



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

SPORTOVNÍ HALA

SPORT HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Radim Filip

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Horáček, Ph.D.

BRNO 2025

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je variantní návrh a posouzení zvolené konstrukce sportovní haly. Jedná se o objekt obdélníkového půdorysu o rozměrech 45,00 x 68,75 m. Jednotlivé příčné vazby jsou navrženy po 6,25 m. Součástí ocelové konstrukce haly jsou také nosné prvky tribun. Válcová střecha dosahuje ve svém vrcholu výšky 17,00 m.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sportovní hala, ocelová konstrukce, zatížení konstrukce, vnitřní síly, stabilita, tribuny, návrh detailů, kotvení, statické posouzení

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is a variant design and assessment of the chosen structure of the sport hall. It is a rectangular building with dimensions of 45.00 x 68.75 m. Transverse ties are designed every 6.25 m. The steel structure of the hall also includes the supporting elements of the stands. The cylindrical roof reaches a height of 17.00 m.

KEYWORDS

Sport hall, steel structures, structural load, inner strength, stability, stands, detail design, anchoring, structural assessment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FILIP, Radim. *Sportovní hala*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí Ing. Martin Horáček, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Sportovní hala* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2025

Radim Filip
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Sportovní hala* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2025

Radim Filip
autor

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Horáčkovi Ph.D. za cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu během studia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

SPORTOVNÍ HALA

SPORT HALL

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Radim Filip

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Horáček, Ph.D.

BRNO 2025

Obsah:

1	Základní informace.....	4
2	Úvod.....	4
3	Varianty příčné vazby	4
3.1	První varianta:.....	5
3.2	Druhá varianta:.....	5
3.3	Třetí varianta:.....	5
3.4	Čtvrtá varianta:.....	5
4	Geometrie konstrukce zvolené varianty.....	7
4.1	Půdorys střechy	7
4.2	Příčný řez	7
4.3	Axonometrie	8
5	Popis konstrukce.....	8
5.1	Konstrukce haly.....	8
5.2	Konstrukce tribun.....	9
5.2.1	Návrh rozměrů tribun.....	9
6	Zatížení.....	10
6.1	Zatížení stálá.....	11
6.1.1	ZS1 – Vlastní tíha.....	11
6.1.2	ZS2 – Ostatní stálé	11
6.2	Zatížení proměnná.....	11
6.2.1	ZS3 – Sníh plný	11
6.2.2	ZS4 – Sníh navátý.....	11
6.2.3	ZS5 – Sníh navátý (rozmístění dle národní přílohy)	12
6.2.4	ZS6 – Vítr příčný	12
6.2.5	ZS7 – Vítr podélný.....	12
6.2.6	ZS8 – Užité	12
6.3	Stabilitní síly	13
6.3.1	ZS9 – Stabilitní síly – tlak.....	13

6.3.2	ZS10 – Stabilitní síly – sání	13
7	Konstrukční řešení	13
8	Kotvení	15
8.1	Kotvení K1	15
8.2	Kotvení K2	15
8.3	Kotvení K3	15
8.4	Kotvení K4	15
9	Protipožární ochrana	16
10	Antikorozní ochrana	16
11	Údržba konstrukce	16
12	Výroba, doprava a montáž.....	16
13	Materiál	17
14	Seznam příloh	18
15	Seznam použitých softwarů	18
16	Seznam použitých zdrojů.....	19

1 Základní informace

- Umístění stavby: Letohrad, okres Ústí nad Orlicí
- Účel stavby: Sportovní hala
- Půdorysné rozměry: 45,00 m x 68,75 m
- Výška konstrukce: 17,00 m
- Použitý materiál: Ocel S235 JR
Šrouby 10.9
Kotevní závitové tyče 8.8
Beton C40/50
- Třída provedení: EXC3

2 Úvod

Cílem diplomové práce je navrhnout a posoudit ocelovou konstrukci sportovní haly obdélníkového půdorysu o rozměrech 45,00 x 68,75 m. Součástí konstrukce jsou také tribuny. Na jedné straně klasická šikmá tribuna pro sedící diváky, na straně druhé se jedná spíše o ochoz pro stojící diváky doplněný 2 řadami sedadel. Pod ním vzniká prostor pro podélnou chodbu a místo mezi jednotlivými vazbami bude vyplněno šatnami.

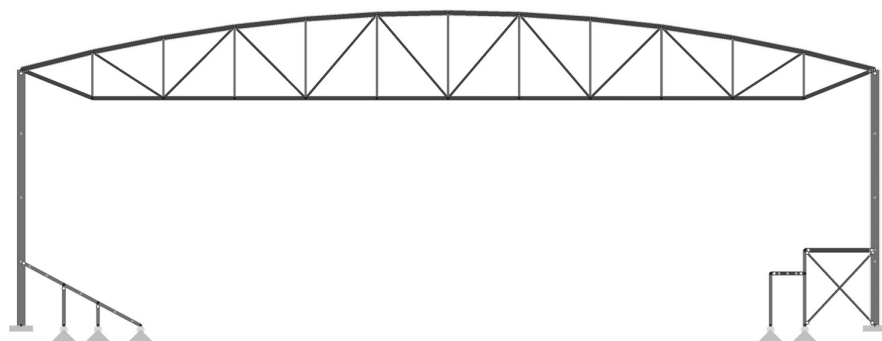
Navržený objekt je situován do města Letohrad v okrese Ústí nad Orlicí, kde se o podobné stavbě v minulosti již několikrát uvažovalo. Sportoviště by mělo sloužit výhradně florbalu, který se zde těší velké popularitě. Je ale určeno samozřejmě i pro další sporty jako volejbal, basketbal, futsal...

