

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Katedra betonových a zděných konstrukcí



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh zastřešení sportovní haly v Sušici

Studijní program:

Stavební inženýrství

Studijní obor:

Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce:

Ing. Martin Típka Ph.D.

**Matěj Kukla**

---

Praha 2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kukla Jméno: Matěj Osobní číslo: 476323  
Zadávací katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh zastřešení sportovní haly v Sušici

Název bakalářské práce anglicky: Design of the sports hall roof structure in Sušice

Pokyny pro vypracování:

Možnosti zastřešení středněrozponových sportovních hal - konstrukční uspořádání, materiálové řešení, výhody a nevýhody jednotlivých variant.

Typy betonových vazníků, problematika návrhu a technologie výroby.

Variantní konstrukční návrh zastřešení sportovní haly v Sušici.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992

Procházka, Šmejkal: Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. ČVUT 2018

Archiv časopisu Beton TKS

Další vhodná samostatně vyhledaná literatura

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 12.2.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021

*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

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)

## **Prohlášení**

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité zdroje informací.**

V Praze dne .....

.....

Matěj Kukla

## **Poděkování**

**Děkuji panu Ing. Martinu Típkovi Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při vypracování této práce. Dále děkuji své rodině za morální podporu v době psaní práce.**

## Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je variantní návrh zastřešení sportovní haly v Sušici. Práce je rozdělena na rešeršní a konstrukční část.

První část rešerše se zabývá základními konstrukčními variantami halových konstrukcí v závislosti na navrhovaném rozpětí a statickém působení konstrukce. Snaží se vyzdvihnout výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních uspořádání a porovnává jednotlivá materiálová řešení ve vztahu ke tvaru konstrukce.

Druhá část rešerše je zaměřena na výhradně betonové konstrukční varianty. Zabývá se zejména problematikou návrhu betonových prvků, způsoby prefabrikace, předpínáním, stykáním a dopravou prefabrikovaných prvků.

Náplní konstrukční části práce je návrh tří konstrukčních variant zastřešení vybrané sportovní haly s následným porovnáním a vyhodnocením efektivnosti a proveditelnosti jednotlivých konstrukčních variant.

Klíčová slova: sportovní hala, konstrukce, vazník, rám, oblouk, železobeton, předpjatý beton

## Abstract

The subject of this bachelor's thesis is a roof variant design for a sports hall in Sušice. The work consists of research and construction portions.

The first part of the research deals with research regarding the basic structural building variants depending on the proposed rooftop span and static action of the structure. The work highlights the advantages and disadvantages of individual structural arrangements, as well as the comparison of individual material options in relation to the shape and size of the structure.

The second part of the research is focused solely on possible concrete variants. It deals mainly with the design of the applicable concrete elements, prefabrication methods, prestressing and the ultimate transportation and conjunction of the prefabricated elements.

The structural part of the work consists of three structural design variants, with an evaluation and comparison of all three methods.

Key words: sports hall, construction, truss, frame, arch, reinforced concrete, prestressed concrete

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Nosná konstrukce halových objektů</b> .....	<b>7</b>
2.1	Vazníkové soustavy .....	8
2.1.1	Soustavy s dřevěnými vazníky .....	9
2.1.2	Soustavy s ocelovými vazníky .....	10
2.1.3	Soustavy s betonovými vazníky .....	11
2.2	Rámové soustavy.....	12
2.2.1	Rámové soustavy na bázi dřeva.....	14
2.2.2	Rámové soustavy ocelové.....	14
2.2.3	Rámové soustavy na bázi železobetonu .....	15
2.3	Konstrukční systémy převážně tlačené.....	15
2.3.1	Obloukové konstrukce na bázi dřeva.....	17
2.3.2	Obloukové konstrukce ocelové .....	17
2.3.3	Obloukové konstrukce železobetonové .....	18
2.4	Konstrukční systémy převážně tažené .....	19
<b>3</b>	<b>Betonové prefabrikované konstrukce</b> .....	<b>19</b>
3.1	dočasné návrhové situace .....	21
3.2	Manipulační úchyty .....	23
3.3	Uložení a stykování dílců .....	24
3.4	Doprava nadrozměrných dílců .....	26
<b>4</b>	<b>Předpjatý beton</b> .....	<b>27</b>
4.1	Předpínací výztuž.....	28
4.2	Technologie předpjatého betonu a způsoby předpínání.....	28
4.3	Ztráty předpětí/Změny předpětí .....	31
<b>5</b>	<b>Konstrukční řešení zastřešení sportovní haly</b> .....	<b>32</b>
5.1	Základní konstrukční uspořádání .....	34
5.2	Varianta č.1 - Sedlový vazník.....	35
5.2.1	Vazník.....	36
5.2.2	Sloup .....	37
5.3	Varianta č.2 - Oblouková konstrukce .....	37
5.3.1	Rovinná oblouková konstrukce.....	38
5.4	Varianta č.3 - Rámová konstrukce .....	39
5.4.1	Rovinná rámová konstrukce .....	41
5.4.2	Montážní přípoje .....	43
<b>6</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité literatury</b> .....	<b>45</b>

# 1 ÚVOD

---

*„Dobrý den z haly Big Hat, zdravíme olympijské studio, všechny domácnosti uprostřed Evropy, ranní provozy továren, vrátnice, dopolední bary a restaurace, prodejny, čekárny, mateřské školky i prezidentskou kancelář...“*

Robert Záruba - před čtvrtfinále s USA v Naganu 98

Sportovní haly jsou jedním ze základů společenského života. Přináší nám radost ze sportu a utváří nám na tyto momenty vzpomínky na celý život. Ať sportujeme či jsme pouze diváky, jsou nám v „normálním životě“ jak místem v odpočinku, tak místem společenských interakcí a setkávání se s cizími lidmi. Při projektování je důležité dbát nejen na nosnou stránku konstrukce, ale také na její vizuální estetickou stránku, protože se sportovní hala může stát místem mnoha celoživotních zážitků.

Hlavním předpokladem při návrhu konstrukce sportovních hal, stejně jako všech halových konstrukcí, je vytvoření volného vnitřního prostoru, který je chráněn před účinky vnějších povětrnostních podmínek, a do kterého nezasahují svislé nosné konstrukce. Dominantním rozměrem při návrhu se tedy stává rozpětí vodorovné konstrukce. Dimenze a rozpětí konstrukce je těsně spjaté s účelem sportoviště. Je dána jak rozměrem hrací plochy, od několika metrů například u squashových kurtů, po desítky metrů u velkých atletických či fotbalových stadionů. Důležitým aspektem při navrhování je také konstrukce tribuny, která je spjatá s vnitřním herním prostorem a je nedílnou součástí většiny projektů sportovních hal.

Halové konstrukce mají většinou jednu hlavní výškovou úroveň užitného, herního prostoru a jsou specifické výhradně pouze horizontálním provozem, bez nutnosti většího množství vertikálních komunikací. Snížení výškových proporcí za současného zvýšení rozponu, má za následek nejen případné vyšší nároky na rozměry pozemku, při zachování stejného obestavěného prostoru, ale hlavně klade větší důraz na návrh vodorovných nosných konstrukcí.

## 2 NOSNÁ KONSTRUKCE HALOVÝCH OBJEKTŮ

---

Dominantním prvkem při návrhu nosné konstrukce je působení klimatických zatížení, především působení sněhu a hnaného větru. Vzhledem ke značnému vlivu nahodilých zatížení (vlastní tíha konstrukce nemá u halových konstrukcí výrazně dominantní vliv) musíme dbát zvýšenou pozornost na tyto nahodilé „kritické“ zatížení. Případná chyba v návrhu se totiž nemusí ani u dokončené stavby projevit hned a konstrukce může projevit příznaky chybného návrhu až po letech bezchybného provozu.

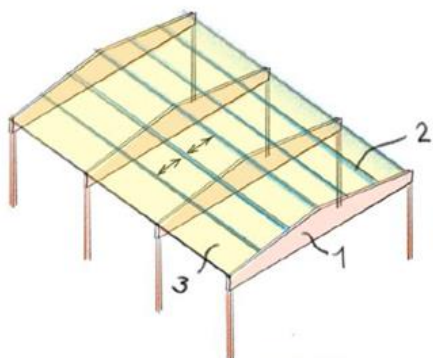
Nosná vodorovná konstrukce může být různorodá prostorovým a funkčním uspořádáním, technologií výroby jednotlivých prvků i širokými materiálovými možnostmi. V následujících

částech práce jsou popsány 4 základní konstrukčně statické varianty dle hlavního namáhání. Pozornost je věnována nejběžnějším variantám materiálové řešení nosné konstrukce. A zabývá se případným omezením, výhodám či nevýhodám jednotlivých konstrukčních a materiálových variant.

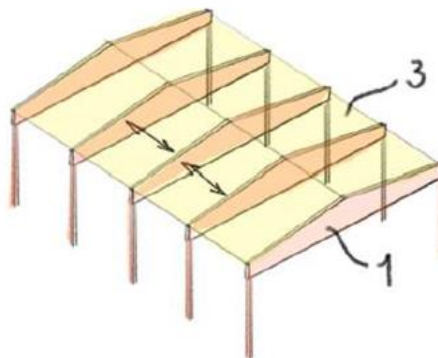
## 2.1 VAZNÍKOVÉ SOUSTAVY

Vazníkové soustavy jsou namáhány převážně ohybem. Využívají se především u hal s malým rozponem většinou okolo 10 až 30 metrů. Jejich hlavní výhodou je výrazná jednoduchost, nosné prvky jsou většinou rovné s jednoduchými spoji a podepřením. Nevýhodou je malé rameno vnitřních sil a větší problematika zachycení příčných zatížení.

Nosný systém zastřešení je zpravidla třístupňový (1-vazník, 2-vaznice, 3-deska), či dvoustupňový (1-vazník, 3-deska), který klade vyšší nároky na statické působení deskové konstrukce. U střešní krytiny se dbá hlavně na nízkou vlastní tíhu při zachování požadovaných tepelně-technických a statických vlastností. Opěrná konstrukce střechy je zpravidla sloupová, popřípadě stěnová, kdy jsou svislé nosné konstrukce rozmístěny hlavně po obvodu půdorysu.



Obr. 1 - Třístupňový systém [13]



Obr. 2 - Dvoustupňový systém [13]

Vazník, jakožto dominantní prvek namáhání, je namáhán zejména ohybovými momenty a posouvající silou. Nejjednodušší variantou jsou vazníky lineárních tvarů, které jsou kloubově uloženy na svislé podpory. Vazník představuje staticky určitou konstrukci v podobě prostého nosníku. Únosnost a průhyb vazníku je pevně spjat s hodnotou jeho průřezového modulu, resp. modulu setrvačnosti. Při návrhu se snažíme o co nejúčinnější průřez vazníku s hmotou soustředěnou převážně do okrajových zón (pásnice) při zachování dostatečné tuhosti vnitřního prostředí (stojiny).

Efektivnosti návrhu je krom rozložení hmoty průřezu dosaženo také úpravou výšky nosníku dle průběhu ohybového momentu. Při rovnoměrném zatížení by byly staticky nejvýhodnější vazníky parabolické, které jsou však přílišně výrobně náročné. Z těchto důvodů využíváme nejčastěji vazníky sedlového či pultového tvaru.



### 2.1.1 Soustavy s dřevěnými vazníky

Nejčastější (nejoblíbenější) variantou pro zastřešení sportovních hal jsou konstrukce s vazníky na bázi dřeva. Jejich výhodou je nízká vlastní hmotnost, dobré architektonické vlastnosti a v neposlední řadě i využitelnost obnovitelného zdroje. Nevýhodou je nižší životnost, nižší odolnost agresivnímu prostředí a vyšší náročnost na údržbu.

Vazníky na bázi dřeva nalezneme hlavně v provedení plnostěnném, jako lepené vazníky se smykově tuhous stojnou - viz Obr. 3, či jako příhradové vazníky (celodřevěné nebo v kombinaci s ocelí) - viz Obr. 4 a 5. Při kombinaci materiálů dřeva a oceli využíváme vyšší tahové únosnosti ocelových táhel v kombinaci s tlačnými dřevěnými prvky - viz Obr. 6.



Obr. 3 - Dřevěný plnostěnný vazník [19]



Obr. 4 - Příhradový vazník - celodřevěný [20]



Obr. 5 - Dřevěné pásnice s ocelovými diagonálami [21]



Obr. 6 - Dřevěný nosník s ocelovým táhlem [22]

Důležitým aspektem u dřevěných příhradových vazníků je zvýšená náročnost při řešení styčniců příhradových konstrukcí. Musíme dbát na dostatečnou tuhost a únosnost, kterou zaručíme vhodným řešením a vhodnou volbou technologie výroby styku.

### 2.1.2 Soustavy s ocelovými vazníky

Předností ocelových vazníků je jejich relativně malá hmotnost, vysoká pevnost v tahu a možná tvarová variabilita řešení konstrukce. Nevýhodou je malá odolnost vůči požáru a možnost vzniku koroze.

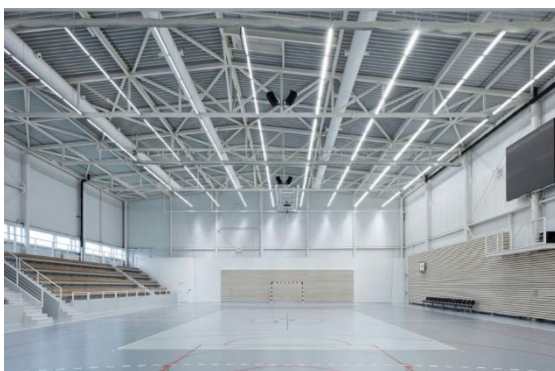
Pro menší rozpory jsou navrhovány vazníky plnostěnné či prolamované, většinou z válcovaných či svařovaných tenkostěnných profilů - viz Obr. 7 a 8. Pro větší rozpory jsou častějším řešením příhradové konstrukce tvořené válcovanými nebo tenkostěnnými profily či trubkami - viz Obr. 9 a 10. Na velké rozpory je možné navrhnout trojkloubovou sestavu dvou parabolických (girlandových) příhradových nosníků s táhlem.



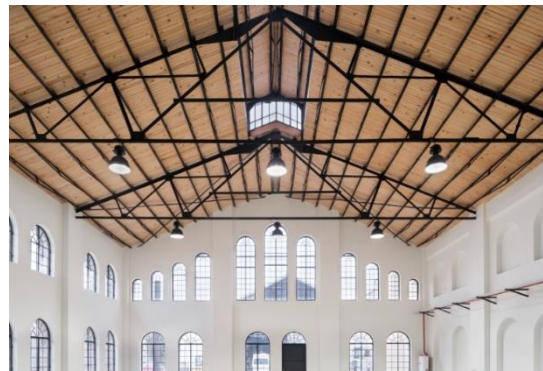
Obr. 7 - Ocelový plnostěnný vazník [23]



Obr. 8 - Ocelový prolamovaný vazník [23]



Obr. 9 - Ocelový příhradový vazník z trubkových profilů [24]



Obr. 10 - Ocelový příhradový vazník z válcovaných profilů [25]

### 2.1.3 Soustavy s betonovými vazníky

Betonové a železobetonové vazníky jsou pro konstrukci zastřešení sportovních hal nejméně častou variantou. Přesto takové realizace existují. Výhodou betonových vazníků je zejména velká životnost, vyšší odolnost proti požáru, odolnost proti agresivnímu prostředí a malá náročnost na údržbu. Nevýhodou je velká hmotnost, spojená se zvýšenou náročností na dopravu a nemožnost jednoduše zvýšit jejich únosnost v případě potřeby.

Vazníky se navrhují jako plnostěnné, prolamované, příhradové nebo obloukové - viz Obr. 11 až 14. Výhodou plnostěnných vazníků je jednoduchost výroby, vykazují však vyšší spotřebu betonu a výztuže. Oproti tomu příhradové varianty jsou materiálově efektivnější, ale výrobně pracnější a ekonomicky nákladnější. U všech variant lze navrhnout prvky s vneseným předpětím za účelem zvýšení únosnosti a snížení průhybu konstrukce. Z důvodů efektivnější dopravy lze také navrhovat prvky spínané, kdy k finálnímu vnesení předpětí či pouze sepnutí dojde až na stavbě.



