 175^\circ$
Úhel výsledného momentu vztažený k N směr ve vertikální rovině N - M_{res}	$\alpha_{NM} = -48.5^\circ$

Výpočet únosnosti

Únosnost v kladném směru $N_{Rd+} = 1654 \text{ kN}$ $M_{Rdy+} = 2758 \text{ kNm}$ $M_{Rdz+} = 219 \text{ kNm}$

Únosnost v záporném směru $N_{Rd-} = -3125 \text{ kN}$ $M_{Rdy-} = -1460 \text{ kNm}$ $M_{Rdz-} = -116 \text{ kNm}$

Shrnutí posudku

Síly: $N_{Ed} = -1806 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 1594 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 126 \text{ kNm}$

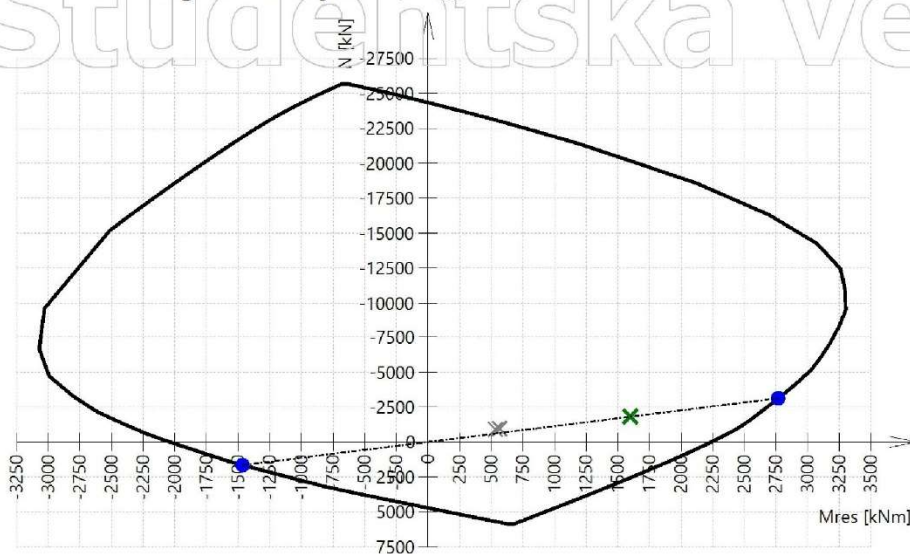
Odolnost: $N_{Rd} = -3125 \text{ kN}$ $M_{Rdy} = 2758 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 219 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku.

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{-1806^2 + 1594^2 + 126^2}}{\sqrt{-3125^2 + 2758^2 + 219^2}} = 0.578 \leq 1 \quad \text{OK}$$

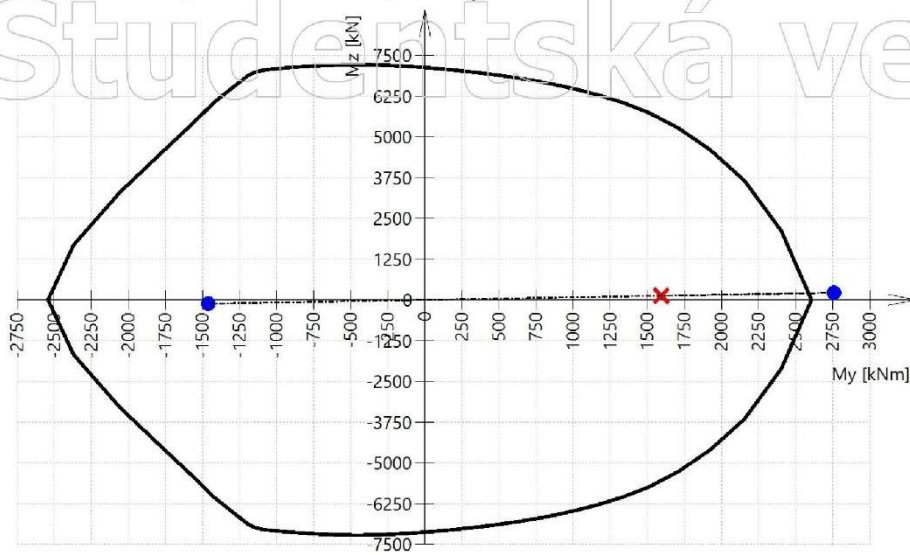
Seznam varování, chyb a poznámek: N2/1.

3D interakční diagram - svislý řez N-M



Studentská verze

3D interakční diagram - vodorovný řez M_y - M_z



Vysvětlivky k varováním, k chybám a poznámkám

Index	Typ	Popis	Řešení
N2/1	Poznámka	Je třeba zohlednit excentricitu prvního a druhého řádu, protože dílec je považován za tlačný (osová síla je výrazná).	

Studentská verze

Příloha 6 - Výpočet kotevních a přesahových délek výztuže

$$\frac{C30/37}{f_{ctk,0,95}} = 2,0 \text{ MPa}$$

Koterní délka:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,33 = \underline{\underline{3 \text{ MPa}}}$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 1,0$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,95}}{\gamma_c} = \frac{2,0}{1,5} = \underline{\underline{1,33 \text{ MPa}}}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$l_{bd} = d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 \cdot d_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$\text{pro rovné pruty: } d_1, d_2, d_3, d_5 = 1,0$$

$$d_4 = 1,0$$

$$l_{b,min} \rightarrow \text{tbl: } l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\phi; 140 \text{ mm})$$

$$\text{tlah: } l_{b,min} = \max(0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10\phi; 140 \text{ mm})$$

Přesahová délka:

$$l_o = d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 \cdot d_5 \cdot d_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

$$d_1, d_2, d_3, d_5 = 1,0$$

$$d_6 = 1,5$$

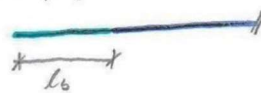
$$l_{o,min} = \max(0,3 \cdot d_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\phi; 200 \text{ mm})$$

- Pro koterní délku zahnutého prutu o 90° možno využít délku kotvení $\underline{\underline{0,7 \cdot l_b}}$.