V samotné práci jsou nejprve zpracovány 4 varianty řešení příčné vazby. Všechny tyto možnosti byly spočítány v rovině a následně podrobeny multikriteriálnímu hodnocení. Z něho vyplynula vítězná varianta, která byla spočtena na prostorovém modelu včetně vybraných detailů a kotvení. Byla pro ni také zpracována technická dokumentace doplněná i o vizualizace pro lepší představu investora o výsledném vzhledu stavby.

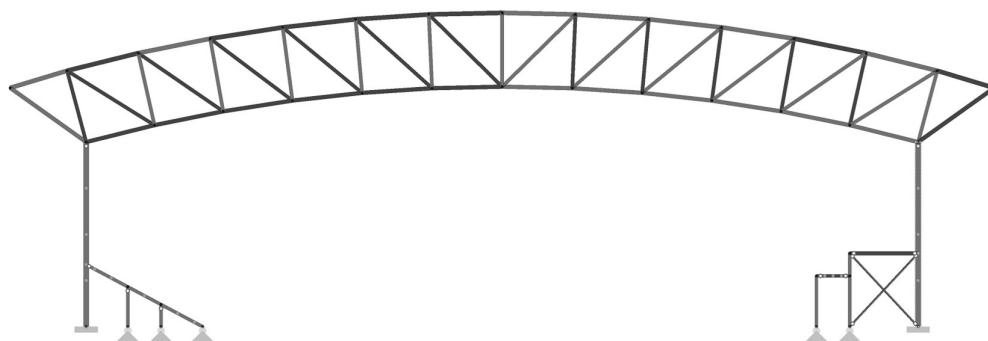
3 Varianty příčné vazby

Konkrétní popis a výpočet jednotlivých variant je součástí práce – příloha A. Zde budou pouze schematicky naznačeny.

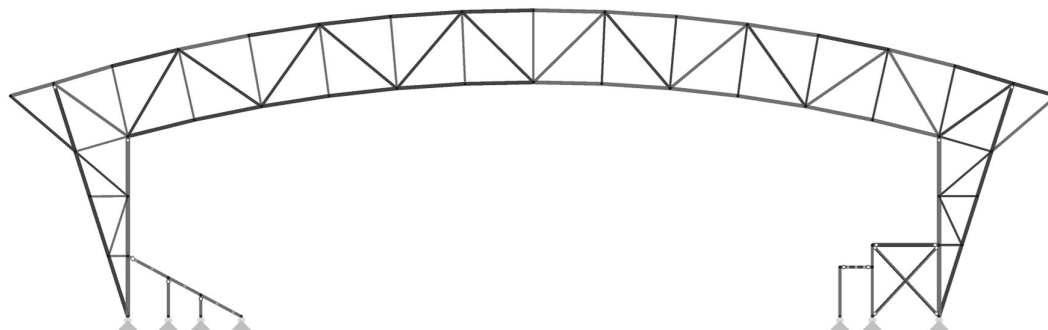
3.1 První varianta:



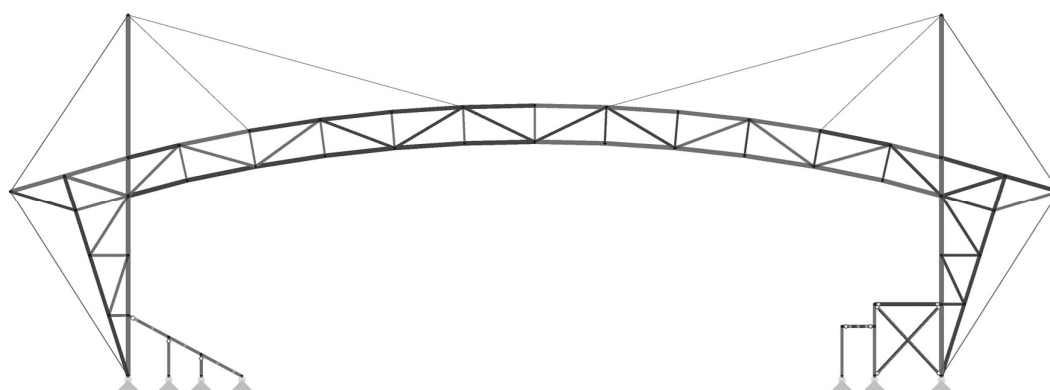
3.2 Druhá varianta:



3.3 Třetí varianta:



3.4 Čtvrtá varianta:



Kritéria hodnocení a vítězná varianta

Bylo vytipováno celkem 6 kritérií pro hodnocení. Ta měla varianty porovnat především staticky, ekonomicky a esteticky.

Každé kritérium mělo přisouzenou váhu (1-10) podle jeho důležitosti. Váha 10 znamená nejvyšší prioritu. Každá varianta byla v daném kritériu hodnocena body, a to rovněž na stupnici 1-10. (1 – NEJHORŠÍ, 10 – NEJLEPŠÍ). Výsledek byl stanoven vynásobením každého hodnocení s jeho váhou a sečtením do celkové porovnávací tabulky.

1. Kritérium – hmotnost konstrukce

Celková hmotnost je důležitý ukazatel pro výpočet výsledné ceny za materiál.

2. Kritérium – nátěrová plocha

Má také vliv na výslednou cenu konstrukce.

3. Kritérium – estetický dojem

U tohoto typu stavby hraje velkou roli její výsledný vzhled.

4. Kritérium – pracnost, složitost provedení a doprava

Do výsledné ceny stavby mimo materiálu promlouvá také cena práce.

5. Kritérium – deformace konstrukce

Porovnává svislé a vodorovné deformace konstrukce.