Obr. 11 - Betonový plnostěnný vazník [26]



Obr. 12 - Betonový prolamovaný vazník [27]



Obr. 13 - Betonový příhradový vazník [28]



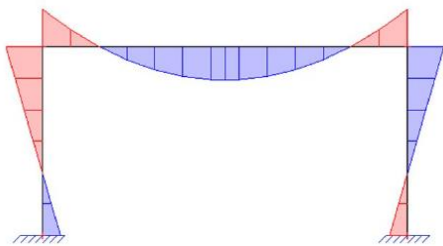
Obr. 14 - Betonový obloukový vazník [29]

## 2.2 RÁMOVÉ SOUSTAVY

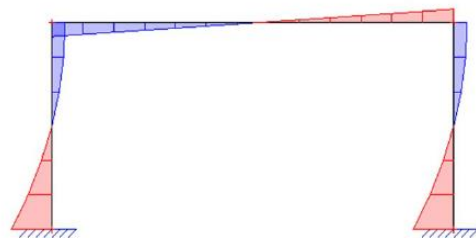
Rámové soustavy jsou namáhány převážně kombinací ohybu a vzpěrného tlaku. Využívají se u hal se středním rozponem od 20 do 40 metrů. Jejich hlavní výhodou je jednoduchost podepření, rovinný tvar jednotlivých prvků a možnost zachycení (přenášení) příčných (vodorovných) zatížení. Nevýhodami jsou zvýšené nároky na návrh a konstrukci spoje v tuhém rámovém rohu a složitější způsob napojení stojek rámu na základovou konstrukci.

Tuhým propojením nosníku a sloupové konstrukce dochází k redistribuci ohybových momentů do celé rámové soustavy. Momentové zatížení je přeneseno také do svislé části nosné konstrukce, což má za následek snížení ohybového namáhání příčle. Míra rozložení ohybového namáhání je ovlivněna zejména tvarem nosné konstrukce a ohybovou tuhostí jejich jednotlivých částí.

Nejjednodušší variantou rámové konstrukce je jednoduchý vetknutý rám. Rám je v místech podpor vetknut do základových prvků, což má za následek zvýšenou redistribucí ohybového namáhání do svislých nosných prvků a snížení ohybového namáhání příčle. Nevýhodou této varianty je míra statické neurčitosti. Konstrukce je velmi citlivá na účinky vynucených deformací, např. sednutí či natočení podpor a objemové změny.

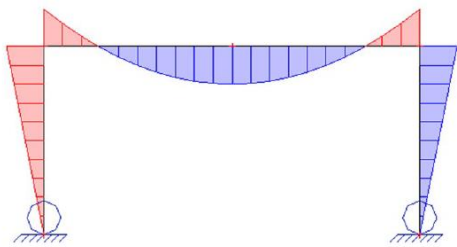


Obr. 15 - Ohybový moment od svislého zatížení - vetknutý rám

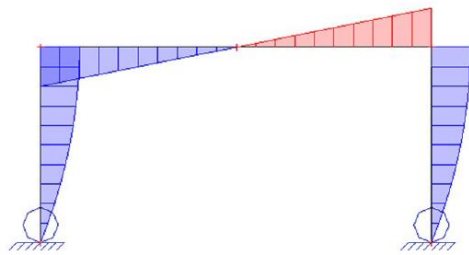


Obr. 16 - Ohybový moment od vodorovného zatížení (zleva) - vetknutý rám

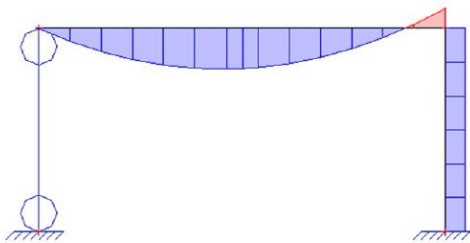
Stupeň statické neurčitosti lze snížit přidáním kloubů do konstrukce. Nejčastější jsou varianty dvoukloubové nebo trojkloubové. U dvoukloubových variant, buď přidáme klouby v místech podpor - viz Obr. 17 a 18, nebo můžeme vytvořit takzvaný rám konzolový - viz Obr. 19 a 20. V tom případě zůstává na jedné straně ponechána vetknutá vazba a na druhé straně je podpora nahrazena kyvným prutem. Toto řešení bývá často využíváno pro konstrukce tribun. Trojkloubová varianta je již staticky určitá, je zde tedy eliminována citlivost na vynucené deformace. Vložení kloubu doprostřed konstrukce má za následek přesun celého ohybového namáhání do rámových rohů a konstrukce se chová jako konzola o poloviční délce - viz Obr. 21 a 22.



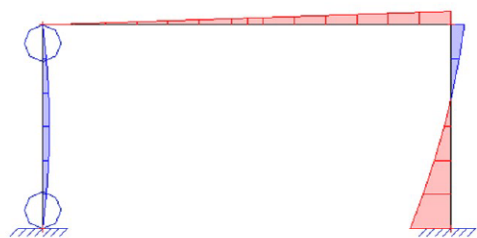
Obr. 17 - Ohybový moment od svislého zatížení - rám dvoukloubový



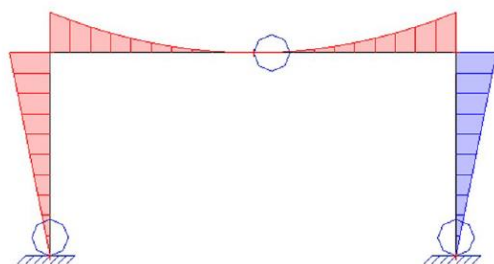
Obr. 18 - Ohybový moment od vodorovného zatížení (zleva) - rám dvoukloubový



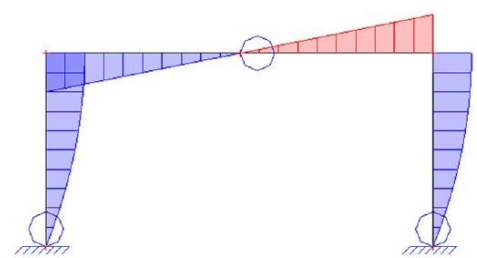
Obr. 19 - Ohybový moment od svislého zatížení - rám konzolový



Obr. 20 - Ohybový moment od vodorovného zatížení (zleva) - rám konzolový



Obr. 21 - Ohybový moment od svislého zatížení - rám trojkloubový



Obr. 22 - Ohybový moment od vodorovného zatížení (zleva) - rám trojkloubový

### 2.2.1 Rámové soustavy na bázi dřeva

Nejčastější variantou jsou rámové soustavy lepené z lamelových průřezů, které zaručují hospodárný návrh s dostatečnou ohybovou tuhostí. Hlavním úskalím u dřevěných rámových soustav je řešení rámového rohu. Napojení stojky a příčle řešíme plynulým zakřivením lepeného průřezu, zazubnou spárou, vložením rohového prvku, použitím členěné stojky nebo svorníkovým připojením, u kterého dochází k popouštění v rozích vlivem poddajnosti spoje.



Obr. 23 - Plnostěnný dřevěný rám [30]



Obr. 24 - Příhradový dřevěný rám [31]

### 2.2.2 Rámové soustavy ocelové

Hlavní výhodou ocelových rámových konstrukcí je možnost jejich rychlé montáže, případně i demontáže. Díky jednoduchým montážním stykům (šroubované, svařované), lze dlouhé příčle dělit na menší celky, což zjednodušuje dopravu i manipulaci s jednotlivými prvky. Navrhují se jak varianty plnostěnné, tak příhradové, z profilů tenkostěnných, válcovaných a trubkových.



Obr. 25 - Plnostěnný ocelový rám [32]



Obr. 26 - Příhradový ocelový rám [33]

### 2.2.3 Rámové soustavy na bázi železobetonu

Betonové rámové soustavy se ve většině případů řeší jako celomontované. Betonové prvky bývají vyrobeny z betonů vyšších tříd a často jsou i předpínané. Spoje v rámovém rohu jsou většinou řešeny pomocí ocelových vkládaných prvků, tuhého spoje je dosaženo svařením nebo sešroubováním jednotlivých prvků konstrukce. Nevýhodou jsou vysoké nároky na přesnost při montáži spojů a vysoké nároky na správný technologický postup.



Obr. 27 - Betonová rámová konstrukce [34]



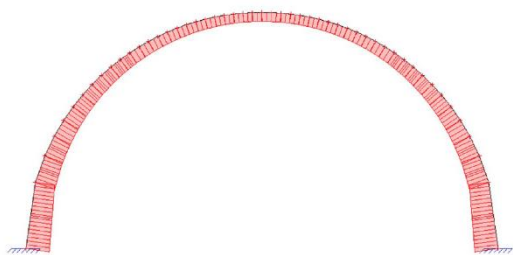
Obr. 28 - Betonová rámová konstrukce [30]

## 2.3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY PŘEVÁŽNĚ TLAČENÉ

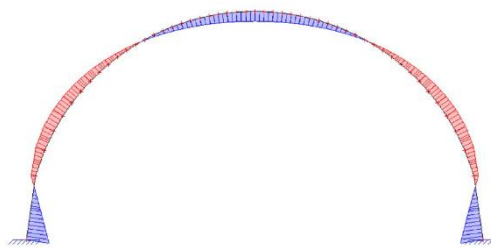
Konstrukce této kategorie jsou, jak již název napovídá, namáhány hlavně působením vzpěrného tlaku. Oproti konstrukcím vazníkovým a rámovým jsou při stejném rozponu mnohem efektivnější, protože se osově mnohem více přibližují výslednicové tlakové čáře (ploše), což umožňuje zmenšení průřezu. Využití nacházejí zejména u konstrukcí velkých rozponů, mezi 30 a 60 metry. Nevýhodou konstrukce je především méně efektivní využití prostoru, složitější způsob podepření a nutnost volit složitější tvary konstrukcí.

Tvar konstrukce by měl v ideálním případě kopírovat tvar výslednicové čáry zatížení. Například při působení rovnoměrného stálého zatížení má výslednicová čára tvar kvadratické paraboly. Při konstrukci shodného tvaru, lze teoreticky dosáhnout dokonalého „bezmomentového“ působení sil v konstrukci, která by v takovém případě byla namáhána pouze osovou tlakovou silou. U reálných konstrukcí však nelze dosáhnout takovéto přesnosti, neboť na konstrukci je nutné uvažovat několik různých kombinací zatížení. Konstrukce tak jsou z menší části namáhány i ohybovým momentem.

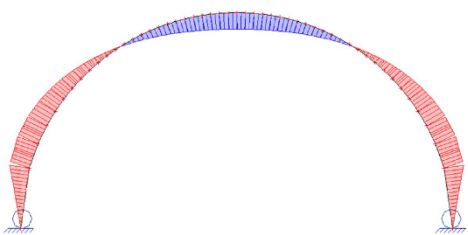
Stejně jako u rámových soustav můžeme při návrhu zvolit soustavy s vysokou statickou neurčitostí- viz Obr. 30, které se mohou zdát staticky výhodnější, ale zvyšují citlivost konstrukce vůči vnějším deformacím. Častěji se navrhuje konstrukce dvojkoloubové s vloženými klouby v úrovni podpor - viz Obr. 31, nebo konstrukce trojkoloubové, které mají přidán ještě kloub vnitřní - viz Obr. 32. Vnitřní kloub napomáhá při konstrukci velkorozponových oblouků nebo u konstrukcí se složitými základovými poměry, kde může docházet k sedání a pootočení jednotlivých podpor.



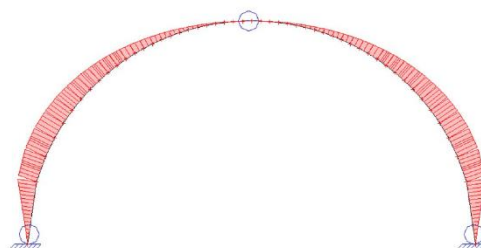
Obr. 29 - Normálová síla (tlak) od svislého zatížení - shodná pro všechny varianty



Obr. 30 - Ohybový moment od svislého zatížení - oblouk vetknutý

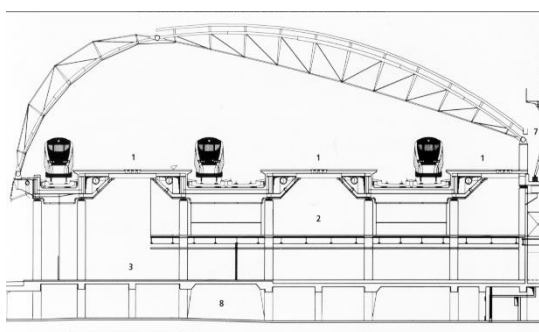


Obr. 31 - Ohybový moment od svislého zatížení - oblouk dvoukloubový



Obr. 32 - Ohybový moment od svislého zatížení - oblouk trojkloubový

Důležitým aspektem u obloukových konstrukcí je potřeba jejich stabilizace vůči případnému vybočení ve vlastní rovině oblouku, tak také proti vybočení z roviny oblouku. Konstrukce proti účinku vybočení v obou rovinách působí v první řadě svojí ohybovou tuhostí, která může být například u plnostěnných či příhradových soustav dostatečná. Pokud není ohybová tuhost dostatečná, lze oblouk stabilizovat proti vybočení ve vlastní rovině například pomocí táhel, které do konstrukce vnesou napětí ve zvoleném směru - viz Obr. 33 a 34. Mezi další časté metody stabilizace patří smykové spolupůsobení s jinou konstrukcí, kdy toto řešení vidíme zejména u obloukových mostních konstrukcí - viz. Obr 35. Stabilizaci oblouků proti vybočení z jejich roviny se řeší většinou spolupůsobením dvou oblouků formou ztužidel - viz Obr. 36, nebo spřažením s návaznou konstrukcí o dostatečné tuhosti, například s tuhostí navazujícího střešního pláště.



Obr. 33 - Stabilizace obloukové konstrukce pomocí ocelových táhel [35]



Obr. 34 - Stabilizace obloukové konstrukce pomocí ocelových táhel [35]





Obr. 35 - Stabilizace oblouku smykovým spolupůsobením s mostovkou [36]



Obr. 36 - Stabilizace obloukové konstrukce pomocí ztužidel [37]

### 2.3.1 Obloukové konstrukce na bázi dřeva

Obloukové konstrukce na bázi dřeva jsou vhodné především na střední a velké rozpory. Z důvodů dostatečné tuhosti používáme především plnostěnné - viz Obr. 37 či příhradové nosníky - viz Obr. 38, z lepeného lamelového dřeva. Kvůli případnému přídatnému namáhání jsou oblouky dřevěné konstruovány jako trojkloubové a dvoukloubové, kde vodorovná síla je zachycena případnou tuhou podporou či táhlem. Pro spojování prvků jsou používány ocelové příložky či ocelové desky.



Obr. 37 - Plnostěnný obloukový vazník z lepeného lamelového dřeva [38]



Obr. 38 - Příhradový obloukový dřevěný vazník [39]

### 2.3.2 Obloukové konstrukce ocelové

Obloukové ocelové konstrukce se navrhují opět v obou variantách (plnostěnné či příhradové oblouky). Oproti dřevěnému provedení se však provádějí nejen prvky rovinné, ale zejména pro větší rozpory navrhujeme prostorové příhradové struktury. Jednotlivé struktury jsou svařeny buď z plnostěnných uzavřených profilů s dostatečnou tuhostí proti účinkům kroucení nebo z průřezů otevřených, doplněných výztuhami. Ze statického hlediska navrhujeme především konstrukce staticky neurčité (vetknuté a dvoukloubové).



Obr. 39 - Plnostěnný obloukový vazník z ocelových válcovaných profilů [40]



Obr. 40 - Příhradový obloukový ocelový vazník [41]

### 2.3.3 Obloukové konstrukce železobetonové

Rovinné železobetonové oblouky se navrhují převážně v plnostěnném provedení, příhradová varianta je spíše ojedinělá. Oproti ostatním materiálovým variantám nejsou železobetonové rovinné oblouky příliš častou variantou. Můžeme je najít zejména u hal s funkčním „vlhkým“ provozem, kdy je železobeton nejvýhodnější variantou z hlediska vysoké chemické odolnosti. Ve sportovním prostředí se obloukové železobetonové konstrukce používají zejména pro zastřešení bazénových komplexů - viz Obr. 41. Z technického hlediska se pak používají pro zastřešení vodáren a čistíren odpadních vod - viz Obr. 42.

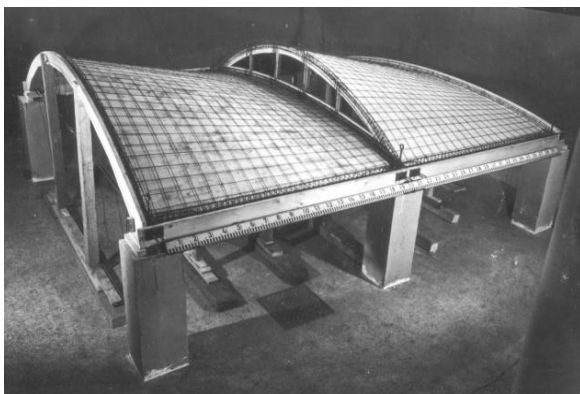


Obr. 41 - Plnostěnný rovinný železobetonový oblouk - Podolská vodárna [42]



Obr. 42 - Plnostěnný rovinný železobetonový oblouk - plavecký bazén [43]

Mnohem častěji však najdeme betonové oblouky v provedení plošných kleneb a betonových skořepin - viz Obr. 43 a 44. V takovém případě netvoří nosnou konstrukci pouze lokální prvky jednotlivých oblouků, ale konstrukce působí plošně. Tyto konstrukce se dočkaly velkého rozmachu zejména v poválečných dobách po druhé světové válce, kdy splňovaly podmínky hospodárné a rychlé výstavby.