• zahnutý prut



• rovný prut



Příloha 7 - Výpočet rychlosti betonáže dle kalkulačky PERI

Formwork Load Calculator | Results based on DIN 18218:2010-01



Boundary Conditions

	Consistency class	SVB
t_E (h)	End of setting t_E at $T_{C,Ref}$	5 h
$T_{C,Ref}$ (°C)	Fresh concrete temperature which is the basis for the determination of the end of setting t_E	15 °C
$T_{C,placing}$ (°C)	Fresh concrete temperature directly after concreting	20 °C
	Lowest concrete temperature up to t_E	8.53 m
H (m)	Pouring height	

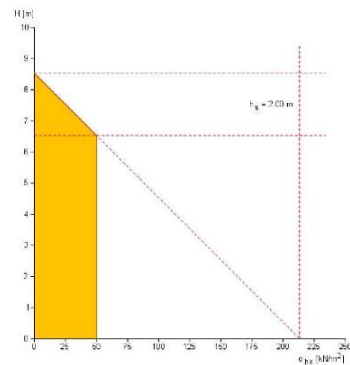
Results

$\sigma_{fk,max}$ (kN/m ²)	Characteristic value of the maximum possible fresh concrete pressure	50.0 kN/m ²
h_e (m)	Hydrostatic pressure head	2.00 m
t (h)	Minimum pouring time	8.3 h
v (m/h)	Maximum rate of rise	1.02 m/h

Legend

Input value

Output value



Please pay attention:

- The illustrations and icons are understood to be system representations only. The additionally required access and safety equipment for the use of this formwork system in accordance with the regulations are to be taken from the corresponding assembly instructions. The assembly instructions provide a basis for the project related risk assessment and the procedures for the preparation and use of the formwork system by the company. They do not replace however the latter.
- This application is based on the following documents:
 - DIN 18218:2010-01 Pressure of fresh concrete on vertical formwork.
 - DIN 18202:2013-04 Tolerances in building construction - Buildings.
 - Performance data of the formwork systems PERI MAXIMO, TRIO and DOMINO, which have to be taken from the assembly and usage instructions for the formwork systems PERI MAXIMO, TRIO and DOMINO. The regulations and conditions of the valid standards are always applicable.

Notes

PERI terms of use for apps and web-based applications



Preamble

PERI GmbH, headquartered in Germany, 89264 Weissenhorn, Rudolf-Diesel-Strasse (hereinafter referred to as "PERI") provides companies (hereinafter referred to as "users") with applications on the PERI website under the domain www.peri.com (hereinafter also referred to as the "PERI website") and for mobile terminals.

I. General terms of use for PERI apps and web-based applications

1. Field of application

1.1 The PERI terms of use for apps and web-based applications (hereinafter referred to as "conditions") are a translation only of the German original version of the "PERI Nutzungsbedingungen für Apps und webbasierte Anwendungen". Interpretations of the wording are accordingly to be made on the basis of the original German version.

1.2 The conditions supplement the General Terms and Conditions of PERI as respectively applicable upon contract conclusion (hereinafter referred to as "PERI GTC").

PERI General Terms and Conditions can be retrieved at <https://www.peri.de/ww/de/inf/geschaeftsbedingungen/agbs.cfm>. In the event of contradictions between these conditions and the PERI GTC, these conditions shall prevail.

1.3 These conditions apply solely in business operations with companies within the meaning of Section 14 of the Bürgerliches Gesetzbuch (German Civil Code (BGB)), legal entities under public law and special funds under public law.

1.4 Furthermore, these conditions apply solely to the use of all applications for smartphones and tablet PCs provided by PERI in the Apple App Store, the Google Playstore and BlackBerry App World (hereinafter referred to as "PERI apps") and

1.4.2 to the use of web-based applications – with the exception of the web-based applications listed in Appendix 1, for which separate terms of use apply –, which PERI provides on the PERI website (hereinafter referred to as "web-based applications").

1.5 The other business relationships are not affected by these conditions.

1.6 By using one of the PERI apps or one of the web-based applications, the user declares agreement with the validity of these conditions.

2. Protective clause

Insofar as no other contractual agreement is explicitly made, solely these conditions shall apply to the use of all PERI apps and web-based applications. Other regulations, especially the general terms and conditions of the user, shall not become part of the contract, even if PERI does not explicitly contradict the general terms and conditions of the user.

3. Services of PERI; Right to use PERI apps and web-based applications

3.1 PERI provides PERI apps and web-based applications for retrieval or downloading on the PERI website.

3.2 PERI grants the user a non-exclusive and non-transferable right to use the PERI apps and web-based applications in the way agreed upon. If no agreement on the way of use has been made the right to use the PERI apps and webbased applications corresponds to the purpose pursued with provision of the PERI apps and web-based applications by PERI.

3.3 The right to use the individual PERI apps and web-based applications is granted subject to the special terms of use of the individual PERI apps and web-based applications under II.2, III.2, and IV.2.

4. Purpose of the PERI apps and web-based applications

PERI apps and web-based applications are designed to provide the user with computational programs, which allow the user to determine calculation results and graphical representations. The details of such applications

are stipulated in the special terms of use of the individual PERI apps and web-based applications under II. – IV.

5. Prerequisites for the use of PERI apps and web-based applications

The prerequisites to be fulfilled by the user to use PERI apps and web-based applications are defined in the special terms of use of the individual PERI apps and web-based applications under II.3, III.3, and IV.3.

6. Right to use PERI apps and web-based applications

6.1 The use of the information, the software, calculation results and graphical representations determined on the basis of PERI apps and web-based applications are subject to these conditions.

6.2 The PERI apps, web-based applications and the results and graphical representations determined by it shall not be sold, leased, licensed or transferred in any other way by the user to third parties. Unless compulsory legal regulations permit otherwise, the user shall not change, reverse engineer or translate either the software or the results and graphical representations determined by the PERI apps and web-based application, nor may the user detach parts from them.

6.3 The information and the software are protected by copyright laws and international copyright agreements and other laws and agreements. The user shall observe these rights, and in particular shall not remove alphanumeric identifications, marks and copyright notes either from the information or the software or copies thereof. Sections 69a et seq. of Urheberrechtsgesetz (German Copyright Law) remain unaffected.

6.4 The use of PERI apps and web-based applications is currently not subject to a time limit.

7. Obligations of the user

7.1 When using the PERI apps and web-based applications the user shall not:

- contravene public morality;
- infringe commercial property rights and copyrights or other rights of ownership;
- transmit contents with viruses, so-called Trojan horses or other programs which can damage software.

7.2 The user is obliged to specifically ensure security precautions and anti-virus software on its devices.

7.3 The user of PERI apps and web-based applications is obliged to carefully examine the results of PERI apps and webbased applications for errors. The same applies to graphical representations. Graphical representations displayed by PERI apps and web-based applications must only be regarded as a sample view. Where indications exist that the calculation results or graphical representations of PERI apps and web-based applications could be erroneous, the user is obliged to verify the calculation results and graphical representations by its own calculations before using them.

7.4 When using PERI apps and web-based applications all country-specific laws, standards and other security regulations must be observed.

