

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

OBOR STAVITELSTVÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání konstrukčních systémů halových staveb

Vypracoval: Bc. Daniel Matějček

Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph. D.

Studijní obor: Stavitelství

Školní rok: 2020/2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Luďka Vejvary, Ph. D. V této práci jsem použil zdrojů a literatury uvedených na konci této práce v seznamu použitých zdrojů.“

V Plzni dne 12. 12. 2020

.....

Daniel Matějček

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Lud'kovi Vejvarovi, Ph. D. za trpělivost, čas, ochotu, vstřícnost a cenné rady při vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval všem učitelům z mého navazujícího studia, díky kterým jsem byl schopen se posunout o úroveň výše v odborném vzdělání.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá analýzou vybraných konstrukčních systémů pro halové konstrukce. Konstrukční systémy jsou navrženy sedlového charakteru a snaží se reprezentovat současné trendy. Nosný konstrukční systém je navržen ze železobetonu, oceli a dřeva. Vybrané varianty jsou navrženy a porovnávány mezi sebou, a to z ekonomického hlediska.

Pro jednotlivé konstrukční systémy je zpracován statický návrh konstrukčních variant a rozpočet. Výsledky jednotlivých variant budou porovnány a výsledkem diplomové práce bude vyhodnocení jednotlivých systémů.

Klíčová slova:

halové konstrukce, železobeton, ocel, dřevo, ekonomika stavby, návrh konstrukce

Anotace

This diploma thesis deals with the analysis of selected structural systems for hall structures. Construction systems are designed with a saddle character and try to represent current trends. The load-bearing construction system is designed from reinforced concrete, steel and wood. Selected variants are designed and compared with each other, from an economic point of view.

A static design of constant variants and a budget is prepared for individual construction systems. The results of individual variants will be compared and the result of the diploma thesis will be the evaluation of individual systems.

Keywords:

Hall constructions, reinforced concrete, steel, wood, construction economics

Obsah

Úvod	8
1. Textová část	9
1.1. Typologie a kategorie halových objektů	9
1.1.1 Požadavky na sportovní halu	13
1.1.2 Funkce halových objektů	14
1.1.3 Dispozice sportovní haly	14
1.2. Historický vývoj výstavby halových objektů.....	14
2. Praktická část	15
2.1. Porovnávané stavební systémy	15
2.1.1 Osazení objektu na pozemek.....	15
2.1.2 Popis navrženého objektu	16
2.1.3 Dispoziční řešení objektu.....	16
2.1.4 Stavební systémy.....	20
2.1.4.1 Systém 1: Ocelové konstrukce	23
2.1.4.1 Systém 2: Dřevěné konstrukce.....	33
2.1.4.1 Systém 3: Železobetonové konstrukce.....	37
2.2. Ekonomické porovnání stavebních systémů	42
2.2.1 Rozpočty stavebních systémů	42
2.2.1.1 Rozpočet pro systém 1	42
2.2.1.2 Rozpočet pro systém 2	44
2.2.1.3 Rozpočet pro systém 3	45
2.2.2 Posouzení pomocí cenových ukazatelů.....	45
2.2.3 Celkové zhodnocení a porovnání výsledků.....	48
3. Závěr	56

4. Seznam obrázků	58
5. Seznam tabulek.....	59
6. Seznam grafů	61
7. Seznam použitých zdrojů	61
8. Seznam použitých softwarů.....	63
9. Seznam příloh	63

ÚVOD

Téma této diplomové práce je návrh, optimalizace a porovnání vybraných konstrukčních systémů pro halové konstrukce. Jedná se o systém z ocelových, dřevěných a železobetonových prvků. Konstrukční systémy jsou navrženy sedlového charakteru a snaží se reprezentovat současné trendy. Objekt byl navrhnout jako sportovní hala, která je umístěna v Karlových Varech. Dané objekty mají stejnou zastavěnou plochu, výšku a dispozici. Sportovní haly se liší pouze konstrukčními systémy.

V textové části jsou specifikovány požadavky, typologie a vývoj halových objektů. Tyto informace byly nutné ke zpracování diplomové práce a navržení samotné dispozice sportovní haly.

Praktická část diplomové práce se zabývá návrhem a porovnáním jednotlivých variant z ekonomického hlediska. Pro jednotlivé systémy jsou zpracovány přílohy, kde se nachází výstupy ze softwarů použitých při tvorbě této diplomové práce.

1. Textová část

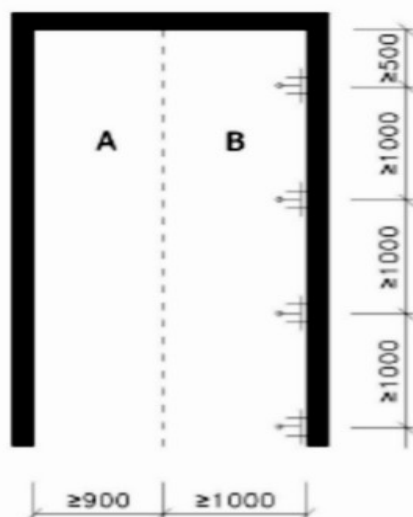
1.1. Typologie a kategorie halových objektů

Objekty s vyšší koncentrací osob musí splňovat základní technické požadavky. Mezi požadavky kladené na sportovní haly patří například požadavky na požární bezpečnost, požadavky akustické a tepelně technické, požadavky na umělé osvětlení, požadavky zabezpečující používání stavby osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, požadavky na parkovací stání a mnoho dalších. Dále jsou popsány základní požadavky na prostory sportovní haly.

Umývárny

Jedním ze základních požadavků umýváren je oddělení místností dle pohlaví. Umývárny se navrhují dle požadavků na bezbariérové používání pro osoby s omezenou schopností pohybu. Konkrétní požadavky na sportovní haly jsou uvedeny v normě ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny. Vybavení, velikost a uspořádání umýváren se určuje dle uvažovaného počtu uživatelů daného objektu. V umývárně se musí nacházet prostory pro odložení mycích potřeb, věšáky, zrcadla, osušení rukou a dávkovač mýdla. Při vhodném návrhu umýváren je důležité dodržovat manipulační prostory.

Pro sportovce je nutné zajistit vybavení pro celkovou tělesnou očistu a přístup do umývárny z šatny. Umývárny se zde vybavují sprchovými vaničkami, umyvadly a sprchami. Při návržení jednotlivých sprch se musí dodržet minimální půdorysné rozměry 900x900mm, vstup do sprchy o šířce minimálně 600 mm. Pokud se jedná o hromadné sprchy, tak musí být půdorysné rozměry minimálně 1000x1000mm. Umývárna musí být spojena se sprchami, prostorem pro osušení těla a vlasů o ploše minimálně 30 % plochy umývárny. Sprchové růžice mohou být umístěny pod stropem nebo kabinové. Pro zajištění efektivnějšího využití prostoru jsou navrženy hromadné sprchy se sprchovou růžicí na stěně. Minimální rozměry jsou patrné z obr. č. 1.



Obr. č. 1: Půdorysné rozměry hromadných sprch se sprchovou růžicí na stěně[14]

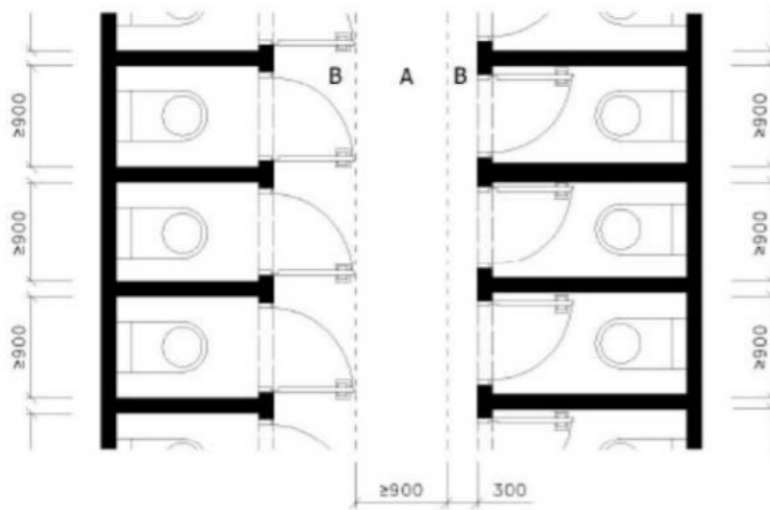
Šatny

Počet věšáků a skříňek musí odpovídat celkovému počtu uživatelů objektu s připočtením 10% rezervy. Šatny jsou oddělené dle pohlaví a předpokládá se, že šatnu využije více než 5 lidí. Mezi základní vybavení šaten patří lavice, uzamykatelné skříňky a věšáky. Lavičky musí mít alespoň šířku 600 mm a výšku 460 mm nad podlahou. Alespoň 5 % kabinek musí být určeno pro osoby s omezenou schopností pohyblivosti. Zde je nutné dodržení minimální manipulační plochy 1 500 mm. V práci jsou navrženy skříňkové šatny. Šatny jsou vybaveny uzamykatelnými skříňkami. Na jednu osobu musí připadat nejméně 0,50 m² půdorysného prostoru šatny. Skříňky musí být z hladkého a vlhku vzdorného materiálu. Šatní skříňky používané pro uskladnění oděvů a musí být dobře větrané. Minimální hloubka šatní skříňe pro jednu osobu je 500 mm a minimální šířka je 300 mm. Oděvy v šatních skříňkách musí být možné uskladnit ve výšce od 1 000 mm až 1 200 mm od úrovně podlahy. Šatny musí splňovat další požadavky, které jsou uvedeny v ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny.