6. Kritérium – Kotvení

Typ kotvení souvisí s pracností, a tudíž má vliv i na cenu. Velikost sil v kotvách zase rozhoduje o tom, jak silné kotvy, případně smykové zarážky budou potřeba.

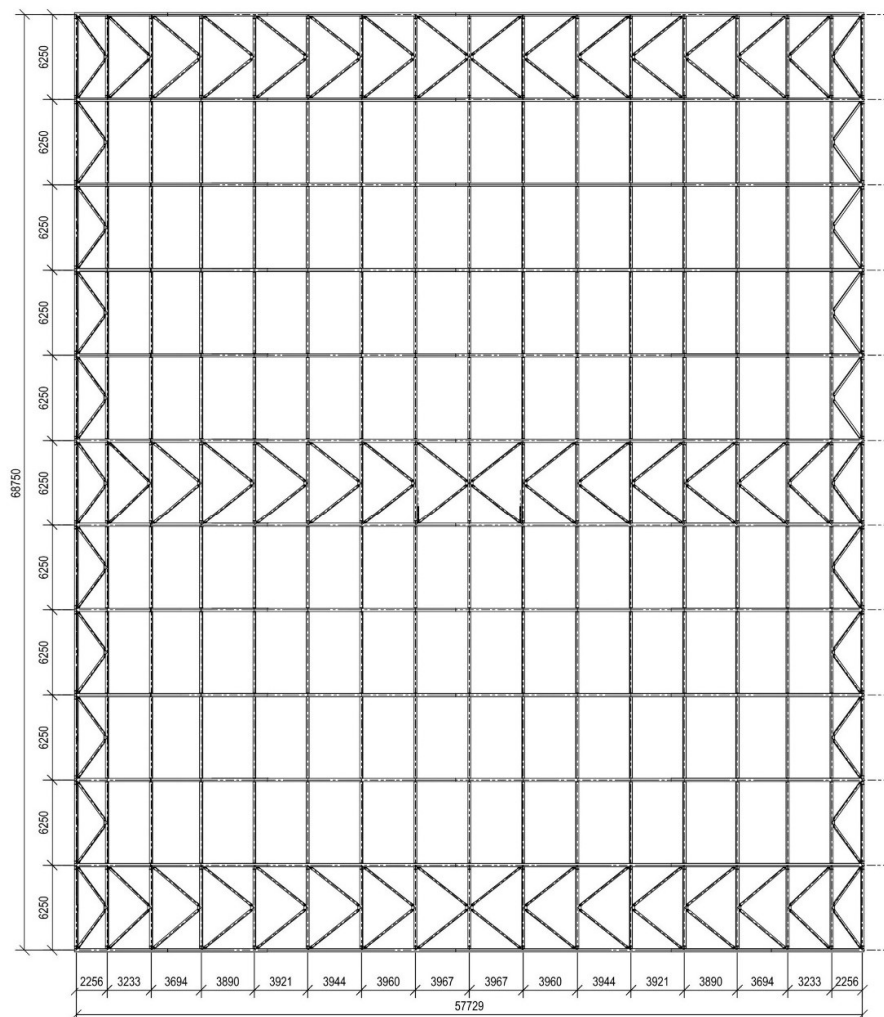
Na základě hodnocení byla zvolena **varianta 3 – Příhradový rám.**

Vyhodnocení	Celkem bodů
Varianta 1	359
Varianta 2	347
Varianta 3	364
Varianta 4	298

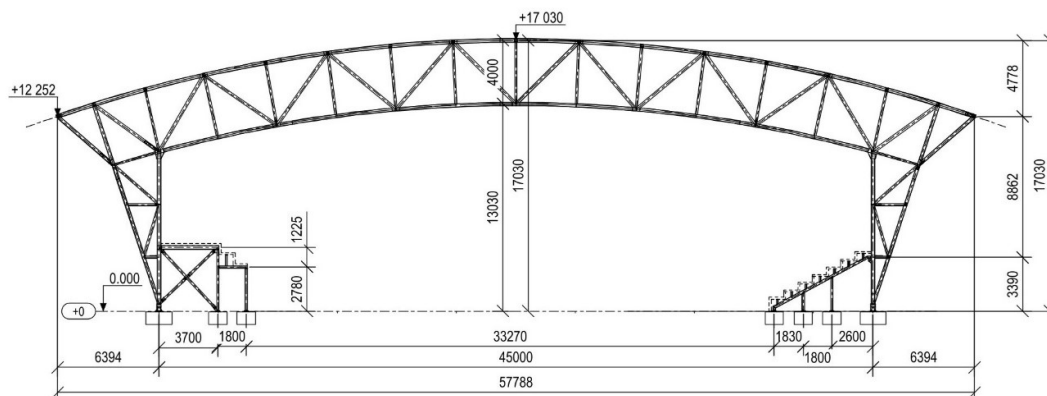
Konkrétní bodové hodnocení se nachází v příloze A – Porovnání variant řešení.