7.5 Before using the results and graphical representations determined by means of PERI apps and web-based applications, users shall carefully familiarise themselves with the assembly and usage instructions of the formwork and scaffolding systems used on the construction site. The user is therefore obliged to implement the assembly and usage instructions of the formwork and scaffolding systems used on the construction site accordingly before the start of construction activities. The sole assistance of PERI apps and web-based applications is insufficient for the implementation of the results and graphical representations of PERI apps and web-based applications on the construction site.

8. Guarantees / warranty

8.1 PERI grants neither guarantees nor warranties. In particular, PERI does not guarantee

the correctness of calculation results and graphical representations which are determined and displayed by PERI apps and web-based applications.

8.2 PERI neither guarantees the constant availability of PERI apps and web-based applications nor their technical correctness.

9. Hyperlinks

The PERI website may contain hyperlinks to third-party websites. PERI neither accepts liability for the content of thirdparty websites nor uses these websites and their contents for its own purposes, as PERI does not control the linked information and is not responsible for the contents and information provided there. The use of hyperlinks is at the user's own risk.

10. Liability for legal and material defects

If PERI apps and web-based applications are provided free of charge, liability for legal and material defects of the information, software, calculation results and graphical representations is precluded, especially for their accuracy, freedom from errors, freedom from property rights and copyright of third parties, completeness and/or usability – except in the case of intent or malice.

11. Other liability, viruses

11.1 PERI's liability for legal and material defects is determined by the provisions in clause 10 of these terms of use. Otherwise, any liability on the part of PERI is precluded, unless liability is obligatory in accordance with the Product Liability Act (Produkthaftungsgesetz), due to intent, gross negligence, injury to life, body or health, due to a guarantee of quality, fraudulent concealment of a defect or infringement of fundamental contractual obligations. However, compensation due to infringement of fundamental contractual obligation is limited to foreseeable damage which is typical of the contract, insofar as intent or gross negligence does not exist.

11.2 Although PERI always endeavours to keep its web-based applications and PERI apps virus-free, PERI does not guarantee freedom from viruses. Before downloading information and software the user shall ensure appropriate security devices and virus scanners on the PERI website and PERI apps for its own protection and to prevent viruses.

11.3 A change to the burden of proof to the detriment of the user is not connected to the foregoing regulations in 11.1 and 11.2.

11.4 Insofar as PERI's liability is precluded or restricted, this also applies to the liability of legal representatives, employees and vicarious agents of PERI.

12. Costs / further development / termination

12.1 PERI currently provides all PERI apps and web-based applications to users free of charge. PERI reserves the right to start charging for the use of individual PERI apps and web-based applications at any time.

12.2 PERI is not obliged to further develop PERI apps and the web-based applications and in particular to extend the range to include products other than the stated products.

12.3 PERI continues to reserve the right to cease the provision of PERI apps and web-based applications at any time and without specifying reasons.

13. Data protection

No personal data is stored by PERI when PERI apps and web-based applications are used.

14. Amendment of the terms of use

PERI reserves the right to amend the terms of use at any time. There shall be no explicit indication of the amendment of the terms of use.

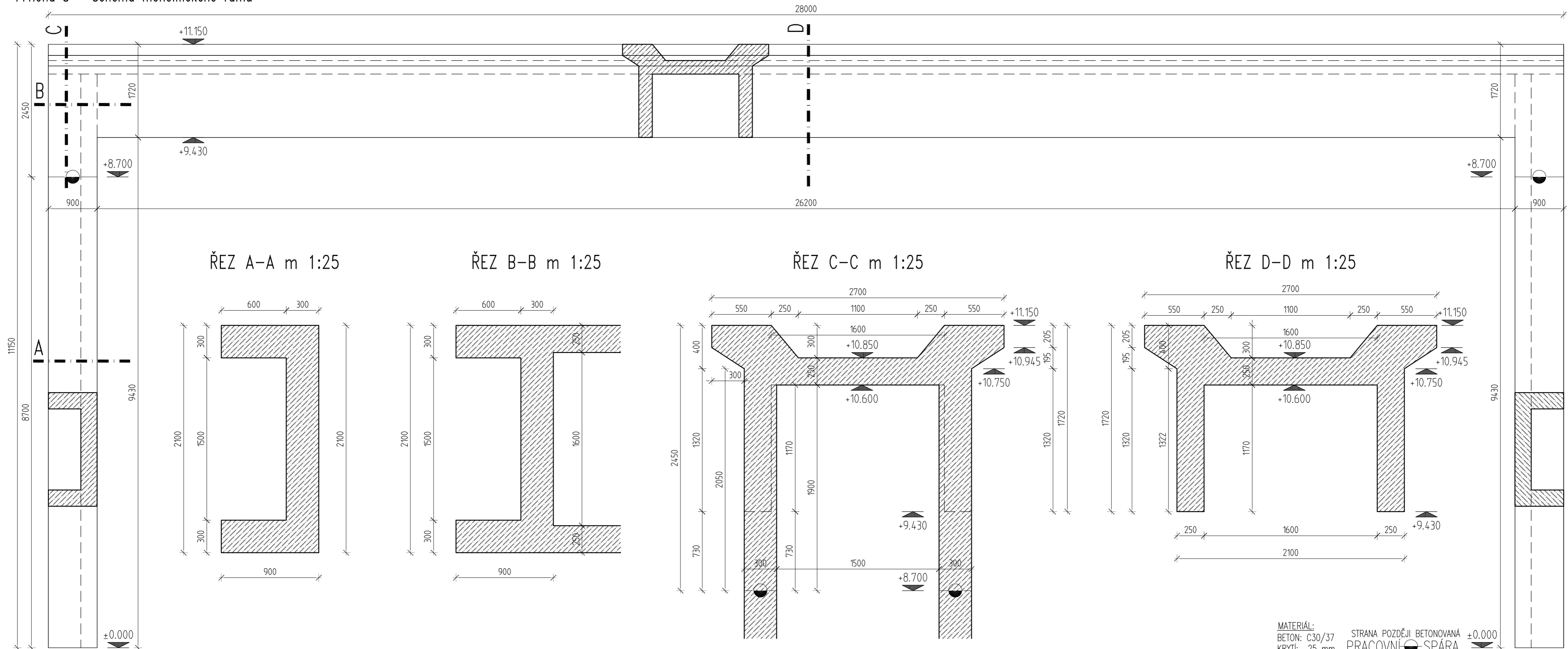
15. Place of jurisdiction and applicable law

15.1 The place of jurisdiction for all disputes arising from the contractual relationship is the headquarters of PERI GmbH, Rudolf-Diesel-Strasse, 89264 Weissenhorn, GERMANY.