Obr. 43 - Model obloukové betonové skořepiny [15]



Obr. 44 - Konstrukce zastřešení tramvajového depa v pražském Hloubětíně [15]

## 2.4 KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY PŘEVÁŽNĚ TAŽENÉ

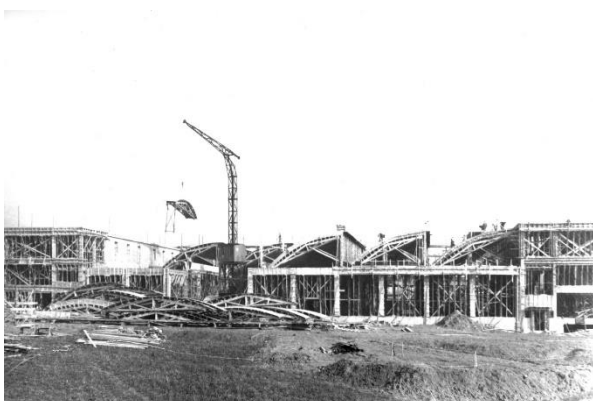
Konstrukce namáhané převážně tahem, jsou navrhovány pro konstrukce s velmi velkým rozponem od 40 do 80 metrů. Jejich výhodou je možnost překlenutí velkého otevřeného prostoru při využití většinou relativně subtilní konstrukce střešního pláště. Nevýhodou je však nižší efektivita využití prostoru a zvýšené nároky na konstrukci podpor. Tyto konstrukce se realizují výhradně jako ocelové. Jejich hlavní nosnou kostru tvoří systém nosných a stabilizačních lan.

## 3 BETONOVÉ PREFABRIKOVANÉ KONSTRUKCE

Z výše uvedené rešerše je patrné, že beton nachází uplatnění u většiny konstrukčních řešení zastřešení hal. V dnešní době je však největší využití betonových konstrukcí u vazníkových soustav, zejména pokud přistoupíme k efektivní prefabrikaci betonových dílců.

Z hlediska vyztužení můžeme betonové konstrukce dělit na nevyztužené (prostý beton), vyztužené (železobeton) a předepjaté (předpjatý beton). Dále je můžeme dělit podle technologie výroby na monolitické, montované z prefabrikovaných dílců a prefamolitické spřažené konstrukce typu beton-beton. Každá z těchto variant skýtá určité výhody a nevýhody.

Mezi hlavní výhody monolitických „jednokusových“ konstrukcí patří tuhé spojení jednotlivých prvků a možnost návrhu téměř libovolného tvaru konstrukce či soustavy konstrukcí. A také lze dopravu konstrukčního materiálu na staveniště přizpůsobit dostupným dopravním prostředkům. Mezi nevýhody patří závislost výstavby na vnějších podmínkách, pomalejší rychlost výstavby způsobená, jak nutností výroby jednotlivých bednicích prvků, tak také potřebou jednotlivých technologických přestávek. Mezi značná rizika patří také omezení kvality používaného betonu a nebezpečí porušení technologické kázně, které může mít za následek horší jakostní kvalitu povrchu betonové konstrukce.



Obr. 45 - Montáž bednění pro betonáž monolitických betonových skořepin [15]



Obr. 46 - Bednění železobetonových monolitických oblouků [15]

Oproti tomu montované konstrukce, sestavené z předem vyrobených dílců, se vyznačují rychlejším postupem výstavby. Minimalizují mokré procesy na stavbě, které jsou omezené jen na zálivky při propojování jednotlivých dílců. Díly jsou předem vyráběny ve výrobnách, v příznivých klimatických podmínkách. Při dílenské výrobě lze lépe kontrolovat správnost technologických postupů, správnost ztuhnutí betonu a provádět kvalitnější povrchové úpravy jednotlivých prvků konstrukce.



Obr. 47 - Betonáž prefabrikátů ve výrobnách [44]



Obr. 48 - Bednicí stůl pro betonáž prefabrikátů [44]

Spřažené prefamonolitické konstrukce kombinují výhody prefabrikované i monolitické technologie. Prefabrikát zde tvoří funkci ztraceného bednění a snižuje nám pracnost oproti monolitickým prvkům, kdy už se nemusíme zabývat odbedňováním konstrukce.



Obr. 49 - Prefamonolitický stropní panel typu Filigran [45]



Obr. 50 - Prefabrikované konstrukce před zmonolitněním betonem [45]

U montovaných a spřažených prefamonolitických konstrukcí musíme brát ohled na určité specifika návrhu. Důležitým aspektem je volba vhodného nosného systému s ohledem na rozdělení nosné konstrukce na jednotlivé prefabrikované dílce. Zvýšená pozornost se musí také věnovat návrhu spojů jednotlivých dílců - způsobu provádění s ohledem na tuhost a únosnost spoje. Vzhledem k přípravě dílců většinou v jiné poloze a na jiném místě než je prováděna následná stavba konstrukce, musíme při návrhu počítat s různým statickým působením prvku v jednotlivých fázích výroby, manipulace s prvkem, dopravy a následné výstavby. S ohledem na manipulaci s prefabrikovanými prvky je potřeba navrhnout dostatečný počet a vhodné umístění manipulačních úchytů a na jejich dostatečnou únosnost pro zabezpečení bezpečné přepravy bez poškození jednotlivých dílců.

### 3.1 DOČASNÉ NÁVRHOVÉ SITUACE

Při návrhu vyztužení jednotlivých dílců konstrukce musíme uvažovat několik stavů působení sil a jednotlivých zatěžovacích stádií. Jednotlivá stádia mohou ovlivnit tvar konstrukce, způsob vyztužení i volbu dopravních a manipulačních prostředků.

První stádium nastává již při výrobě při zvedání prvku z výrobní podložky (formy). Charakterizováno je ještě nedokonale „vyzrálým“ betonem a s tím spojenou nižší pevností, uvažovanou okolo 70% konečné normové pevnosti betonu. Při zvedání z podložky bývá prvek zpravidla namáhán v jiném směru než v situaci, pro kterou je primárně určen. A je vystaven působení jiných zatížení, které jsou spojené zejména se soudržností dílce s podložkou a případným třením povrchu o stěny výrobní formy. Obr. 51 ukazuje proces zvedání sedlového prefabrikovaného vazníku. Způsob namáhání prvku v této situaci je zobrazen na Obr. 52.



Obr. 51 - Zvedání prvku z bednění pomocí portálových jeřábů [26]



Obr. 52 - Průběh ohybových momentů na zvedaném prvku

V dalším stádiu se jedná zejména o problémy při skladování a při dopravě. U prvků by mělo být jasné, v jaké poloze a při jakém uložení z hlediska vzdálenosti a množství podpor mají být bezpečně skladovány. Při výběru vhodného dopravního prostředku musíme dbát na správné uložení prvku, s ohledem nejen na bezpečnost konstrukce, ale zejména na bezpečnost při přepravě po veřejných dopravních komunikacích. Prvek je při dopravě vystaven účinkům dynamického zatížení a pokud je špatně ukotven, může se mechanicky poškodit.



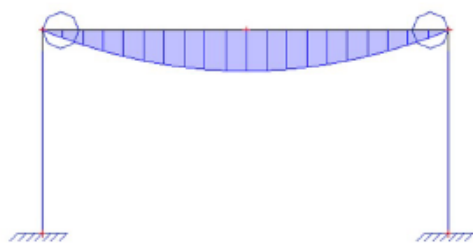
Obr. 53 - Přeprava vazníku po veřejných komunikacích [46]



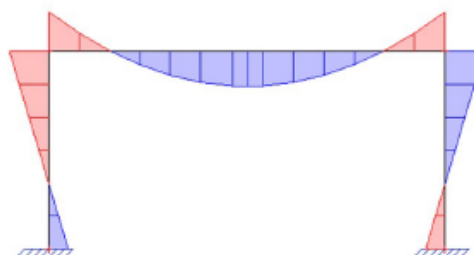
Obr. 54 - Průběh ohybových momentů při transportu prvku

Montážní stádium zahrnuje především manipulaci s prvkem jako takovým, kdy je důležité při návrhu dbát na způsob zavěšení pomocí závěsných ok, třmenů či otvorů v konstrukci. Při usazení dílce do celkové konstrukce uvažujeme samostatné chování jednotlivých dílců, podle způsobu jejich podepření. Průběh momentů na takovéto konstrukci je zpravidla odlišný od následné spolupůsobící zmonolitněné konstrukce - viz Obr. 55.

V konečném provozním stádiu jednotlivé dílce spolupůsobí a konstrukce se chová jako jeden celek - viz Obr. 56. Postupem času dochází k dokonalému spolupůsobení jednotlivých dílců a v konstrukci dochází časem k redistribuci vnitřního namáhání v důsledku dotvarování a smršťování.



Obr. 55 - Ohybový moment na rámové konstrukci před zmonolitněním



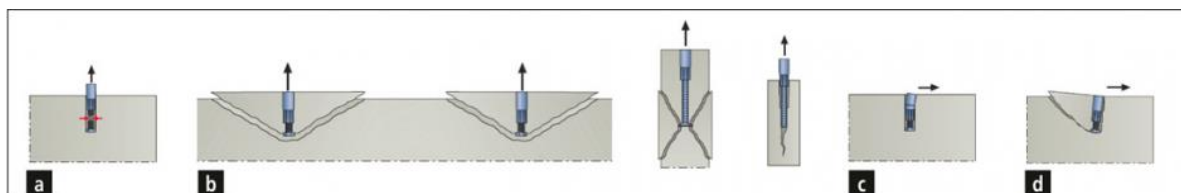
Obr. 56 - Ohybový moment na rámové konstrukci po zmonolitnění

### 3.2 MANIPULAČNÍ ÚCHYTY

Manipulační úchyty patří k nedílné součásti montovaných konstrukcí. Správná konstrukce a materiál nám zaručí bezpečnou manipulaci s prvkem bez jeho případného poškození. V případě špatného návrhu může nastat některý z následujících způsobů porušení:

- přetržení nebo ulomení úchytu
- vytržení úchytu z kotvení
- vytržení oblasti kolem úchytu
- porušení prvku vlivem příčného tahu
- otláčení betonu dílce

Všechny tyto možnosti jsou graficky zobrazené na Obr. 57



Obr. 57 - Způsoby porušení kotev či betonového prvku; a) porušení úchytu tahem; b) vytržení úchytu či porušení betonu; c) smykové porušení úchytu; d) vytržení úchytu působením smykových sil [47]

Nejjednodušší variantou jsou manipulační úchyty z klasické betonářské výztuže, kdy se musím dbát zejména na dostatečné ukotvení výztuže v prefabrikovaném dílci. Velkou nevýhodou řešení je fakt, že výztuž vystupuje za hranici prvku a může způsobovat problémy při přepravě a způsobu skladování. Toto řešení není v současné době téměř využíváno, jsou upřednostňovány spíše specializované výrobky od certifikovaných výrobců, které zaručí bezpečný způsob manipulace vzhledem k velikosti zatížení a úhlu působících sil.

Mezi specializované úchyty patří systémy se závitovými prvky, které se skládají z kotvy a závěsu. Kotva je zabetonována v prvku a při návrhu hledíme zejména na její délku, z důvodů dostatečné únosnosti. Do kotvy se v případě manipulace s prvkem našroubuje závěs odpovídající potřebné únosnosti, pomocí kterého probíhá následná manipulace s prvkem. Při volbě závěsu musíme dbát nejenom na potřebnou únosnost, ale také na úhel, pod kterým bude závěs namáhán.



Obr. 58 - Transportní kotvy - systém se závitovými prvky [47]



Obr. 59 - Betonové prvky s našroubovanými závěsy [47]

Mezi další často používané prvky patří kotvy s kulovou hlavou a s nimi spjaté zdviháky či závěsy lanové. Ty mohou být jak zapuštěné, tak vyčnívat do prostoru. Poslední zmíněné řešení je vhodné pro nepohledové prefabrikáty, či pro jejich nepohledové strany. Používají se tedy zejména pro prefabrikované opěrné zdi, základy a další.



Obr. 60 - Transportní kotvy - kotvy s kulovou hlavou [48]



Obr. 61 - Transportní kotvy - systém lanových kotev [49]

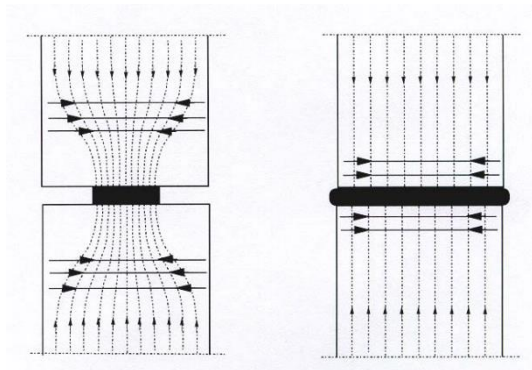
### 3.3 ULOŽENÍ A STYKOVÁNÍ DÍLCŮ

Rozdělení konstrukce na jednotlivě vyrobitelné elementární části přináší větší důraz na spoje jednotlivých prvků. Oproti monolitickým konstrukcím netvoří jeden tuhý konstrukční celek, ale soustavu jednotlivých spolupůsobících prvků. Při návrhu záměrně zcela tuhého styku dvou prvků,

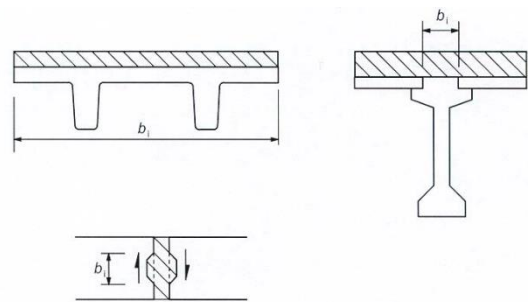


dochází, v reálné konstrukci, alespoň k malému pootočení dílců. Styky prvků často tvoří kritická místa konstrukce - lokální nárůst zatížení nebo naopak nedostatečná tuhost.

Příkladem může být styk jednotlivých stěnových či sloupových dílců, kdy dochází ke vzniku dodatečných tahových napětí, a je proto nutné je doplnit o dodatečnou příčnou výztuž - viz Obr. 62. Na styku dvou sousedních dílců či spřažených prvků se zase projevuje smykové namáhání (viz Obr. 63) - smykovou únosnost je opět nutné posoudit.



Obr. 62 - Tahové namáhání styku dvou sloupových dílců [14]



Obr. 63 - Smykové namáhání spřažených prvků (nahore) a styků dílců (dole) [14]

Nejčastěji se však setkáváme se styky přenášejícími tah či ohyb. Zde je nejdůležitějším pravidlem zachování kontinuálnosti výztuže po celé délce spoje s dostatečným zakotvením do jednotlivých dílců. Spojitost je většinou zabezpečena dostatečným přesahem prutů výztuže, svařením prutů výztuže nebo ocelových desek, pomocí vneseného předpětí či jinými mechanickými spojkami či objímkami.

Z hlediska halových konstrukcí je nejexponovanějším stykem rozhraní sloupu a průvlaku. První možností je prosté uložení průvlaku přímo na sloup, nejčastěji do předem připraveného „lože“, kdy je kromě dostatečné únosnosti zaručena také stabilita uloženého průvlaku či vazníku. V případě potřeby je možné uložit průvlak na průběžný sloup. Takové uložení bývá prováděno na krátké konzolky sloupu, často prostřednictvím ozubu průvlaku. Všechny tyto způsoby uložení jsou vhodné pro zejména prostě uložené průvlak, kdy spoj není namáhán ohybem a dochází pouze k přenosu svislého zatížení přes stykové plochy.