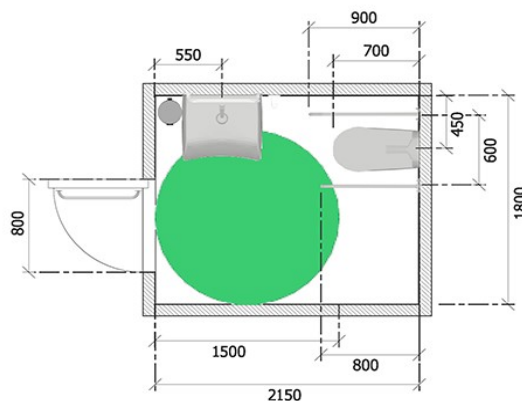
Záchody

Při návrhu kapacit zařizovacích předmětů je nutné vycházet z předpokládaného počtu uživatelů halového objektu. Toalety musí být rozděleny dle pohlaví, pokud se jedná o veřejnou stavbu, je zde nutné navrhnout toalety pro uživatele s omezenou schopností pohyblivosti. Tyto toalety musí splňovat normové požadavky, které jsou uvedeny v ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny. U toalet pro ženy je nutné zajistit patřičný počet hygienických kabinek a u

mužů patřičný počet pisoárů. Pro představu základního návrhu prostorového uspořádání toalet postačí obr. č. 2.



Obr. č. 2: Půdorysné schéma toalet s otevíráním ven i dovnitř [12]



Obr. č. 3: Půdorysné schéma toalet pro osoby s omezenou schopností pohyblivosti [12]

Úklidové místnosti

Úklidové místnosti jsou nedílnou součástí sportovní haly. Úklidové místnosti jsou vybaveny výlevkou, nábytkem pro uložení čistících prostředků a čistících strojů. Velikost úklidové místnosti se odvíjí od velikosti a typu daného objektu.

Sklad nářadí

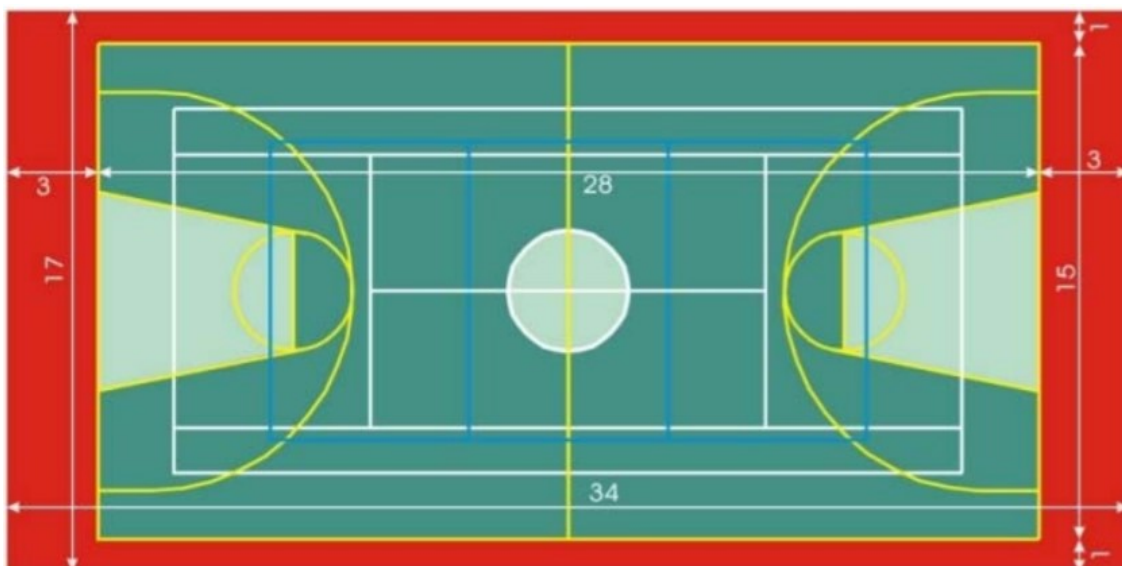
Rozměrové požadavky skladu nářadí se odvíjí od daného využití objektu a množství uživatelů daného stavebního díla. Jedná se o veřejnou stavbu sportovní haly, tudíž jsou zde kladeny vyšší požadavky na skladovací prostory.

Prostory pro diváky

Divácké prostory je nutné navrhnout z hlediska bezpečné evakuace a kvality vidění na hrací plochu. Z hlediště musí být umožněn výhled z každého směru a pro všechny diváky. Hlediště musí být bezpečné a zabránit možnému přepadu osob. Maximální množství sedadel je 28 na jednu řadu, při vstupu z obou stran. Každé místo k sezení musí být řádně očíslováno. Doporučená výška schodišťového stupně je 200 mm a minimální šířka stupně je 250 mm. Materiál určuje kvalitu, pohodlí a komfort sezení. Prostorové požadavky včetně výpočtu křivky viditelnosti řeší norma ČSN EN 13200-1 -Zařízení pro diváky. Přístupové cesty pro osoby s omezenou schopností pohybu musí být navrženy tak, aby se zde mohly snadno pohybovat i bez cizí pomoci.

Hrací plocha

Při návrhu hrací plochy je nutné zajistit vhodné osvětlení, akustickou pohodu a vhodný sportovní povrch. Osvětlení se volí přirozené nebo umělé. Otvory by neměly být orientovány na západ a jih, aby nedocházelo k přehřívání sportoviště. Nedílnou součástí je vhodný návrh pozadí za zadními čarami hřiště. Doba dozvuku je základní parametr, který ovlivňuje kvalitu využívání stavebního objektu. Důležité je, aby se hluk (např. píšťala, pokyny trenérů, úder míče, ...) neodrážel do prostoru hrací plochy. Rozměry hracího pole se odvíjí od využití konkrétní sportovní haly. Pro návrh rozměrů hrací plochy je využito schéma, viz obr. č. 4.



Obr. č. 4: Půdorysné schéma multifunkčního hřiště pro tenis, košíkovou a volejbal [14]

Parkoviště

Parkovací stání sportovní haly jsou navrhována pro osobní automobily, autobusy, lehká užitková vozidla, jízdní kola a motocykly. Kapacita parkovacích stání se uvažuje 1 parkovací stání na 4 diváky. Je nutné zajistit přístup záchranných složek na parkovací plochy. Parkovací stání se navrhuje individuálně dle kategorií vozidel. Místa pro osoby s omezenou schopností pohybu se uvažují dle kapacity tribuny. Doporučení je vyhradit dvě místa pro osoby s omezenou schopností pohybu při kapacitě tribuny pod 400 diváků.

1.1.1. Požadavky na sportovní halu

Halové objekty umožňují tvorbu vnitřních prostor s malým počtem podpor nebo zcela bez vnitřních podpor. Halové objekty se používají, pokud provozní uspořádání konstrukce nevyžaduje více výškových úrovní. Konstrukce zastřešení se dělí dle způsobů namáhání – namáhané na ohyb, tlak a tah.

Při návrhu objektu je nutné zahrnout provozní požadavky, bezpečnostní, estetické, ekonomické a zdravotní požadavky.