PERI terms of use for apps and web-based applications



- PERI reserves the right to institute legal proceedings at the legal place of jurisdiction of the user.
- 15.2 The law of the Federal Republic of Germany shall apply exclusively, with preclusion of the United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods (CISG).
- 16. Place of fulfilment**
The place of fulfilment is the headquarters of PERI GmbH, Rudolf-Diesel-Strasse, 89264 Weissenhorn, GERMANY.
- 17. Severability clause**
Should individual clauses of these conditions be or become ineffective or unenforceable, the remaining clauses shall remain unaffected. The parties undertake to establish an effective and enforceable clause in place of the ineffective or unenforceable clause which corresponds to the actual and economic purpose of these conditions as far as possible. The same applies to a loophole in the conditions.
- II. Special terms of use for the MULTIFLEX configurator**
- 1. General**
With the „MULTIFLEX configurator“ PERI provides the user with an application in terms of I.1.3 for mobile terminals, with the help of which the strut, crossbeam and main beam distance can be determined for the PERI MULTIFLEX slab formwork. A calculation of strut, crossbeam and main beam distance for formwork systems other than the PERI MULTIFLEX VT 20K / VT 20K or PERI MULTIFLEX GT 24 / GT 24 combination is not possible with this application for smartphones and tablet PCs.
- 2. Right to use the MULTIFLEX configurator**
A right to use the MULTIFLEX configurator is only conceded to users who are qualified in the sense that they possess the necessary knowledge to handle fresh concrete.
- 3. Prerequisites for the right to use the MULTIFLEX configurator**
Compliance with the application regulations for the preparation and application of concrete in accordance with DIN 1045/Part 2 by the user are a prerequisite for use of the MULTIFLEX configurator.
- 4. Load assumption**
The load assumption was drafted in accordance with DIN EN 12812:2008-12 with a fresh concrete specific weight of 24,5 kN/m³ (g = 9.81m/s²). The payload comprises 10% of the weight of the concrete slab (min. 0.75 kN/m² and max. 1.75 kN/m²) plus the proportion of 0.75 kN/m² for „Substitute load working operation“ in accordance with DIN EN 12812:2008-12.
- III. Special terms of use for the formwork load calculator**
- 1. General**
With the „Formwork load calculator“ PERI provides the user with an application in terms of I.1.3 for mobile terminals, with the help of which the concreting speed, the calculation of the concreting pressure and the formwork loads can be calculated. The basis for the formwork load calculator is DIN 18218 with status 2010-01 and the performance data which can be taken from the assembly and usage instructions for the respective wall formwork system PERI TRIQ, PERI MAXIMO and PERI DOMINO.
- 2. Concession of the right to use the formwork load calculator**
A right to use the PERI formwork load calculator app is only conceded to those users who are qualified in the sense that they have the necessary knowledge for handling fresh concrete.
- 3. Prerequisites for the right to use the formwork load calculator**
Compliance with the application regulations for the preparation and application of concrete in accordance with DIN 1045/Part 2 by the user is a prerequisite for the use of the formwork load calculator.
- 4. Use of the formwork load calculator**
- 4.1 A calculation of the maximum concreting speed of other formwork systems by PERI or third party suppliers is not possible with this application for smartphones and tablet PCs.
- 4.2 No results can be calculated for low concreting speeds (less than 0.5 m/h) with the formwork load calculator.
- IV. Special terms of use for the ST 100 stacking tower configurator**
- 1. General**
With the „ST 100 Stacking tower configurator“ PERI provides the user with an application in terms of I.1.3 for mobile terminals and web-based browsers, with the help of which the permissible standard load and the applied load against sliding can be determined based on the type test TP-12-004:2012-11. The basis for the ST 100 Stacking tower configurator is the test report of the German Institute for Structural Engineering (DIBt) in Berlin with the number TP-12-004 of 21.11.2012, the DIBt notification of change, supplement and extended duration for the type test with the number TP-12-004 of 25.06.2014 and the performance data of the shoring system PERI ST 100 Stacking tower, from which the assembly and usage instructions for the PERI ST 100 stacking tower shoring system must be taken.
- 2. Right to use the ST 100 Stacking tower configurator**
A right to use the ST 100 Stacking tower configurator is only granted to those users who are qualified in the sense that they possess the necessary knowledge to set up and use shoring systems.
- 3. Prerequisites for the right to use the ST 100 Stacking tower configurator**
- 3.1 Compliance with the general and special clauses of the test report of DIBt with the number TP-12-004 of 21.11.2012 and the DIBt notification of change, supplement and extended duration for the type test with the number TP-12-004 of 25.06.2014 by the user is a prerequisite for the usage of the ST 100 Stacking tower configurator.
- 3.2 Before using the ST 100 Stacking tower configurator user must carefully familiarise themselves with the assembly and usage instructions for the PERI ST 100 Stacking tower product system. The use of the provided PERI app and/or webbased application on its own is not sufficient for the intended application of the ST 100 Stacking tower.
- 4. Use of the ST 100 Stacking tower configurator**
- 4.1 With the ST 100 Stacking tower configurator only the permissible standard loading and the applied load against sliding can be determined for the PERI ST 100 Stacking tower product system. Values or standard loads of other products from PERI or third-party suppliers cannot be determined with the ST 100 Stacking tower configurator.
- 4.2 To determine the permissible standard loads and the applied load against sliding, the tower height H is defined as the distance between the lower edge of the footplate and the upper edge of the head plate of the spindles.
- V. Contacting PERI**
Questions relating to use of the individual PERI apps and/or web-based applications can be sent by email to the following email address: support@peri.de.