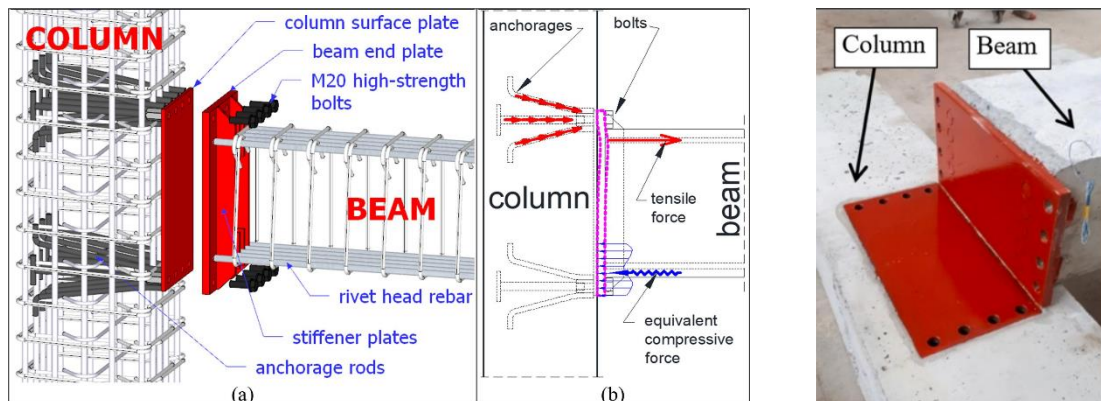


Obr. 64 - Kombinace uložení nosníků na ozub a vazníků na zhlaví sloupu [50]



Obr. 65 - Uložení T vazníku na U sloup zajišťující vyšší stabilitu vůči klopení [50]

Potřebu tuhého spojení nacházíme zejména u železobetonových montovaných rámců (méně časté), kde je největším úskalím návrh rámového rohu. V důsledku vznikajících tahových napětí se rámové rohy řeší pomocnými ocelovými prvky a vložkami. Jednotlivé dílce rohu se buď stáhnou pomocí ocelových svorníků, aby bylo zabezpečeno spolupůsobení dílců nebo se na tažené straně propojí svařovanými ocelovými příložkami. Možností tuhého propojení je také spojení velmi podobné ocelovým rámcům, kdy dochází ke šroubovanému propojení dvou styčnickových desek zabetonovaných do jednotlivých dílců - viz Obr. 66 a 67. Tato varianta se vyznačuje rychlou montáží i demontáží v případě poškození, s možností znovuvyužití v při demontáži celé haly. I když se tato varianta snaží přiblížit co nejvíce monolitickému typu propojení, bylo u ní prokázáno, že při stejné počáteční pevnosti a únosnosti, vykazuje podstatně vyšší tažnost (až o 34%) a vyšší deformovatelnost než případné monolitické propojení [12].



Obr. 66,67 - Tuhé propojení sloupu a vazníku pomocí šroubovaných styčnickových plechů [12]

### 3.4 DOPRAVA NADROZMĚRNÝCH DÍLCŮ

Při návrhu prefabrikovaných dílců je kromě již zmíněných hledisek důležité řešit hledisko dopravní. Stěžejním kritériem je také rozměrové a hmotnostní omezení pro přepravu po pozemních komunikacích. Limity pro silniční dopravu v ČR jsou stanoveny na rozměry vozidla: šířka 2,55m, výška 4m, délka 16,5m u návěsu a 18 m u přívěsu a hmotnost 48 tun [18]. Pokud dojde k překročení jakéhokoliv limitního rozměru, považuje se to za dopravu nadrozměrnou a

musíme z toho vyvodit příslušné omezení a speciální potřeby provozu (např. doprovodná vozidla, označení atd.)



Obr. 68 - Transport dvou vazníků délky 24 metrů [50]



Obr. 69 - Transport vazníku délky 28 metrů [46]

Další důležitý aspekt je také vzdálenost a charakter komunikací mezi výrobnou prefabrikátů a stavbou na, které má být konstrukce realizována. Pokud požadujeme výrobu nadrozměrných prefabrikovaných dílců, nemusí být v blízkém okolí stavby dostatečně velká výrobní s potřebnými technologiemi a kapacitami, či může na stavbu vést cesta, která neumožňuje průjezd rozměrného nákladu. Je tedy vždy důležité zvážit, zda jsme schopni navrženou prefabrikovanou konstrukci vůbec dopravit na místo, a zda je to ekonomicky výhodné.

## 4 PŘEDPJATÝ BETON

---

Při návrhu prvků větších rozponů, které jsou zpravidla namáhány velkými ohybovými momenty a vyztužení prostou betonářskou výztuží by bylo nedostatečné, přistupujeme k předpínání. Hlavní podstatou je vnesení tlakové síly do prvku, která má mít za následek eliminaci tahových napětí v betonu a využít zejména vysokou tlakovou pevnost betonu.

Oproti prvkům železobetonovým, kdy výztuž působí pouze pasivně (vzdoruje tahům vyvozeným vnějším zatížením), působí v předpjatém betonu aktivní síla měnící rozložení vnitřních sil v konstrukci. Prvek je schopen vzdorovat vyššímu tahovému namáhání před vznikem trhlin. V případě shodného zatížení železobetonového a předpjatého prvku, vykazuje předpjatý prvek menší počet trhlin menší šířky, či dokonce můžeme dosáhnout stádia bez trhlin. Omezením velikosti a množství trhlin má za následek lepší ochranu výztuže před působením vnějších agresivních vlivů, což se projevuje na vyšší trvanlivosti.

Další výhodou omezení vzniku trhlin je vyšší ohybová tuhost předpjatých prvků. Důsledkem toho je vznik menších průhybů (protažení u tažených prvků) a s tím spjatá možnost návrhu štíhlejších prvků s menší výškou průřezu. Zmenšení průřezu má za následek snížení vlastní tíhy konstrukce a úsporu materiálu.

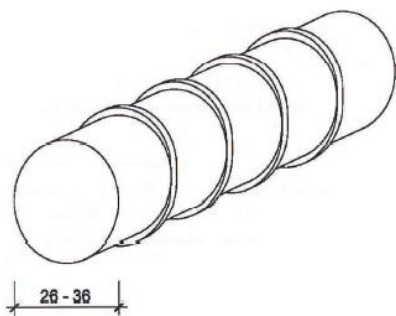
Pro výrobu předpjatých prvků se používají betony (40 až 60 MPa), v některých státech i betony vysokopevnostní (80 až 120 MPa). Betony vyšších pevností, vyšších modulů pružnosti a s tím spjatých menších objemových změn umožňují vnesení větší předpínací síly při menších ztrátách předpětí. Z hlediska výztuže používáme kombinaci klasické betonářské výztuže a výztuže předpínací. Betonářská výztuž plní jak funkci konstrukční, tak nosnou - zejména třmínky a vyztužení kotevních oblastí.

#### 4.1 PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ

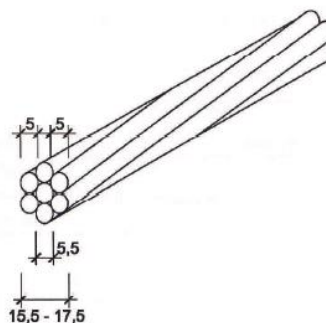
Předpínací výztuž se v současnosti používá ve formě ocelových drátů, lan či tyčí, ale prvotní užití nacházejí také předpínací výztuže nekovové, zejména z uhlíkových vláken. Ocelová předpínací výztuž se vyrábí z nelegovaných či nízkolegovaných ocelí s vyšším obsahem uhlíku válcováním za tepla.

První variantou předpínací výztuže jsou předpínací tyče. Jedná se o ocel válcovanou za tepla s vhodnými legovacími přísadami s mezí kluzu okolo 800 MPa a pevností v tahu kolem 1000 MPa. Vyrábí se v provedení hladkém či žebírkovém, kdy žebírka tvoří závit, který usnadňuje kotvení a napojování jednotlivých prutů výztuže.

Nejpoužívanější předpínací výztuží je patentový předpínací drát, většinou spletený do předpínacích lan. Nejčastěji nalezneme lana spletená ze sedmi drátů, centrálního s větším průměrem, který je ovinutý šesti dráty menších průměrů. Plocha předpínacího lana je tedy součtem ploch jednotlivých drátů a průměrem je kružnice opsaného průřezu lana. Lana jsou dodávána v průměrech 15,2, 15,3 a 15,7 mm a dosahují tahových pevností od 1770 do 1860 MPa.



Obr. 70 - Žebírková předpínací tyč [10]



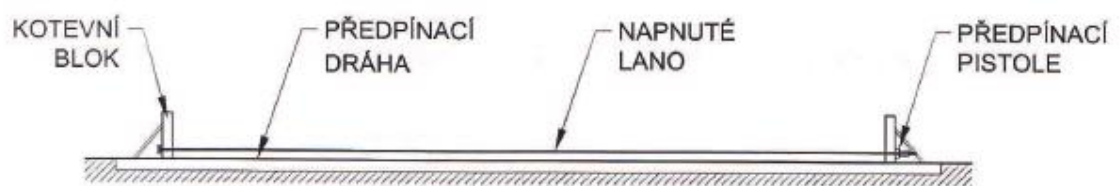
Obr. 71 - Předpínací sedmitrátové lano [10]

#### 4.2 TECHNOLOGIE PŘEDPJATÉHO BETONU A ZPŮSOBY PŘEDPÍNÁNÍ

Z hlediska spolupůsobení předpínací výztuže s betonem rozlišujeme předpětí se soudržností a bez soudržnosti. V prvním případě je výztuž vložena přímo do betonu a po vybetonování prvku je zamezen pokluz výztuže v betonu. V druhé případě se předpínací výztuž vkládá do PE trubky vymazané mazivem (tuky, vazelína), aby výztuž mohla volně pracovat a nedocházelo k soudržnosti s okolním betonem.

V závislosti na čase vnesení předpětí do konstrukce rozlišujeme beton na předem předjatý a dodatečně předjatý. Předem předpínaný beton je používán výhradně v souvislosti s prefabrikáty, vyráběnými ve specializovaných výrobních dílnách. Technologický způsob výroby spočívá v předpětí výztuže mezi kotevními bloky a teprve poté dochází k betonáži betonového prvku. V momentě, kdy je prvek, již „vyzrálý“ (prvek má 80% předepsané 28 denní pevnosti), dochází k uvolnění lan z kotev a tím je vneseno předpětí do prvku. S prvky je poté možné dále manipulovat či je dále řezat na menší dílce.

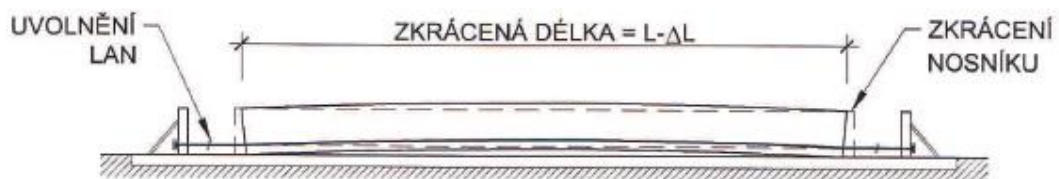
#### A - NAPNUTÍ PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE



#### B - BETONÁŽ A NÁSLEDNÉ OŠETŘOVÁNÍ



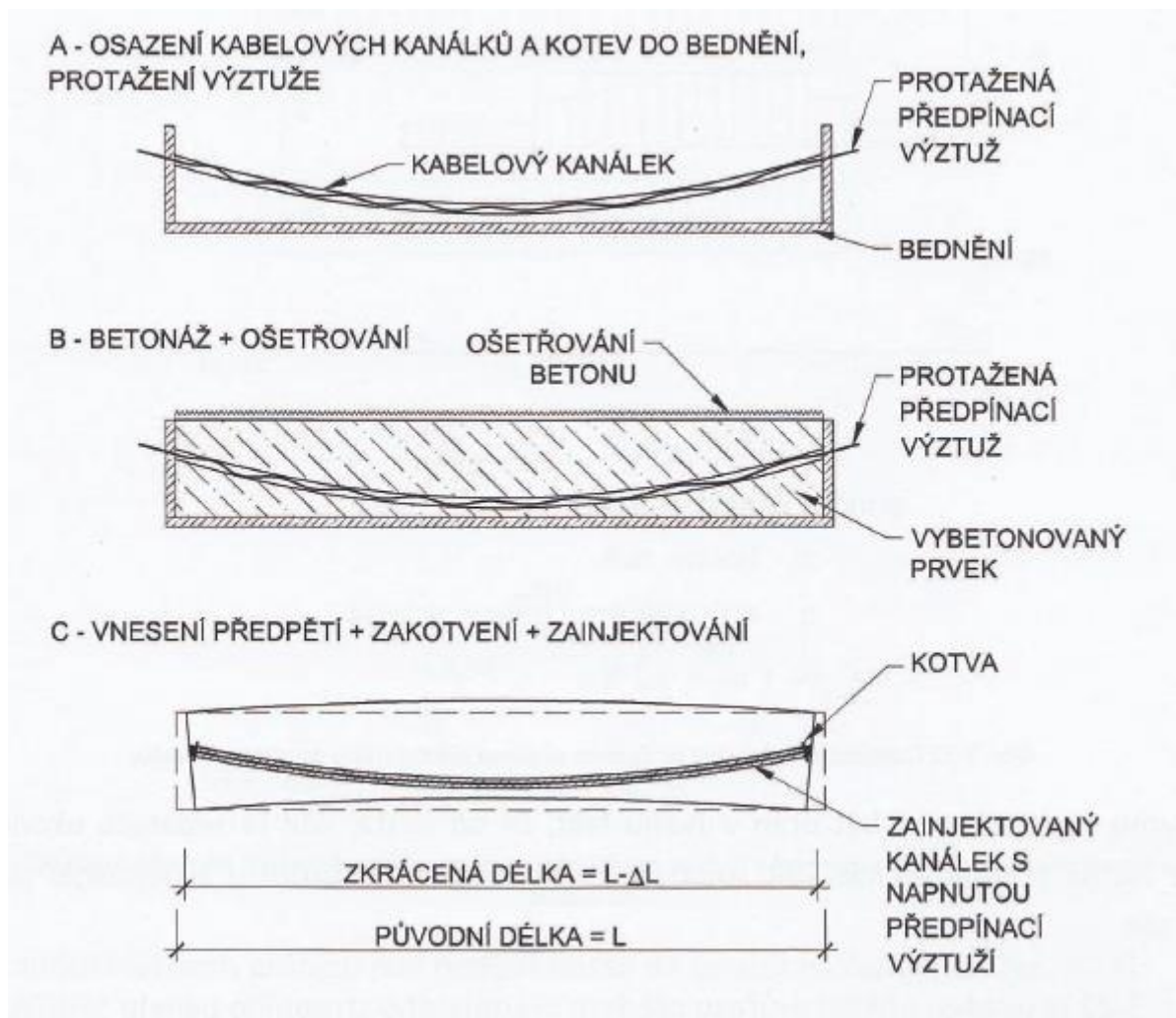
#### C - VNESENÍ PŘEDPĚTÍ



Obr. 72 - Princip výroby předem předjatých prvků [10]

Nevýhodou užití technologie je vedení výztuže v lineárních drahách. Vyztužení v parabolických či jinak polygonárních drahách se většinou vzhledem k obtížnému kotvení nenavrhují. Lineární vedení předpětí většinou v místech nejvyšší excentricity (maximální využití předpětí), může mít za následek riziko vzniku trhlin na opačném povrchu průřezu. Jedná se zejména o oblasti uložení, kde již prvek není namáhán takovými momenty. Riziko vzniku tahu v krajních vláknech lze omezit separací výztuže v místech podpor. Pomocí odstupňované separace jednotlivých lan dosáhneme optimálního využití předpětí bez rizika vzniku tahu v betonovém prvku.

Pokud dodáme předpětí až po vybetonování prvku, mluvíme o tzv. dodatečně předpjatém betonu. Oproti předem předpjatému betonu je výztuž tvořená většinou soustavou lan, které jsou sdružovány do tzv. kabelů, které se mohou sestávat v některých případech například až z 55 lan. Výztuž je v betonu vedena předem zabetonovanými plastovými či kovovými kabelovými kanálky, které mají kromě vedení výztuže v prvku zabezpečit také ochranu kabelů proti korozi.

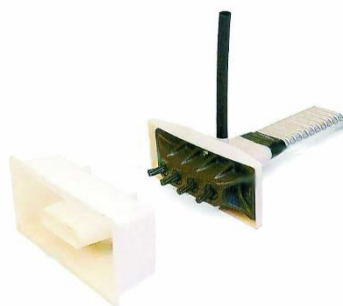


Obr. 73 - Princip výroby dodatečně předpjatých prvků [10]

Vzhledem k technologickému pojetí vnesení síly až po vybetonování prvku vzniká problém s ukotvením vnesených sil. Síla vnesená napnutím lan pomocí hydraulických předpínacích pistolí musí být ukotvena a vnesena do konstrukce pomocí kotev z vysokopevnostní oceli. Nevýhodou je v tomto případě lokální vnesení vysokých napětí v oblasti kotev, které nám způsobuje značnou příčnou napjatost podkotevní oblasti, kdy může dojít až k roztržení oblasti působením příčných tahů. Tuto oblast je tedy nutné vyztužit buď ovinutím spirálou či mříží z betonářské výztuže.



Obr. 74 - Ocelová kotva pro vícelanový kotevní systém [51]



Obr. 75 - Vícelanový kotevní systém pro deskové systémy [51]

### 4.3 ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ/ZMĚNY PŘEDPĚTÍ

Problémem návrhu předpínaných betonů je také nerovnoměrné rozložení předpínací síly, jak po délce kabelu, tak v čase. Kdy je předpínací výztuž vystavená ztrátám napětí, kdy podle Hookova zákona jakékoliv zkrácení výztuže vede ke ztrátě předpínacího napětí. Ztráty v předpětí dělíme podle doby na ztráty okamžité (výrobní) a ztráty dlouhodobé (provozní).