4 Geometrie konstrukce zvolené varianty

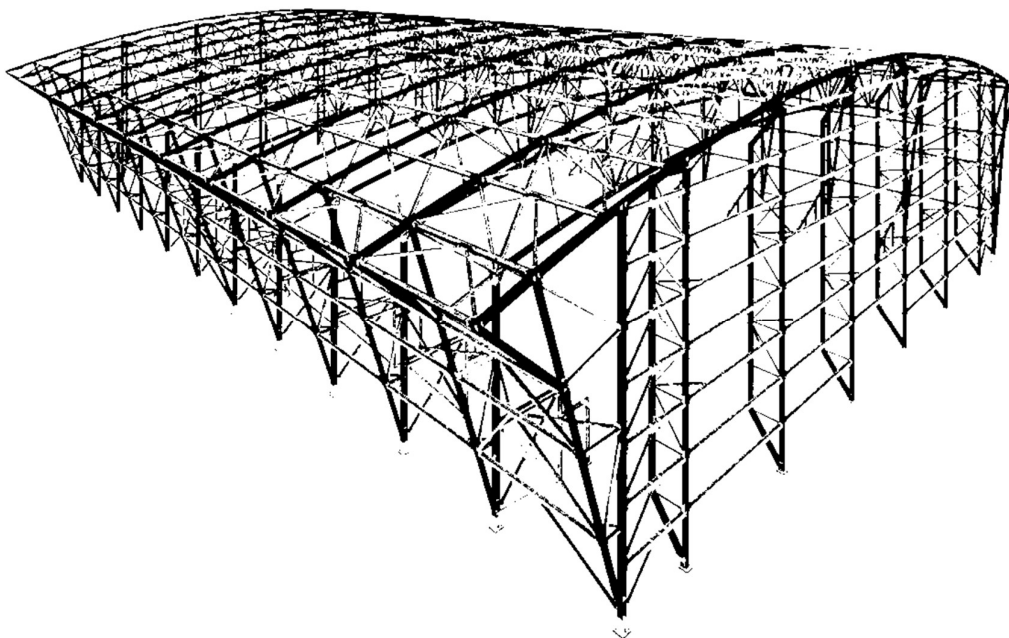
4.1 Půdorys střechy



4.2 Příčný řez



4.3 Axonometrie



5 Popis konstrukce

Půdorys stavby tvoří obdélník o rozměrech 45,00 x 68,75 m. Jednotlivé příčné vazby jsou navrženy po 6,25 m. Součástí ocelové konstrukce haly jsou také nosné prvky tribun. Válcová střecha dosahuje ve svém vrcholu výšky 17,00 m.

5.1 Konstrukce haly

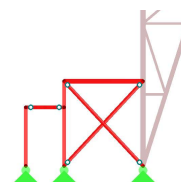
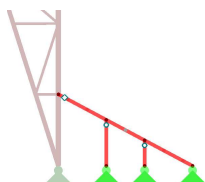
Konstrukce je tvořena kloubově uloženými příhradovými rámy s obloukovými horními i dolními pásy vazníku. Ve štítové stěně je příčná vazba řešena jinak. Sloup je stále příhradový, ale navazuje na něho už pouze obloukový horní pás. Ten je podepřen příhradovými štítovými sloupy.

Příčné ztužení objektu zajišťují polopříčková ztužidla v obou krajních a ve středním poli. Prochází průběžně ze stěn do střechy. Ve štítových stěnách je ztužení pouze v krajních polích, a to především kvůli prosklené fasádě a vstupu do haly, který je umístěn uprostřed. Podélná ztužidla jsou navržena po celé délce objektu. A to ve dvou rovinách sloupů, ve třech rovinách střešního vazníku a pak ještě v každém rámovém rohu. Dvě podélná ztužidla pokračují ze sloupů také do štítových stěn. Kvůli omezení nadměrných deformací vaznic jsou navržena také okapová ztužidla. Vaznice a paždíky jsou horními hranami zarovnané s horními pásy vaznic a vnějšími pásy sloupů.

5.2 Konstrukce tribun

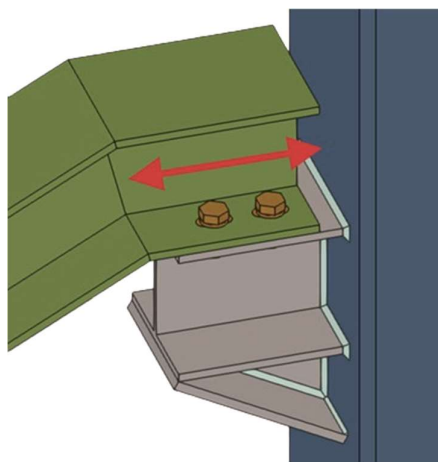
Obě konstrukce tribun jsou připojeny ke sloupům hlavní nosné konstrukce.

Konstrukce tribuny s ochozem (na obr. vpravo) je se sloupem spojena tuze.



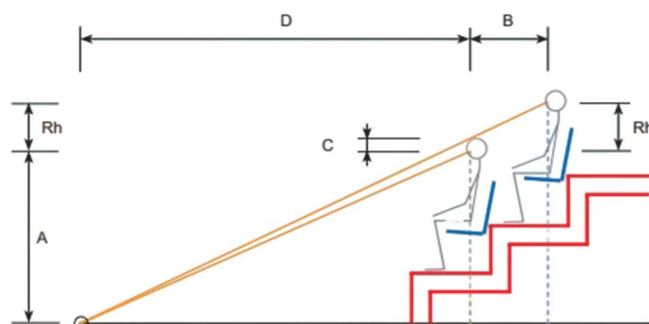
Konstrukce šikmé tribuny (na obr. vlevo) je ke sloupu připojena kloubově. Jedná se o posuvný kloub v globální ose x. Toto „odpojení“ od zbytku konstrukce ve vodorovném směru bude zajištěno přípojem s prodlouženými otvory (viz detail).

Důvodem jsou vodorovné deformace sloupu, které by měly za následek tažení tribuny do strany a způsobovaly by velké vodorovné reakce a tahy v kotvách u paty tribuny.