ŘEZ A-A m 1:25

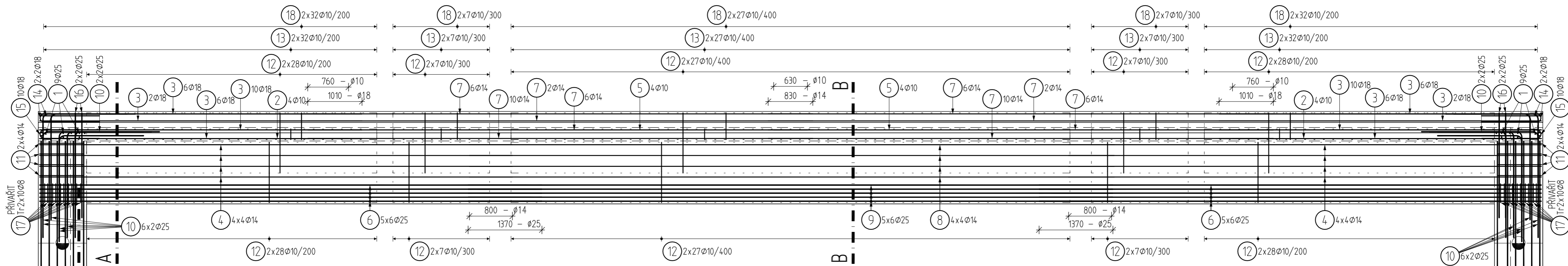
ŘEZ B-B m 1:25

ŘEZ C-C m 1:25

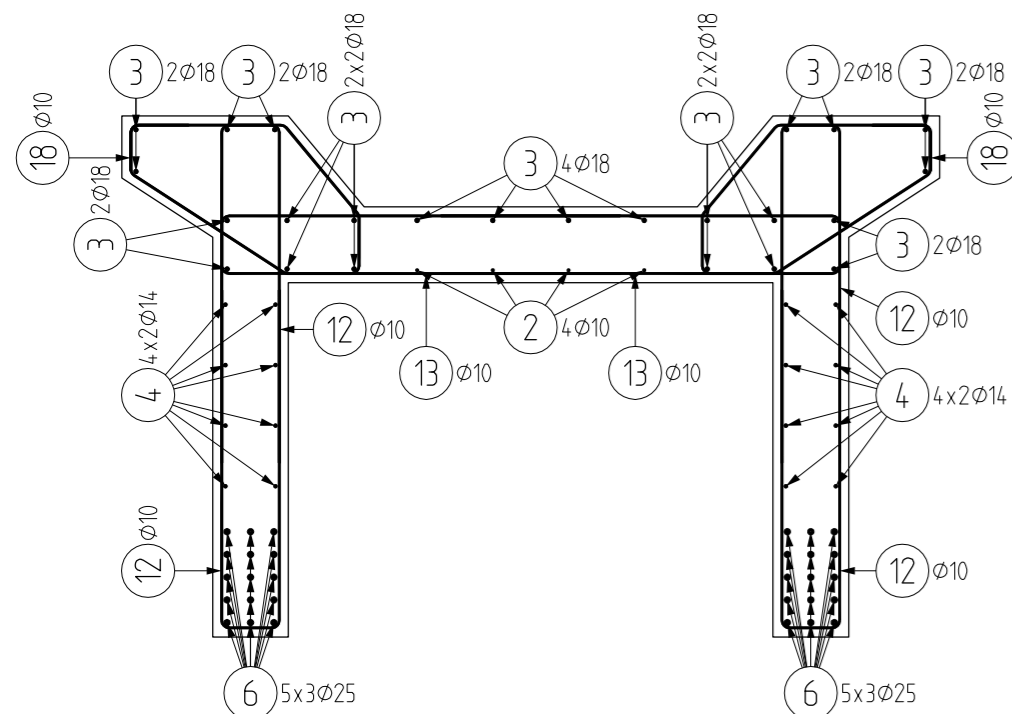
ŘEZ D-D m 1:25

MATERIÁL:
 BETON: C30/37 STRANA POZDĚJI BETONOVANÁ ±0.000
 KRYTÍ: 25 mm PRACOVNÍ SPÁRA
 OCEL: B500B STRANA DŘÍVE BETONOVANÁ

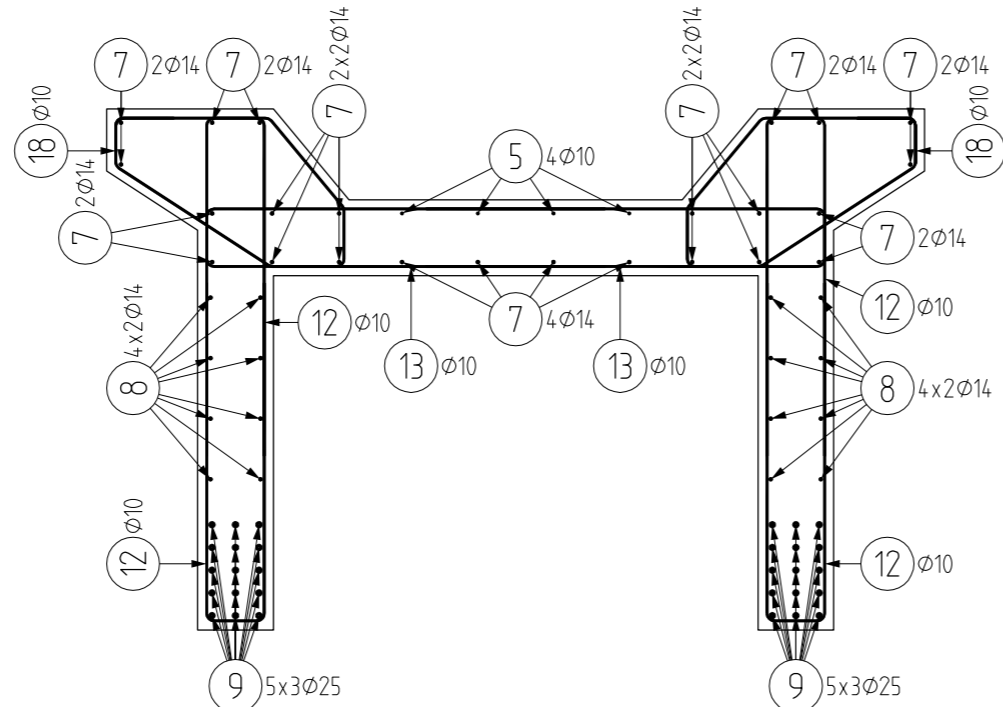
České vysoké učení technické v Praze		Fakulta stavební	
Vypracoval	David Tomášek		
Konzultant	Ing. Michaela Frantová, Ph.D.		
Předmět	133BAPC	Datum	17.5.19
Úloha	Monolitický rám	Měřítko	1:50
Výkres	Č.1 - Schéma rámu	Formát	A3+