K okamžitým ztrátám dochází při napínání výztuže až po její zakotvení. Jedná se především o ztráty:

- třením
- pokluzem v kotvě
- okamžitým pružným přetvořením betonu
- postupným předpínáním
- krátkodobou relaxací předpínací výztuže
- přetvořením napínacího zařízení
- způsobené rozdílem teplot předpínací výztuže a opěrného zařízení
- otláčením betonu

**Ztráta třením** - Nastává při kontaktu předpínací výztuže se stěnou kabelového kanálku, kdy záleží zejména na zakřivení kanálu kabelové dráhy a tím vyvozené tlakové síle na stěnu kanálku. K této ztrátě dochází zejména u konstrukcí dodatečně předpínaných.

**Ztráta pokluzem v kotvě** - Je způsobena technologií kotvení, kdy při zakotvení napnuté výztuže dochází k pokluzu kotevních kuželíků v kotevní objímce, což má za následek zkrácení výztuže a tím ztrátu části jejího napětí.

**Ztráta okamžitým pružným přetvořením betonu** - Každé vnesení předpínacího normálového napětí má vliv na deformaci prvku. Tato ztráta se projevuje zejména u betonu předem předpjatého, kdy uvolnění výztuže po betonáži prvku, vede k jeho skokovému zkrácení a částečné deformaci prvku. U dodatečně předpínané konstrukce se tato ztráta eliminuje postupným dopínáním výztuží.

**Ztráta postupným předpínáním** - Projevuje se u dodatečně předpínaných prvků s více kabely. Je způsobena technologií, kdy nelze předpínat všechny kabely najednou, ale dochází k postupnému

předpětí a kotvení výztuže. Vzhledem k tomuto problému je při návrhu dodatečně předpínaných prvků definovat postup pořadí jednotlivých předpínacích kabelů.

**Ztráta krátkodobou relaxací předpínací výztuže** - Z hlediska krátkodobých ztrát je zahrnuta relaxace výztuže před vnesením předpínací síly. Detailněji je relaxace popsána u dlouhodobých ztrát.

**Ztráta přetvořením předpínacího zařízení** - Dochází k ní u předem předepjatých prvků, kdy dochází k deformaci nedostatečně tuhých kotevních bloků vlivem vneseného předpětí.

**Ztráta způsobená rozdílem teplot předpínací výztuže a opěrného zařízení** - Tato ztráta vzniká také u prvků předem předepjatých, kdy používáme proteplování jako prostředek pro urychlení tvrdnutí betonu. Tepelná roztažnost má za následek protažení výztuže a sní spjatou ztrátu napětí.

**Ztráta otláčením betonu** - Tato ztráta se projevuje u konstrukcí předpínaných ovíjením a u konstrukcí s malým poloměrem vinutí. Výslednice tlakových sil má za následek zatlačování výztuže do betonu, což se projevuje zmenšením poloměru (zkrácení výztuže).

Ztráty, které vznikají až po zakotvení předpínací výztuže, nazýváme ztrátami dlouhodobými. K těmto ztrátám dochází po celou životnost prvku, ale rozložení jejich velikosti je časově závislé. Mezi dlouhodobé ztráty řadíme ztráty:

- relaxací předpínací výztuže
- dotvarováním a smršťováním betonu

**Ztráta relaxací předpínací výztuže** - Ke ztrátě dochází od okamžiku napnutí a zakotvení výztuže po tzv. konečnou ztrátu předpětí relaxací v čase 500 000 h (cca 57 let). Její velikost lze snížit užitím lan s nízkou relaxací či „podržení“ konstantního napětí při napínání po dobu cca 5 minut, čímž dojde ke značné redukci kapacity relaxace v čase

**Ztráty dotvarováním a smršťováním betonu** - Tyto ztráty patří mezi majoritní složku celkových ztrát. Dotvarování betonu má za následek deformaci prvku a smršťování zkracování prvku jako celku. Důsledkem kombinace těchto dvou jevů dochází ke značnému zkrácení předpínací výztuže, které se opět projevuje snížením její napjatosti.

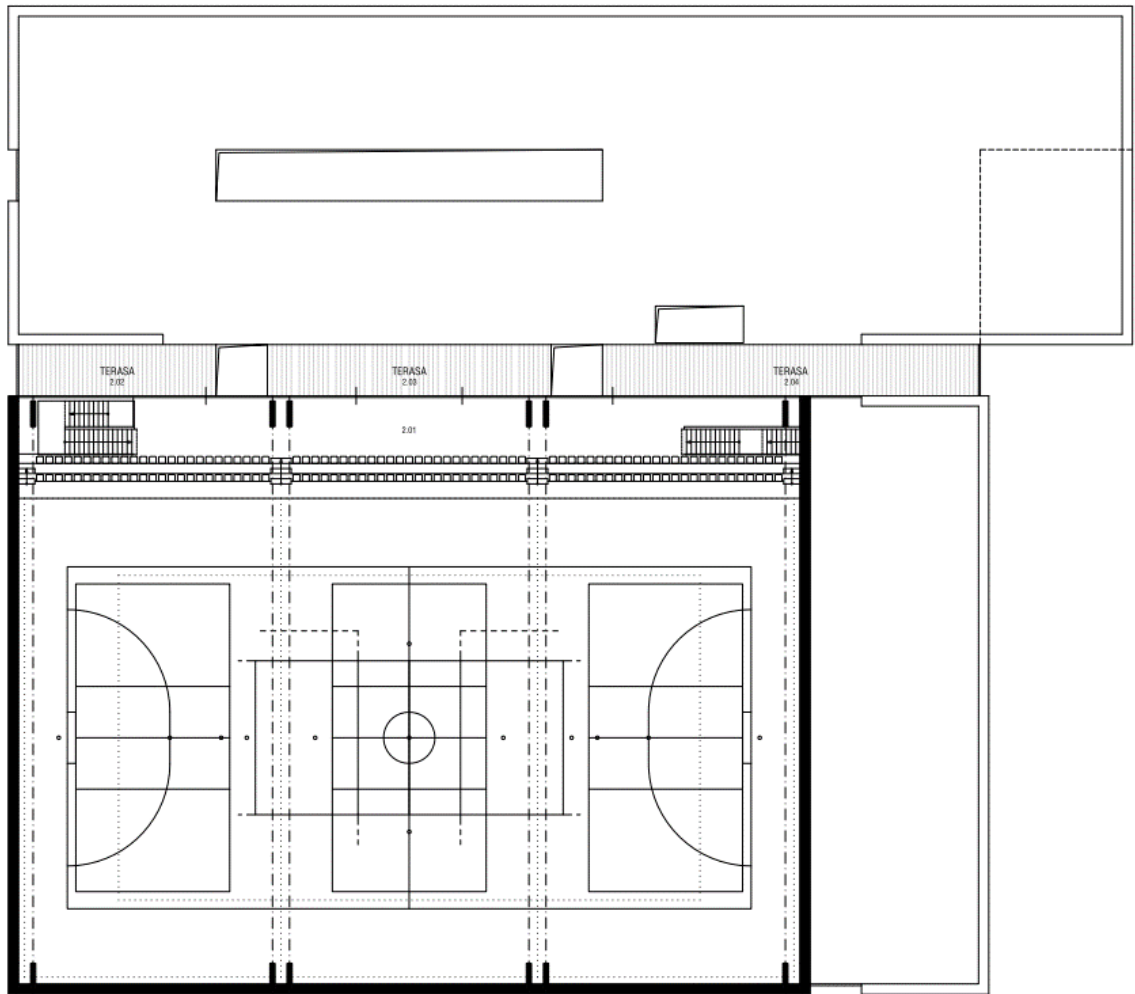
Při prvotním návrhu prvku se volí ztráty předpětí přibližně mezi 15 a 25%, vždy vzhledem k typu a tvaru prvku a vyztužení. Tento předpoklad má poskytnout prostor pro spolehlivý návrh předpínací výztuže.

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍ HALY

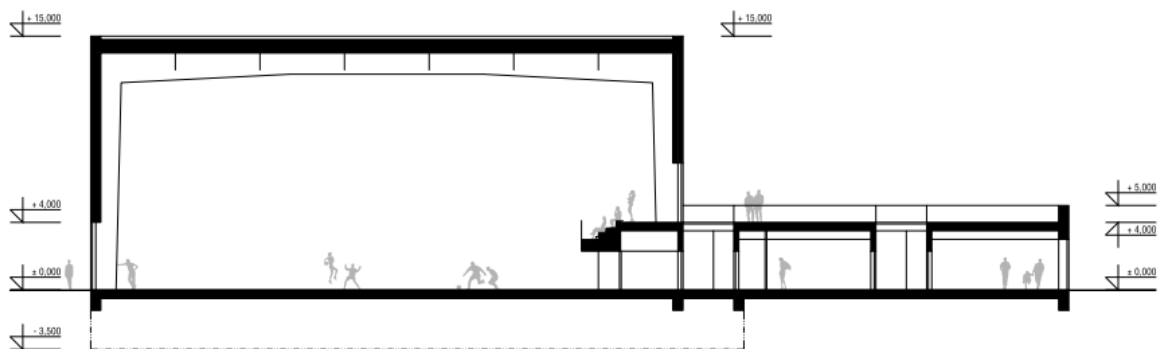
---

V této části práce se budeme zabývat variantním návrhem zastřešení sportovní haly v Sušici. Hala je součástí většího sportovního komplexu, ve kterém se kromě řešené halové části nachází také restaurace, běžecká dráha, squashové kurty, lezecká stěna, šatny a sociální a technické zázemí objektu. Konstruktivní systém je tvořen svíslými monolitickými stěnami a sloupy a vodorovnými monolitickými ŽB stropy. Halová část se snaží materiálově navázat na přilehlou konstrukci.



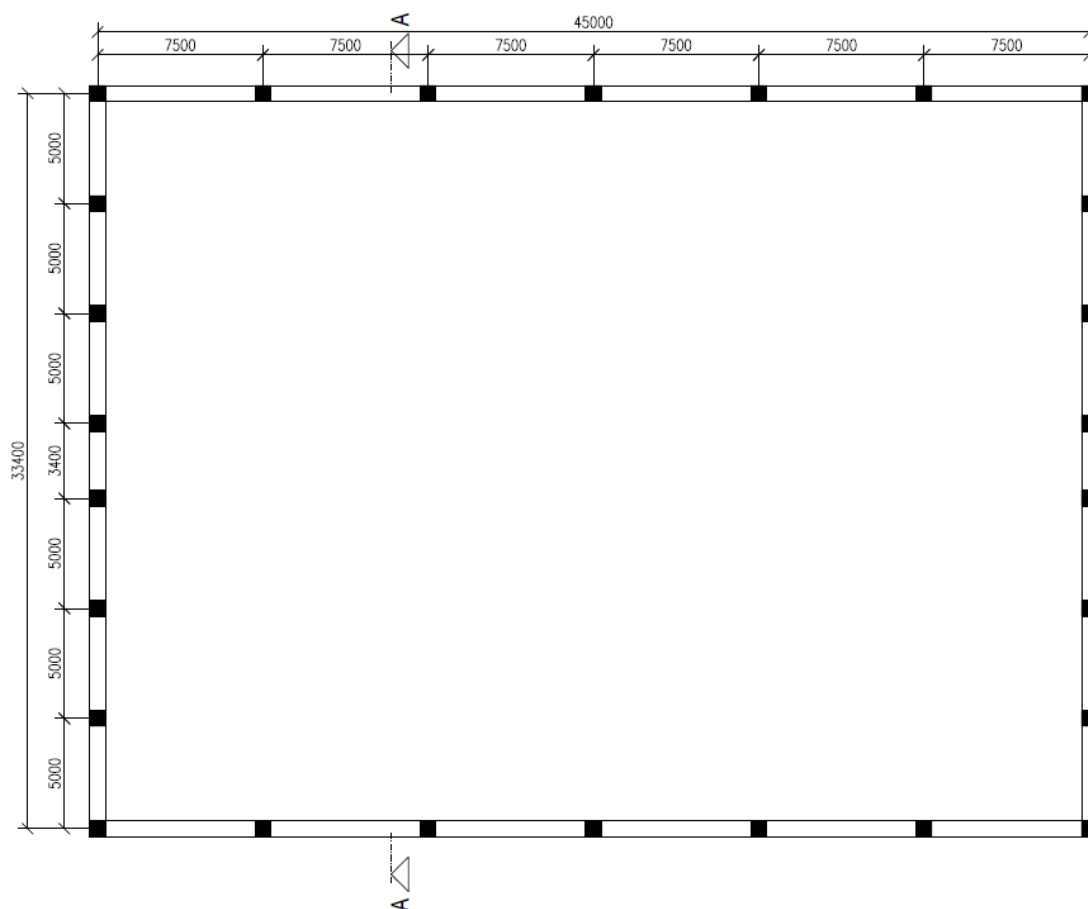


Obr. 76 - Půdorys sportovního komplexu [53]



Obr. 77 - Řez sportovním komplexem [53]

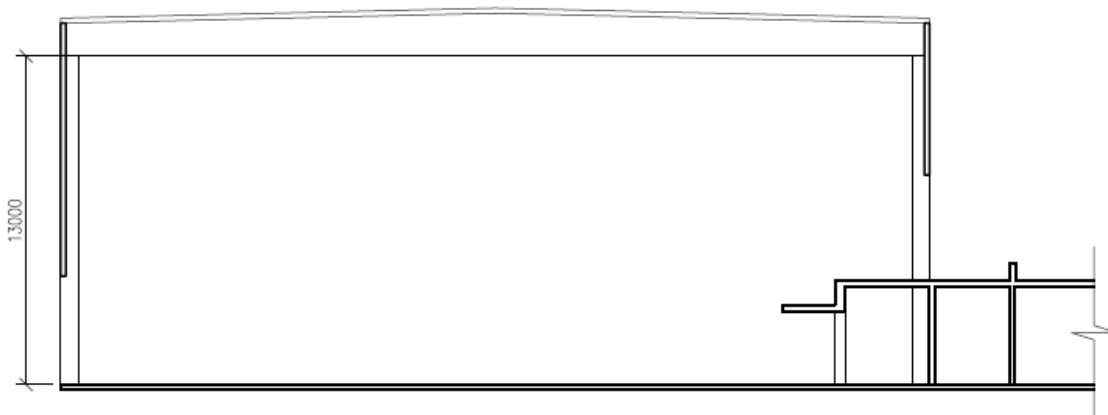
## 5.1 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ



Obr. 78 - Schématický půdorys

Hala má půdorysné rozměry 34,4 x 45 metrů a výšku 15 metrů (dimenze herní plochy umožňuje souběžnou hru na třech volejbalových hřištích orientovaných napříč s dostatečnými odstupy pro rekreační hru dle pravidel). Konstrukce je na severní straně propojena s konstrukcí železobetonové tribuny a na straně východní navazuje na podsklepenou část objektu se squashovými kurty a horolezeckou stěnou - viz Obr. 76 a 79.

## ŘEZ A-A



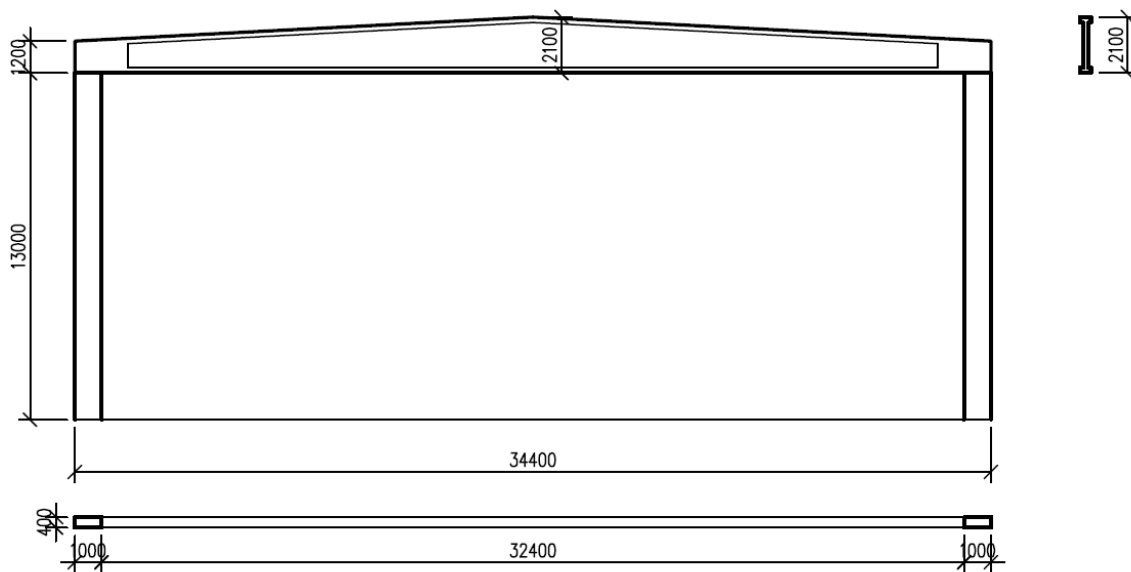
Obr. 79 - Schématický řez

Konstrukční řešení předpokládá rozmístění sloupů po obvodu půdorysu s osovou vzdáleností 7,5 metru ve směru podélném a 5 metry ve směru příčném. Nosný systém zastřešení je dvouступňový (1-vazník, 3-deska). Práce se zabývá zejména návrhem hlavních betonových nosných prvků (1-vazník) různého statického působení.