Mezi důležité provozní požadavky, které ovlivňují kvalitu zdravého prostředí v halových objektech, patří výměna vzduchu, osvětlení, zajištění bezpečného užívání, bezpečné evakuace, zajištění akustické a tepelné pohody. Tepelně technické vlastnosti objektu výrazně ovlivňuje obalová konstrukce. Prostorové požadavky vyplývají z pohybových prostor potřebných pro člověka při pohybu a práci. Od těchto nároků se odvíjí průchozí šířky komunikací, rozměry dveří, podchodné výšky apod.

Bezpečnostní požadavky na halové objekty lze rozdělit do dvou kategorií. První kategorie se týká psychologického pocitu bezpečí v objektu. Druhá kategorie zamezuje fyzickému úrazu a zajišťuje bezpečnou evakuaci z objektu.

Volba konstrukce a materiálu objektu je ovlivněna požadavky na rozpětí, instalace, vytápění, velikostí, nutnou odolností, nutnou životností, pracností, ekonomickými požadavky a prostředím ve kterém bude stavba realizována.

Tvarové řešení objektu patří do estetických požadavků na objekt. Estetické požadavky řeší velikost místností, barvuinteriéru, osvětlení a celkově ovlivňuje vnímání daného stavebního díla.

Ekonomické nároky na objekt se snaží minimalizovat čas výstavby a veškeré náklady. Přímé náklady na stavbu představují materiál a pracovní sílu nutnou k výstavbě. Nepřímé náklady představují údržbu a provoz objektu.

Náklady na výstavbu objektu se dají omezit a zefektivnit v přípravné části projektu.

1.1.2. Funkce halových objektů

Halové objekty umožňují tvorbu velkých vnitřních prostor s malým počtem podpor nebo bez vnitřních podpor. Navrhují se tehdy, pokud zde není nutné uspořádání více výškových úrovní. Halové objekty se specifikují do různých odvětví dle požadavků na vnitřní prostory. Dvoupodlažní, velkoobjemové haly a kombinace monobloků zaručují hospodárnější využití i návrh stavebního díla.

1.1.3. Dispozice sportovní haly

Dispozice se liší dle využití halových objektů. Hlavní využití halových objektů je v odvětví kultury, sportu, výroby a dopravy.

Sportovní hala musí obsahovat šatny, umývárny, toalety, úklidovou místnost, parkoviště a hrací plochu. Dle konkrétních požadavků na objekt se zde mohou navrhnout prostory pro občerstvení, prostory pro diváky, místnost pro zaměstnance a vstupní lobby.

1.2. Historický vývoj výstavby halových objektů

První snahy o tvorbu větších prostor se datují do 14. století před naším letopočtem. Konkrétním příkladem je Ramesseum v Egyptě. Monumentální stavby se objevovaly napříč historií. Mezi další ikonické stavby patří např. Parthenón, Pantheon, bazilika sv. Petra ve Vatikánu, studovna národní knihovny v Paříži apod. Rozvoj halových objektů byl dán požadavkem společnosti na stále větší a objemnější prostory. Jednalo se o obydlí, stavby mostů, kulturní a shromažďovací prostory, výstavní haly, divadla, nádraží, tovární haly apod.

Do 18. století se jako hlavní materiál pro stavbu halových objektů užíval kámen, dřevo, pálená cihla a hlína. Dřevo se využívalo při výstavbě konstrukcí, které byly namáhány převážně ohybem. Kámen byl využíván při návrhu konstrukcí namáhaných převážně tlakem, jako je například klenba. Po 18. století se rozvíjelo využití železa, betonu a slitiny ve stavitelství. S využitím nového materiálu začaly vznikat první ocelové příhradové konstrukce, které využívaly velmi dobrých tahových vlastností oceli. Ocel se využívala při tvorbě táhel.

2. Praktická část

2.1. Porovnávané stavební systémy

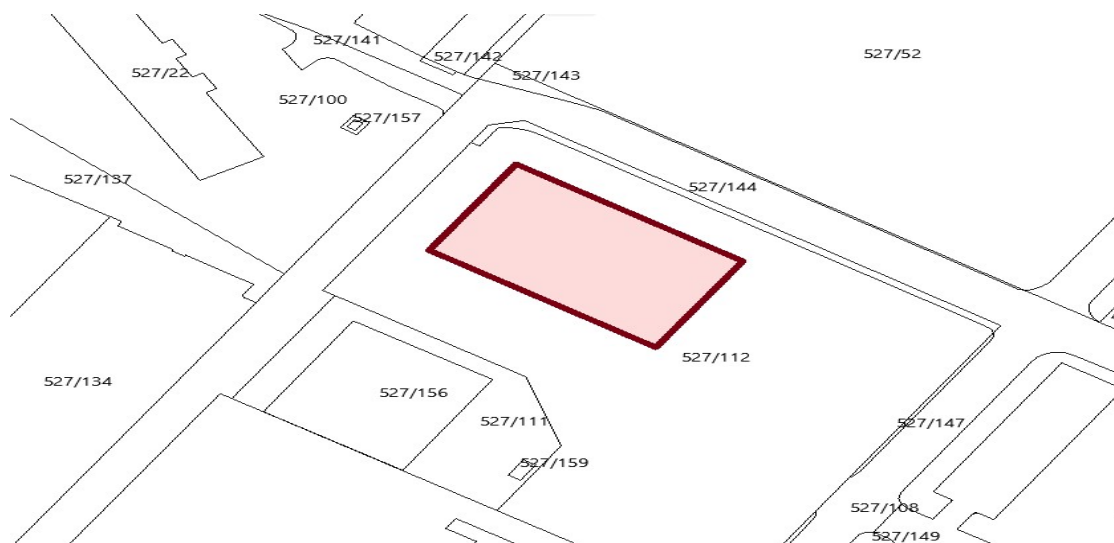
2.1.1. Osazení objektu na pozemek

Správná orientace stavebního díla ke světovým stranám je jedním ze základních předpokladů pro zajištění vhodného vnitřního mikroklima. Orientace různých místností ke světovým stranám má velký vliv na tepelnou pohodu člověka a osvětlení dané místnosti. Při osazování objektu na pozemek a tvorbě dispozičního řešení stavebního díla byl brán v úvahu pohyb osob a jejich předpokládaný pobyt v dané části objektu.

Ideální návrh dispozice zahrnuje správnou orientaci nejpodstatnějšího prostoru sportovní haly – hrací plochy. Okenní otvory by neměly být orientovány na západ a jih, aby nedocházelo k přehřívání místnosti a rušivého elementu v podobě slunečních paprsků dopadajících na hrací plochu. Orientace místnosti s otvory na východ umožňuje proslunění dané místnosti v ranních hodinách a k večeru bude daná místnost chladnější.

Pozemek pro novostavbu sportovní haly je situován v Karlových Varech – Dvory [663549]. Objekt je osazen na pozemku s parcelním číslem 527/112 v katastru nemovitostí.

Pozemek je rovinného charakteru a řešená část pozemku je pokryta zelení. Pozemek je bez stávajících staveb, které by bylo nutné odstranit. Na východní a severní straně pozemku se nachází silniční komunikace. Na jižní parcele od řešeného pozemku se nachází knihovna. Příjezd na pozemek bude zřízen ze severní komunikace.