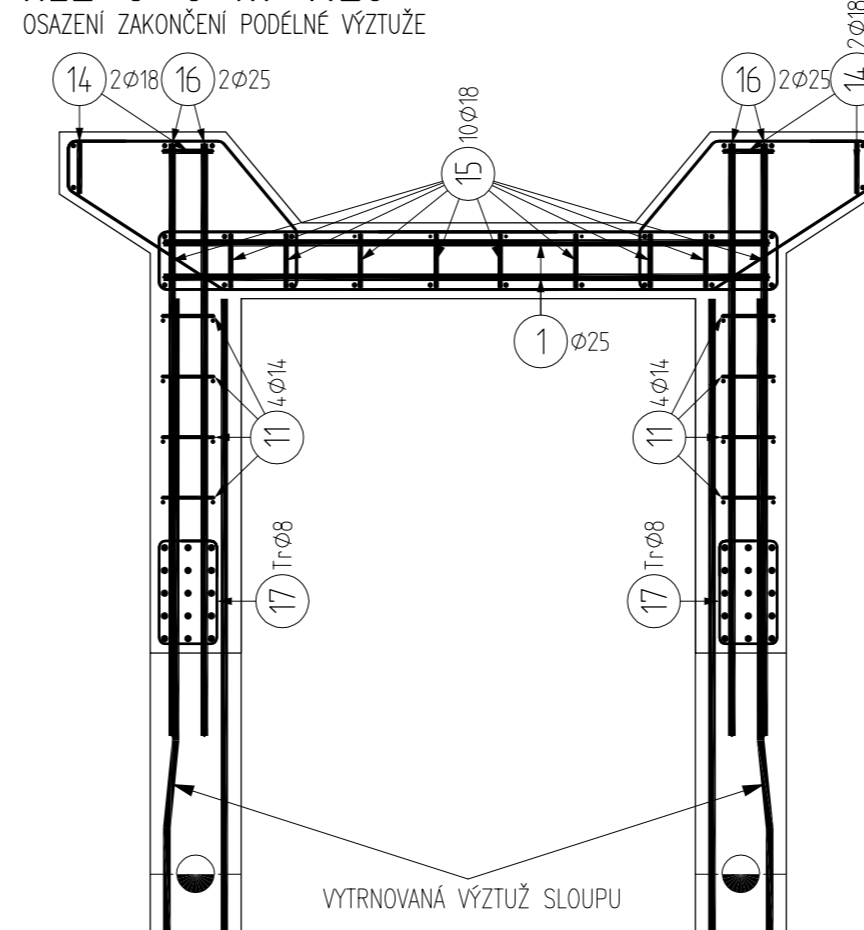
ŘEZ A-A m 1:25



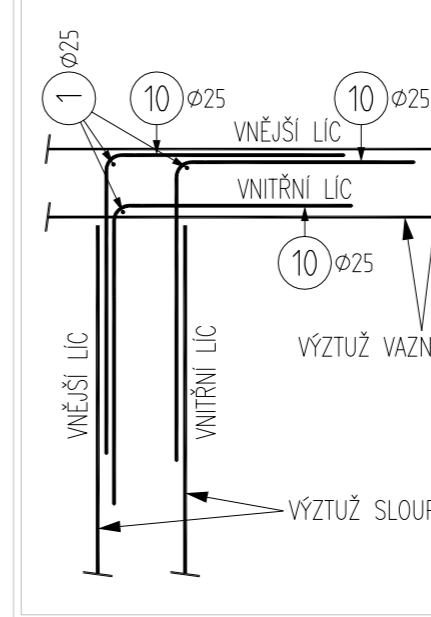
ŘEZ B-B m 1:25



ŘEZ C-C m 1:25



DETAIL STYKOVÁNÍ POMOČÍ L-PROFILŮ



VÝKAZ VÝZTUŽE

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	R=B 500				
				8	10	14	18	25
*1	R 25	2000	18					36.0
*2	R 10	5750	8	46.0				
*3	R 18	6000	48		281.6		288.0	
*4	R 14	8800	32					
*5	R 10	9300	8	74.4				
*6	R 25	9350	60					561.0
*7	R 14	9400	48			451.2		
*8	R 14	12000	16			192.0		
*9	R 25	12000	30					360.0
10	R 25	3500	32					112.0
11	R 14	1750	16			28.0		
12	R 10	2400	388		931.2			
13	R 10	2800	210		588.0			
14	R 18	2300	8				18.4	
15	R 18	2300	20				46.0	
16	R 25	4000	8					32.0
17	R 8	1250	40	50.0				
18	R 10	2400	210	504.0				
CELKOVÁ DELKA [m]			50.0	2143.6	952.8	352.4	1101.0	
HMOTNOST [kg]			19.7	1321.6	1151.4	703.9	4242.5	
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]							7439.2	

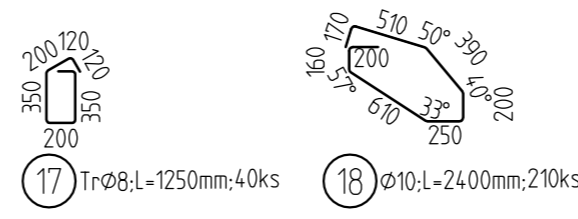
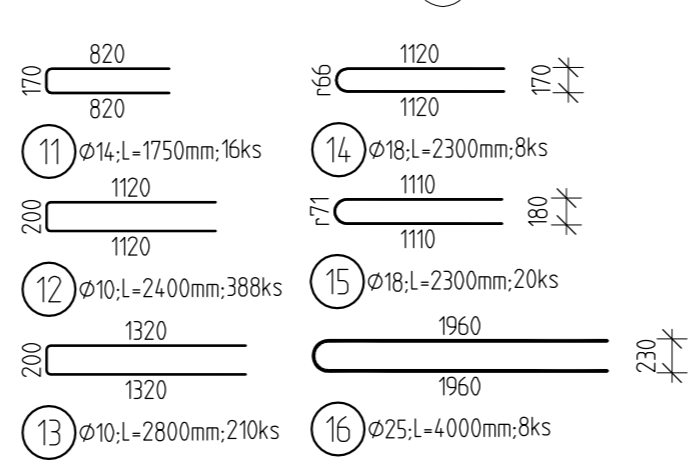
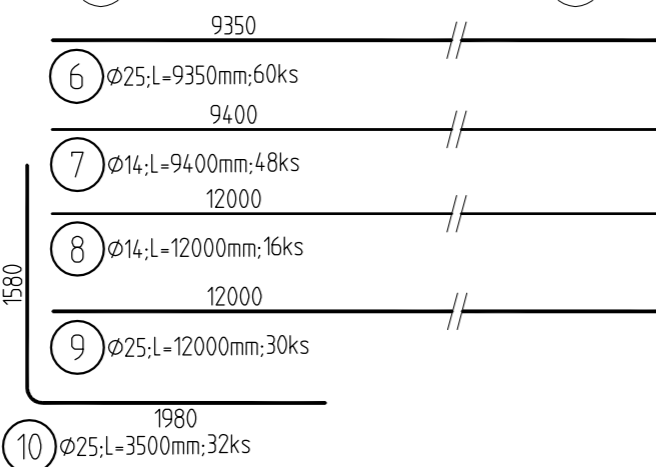
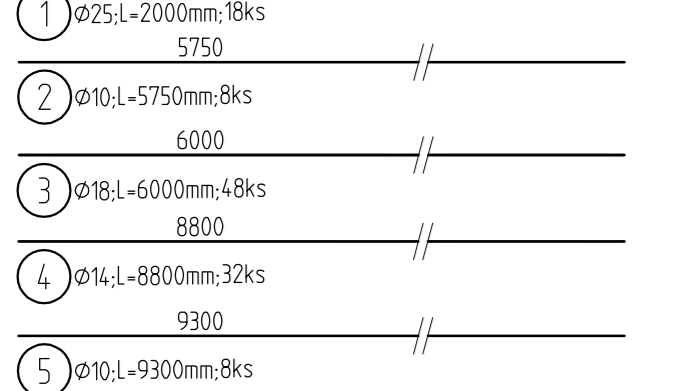
POZNÁMKY:

$\phi 10 - l(o) = 550 \text{ mm}; l(b) = 370 \text{ mm}$
 $\phi 14 - l(o) = 770 \text{ mm}; l(b) = 510 \text{ mm}$
 $\phi 18 - l(o) = 980 \text{ mm}; l(b) = 660 \text{ mm}$
 $\phi 25 - l(o) = 1360 \text{ mm}; l(b) = 910 \text{ mm}$

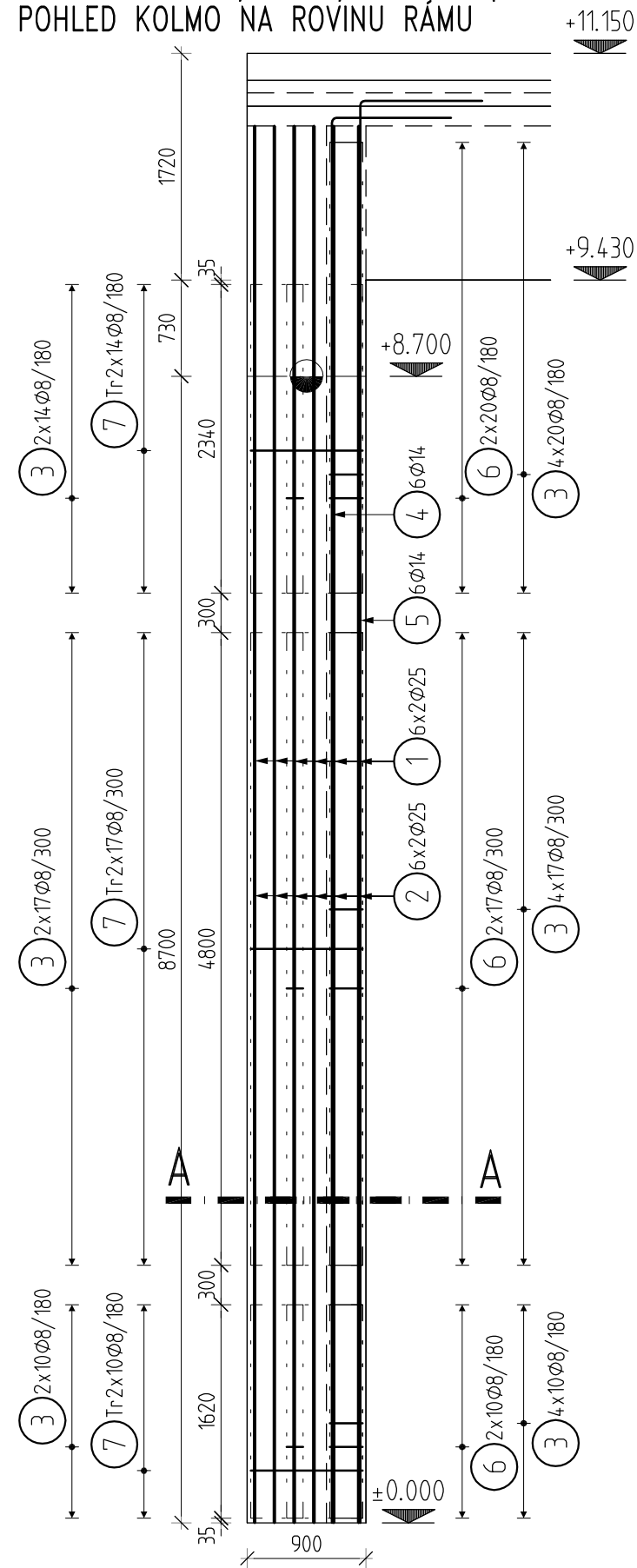
MATERIÁL:

BETON: C30/37
 KRYTÍ: 25 mm
 OCEL: B500B

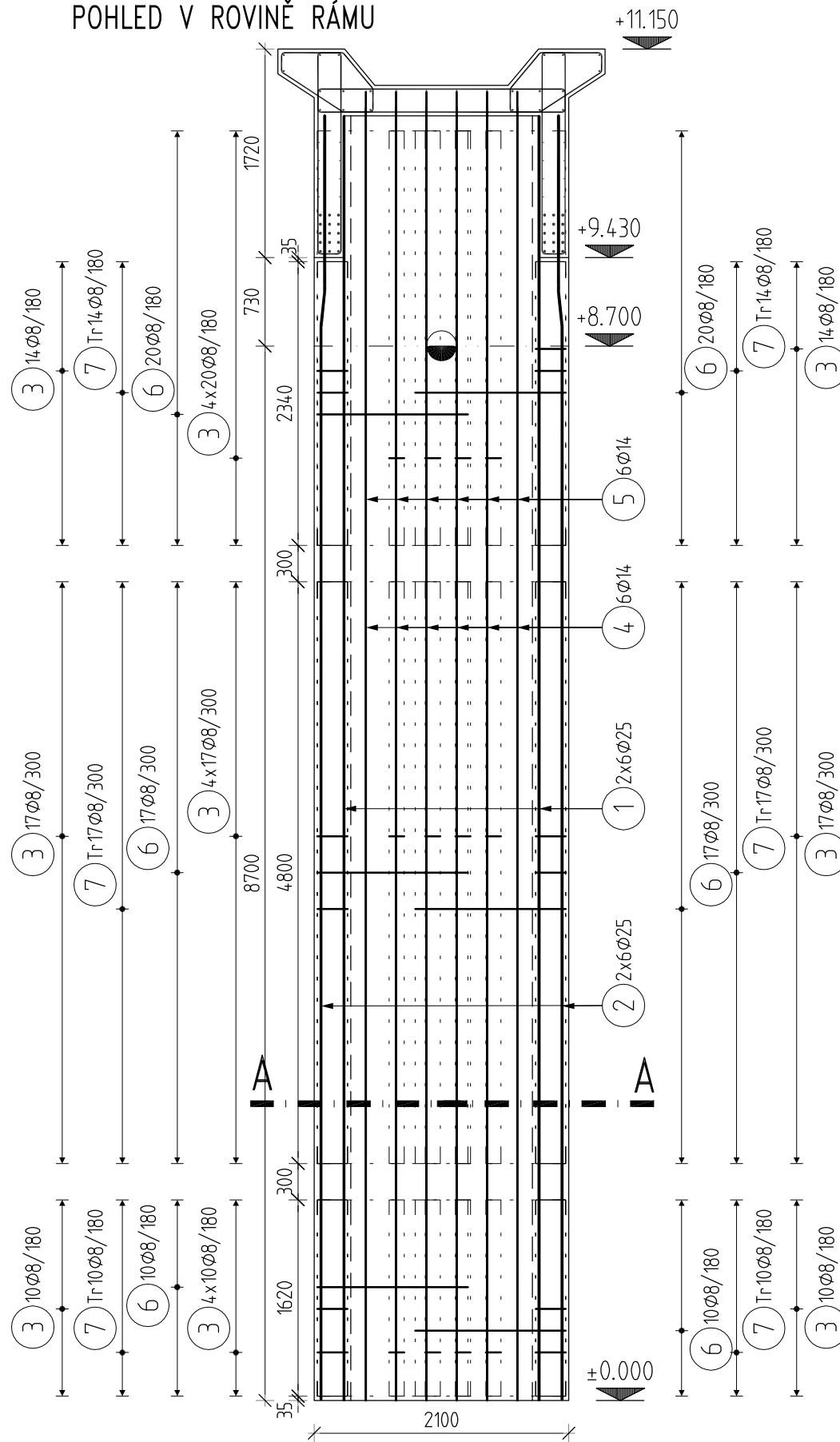
TVARY VLOŽEK



Příloha 10 – Výkres výztuže sloupů
POHLED KOLMO NA ROVINU RÁMU

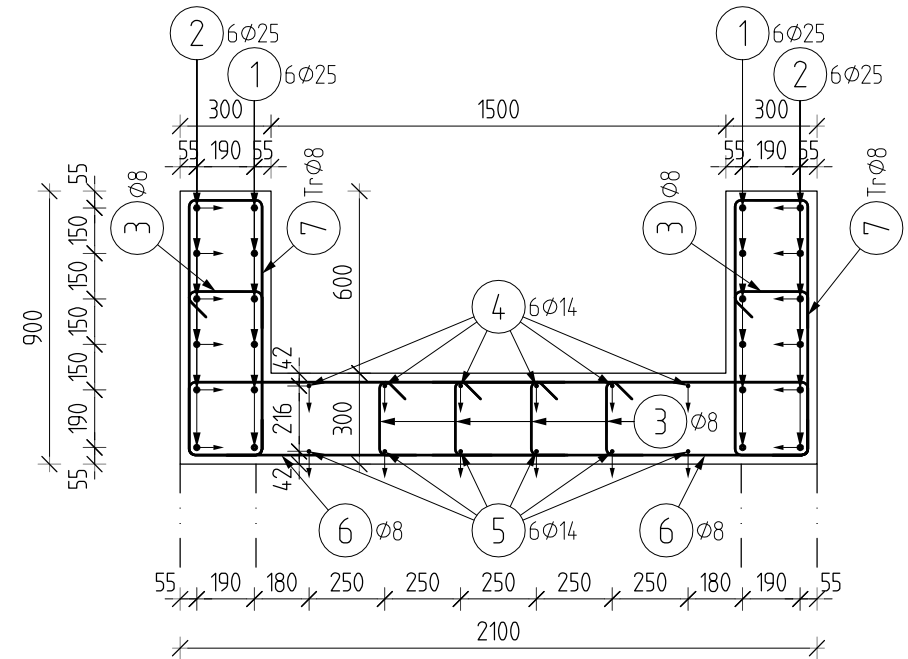


POHLED V ROVINĚ RÁMU



ŘEZ A-A m 1:25

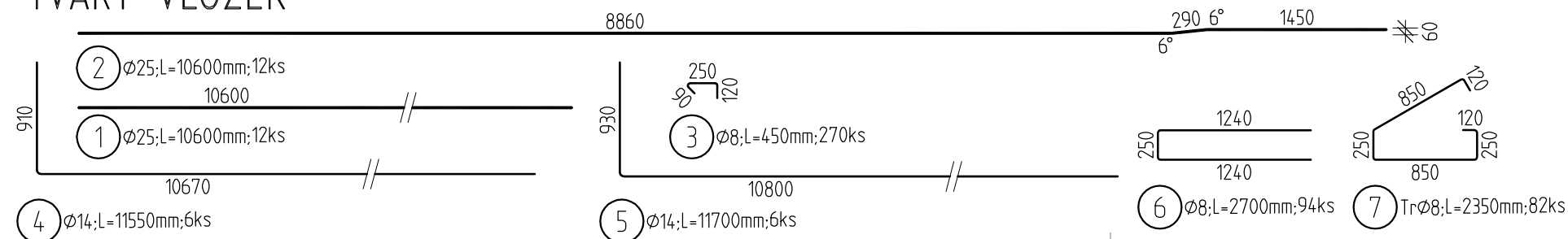
krytí podélných zezel 35mm.
krytí trminku 25mm.
směr vyhnuti vložek



VÝKAZ VÝZTUŽE

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	R=B 500		
				8	14	25
*1	R 25	10600	12			127.2
2	R 25	10600	12			127.2
3	R 8	450	270	121.5		
4	R 14	11550	6		69.3	
5	R 14	11700	6		70.2	
6	R 8	2700	94	253.8		
7	R 8	2350	82	192.7		
Pocet prvku	CELKOVÁ DELKA [m]			568.0	139.5	254.4
2	HMDTNOST [kg]			224.1	168.6	980.3
	CELKOVÁ HMDT. [kg]			1373.0		
HMDT. PRO 2 PRVKY				2746.0		

TVARY VLOŽEK




POZNÁMKY:

Ø10 – l(0) = 550 mm; l(b) = 370 mm
Ø14 – l(0) = 770 mm; l(b) = 510 mm
Ø25 – l(0) = 1360 mm; l(b) = 910 mm

MATERIÁL:

BETON: C30/37
KRYTÍ: 25 mm
OCEL: B500B

České vysoké učení technické v Praze		Fakulta stavební	
Vypracoval	David Tomášek	ČVUT 	
Konzultant	Ing. Michaela Frantová, Ph.D.		
Předmět	133BAPC	Datum	17.5.19
Úloha	Monolitický rám	Měřítko	1:50
Výkres	Č.3 - Výkres výztuže sloupů	Formát	A3