## 5.2 VARIANTA Č.1 - SEDLOVÝ VAZNÍK

Konstrukce zastřešení první varianty se skládá ze sedlových vazníků kladených na sloupy. Tvarově byly zprvu zamýšlené dvě varianty. Varianta 1A je tvořena sedlovým vazníkem (sklon 3%) s vylehčením ve středové části s uložením do kapes sloupů.

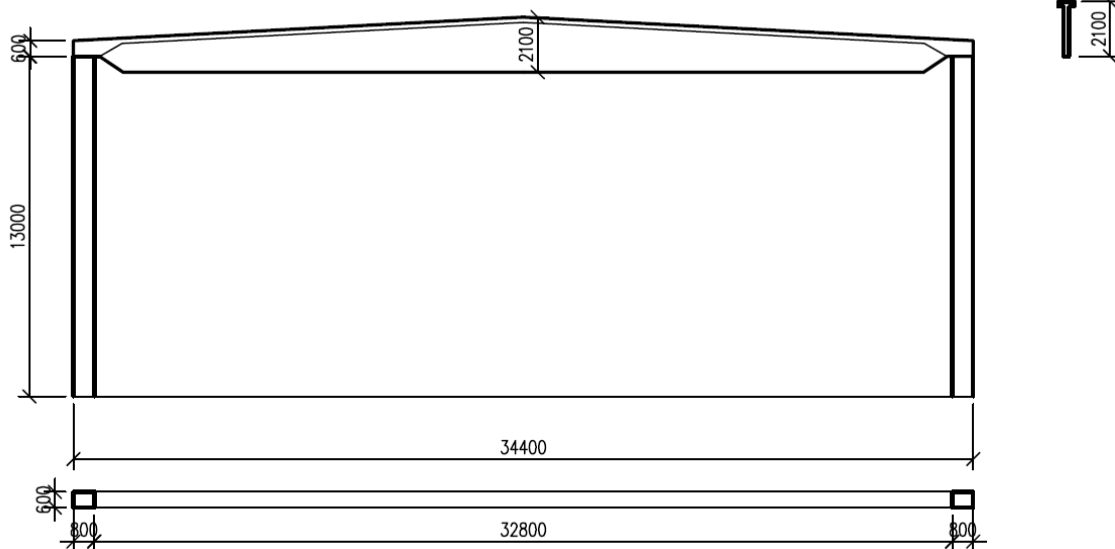
### VARIANTA 1A



Obr. 80 - Schéma varianty 1A

Varianta 1B počítá se sedlovým vazníkem tvaru T se sníženou výškou v uložení. Výhodou této varianty je zejména stabilita uložení vazníků při montáži, neboť se těžiště vazníku nachází pod úrovní úložné plochy.

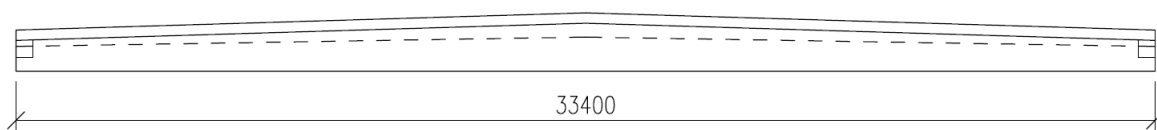
VARIANTA 1B



Obr. 80 - Schéma varianty 1B

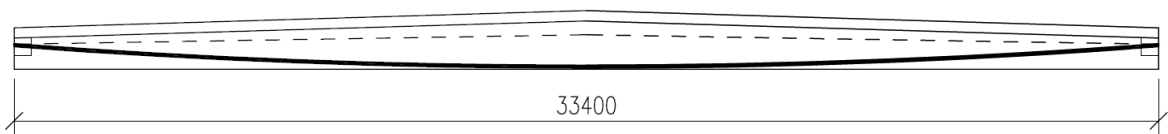
### 5.2.1 Vazník

Navržený vazník vychází z kombinace obou prvotních variant. Jedná se dodatečně předpjatý vazník T průřezu s proměnnou výškou 1200 - 1700 mm (sklon 3%). Vazník je v místě sloupových podpor uložen do kapes na pryžové ložiska.



Obr. 80 - Schéma vazníku

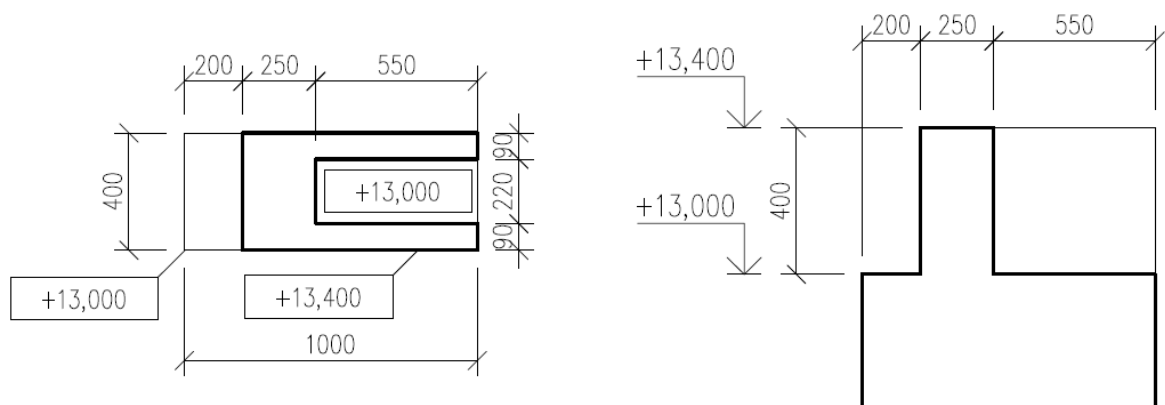
Délka vazníku je 33,4 metru, což vzhledem k lokalitě umístění stavby (Sušice), omezovalo využití technologie předem předpínaného betonu. Betonáž vazníku bude prováděna v místě stavby s vnesením předpětí až po vyzrání betonu (po 28 dnech). Navrženo je 9 předpínacích lan sdružených do předpínacího kabelového kanálku parabolického tvaru - viz Obr. 81. Lana jsou zakotvena na obou stranách do ocelových kotev. Kotvy se nachází v rozšířené části vazníku, v místech uložení na sloupy.



Obr. 81 - Geometrie kabelového kanálku

### 5.2.2 Sloup

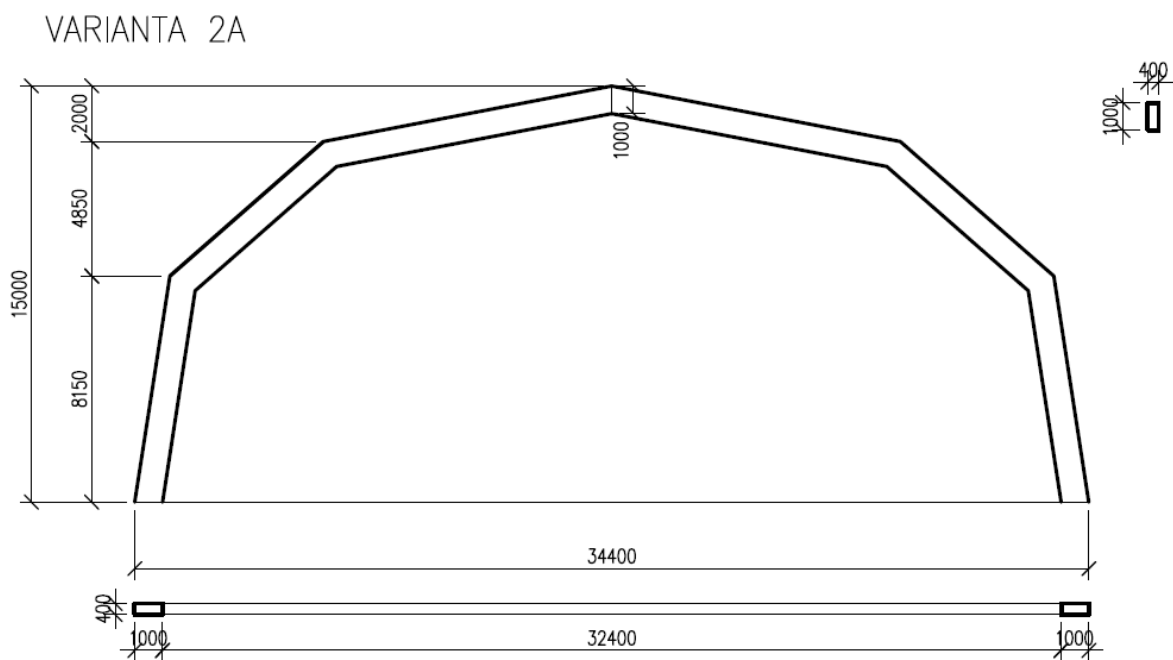
Sloup výšky 13 metrů je zakončen kapsou pro uložení vazníku, plochou pro uložení průvlastku propojujícího jednotlivé sloupy a dostatečným prostorem pro kotevní zařízení - viz Obr. 82. Navržené rozměry 400 x 1000 mm zaručují, jak dostatečnou únosnost sloupu, tak dostatečný prostor pro uložení všech prvků na jeho zhlaví.



Obr. 82 - Schéma zhlaví sloupu

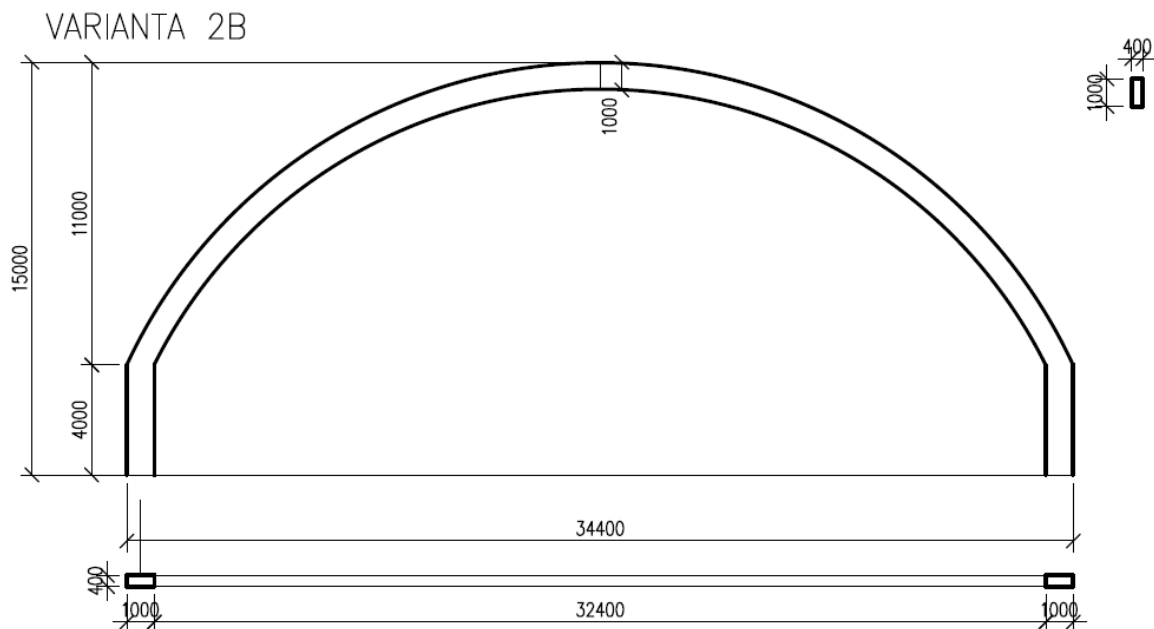
### 5.3 VARIANTA Č.2 - OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE

Druhou variantou zastřešení je konstrukce železobetonových monolitických rovinných oblouků doplněných monolitickými deskami tvořící střešní plášť. Varianta 2A je tvořena lomeným obloukem, který lépe využívá vnitřní prostředí (konstrukce od země strměji stoupá a méně zasahuje do herního prostoru).



Obr. 83 - Schéma varianty 2A

Varianta 2B se skládá z prostého oblouku, který lépe kopíruje tvar výslednicové čáry a má za následek vznik menších ohybových momentů na konstrukci oblouku.

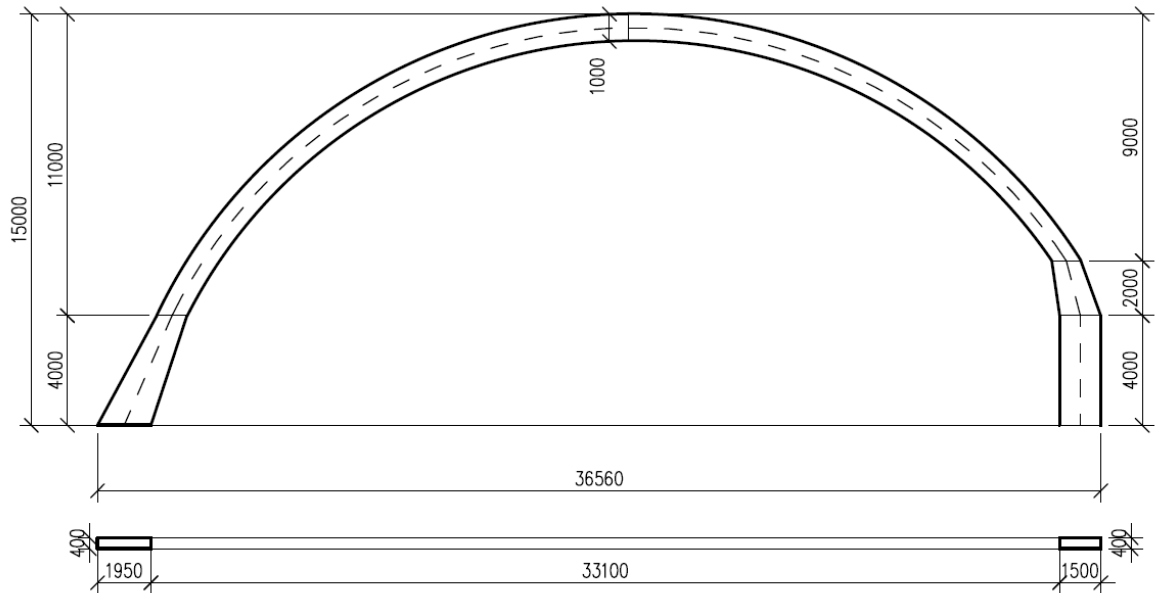


Obr. 84 - Schéma varianty 2B

### 5.3.1 Rovinná oblouková konstrukce

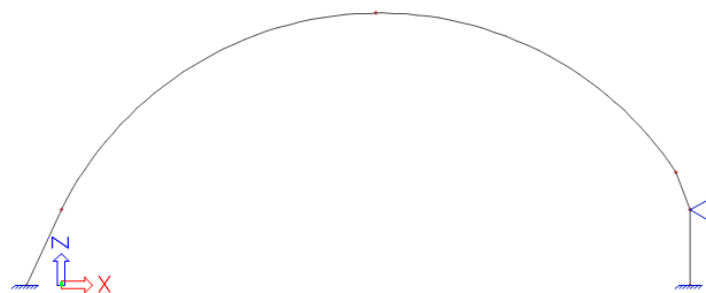
Výsledná varianta je inspirována zejména variantou 2b. Navržen je monolitický oblouk kruhového tvaru a obdélníkového průřezu 400 x 1000 mm. V levé části je oblouk podporován šikmým

sloupem s proměnným průřezem (průřez sloupu se zvětšuje směrem k základům až do velikosti kolmého průřezu 400 x 1800 mm).



Obr. 85 - Schéma rovinné obloukové konstrukce

Pravou část tvoří přímý sloup obdélníkového průřezu 400 x 1500 mm. Konstrukce oblouku je na této straně propojena s navazující konstrukcí monolitické tribuny a monolitických stropů. Při modelování byla tato skutečnost zohledněna jako podpora ve vodorovném směru (sloup není v tomto případě namáhán tak výraznými ohybovými momenty) - viz Obr. 86. Sloup a oblouk je propojen šikmým sloupkem proměnného průřezu, který vytváří ozub mezi obloukem a šikmým sloupkem, důvodem je zabezpečení dostatečné průchodnosti na přiléhající tribuně.