Obr. č. 5: Katastrální mapa s vyznačeným objektem

2.1.2. Popis navrženého objektu

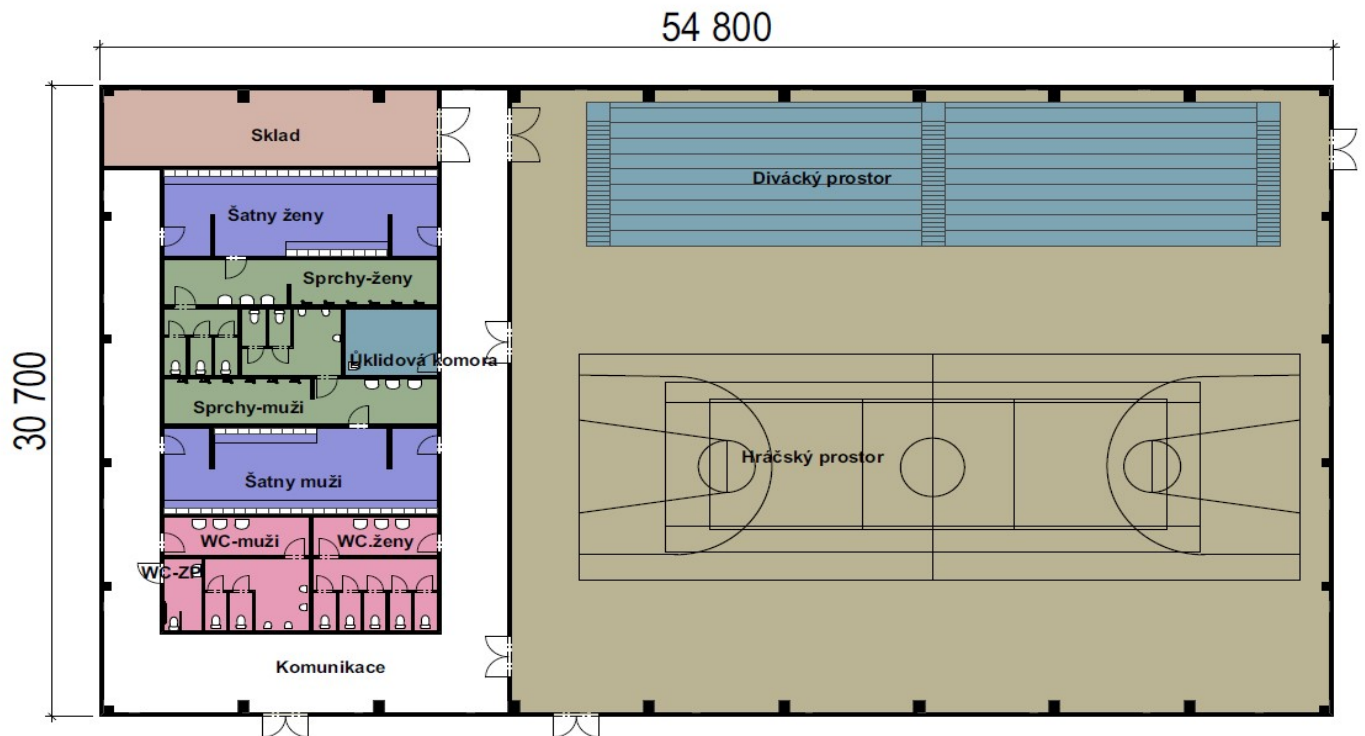
Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systému a variant je halový objekt navržen půdorysně co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Je vybráno devět základních variant pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu o obdélníkovém tvaru s rozměry 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metrů (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osová vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.1.3. Dispoziční řešení objektu

Dispozice sportovní haly je pro všechny porovnávané varianty shodná. Jednotlivé varianty stavebních systémů se od sebe liší ve svislé a vodorovné nosné konstrukci objektu. Dělicí a povrchové konstrukce budou ve všech variantách shodné. Jedná se o jednolodní halový systém.

Vstup do objektu je orientován na severo-východní stranu. V objektu bude komunikace, která propojuje klíčové prostory objektu. Z komunikace se dostaneme do halového prostoru, šaten, prostoru pro diváky a toalety pro veřejnost. Šatny jsou propojeny s hygienickým zázemím určeným pro sportovce. Zde jsou sprchy a toalety. Objekt je vybaven toaletou pro osoby s omezenou schopností pohybu. Jednotlivé místnosti a komunikace jsou osvětleny kombinovaně (uměle i přirozeně). Větrání v objektu je zajištěno vzduchotechnikou. Dispoziční řešení objektu s vyznačenými místnostmi je znázorněno viz obr. č. 6.



Obr. č. 6: Dispoziční řešení objektu

Velikost jednotlivých ploch objektu:

Komunikace: 202,50 m²

Šatny – muži: 50,15 m²

Šatny – ženy: 50,15 m²

Umývárny – muži: 40,53 m²

Umývárny – ženy: 36,85 m²

Veřejné toalety – muži: 27,73 m²

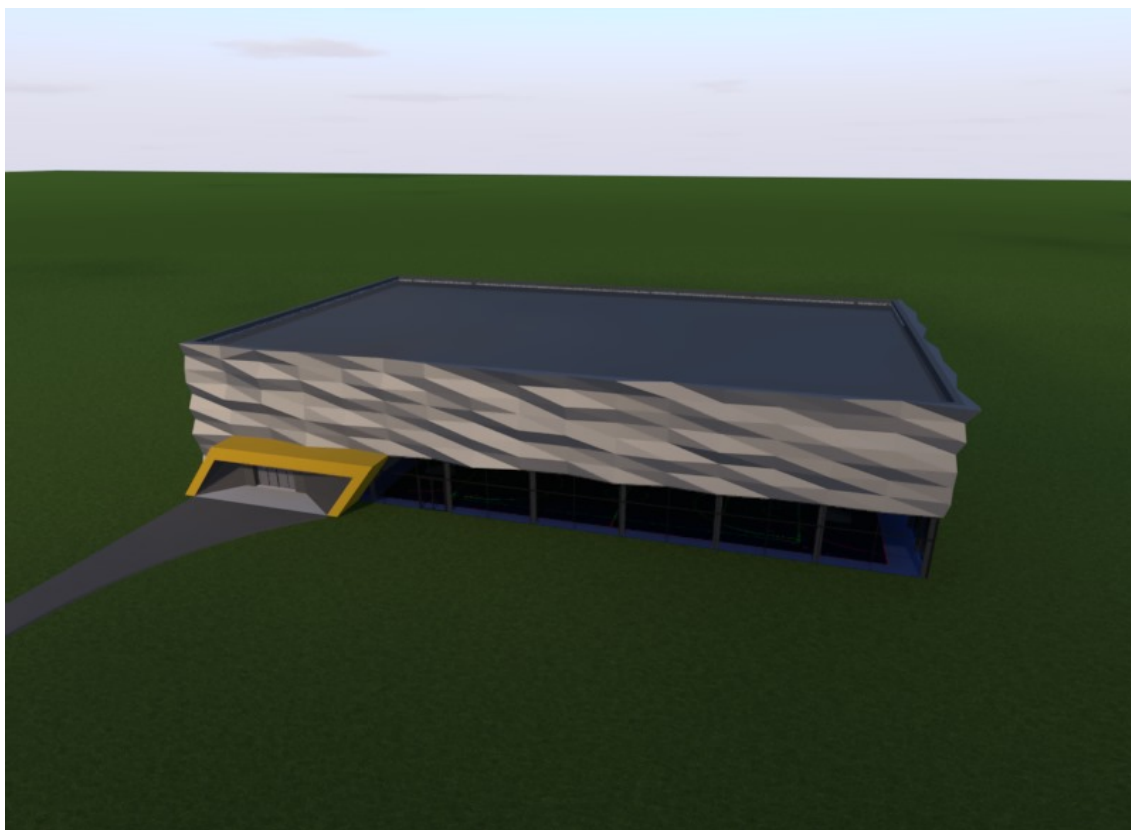
Veřejné toalety – ženy: 28,33 m²

Veřejné toalety – osoby s omezenou schopností pohybu: 5,80 m²

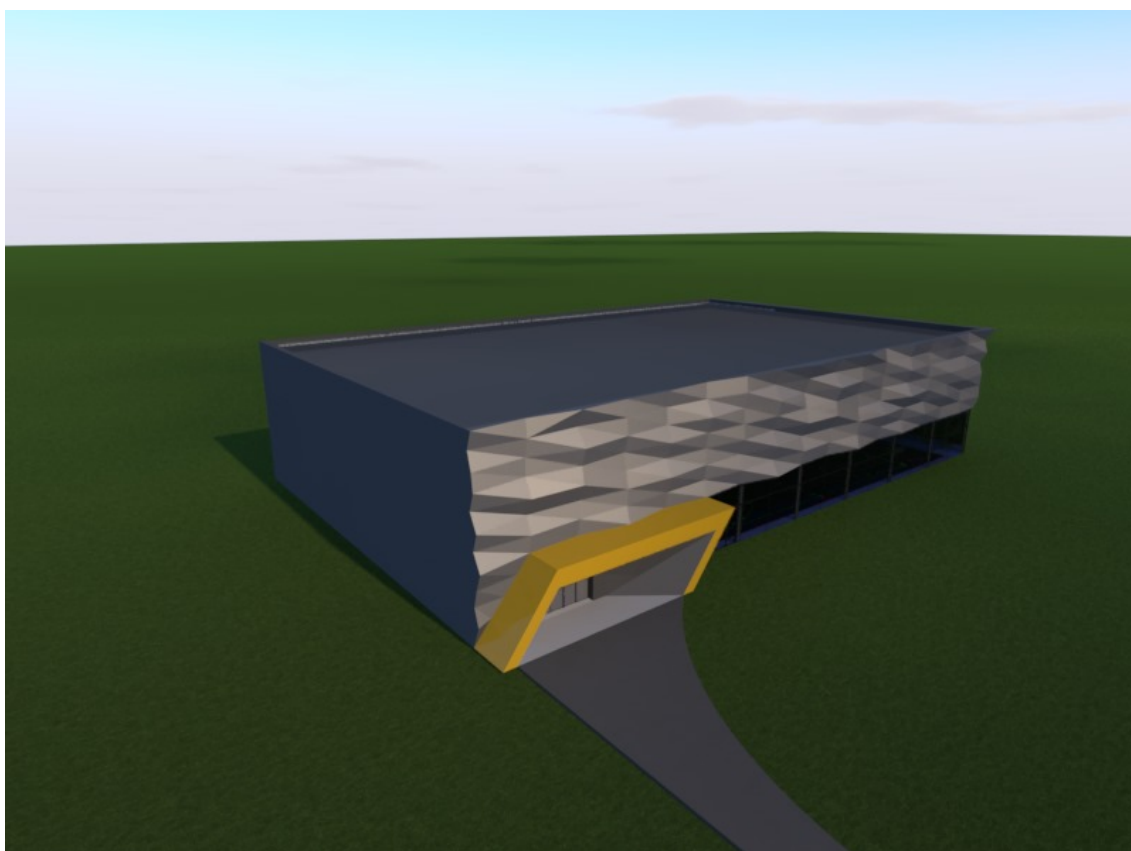
Prostor pro diváky: 215,42 m²

Skladový prostor: 54,81 m²

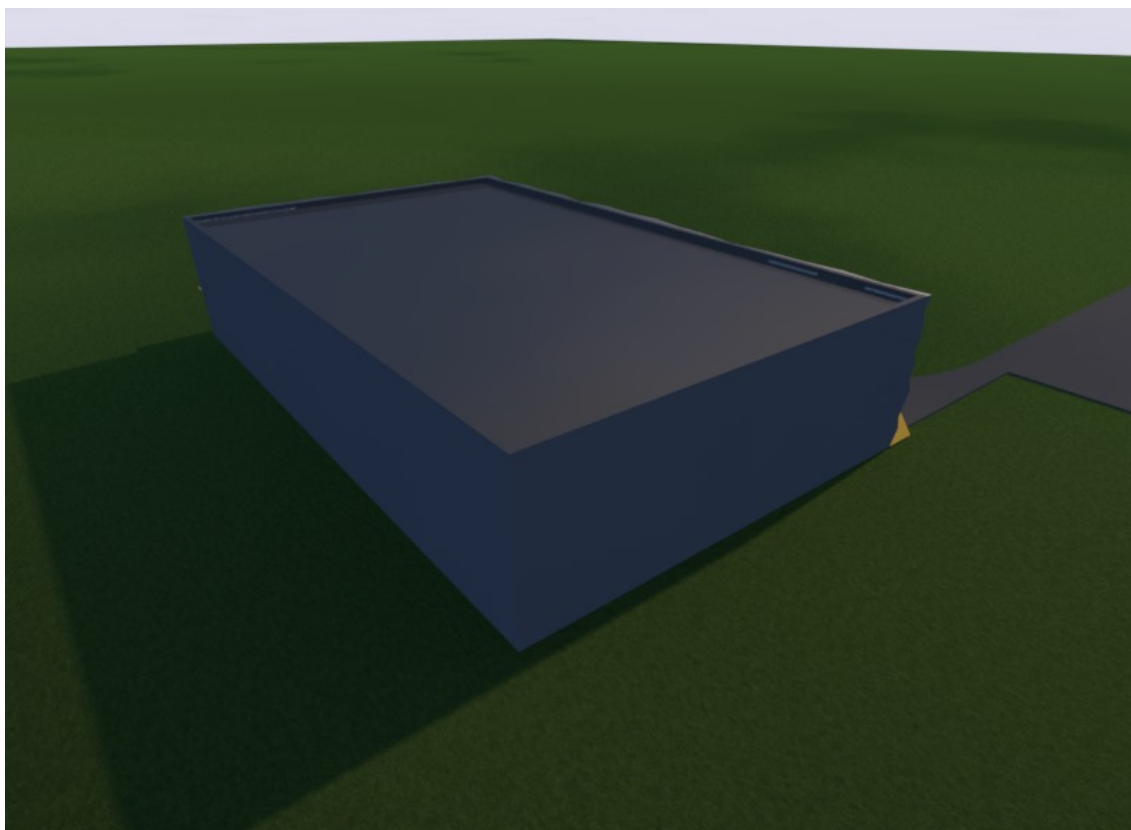
Halový prostor – hřiště: 1 088,62 m²



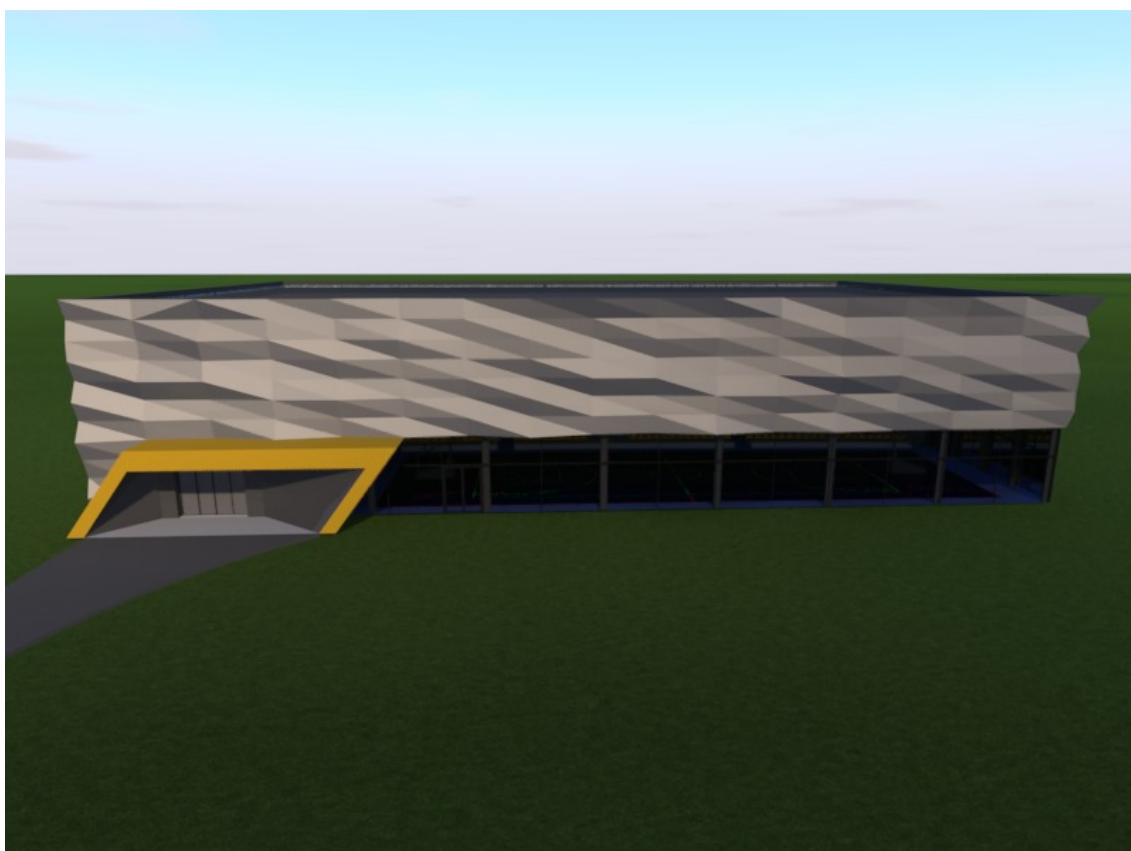
Obr. č. 7: Vizualizace sportovní haly



Obr. č. 8: Vizualizace sportovní haly



Obr. č. 9: Vizualizace sportovní haly



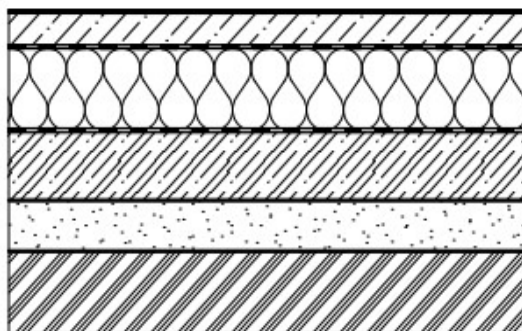
Obr. č. 10: Vizualizace sportovní haly

2.1.4. Stavební systémy

Cílem této diplomové práce je analýza dřevěných, ocelových a betonových nosných konstrukcí pro halové objekty. V práci byly zvoleny konkrétní návrhy nosného systému sportovní haly. Byly zde vybrány tři hlavní systémy – dřevěný, ocelový a betonový. Konstrukční systémy jsou navrženy sedlového charakteru a snaží se reprezentovat současné trendy. Každá varianta je popsána podrobně pro každý systém zvlášť.