5.2.1 Návrh rozměrů tribun

Konstrukce tribun byla vytvořena tak, aby byla zajištěna ideální viditelnost pro všechny diváky v hledišti. Vztažný bod byl umístěn na postranní čáru hrací plochy a spojen s úrovní očí v jednotlivých řadách hlediště. Průměrná sedící osoba má oči ve výšce 1 250 mm. Nadvýšení (C) pro další řadu by mělo být minimálně 90 mm (optimálně 120 mm), aby byla zajištěna viditelnost přes hlavu níže sedící osoby. Vodorovná vzdálenost mezi jednotlivými řadami (B) je zvolena na 900 mm. Rozměry stupňů tribuny jsou navrženy tak, aby bylo možné do nich doplnit schodišťové stupně a vytvořit tak schodiště pro přístup na tribunu.



Obrázek 1 – Návrh sportovní tribuny (https://www.ebeton.cz/wp-content/uploads/2012-5-03_0.pdf)

Schéma návrhu šikmé tribuny

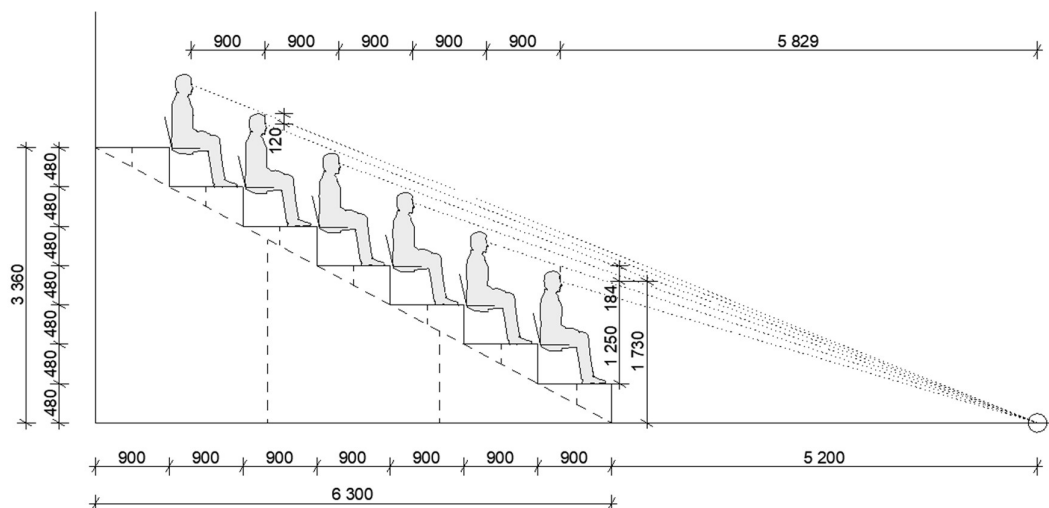
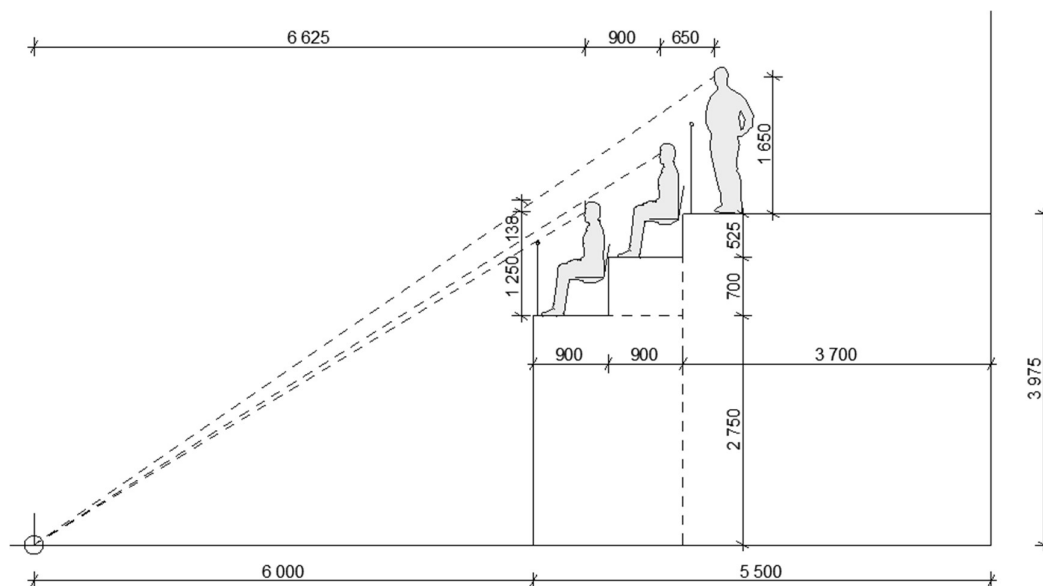


Schéma návrhu tribuny s ochozem



6 Zatížení

Na konstrukci působí celkem 10 zatěžovacích stavů. Ty byly rozděleny do tří kategorií. Zatížení stálá (ZS1, ZS2), zatížení proměnná (ZS3-ZS8) a stabilní síly (ZS9, ZS10). Z nich pak byly sestaveny kombinace zatížení dle rovnice 6.10. Program Dlubal RFem sestavil automaticky možné kombinace zatížení. Ručně byly ještě doplněny kombinace pro MSÚ, kde převládne sání větru. Vlastní tíha je zde se součinitelem $\gamma_G = 1,0$ a vítr je násoben $\gamma_Q = 1,5$.

6.1 Zatížení stálá

6.1.1 ZS1 – Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce je stanovena v softwaru Dlubal RFEM 5.31. Jedná se pouze o přibližně stanovenou hmotnost z osového modelu. Nejsou započítány konstrukční detaily a styčníky. Objemová hmotnost oceli je uvažována hodnotou $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$, tíhové zrychlení zaokrouhleně $g = 10 \text{ m/s}^2$.