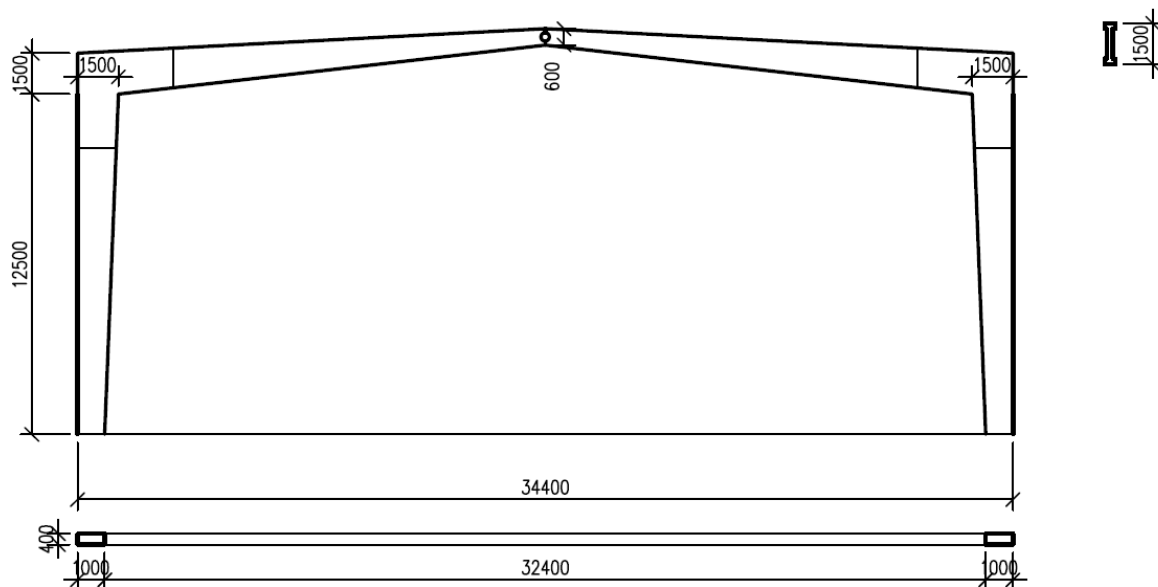
Obr. 86 - Výpočetní model obloukové konstrukce

#### 5.4 VARIANTA Č.3 - RÁMOVÁ KONSTRUKCE

Třetí variantou je prefabrikovaná konstrukce rámová, navržená zpočátku také ve dvou variantách. Varianta 3A se skládá ze dvou kloubově propojených rámců s proměnnou výškou průřezu (v místě

rámového rohu výška 1500 mm). Varianta počítá s rozložením poloviny rámu na tři samostatné díly (sloup, rámový roh a horní příčel), které budou šroubově propojeny pomocí styčnickových desek.

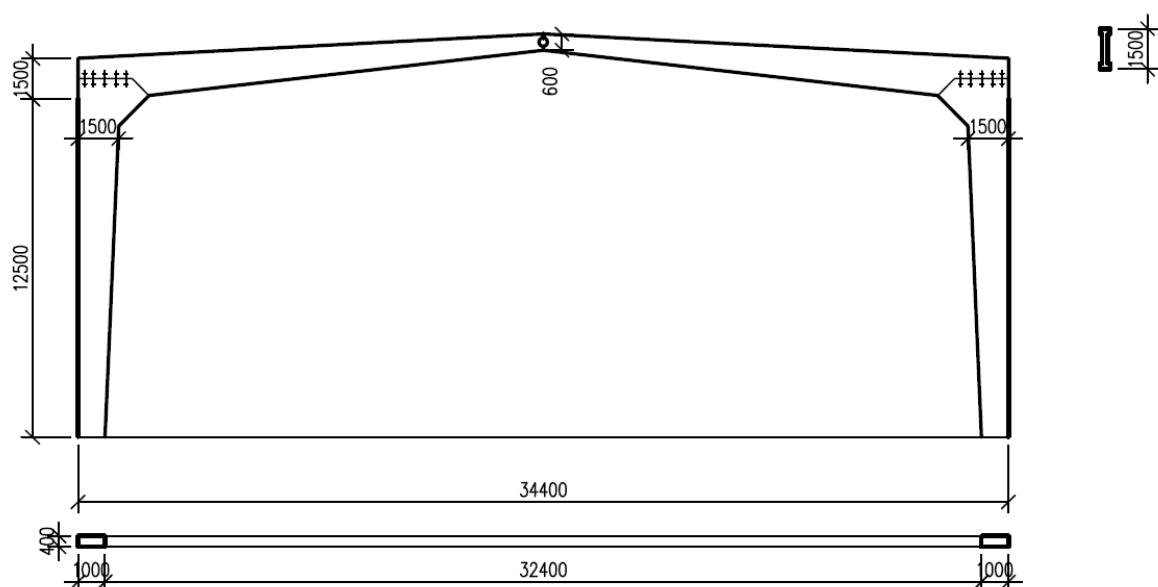
### VARIANTA 3A



Obr. 87 - Schéma varianty 3A

Varianta 3B počítá na rozložení poloviny rámu na dvě části (sloup a příčel). Propojení sloupu a příčle je u této varianty v oblasti rámového rohu. Příčel bude napojena na rozšířené zhlaví sloupu pomocí styčnickového plechu na vnitřní straně konstrukce a sešroubována na straně druhé, aby bylo dosaženo dostatečné momentové únosnosti.

### VARIANTA 3B

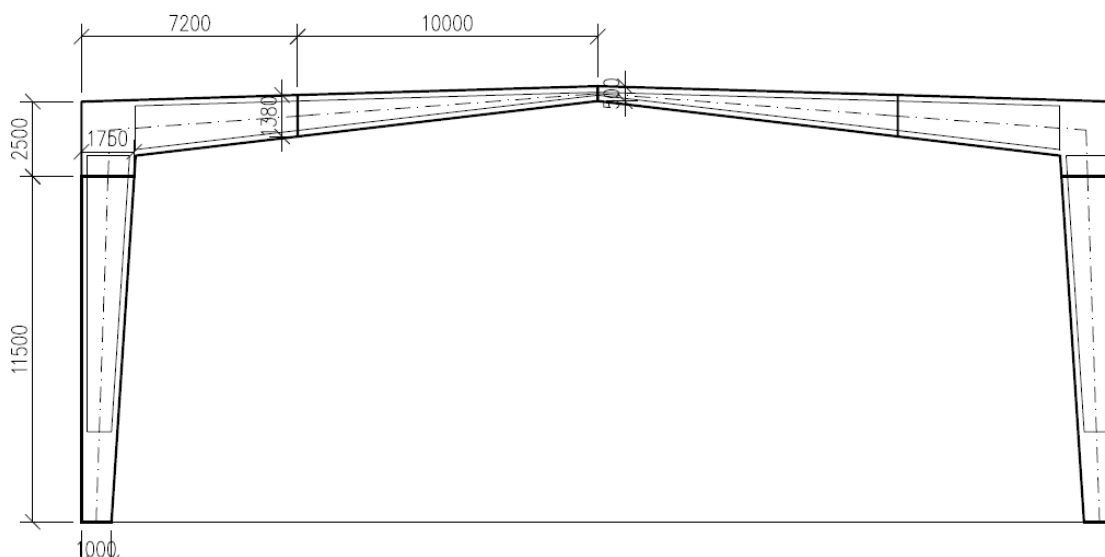


Obr. 88 - Schéma varianty 3B



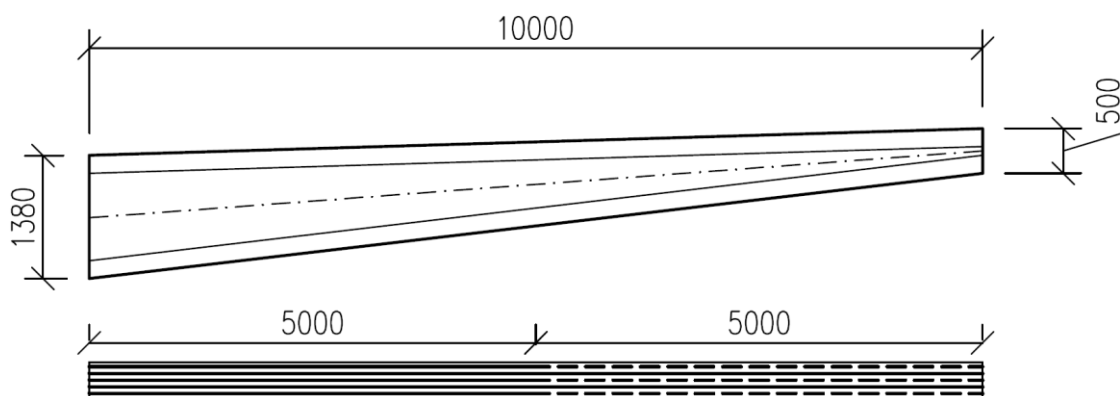
### 5.4.1 Rovinná rámová konstrukce

S ohledem na horší dopravní dostupnost byla vybrána varianta 3A. Konstrukce je rozložena na tři menší prefabrikované dílce (sloup, rámový roh a horní příčel), které jsou vhodnější k přepravě na stavbu. Výhodou této varianty je také propojení jednotlivých dílců mimo oblast rámového rohu (toto propojení bývá vzhledem k velkým ohybovým momentům velmi technologicky náročné). Jednotlivé dílce budou provedeny jako prefabrikáty s různým stupněm předpětí.

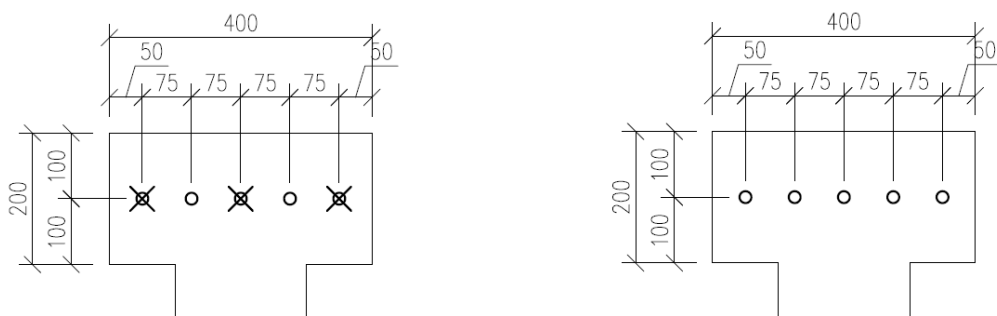


Obr. 89 - Schéma rovinné rámové konstrukce

Dílec č.1 (horní příčel) je 10 metrů dlouhý proměnné výšky 1380 - 500 mm průřezu tvaru písmene I. U horního okraje je navrženo 5 předpínacích lan se separací 3 lan do vzdálenosti 5 metrů (separované kabely vyznačeny čárkovaně) - viz Obr. 90 a 91.

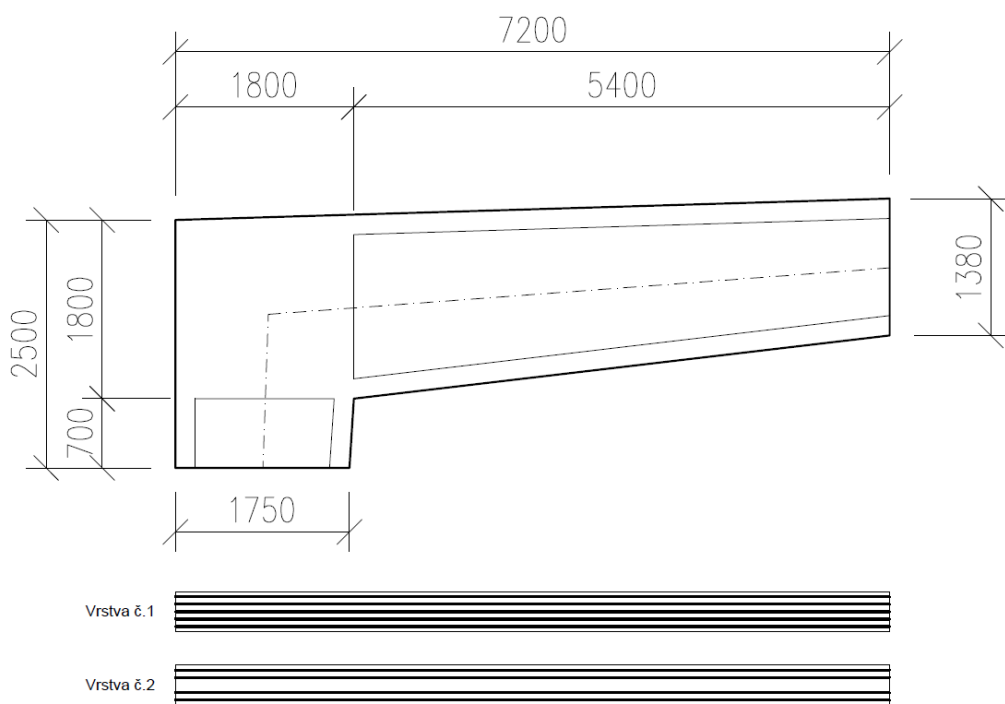


Obr. 90 - Schéma horní příčle, separace lan

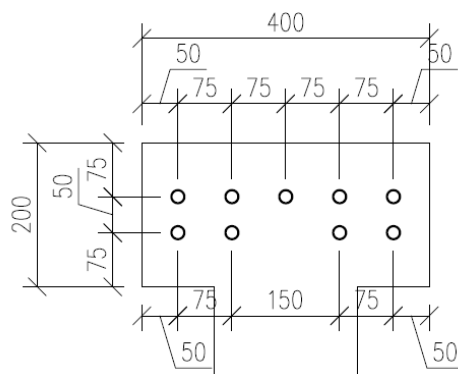


Obr. 91 - Separace lan a uspořádání lan v průřezu

Dílec č.2 (rámový roh) je 7,2 metru dlouhý a 2,5 metru vysoký. Průřez plného obdélníkového tvaru nalezneme v oblasti rámového rohu, v ostatních částech je tvar opět vylehčen na průřez tvaru písmene I. U horního povrchu je navrženo 9 předpínacích lan rozdělených do dvou vrstev.

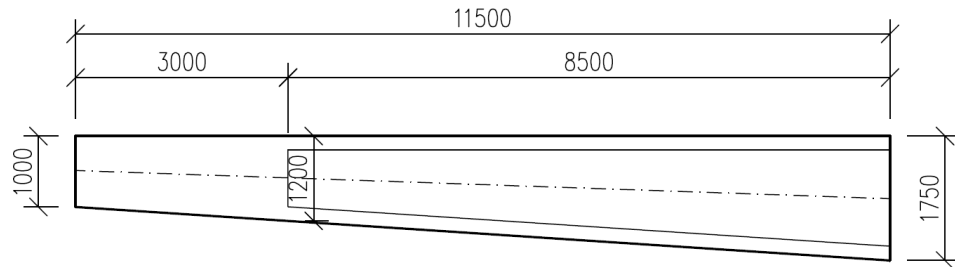


Obr. 92 - Schéma rámového rohu, uspořádání lan



Obr. 92 - Uspořádání lan v průřezu

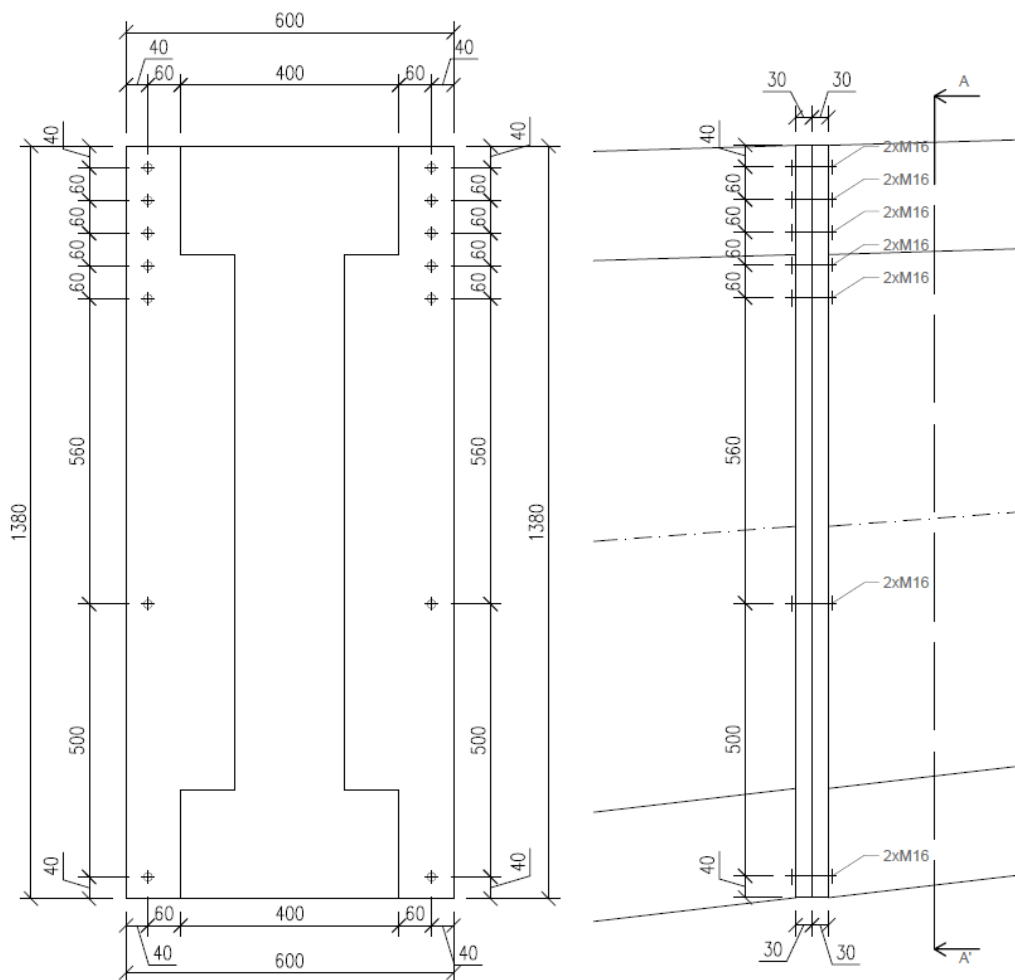
Dílec č.3 (sloup) je dlouhý 11,5 metru a má proměnnou výšku 1000 - 1750 mm. Spodní část je tvořena obdélníkovým průřezem tloušťky 400 mm, který po 3 metrech následuje vylehčení na průřez tvaru písmene I.