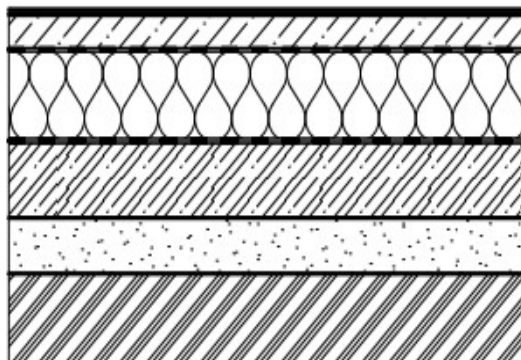
Nenosné dělicí konstrukce a podlahové souvrství jsou pro všechny varianty stejné. Dělicí konstrukce budou ze sádkokartonu. Skladby podlahového souvrství jsou zde popsány viz obr. č. 11, 12, 13. Skladba obálkové konstrukce je zde popsána viz obr. č. 14, 15.

Skladba podlah na terénu	
Linoleum 1.NP	
Popis prvku	Výška [mm]
Linoleum	2
Lepidlo	3
Betonová mazanina	108
PE folie DEKTRADE	0,2
ISOVER EPS 200S	240
DEKBIT AL-S40	4
DEKBIT V60-S35	3
Beton C20/20 + kari síť	200
Štěrkové lože	150
Původní terén	



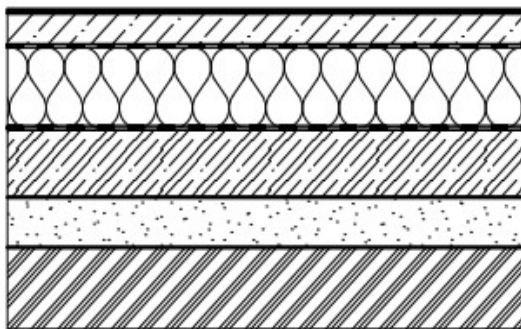
Obr. č. 11: Skladba podlahové konstrukce – komunikace, šatny

Skladba podlah na terénu	
Keramická dlažba 1.NP	
Popis prvku	Výška [mm]
Keramická dlažba	10
Lepicí hmota KNAUF	5
Betonová mazanina	98
PE folie DEKTRADE	0,2
ISOVER EPS 200S	240
DEKBIT AL-S40	4
DEKBIT V60-S35	3
Beton C20/20 + kari síť	200
Štěrkové lože	150
Původní terén	



Obr. č. 12: Skladba podlahové konstrukce – toalety, umývárny

Skladba podlah na terénu	
Taraflex sport M 1.NP	
Popis prvku	Výška [mm]
Sestava TERAFLEX	7
Lepidlo	3
Betonová mazanina	103
PE folie DEKTRADE	0,2
ISOVER EPS 200S	240
DEKBIT AL-S40	4
DEKBIT V60-S35	3
Beton C20/20 + kari síť	200
Štěrkové lože	150
Původní terén	

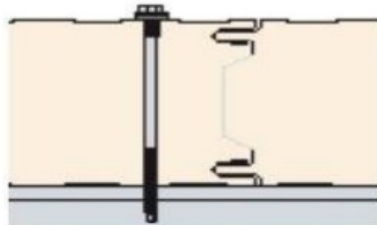


Obr. č. 13: Skladba podlahové konstrukce – halový prostor (hřiště)



Skladba střešního pláště	
Střešní panel KS1000-X-DEK XD	
Popis prvku	Výška [mm]
PVC fólie	0,2
Vnější plech	0,7
Polyuretanová pěna	140
Vnitřní plech	1,1
Nosná konstrukce vaznic	

Obr. č. 14: Skladba obalové konstrukce – střecha



Skladba obvodového pláště	
Stěnový panel KS1150-NF	
Popis prvku	Výška [mm]
Vnější plech	0,6
Polyuretanová pěna	200
Vnitřní plech	0,4
Nosná konstrukce paždíků	

Obr. č. 15: Skladba obalové konstrukce – plášť

2.1.4.1 Systém 1: Ocelové konstrukce

Střešní konstrukce. 1

První varianta střešní ocelové konstrukce bude navržena jako příhradová konstrukce. Příhradová konstrukce je složená z tyčí (prutů), spojena kloubovými spoji. Pruty přenáší pouze tlak a tah. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.



Obr. č. 16: Obrázek ocelové vazníkové konstrukce [18]

Dolní a horní pásnice jsou připojeny kloubově k diagonálám a svislicím. Příhradový vazník je tvořen dolní a horní pásnicí, která je kruhového průřezu $\varnothing 159 \times 16$ mm. Svislice a diagonály jsou tvořeny z profilů kruhového průřezu $\varnothing 127 \times 6,3$ mm. Prvky příhradové konstrukce jsou navrženy z oceli S235. Z estetických důvodů jsou svislice a diagonály navrženy ze stejného průřezu. Svislice jsou využity maximálně na 10 % své kapacity únosnosti. Pro zlepšení efektivity konstrukce jsem odečetl 50 % hmotnosti těchto prvků.

Svislé nosné konstrukce z oceli budou tvořeny sloupovými prvky z HE 400 A. Typ oceli je S235.

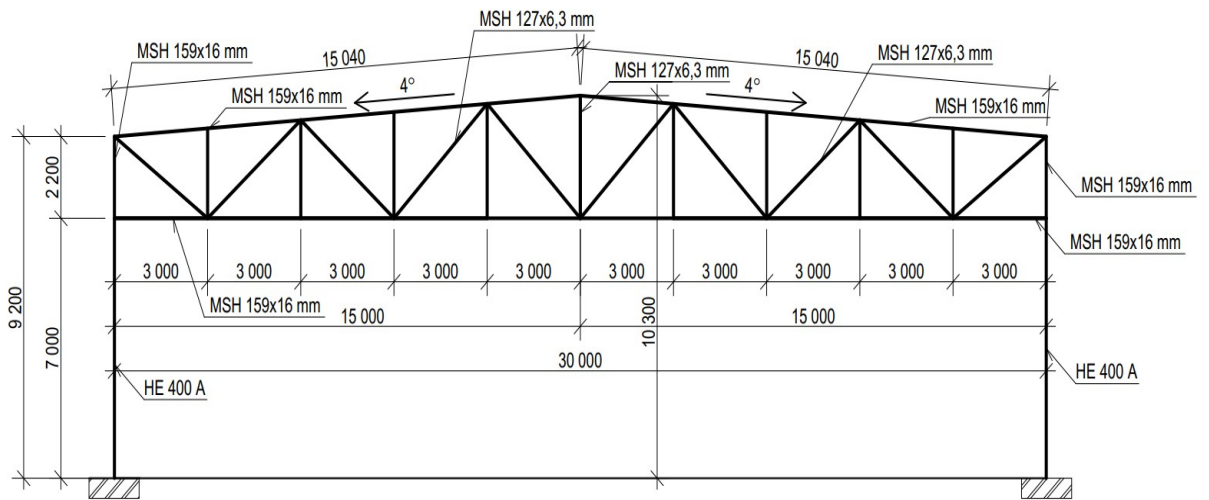
Zatížení střešní konstrukce o. 1

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty o. 1. viz příloha č. 1.



Obr. č. 17: Schéma varianty o. 1.

Hmotnost konstrukce o. 1

Tabulka 1: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 1

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Ocelové prvky	6399,23
Celková hmotnost	6399,23

Nátěrová plocha konstrukce o. 1

Tabulka 2: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 1

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Ocelové prvky	85,274
Celková plocha	85,274

Sřešní konstrukce o. 2

Druhá varianta sřešní konstrukce je tvořena ocelovým rámem. Velikostmomentů ve středové části příčle je závislá na poměru tuhosti stojky a rámové příčle. Použitím tuhého rámu se docílí větší tuhosti v příčném směru.