6.1.2 ZS2 – Ostatní stálé

Do druhého zatěžovacího stavu byly započítány konstrukce opláštění, odhadovaná tíha technických zařízení jako jsou rozvody vzduchotechniky nebo osvětlení a také železobetonové panely konstrukcí tribun.

Opláštění budovy je navrženo ve dvou systémech. Na střechu a podélné stěny jsou použity sendvičové panely od firmy Kingspan, na štítové stěny pak lehký obvodový plášť se skleněnými panely.

6.2 Zatížení proměnná

Stavba je situována do podhůří Orlických hor. Nachází se konkrétně ve městě Letohrad (okres Ústí nad Orlicí), v nadmořské výšce 356 m.n.m.

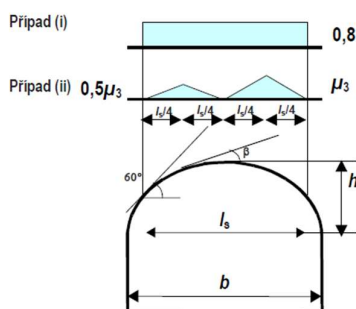
- sněhová oblast – IV.
- Větrná oblast – II.
- Kategorie terénu – III.
- Typ krajiny – normální

6.2.1 ZS3 – Sníh plný

Sníh je na střeše rozmístěn rovnoměrně. Pro danou lokalitu vychází hodnota zatížení na $1,6 \text{ kN/m}^2$.

6.2.2 ZS4 – Sníh navátý

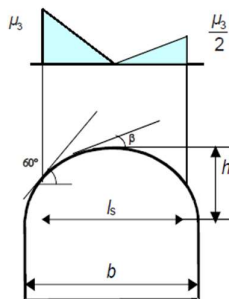
Sníh je rozmístěn nerovnoměrně. Na jedné polovině leží dvojnásobné množství než na druhé.



Obrázek 2 – zatížení válcové střechy sněhem dle ČSN EN 1991-1-3

6.2.3 ZS5 – Sníh navátý (rozmístění dle národní přílohy)

Sníh je rozmístěn nerovnoměrně. Na jedné polovině leží dvojnásobné množství než na druhé.



Obrázek 3 – zatížení válcové střechy sněhem dle národní přílohy ČSN EN 1991-1-3

6.2.4 ZS6 – Vítr příčný

Návětrná strana je od větru celá tlačená, na závětrnou stranu působí sání. Střecha je vzhledem ke svému velkému poloměru zaoblení celá tažena sáním větru.

6.2.5 ZS7 – Vítr podélný

Konstrukce je rozdělena na jednotlivé plochy dle působení větru. Kromě návětrné štítové stěny téměř všude působí sání větru.

6.2.6 ZS8 – Užité

Střešní konstrukce spadá dle ČSN EN 1991-1-1 do kategorie střech H – střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Dle národní přílohy je zatížení na těchto střeších stanoveno hodnotou 0,75 kN/m².

Jelikož však údržba střechy nebude probíhat v zimních měsících a toto zatížení by tak nebylo kombinováno se zatížením od sněhu, které je výrazně větší, není sním vůbec počítáno.

Užité zatížení je tedy aplikováno pouze na konstrukce tribun. Samotná hrací plocha je situována na terénu. Stejně tak i další konstrukce, tvořící šatny a zázemí haly nejsou nijak spojeny s ocelovou konstrukcí a nepřitěžují ji.

Dle tabulky 6.1 – Užité kategorie z ČSN EN 1991-1-1 patří užité zatížení sportovní haly do kategorie C5. V národní příloze je pro tuto kategorii uvedeno zatížení 5 kN/m².

6.3 Stabilitní síly

Stabilitní síly vzniknou na příhradové konstrukci v místech podélného ztužení.

Vznikají v tlačných částech. Uvažují je jako $\frac{1}{100} * N$, kde N je tlaková normálová síla v pásu v místě ztužidla.

Tlačený prut vazníku má tendenci vybočit ze své roviny a tlačí na kolmý prvek. Tak se z něho přenesení síla do podélného ztužidla.

6.3.1 ZS9 – Stabilitní síly – tlak

Téměř od všech kombinací převládá tlak na střešní vazník. Pak je horní pás tlačný a dolní tažený, s výjimkou krajních dvou prutů dolního pásu, kde tlak přechází přes diagonály do sloupů.

6.3.2 ZS10 – Stabilitní síly – sání

Od kombinací zatížení, kde převládne sání větru se částečně otočí tlačné a tažené pruty vazníku. Uvažují proto s jiným rozmístěním stabilitních sil.

7 Konstrukční řešení

Konstrukce je tvořena pouze dvěma typy průřezů. H průřezy jsou použity na pásy sloupů a vazníků, na paždíky a vaznice a také na konstrukce tribun. Veškerá ztužidla a výplňové pruty jsou tvořeny trubkami čtvercových průřezů.

Příčný příhradový rám

- Vnitřní pás sloupu příčné vazby – HEB 240
- Vnější pás sloupu příčné vazby – HEA 200
- Horní pás vazníku – HEA 240
- Dolní pás vazníku – HEA 220
- Diagonály vazníku – TR 4HR 180x10, TR 4HR 180x5
- Svislice vazníku – TR 4HR 140x4
- Výplňové pruty sloupu příčné vazby – TR 4HR 140x4

Celý rám je řešen jako svařovaný. Diagonály a svislice budou ořezány pod patřičným úhlem a přivařeny k pásům vazníku či sloupu. Rám je navržen v šesti dílcích, které budou svařeny montážně na staveništi.