Obr. 93 - Schéma sloupu

#### 5.4.2 Montážní přípoje

Propojení jednotlivých dílců je realizováno šroubovými přípoji přes čelní desky. Užity jsou desky tloušťky 30 mm a šrouby jakosti 8.8, nepředepnuté.



Obr. 93 - Schéma montážního přípoje

## 6 ZÁVĚR

---

V první části práce byly shrnuty základní konstrukční varianty halových konstrukcí v závislosti na navrhovaném rozpětí a statickém působení konstrukce. Cílem bylo vyzdvihnout výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních uspořádání a o porovnání jednotlivých materiálových řešení ve vztahu ke tvaru konstrukce.

Pro betonové konstrukce středněrozponových hal se užívají zejména předem předpjaté vazníky různých průřezů a obloukové konstrukce. Předpjaté vazníky jsou užívány zejména u novostaveb velkých skladovacích či technických provozů. Obloukové konstrukce nacházíme u straších konstrukcí mokrého provozu (vodárenské technologie, plavecké bazény). Užití betonových rámu je zejména pro menší rozpory a není v současné době příliš využíván.

V rámci konstrukční části práce byly navrženy 3 konstrukční varianty zastřešení vybrané sportovní haly. Všechny konstrukční varianty jsou navrženy jako betonové, liší se statickým působením a užitou technologií. Návrh a výpočty byly prováděny pomocí statických softwarů (verze dostupné pro studenty) a pomocí vlastnoručně vyrobených výpočetních programů.

První konstrukční varianta byla navržena jako dodatečně předpjatý vazník T průřezu, uložený do kapes ve zhlaví sloupů. Výhodou této konstrukční varianty je dobrá využitelnost vnitřního herního prostoru, jednoduchost výroby (rovné nosné prvky) a odolnost vůči nerovnoměrnému sedání.

Druhou konstrukční variantou je monolitický rovinný železobetonový oblouk doplněný monolitickými střešními deskami. Výhodou této varianty je užití nejjednodušší technologie (železobeton) a využití hlavních předností betonu (vysoká pevnost v tlaku). Nevýhodou je zejména pracnost bednicích prací, horší užitelnost vnitřního prostoru a citlivost konstrukce vůči vlivům sedání.

Třetí konstrukční variantou je předem předpjatá konstrukce rámová. Výhodou této varianty je vysoká míra prefabrikace, možnost rychlé montáže i případné demontáže. Nevýhodou je nižší tuhost ocelových spojů a jejich nižší požární odolnost.

Jednotlivé konstrukční varianty mají své přednosti a úskalí. Návrh jednotlivých prvků není zdaleka konečný, dále by se dalo pokračovat v optimalizaci jednotlivých konstrukčních variant, což by mělo za následek efektivnější užití konstrukce, snížení hmotnosti a nižší finanční náklady. Výběr konstrukční varianty by záležel zejména na bližších požadavcích investora.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

### Normy:

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [1.1] ČSN EN 1991 – 1 – 1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení
- [1.2] ČSN EN 1991 – 1 – 3 Zatížení konstrukcí – zatížení sněhem
- [1.3] ČSN EN 1991 – 1 – 4 Zatížení konstrukcí – zatížení větrem
- [2] ČSN EN 1992 – 1 – 1 Navrhování betonových konstrukcí – obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

### Použitá literatura:

- [3] ROJÍK, Václav, Zdeněk BILL a Václav BRABEC. *Konstrukce vícepodlažních a halových budov*. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-00793-6.
- [4] BILL, Zdeněk. *Konstrukce pozemních staveb 50: konstrukčně statická analýza vícepodlažních a halových objektů*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02575-6.
- [5] BILL, Zdeněk. *Ateliérová tvorba konstrukční - halové stavby*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1989. ISBN 80-01-00099-0.
- [6] WITZANY, Jiří. *Konstrukce pozemních staveb 70: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 978-80-01-02656-4.
- [7] HSU, Thomas T. C. a Yi-Lung MO. *Unified theory of concrete structures*. Chichester: Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-68874-8.
- [8] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [9] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí podle norem ČSN EN 1992 (Eurokódu 2)*. Praha: ČBS Servis, 2010. ISBN 978-80-87158-21-0.
- [10] FOGLAR, Marek, Michaela FRANTOVÁ a Pavel JIŘÍČEK. *Betonové konstrukce 3: navrhování betonových konstrukcí na MSP, úvod do předpjátého betonu*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04943-3.
- [11] DAL LAGO, Bruno a Liberato FERRARA. Efficacy of roof-to-beam mechanical connections on the diaphragm behaviour of precast decks with spaced roof elements. *Engineering Structures* [online]. 2018, 681-696 [cit. 2021-5-14]. ISSN 0141-0296. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.09.027>
- [12] SENTURK, Mehmet, Selim PUL, Alper ILKI a Iman HAJIRASOULIHA. Development of a monolithic-like precast beam-column moment connection: Experimental and analytical investigation. *Engineering Structures* [online]. 2020 [cit. 2021-5-14]. ISSN 0141-0296. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110057>
- [13] Doc. Ing. Vladimír Žďára, CSc. - Pozemní stavby 2 - Přednášky konstrukce pozemních staveb - krovky, halové a vícepodlažní budovy

- [14] Doc. Ing. Jitka Vašková, CSc. - Betonové konstrukce 2 - Přednášky prefabrikované konstrukce
- [15] Článek - Beton TSK - Několik centimetrů betonu. In: betontsk.cz [online], cit. 14.5.2021, Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2018-3-70.pdf>
- [16] Článek - Beton TSK - Prefabrikované nosníky uložené ozubem. In: betontsk.cz [online], cit. 14.5.2021, Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2019-2-52.pdf>
- [17] Článek - Beton TSK - Radosti a strasti prefabrikovaných konstrukcí. In: betontsk.cz [online], cit. 14.5.2021, Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2019-2-52.pdf>
- [18] 341/2002 Sb. Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-341>
- [19] Sportovní hala Plzeň | Taros Nova. *Dřevěné lepené konstrukce | Taros Nova* [online]. Dostupné z: <http://www.taros-nova.cz/sportovni-hala-plzen>
- [20] Dřevěné příhradové vazníky – výroba a montáž v Jihomoravském kraji. *Databáze firem, české firmy, vyhledávání firem | Evropská databanka* [online]. Copyright © Evropská databanka a.s. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.edb.cz/firma-573070-bast-cz-kurim/drevene-prihradove-vazniky-vyroba-a-montaz-v-jihomoravskem-kraji>
- [21] TECHNOLOGIE POSI-JOIST - MiTek Czech Republic. *Homepage - MiTek Czech Republic* [online]. Copyright © MiTek Česká republika 2021 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.mitek.cz/technologie-posi-joist/>
- [22] Pasivní tělocvična v Praze na Slivenci | Lekon TSK. *Lepené dřevěné konstrukce | Lekon TSK* [online]. Copyright © Lepené dřevěné konstrukce [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.lekon-tsk.cz/pasivni-telocvicna-v-praze-na-slivenci>
- [23] *Anderson Building Materials | Cantilever Racking | Cantilever Rack | Used Cantilever Racks | Floor Guide Angles* [online]. Copyright © 2016 cPanel, Inc. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <http://www.abmrack.com/structural-steel/#prettyPhoto>
- [24] Stavbaweb.cz – Sportovní hala v Kuřimi. *Stavbaweb.cz – odborný portál o architektuře a stavebnictví* [online]. Dostupné z: <https://www.stavbaweb.cz/sportovni-hala-v-kuimi-20227/clanek.html>
- [25] TZ: Industriální topografie. *Architektura konverzí 2005-2015 - Artalk.cz. Artalk.cz - Aktuálně o výtvarném umění* [online]. Copyright © COPYRIGHT 2007 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://artalk.cz/2014/12/11/tz-industrialni-topografie-architektura-konverzi-2005-2015/>
- [26] Prefabrikované skelety – KŠ PREFA. *KŠ PREFA – Výrobce betonových prefabrikovaných konstrukcí* [online]. Copyright © 2021 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://ksprefa.cz/produkty/pozemni-stavby/prefabrikovane-skelety/>
- [27] Tyčové prvky - PREFA PRAHA. *Úvod - PREFA PRAHA* [online]. Dostupné z: <https://www.prefa-praha.cz/tycove-prvky/>
- [28] Opakované havárie betonových předpínaných vazníků | Stavebnictvi3000.cz. *Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a*

- materiály* [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/opakovane-havarie-betonovych-predpinanych-vazniku>
- [29] Nejen mosty. Zhroucení hrozí v Česku stovkám hal s ocelovou výztuží, varují experti - Aktuálně.cz. *Zprávy - Aktuálně.cz* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. foto: Martina Marečková Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/nejen-mosty-zhrouceni-hrozi-v-cesku-stovkam-hal-s-ocelovou-v/r~13cb758af87f11e898daac1f6b220ee8/>
- [30] Rámové konstrukce Tlačené a rámové konstrukce Vladimír Žďára, FSV ČVUT Praha PDF Stažení zdarma. *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací.* [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/108064191-Ramove-konstrukce-tlacene-a-ramove-konstrukce-vladimir-zdara-fsv-cvut-praha-2016.html>
- [31] Dřevěná stavba roku | Zemědělská hala. *Nadace dřevo pro život* [online]. Copyright © Nadace dřevo pro život [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: [https://www.drevoprozivot.cz/drevena-stavba-roku/drevene-konstrukce-navrhy-2016/zemedelska\\_hala](https://www.drevoprozivot.cz/drevena-stavba-roku/drevene-konstrukce-navrhy-2016/zemedelska_hala)
- [32] FEMONT OPAVA s.r.o. - Skladová hala sběrného dvora. *FEMONT OPAVA s.r.o. - ocelové montované haly* [online]. Copyright © 2014 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.femont.cz/skladova-hala-sberneho-dvora/>
- [33] Ocelové haly | STEEL & HALL s.r.o.. *Montované haly STEEL & HALL s.r.o* [online]. Copyright © 2021 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.steel-hall.cz/ocelove-haly>
- [34] Rámové konstrukce Konstrukce zastřešení namáhané převážně tlakem Vladimír Žďára, FSV ČVUT Praha PDF Stažení zdarma. *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací.* [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/106314491-Ramove-konstrukce-konstrukce-zastreseni-namahane-prevazne-tlakem-vladimir-zdara-fsv-cvut-praha-2012.html>
- [35] eEQUILIBRIUM. *Block Research Group* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: [https://block.arch.ethz.ch/equilibrium/cases/waterloo\\_vs\\_berlin](https://block.arch.ethz.ch/equilibrium/cases/waterloo_vs_berlin)
- [36] Obloukový most nad rychlostní komunikací R1 u Nitra | ASB Portal. *ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys* [online]. Copyright © Jaga Media, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/mosty/obloukovy-most-nad-rychlostni-komunikaci-r1-u-nitry>
- [37] Nosná dřevěná střešní konstrukce tělocvičny v Zelenči | iMaterialy. *Portál pro odborníky ve stavebnictví – projektanty, stavaře z praxe, architekty i řemeslníky | iMaterialy* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/nosna-drevena-stresni-konstrukce-telocvicny-v-zelenci\\_43849.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/nosna-drevena-stresni-konstrukce-telocvicny-v-zelenci_43849.html)
- [38] Tenisová hala Jablonec nad Nisou. *Hotel Jablonec nad Nisou | Hotel Břízky* [online]. Copyright © All Rights Reserved [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.brizky.cz/tenisova-hala>
- [39] Střechy pro sportovní stavby - fotoProfinvestik s.r.o.. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2013 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <http://www.profinvestik.cz/foto-sportovni-stavby/nggallery/sportovni-stavby/bilovec>

- [40] HALY Svitap - Sportovní haly. *HALY Svitap - Český výrobce hal a stanů nejen pro průmyslové účely* [online]. Copyright © Copyright 2018. Všechna práva vyhrazena [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.haly-svitap.cz/index.php/mobilni-haly/sportovni-haly/>
- [41] Sportovní haly s konstrukčním systémem VEDE [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/14646-sportovni-haly-s-konstrukcnim-systemem-vede>
- [42] Muzeum pražského vodárenství. *PRAGUE CITY LINE - Poznej Prahu sám* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <http://www.praguecityline.cz/prazske-pamatky/muzeum-prazskeho-vodarenstvi>
- [43] Hallenbad Heselach x Google Maps on Behance. *Search projects | Photos, videos, logos, illustrations and branding on Behance* [online]. Copyright © 2006 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/82666545/Hallenbad-Heselach-x-Google-Maps>
- [44] Concrete Plant Precast Technology. [online]. Dostupné z: [https://www.bft-international.com/en/artikel/bft\\_New\\_carrousel\\_system\\_for\\_precast\\_element\\_production\\_in\\_China\\_2208665.html](https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_New_carrousel_system_for_precast_element_production_in_China_2208665.html)
- [45] Stropní panely Filigran – Prefa.cz. *Prefa.cz – ...jsme tam, kde stavíte* [online]. Copyright © 2019 Prefa Brno a.s. [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/stropy-a-stropni-panely-spiroll/stropni-panely-filigran/>
- [46] Přeprava vazníků » APB Plzeň - zemní práce, demolice, doprava a přeprava, autojeřáby. *APB - PLZEŇ a.s. » APB Plzeň - zemní práce, demolice, doprava a přeprava, autojeřáby* [online]. Copyright © 2021 [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.apb-plzen.cz/preprava-vazniku>
- [47] TP ČBS 06 upravuje pravidla pro použití transportních kotev a kotevních systémů betonových prvků | iMaterialy. *Portál pro odborníky ve stavebnictví – projektanty, stavaře z praxe, architektky i řemeslníky | iMaterialy* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/tp-cbs-06-upravuje-pravidla-pro-pouziti-transportnich-kotev-a-kotevnich-systemu-betonovych-prvku\\_47657.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/tp-cbs-06-upravuje-pravidla-pro-pouziti-transportnich-kotev-a-kotevnich-systemu-betonovych-prvku_47657.html)
- [48] Produkty | JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O.. *jpcz.cz | Jordahl & Pfeifer | JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O.* [online]. Dostupné z: <https://jpcz.cz/produkty/transportni-system/transportni-kotevni-system-system-kotev-s-kulovou-hlavou-wk-dr>
- [49] Produkty | JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O.. *jpcz.cz | Jordahl & Pfeifer | JORDAHL & PFEIFER STAVEBNÍ TECHNIKA, S.R.O.* [online]. Dostupné z: <https://jpcz.cz/produkty/transportni-system/transportni-kotevni-system-system-lanovych-kotev-bs>
- [50] Atypické prefabrikované haly pro průmysl. In: *casopisstavebnictvi.cz* [online]. Copyright © [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-atypicke-prefabrikovane-haly-pro-prumysl.html>
- [51] Dodatečné předpínání - Kotvy | VSL. *VSL* [online]. Copyright © VSL SYSTEMS [cit. 14.05.2021]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/dodatecne-predpinani/2-kotvy/>



- [52] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06032-2.
- [53] Stavbaweb.cz – Nová víceúčelová sportovní hala v Sušici. *Stavbaweb.cz – odborný portál o architektuře a stavebnictví* [online]. Dostupné z: <https://www.stavbaweb.cz/nova-viceuelova-sportovni-hala-v-susici-22568/clanek.html>

**Programy:**

- [54] SCIA Engineer 19.1 64bit, studentská verze
- [55] Autodesk AutoCAD 2018, studentská verze
- [56] SCIA Concrete Section 19.1 64bit, studentská verze
- [57] Microsoft Office 365, studentská verze