Obr. č. 18: Obrázek ocelové rámové konstrukce [19]

Střešní rovina je ve sklonu 6° . Pro lepší a dostupnější dopravu prvků rámu na stavbu je rám rozdělen na 5 částí. Montážní spoje jsou navrženy v místech předpokládaného nulového ohybového momentu. Štítové sloupy budou připojeny k rámu kloubovými spoji a tím umožní posun ve směru hlavní osy prutu. Rámová příčel je navržena z HE700 M. Prvky rámové konstrukce jsou navrženy z oceli S235.

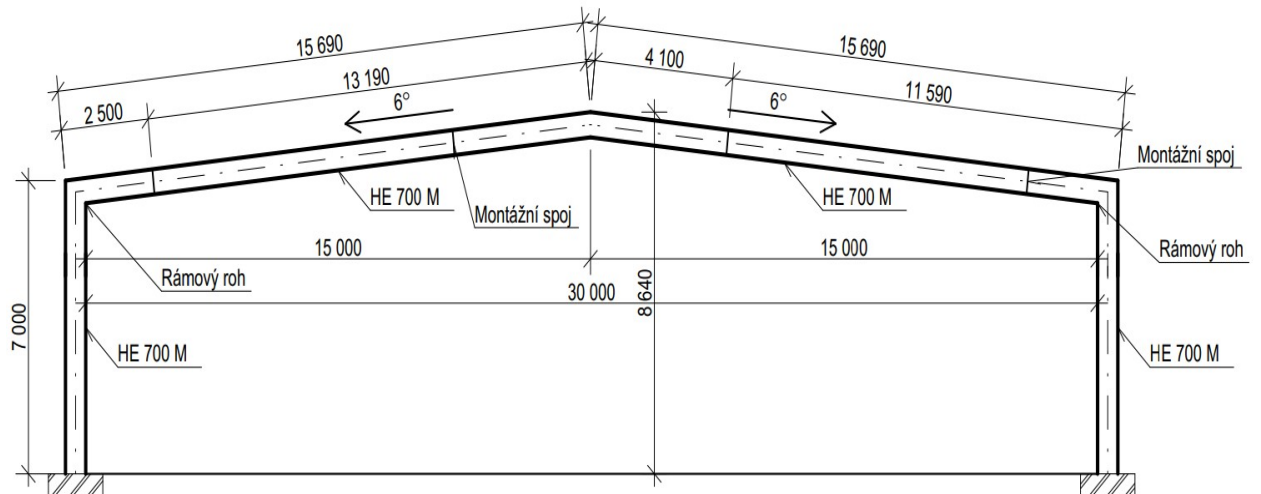
Zatížení střešní konstrukce o. 2

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty o. 2. viz příloha č. 2.



Obr. č. 19: Schéma varianty o. 2.

Hmotnost konstrukce o. 2

Tabulka 3: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 2

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Ocelové prvky	13297,34
Celková hmotnost	13297,34

Nátěrová plocha konstrukce o. 2

Tabulka 4: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 2

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Ocelové prvky	113,208
Celková plocha	113,208

Sřešní konstrukce o. 3

Třetí varianta sřešní konstrukce je navržena jako konstrukce Preon. Preon je systém, který je podobný příhradové konstrukci. Vazník se skládá z tří částí. Krajiní části jsou navrženy jako klasická příhradová konstrukce se šikmými diagonálami. Střední část je řešena jako Vierendeelův nosník a nejsou zde šikmé diagonály. Ve střední části se nachází pouze svislé sloupky. Tím se konstrukce odlehčí a zlevní. Tento návrh má vliv na horní a spodní pásnice, které jsou více namáhány. Pruty jsou k sobě svařovány a vytváří tuhý rám. Jednotlivé části (krajní a středová) se dopraví na stavbu jednotlivě a tam se svaří.



Obr. č. 20: Obrázek ocelové preonové konstrukce [20]

Spodní a horní příruba je navržena z prvků MSH 250x150x16 mm, vnitřní diagonály jsou z prvků MSH 150x100x10mm a svislice ze MSH 200x120x17,5 mm. Prvky preonové konstrukce jsou navrženy z oceli S235.

Svislé nosné konstrukce z oceli budou tvořeny sloupovými prvky z HE 550 A. Typ ocele je S235.

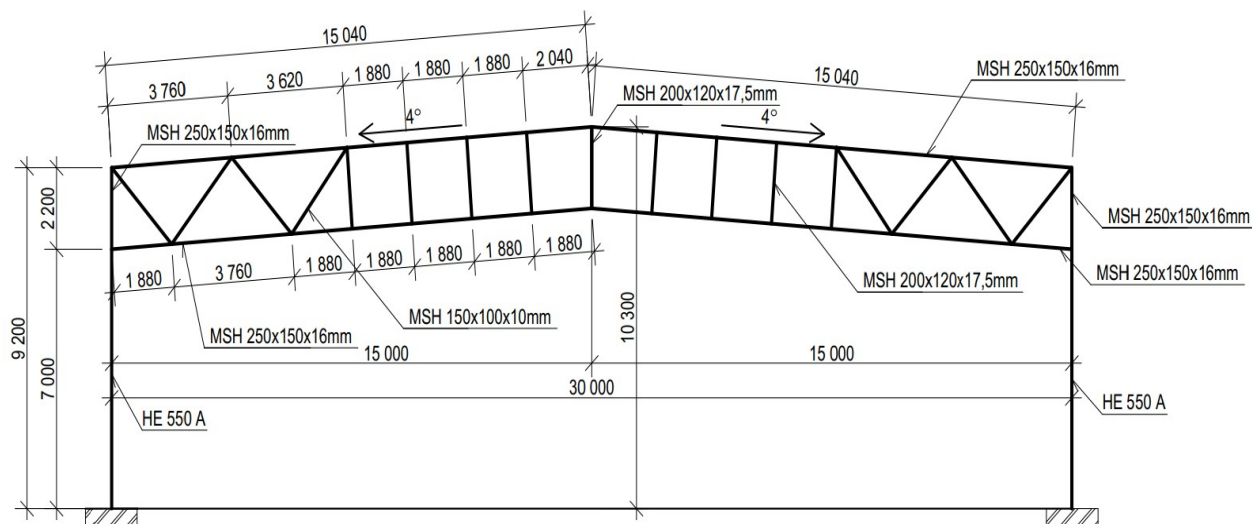
Zatížení střešní konstrukce o. 3

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty o. 3. viz příloha č. 3.



Obr. č. 21: Schéma varianty o. 3.

Hmotnost konstrukce o. 3

Tabulka 5: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 3

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Ocelové prvky	10248,60
Celková hmotnost	10248,60

Nátěrová plocha konstrukce o. 3

Tabulka 6: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 3

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Ocelové prvky	102,574
Celková plocha	102,574

Sřešní konstrukce o. 4

Čtvrtá varianta střešní konstrukce je navržena jako Girlandův vazník. Girlandův vazník je navržen jako dva dílčí vazníky, které jsou ve vrcholu kloubově spojeny. Spodní část vazníků je propojena táhlem, které přenáší tahovou vodorovnou složku reakce. Jednotlivé části se dopraví na stavbu a tam se smontují.



Obr. č. 22: Obrázek - Girlandův vazníku [21]

Dolní a horní pásnice jsou připojeny kloubově k diagonálám a svislicím. Dolní pásnice příhradového vazníku je z profilů MSH120x60x10mm. Horní pásnice příhradového vazníku je z profilů MSH180x100x16mm. Svislice a diagonály jsou tvořeny z profilů MSH60x40x3,2 mm. Táhlo je tvořeno kruhovým průřezem $\varnothing 30\text{mm}$. Prvky příhradové konstrukce jsou navrženy z oceli S235.

Svislé nosné konstrukce z oceli budou tvořeny sloupovými prvky z HE 500B. Typ oceli je S235.