Štítové sloupy

- Pásky sloupů štítových stěn – HEA 200
- Výplňové pruty sloupů štítových stěn – TR 4HR 60x5

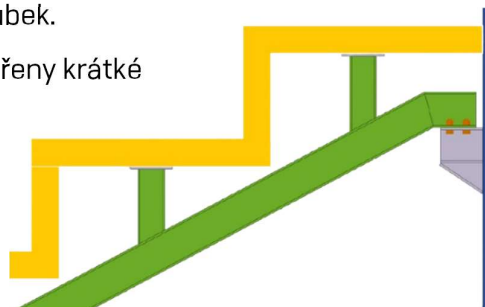
Stejně jako hlavní rámy budou i příhradové štítové sloupy svařovány. Střední dva sloupy jsou nejvyšší a nebylo by možno je přepravit běžnou dopravou v celku. Budou tedy rozděleny na dva dílce a na staveništi svařeny montážními svary. Ostatní budou dodány jako jeden dílec.

Tribuny

- Konstrukce tribun – HEA 160
- Vodorovný nosník ochozu – HEA 240
- Ztužidla tribun – TR 4HR 140x4

Nosné konstrukce tribun jsou vždy v místě příčných vazeb. Jsou tvořeny HEA průřezy, pouze ztužidla jsou z čtvercových trubek.

Na hlavní nosnou konstrukci tribun jsou navařeny krátké konzolky z HEA profilu zakončené čelní deskou. Přes tuto čelní desku bude přikotven železobetonový prefabrikovaný panel tribuny (viz detail).



Vaznice a paždíky

- Vaznice a paždíky – HEA 200

Horní hrana paždíku či vaznice je vždy zarovnána s horní hranou horního pásu vazníku nebo vnějšího pásu sloupu. Přípoj je realizován přes čelní desku. Ve statickém modelu se tedy jedná o nosník oboustranně kloubově uložený.

Příčná a okapová ztužidla

- Příčná a okapová ztužidla – TR 4HR 140x4
- Příčná ztužidla štítové stěny – TR 4HR 100x4

Jsou realizována jako polopříčková. Připojují se k dalším prvkům šrouby přes plech, který je zasazen do trubky a přivařen. Trubka je pak uzavřena tenkými víčky z obou stran.

Podélná ztužidla

- Podélná ztužidla – TR 4HR 100x4

Také jsou tvořena jako polopříčková. Vychází od dolního pásu vazníku a připojují se k vaznici přes styčnickový plech. Ztužidlo vypadá stejně jako to příčné nebo okapové. čtvercová trubka má v sobě z obou stran zapálený plech a je uzavřena víčky.

8 Kotvení

Veškeré podpory jsou navrhovány jako kloubové. Celkem byly posuzovány 4 typy uložení. Kotvení K1 a K2 jsou navržena jako čepová. Jedná se o podpory hlavních příčných rámců. K3 označují kotvení štítových sloupů a K4 kotvení tribun. Tato dvě jsou navržena bez čepu. Sloup je přímo přivařen k patnímu plechu a přes něho kotven do základu.

8.1 Kotvení K1

Jedná se o kotvení s největšími tahovými a smykovými silami. Proto je zde navrženo 6 kotev HAS-U 8.8 M30 s efektivní hloubkou 450 mm na chemickou maltu Hilti HIT-RE 500 V4 a smyková zarážka z profilu HEB 160.

Toto kotvení je navrženo v místech příčných ztužidel. Ta způsobují již zmíněné extrémy vodorovných a svislých sil.

8.2 Kotvení K2

Nachází se v místech bez ztužidel, proto jsou zde reakce podstatně nižší. K tahu zde nedochází dokonce vůbec. Čepový spoj je stejný jako u K1. Kotvy jsou tu však pouze 4 s efektivní hloubkou 200 mm.

8.3 Kotvení K3

Sloup profilu HEA 200 je zakončen patním plechem. Kotvení je realizováno 2 kotvami HAS-U 8.8 M30 s efektivní hloubkou 200 mm na chemickou maltu Hilti HIT-RE 500 V4.

8.4 Kotvení K4

Jedná se o podobný typ jako K3. Profil nosné konstrukce tribun HEA 160 je zakončen patním plechem. Kotvení je realizováno 2 kotvami HAS-U 8.8 M30 s efektivní hloubkou 250 mm na chemickou maltu Hilti HIT-RE 500 V4.

9 Protipožární ochrana

Protipožární ochrana bude prováděna dle projektové dokumentace PBŘ.

10 Antikorozní ochrana

Protikorozní ochrana ocelové konstrukce bude zajištěna nátěrem dle ČSN EN ISO 12944-2.

Objekt spadá z hlediska stupně korozní agresivity do kategorie C2 (nízká). Tato kategorie se vyznačuje nízkou vlhkostí. Patří sem nevytápěné budovy, ve kterých může docházet ke kondenzaci (např.: sklady, sportovní haly...).

Byl navržen nátěrový systém s tloušťkou základního nátěru 60 μm a tloušťkou vrchního finálního nátěru 120 μm .

Před aplikací nátěru je třeba očistit povrch ocelové konstrukce od nečistot, okují a koroze. Také je nutno zabrousit ostré hrany na poloměr $R = 2 \text{ mm}$.

11 Údržba konstrukce

Dle ČSN EN 1990 spadá konstrukce do třídy následků CC3. Pro tu platí, že běžnou prohlídku je nutno provést každý rok. Jedenkrát za 5 let má pak investor povinnost zajistit prohlídku podrobnou.

Tyto prohlídky je nutno dělat po celou dobu životnosti konstrukce, aby byla zachována bezpečnost osob uvnitř objektu. Kontroly může provádět pouze osoba k tomuto úkonu způsobilá. Kontrolovat je třeba především kvalitu ochranného nátěru a v případě potřeby zajistit obnovu, aby nedocházelo ke korozi.

12 Výroba, doprava a montáž

Hlavní příhradové rámy jsou rozděleny na šest dílců z důvodu přepravy. Tyto jednotlivé části budou na staveništi montážně svařeny. Jelikož budou příhradové vazníky z interiéru viditelné, byly upřednostněny tupé svary před spojováním čelními deskami.

Ke svaření jednotlivých rámu bude docházet ve sklopené poloze. Až poté budou zvednuty jeřábem do finální polohy a stabilizovány pomocí ztužidel, vaznic a paždíků.

Montážní svary jsou rovněž navrženy u nejvyšších štítových sloupů, které by jinak přesahovaly přepravní rozměry. Mimo tyto zmíněné prvky budou všechny ostatní dílce připojeny pomocí šroubovaných spojů.

13 Materiál

Celá konstrukce je navržena z oceli S 235 JR, pouze čepy v kotvení jsou z oceli vyšší třídy pevnosti (S 355). Šrouby spojující jednotlivé dílce jsou pevnosti 10.9 a kotevní závitové tyče pak pevnosti 8.8.

Výkaz materiálu z osového modelu (Dlubal Rfem)

Výkaz materiálu byl stanoven z osového statického modelu v program Dlubal RFem. Nejsou v něm tedy započítány svary a plechy přípojů. Naopak je zde ale počítáno s každým prutem až do průsečíku spoje.

K celkové hmotnosti a nátěrové ploše tedy ještě přičítám odhadem 5 % z výsledků v tabulce.

Průřez č.	Průřez	Počet prutů	Měrná hmotnost (kg/m)	Plocha (m ²)	Délka (m)	Hmotnost (t)
1	HEB 240	109	83,21	353,9	256,5	21,342
2	HEA 240	217	60,32	1 006,2	734,4	44,301
3	HEA 220	120	50,51	573,7	455,3	22,996
4	HEA 200	935	42,26	3 504,2	3 073,8	129,899
5	HEA 160	63	30,43	121,2	133,2	4,052
6	TR 4HR 180x10	84	50,71	308,5	455,7	23,110
7	TR 4HR 180x5	60	27,00	235,0	334,3	9,027
8	TR 4HR 140x4	480	16,72	1 084,4	1 986,1	33,208
9	TR 4HR 100x4	296	11,70	411,9	1 067,0	12,483
10	TR 4HR 60x5	152	8,16	66,8	300,0	2,448
		Σ 2 516	X	7 665,7	8 796,3	302,866
5 % navíc na spoje (odhad)				383,287		15,143
				8 049,0		318,009

Výkaz materiálu z konstrukčního modelu (Tekla Structures)

V konstrukčním modelu byly zohledněny i plechy přípojí a kotvení, smykové zarážky a čepy v kotvení. Celkově by se tedy mělo jednat o přesnější hodnoty ploch a hmotností.

Průřez č.	Průřez	Měrná hmotnost (kg/m)	Celková plocha (m ²)	Celková délka (m)	Hmotnost (t)
1	HEB 240	83,21	326,7	236,7	19,699
2	HEA 240	60,32	1 004,6	733,3	44,230
3	HEA 220	50,51	565,4	448,7	22,664
4	HEA 200	42,26	3 394,5	2 977,6	125,834
5	HEA 160	30,43	119,0	130,8	3,981
6	TR 4HR 180x10	50,71	303,7	448,6	22,748
7	TR 4HR 180x5	27,00	495,6	705,0	19,035
8	TR 4HR 140x4	16,72	975,2	1 786,0	29,862
9	TR 4HR 100x4	11,70	348,5	902,8	10,563
10	TR 4HR 60x5	8,16	61,6	276,8	2,258
	HEB 160 (zarážka)	42,60	1,8	1,8	0,077
	ČEP D100	60,64	1,3	3,1	0,189
	Plechý styčníků	X	289,4	X	21,432
	Σ	X	7 887,3	8 651,2	322,571

14 Seznam příloh

- A – Porovnání variant řešení
- B – Statický výpočet zvolené varianty
- C – Výstupy z programů
- D – Výkresová dokumentace

15 Seznam použitých softwarů

- Dlubal RFEM 5.31
- Archicad 24
- IDEA Statica 24.1
- Tekla Structures 2023
- HILTI PROFIS ENGINEERING
- Lumion 2024
- Microsoft Word
- Microsoft Excel

16 Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

PILGR, Milan, 2019. *Kovové konstrukce: Navrhování prvků ocelových konstrukcí*. Brno: CERM. ISBN 978-80-7623-018-7.

Normativní předpisy

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2005.

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2007.

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2004.

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2006.

ČSN EN 1993-1-3: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2008.

ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2013.

ČSN EN 1990 ed. 2: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2021.

ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2019.

ČSN EN 1992-4: Navrhování betonových konstrukcí – Část 4 Navrhování kotvení do betonu, 2021. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

Internetové zdroje

Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením [online], c2001–2024. Tiefenbach, Deutschland: Dlubal software [cit. 2025-01-04]. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs>

HILTI [online], c2019. Schaan, Liechtenstein: HILTI GROUP [cit. 2025-01-04]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>

Kingspan, 2024. *Kingspan* [online]. [cit. 2025-01-04]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs/>

ING. ARCH PAVEL HLADÍK, MA, PH.D., 2012. NAVRHOVÁNÍ TRIBUN SPORTOVNÍCH STAVEB. *BETON* [online]. **2012**(5), 3-9 [cit. 2025-01-06]. Dostupné z: https://www.ebeton.cz/wp-content/uploads/2012-5-03_0.pdf