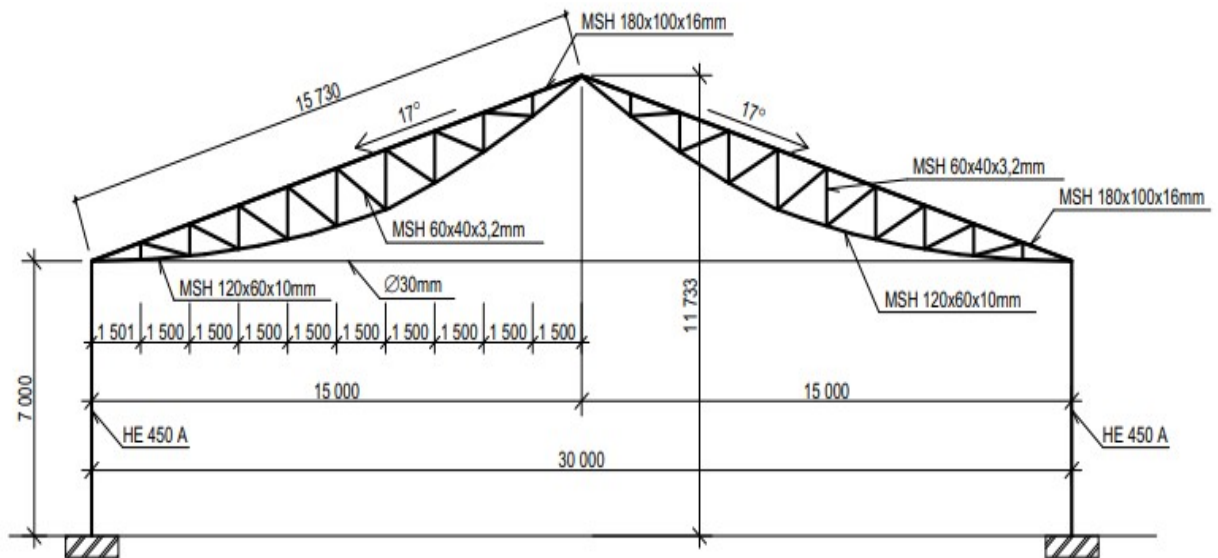
Zatížení střešní konstrukce o. 4

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty o. 4. viz příloha č. 4.



Obr. č. 23: Schéma varianty o. 4.

Hmotnost konstrukce o. 4

Tabulka 7: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 4

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Ocelové prvky	5033,56
Celková hmotnost	5033,56

Nátěrová plocha konstrukce o. 4

Tabulka 8: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 4

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Ocelové prvky	66,771
Celková plocha	66,771

Střešní konstrukce o. 5

Pátá varianta střešní konstrukce je navržena jako trojkloubový rám bez táhla. Trojkloubový rám je systém, který se skládá ze dvou částí. Tyto části jsou koncipovány jako lomené nosníky s kloubovým spojením. Podepření těchto částí je kloubové neposuvné. Lomené konstrukce jsou navrženy proměnného průřezu. To zajistí lepší využití materiálu v dané konstrukci. Jednotlivé části se dopraví na stavbu a tam se smontují.



Obr. č. 24: Obrázek ocelové rámové konstrukce [22]

Průřez v místě podpory je výšky 350 mm a v místě rámového rohu je výšky 800 mm. Prvky rámové konstrukce jsou navrženy z oceli S235.

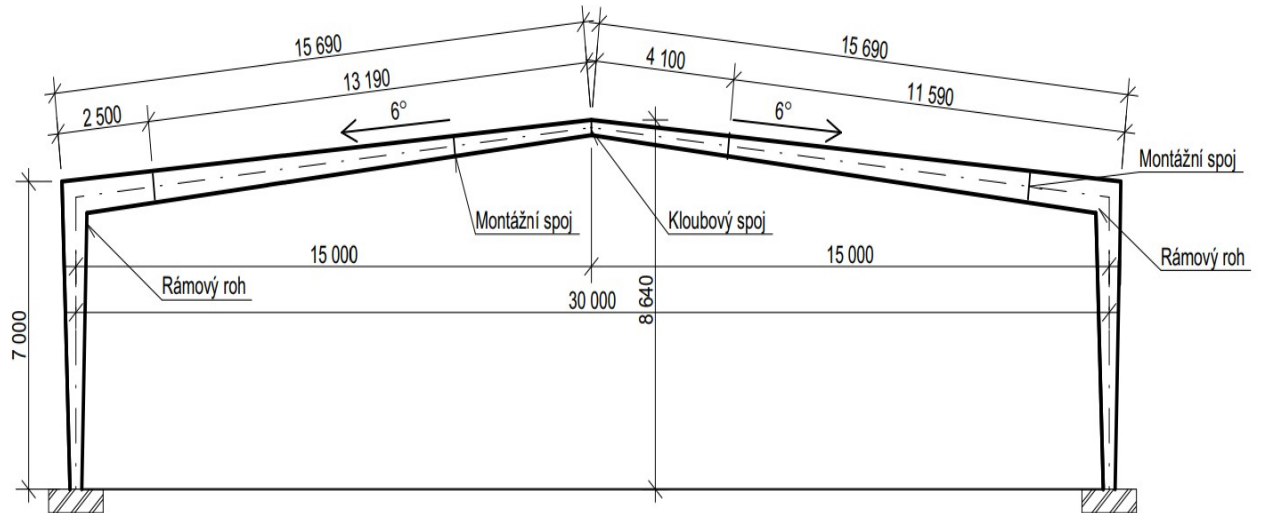
Zatížení střešní konstrukce o. 5

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užitné zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty o. 5. viz příloha č. 5.



Obr. č. 25: Schéma varianty o. 5.

Hmotnost konstrukce o. 5

Tabulka 9: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 5

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Ocelové prvky	10630,88
Celková hmotnost	10630,88

Nátěrová plocha konstrukce o. 5

Tabulka 10: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 5

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Ocelové prvky	133,666
Celková plocha	133,666

Zavětrování

Ztužidla ve střešní rovině se dají rozdělit na příčná ztužidla, podélná ztužidla a svislá ztužidla. Podélná ztužidla slouží k udržení geometrie konstrukce a svislá ztužidla drží svislost samotných vazníků. Svislá ztužidla nejsou použita u rámových konstrukcí. Pro zjednodušení diplomové práce, není návrh ztužidel zahrnut ve výpočtové části. Pro porovnání vlivu ztužidel na cenový faktor dané varianty jsou uvažovány střešní ztužidla ve všech variantách shodného průřezu TR 76x5,6.

Ztužení ve stěnových konstrukcích tvoří větrové ztužidlo. Jelikož se jedná o sportovní halu, není zde nutné brzdné ztužidlo. Ztužidla jsou uvažována shodného průřezu TR 102x6,3.

2.1.4.2 Systém 2: Dřevěné konstrukce

Střešní konstrukce d. 1

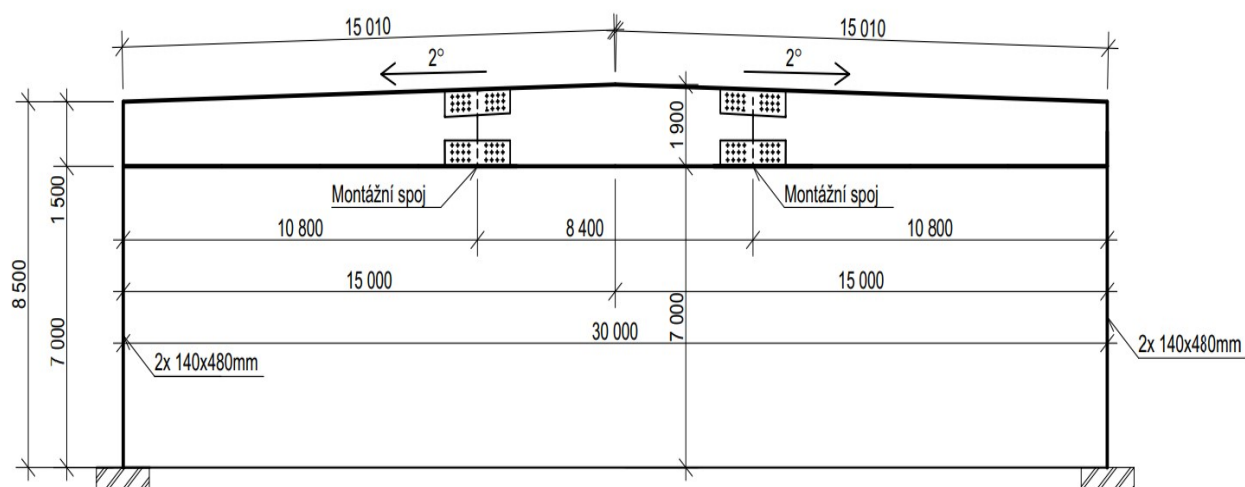
První varianta střešní konstrukce je tvořena dřevěným plnostěnným vazníkem sedlového tvaru.



Obr. č. 26: Obrázek dřevěného plnostěnného vazníku [23]

Střešní rovina je ve sklonu 2° . Rám má výškové rozměry od 1 500 mm v nejmenší části (v podpoře) do 1 900 mm v nejvyšší části (střed vazníku). Šířka vazníku je 240 mm. Vazník je navrhnut z GL 32. Štítové sloupy budou připojeny ke konstrukci kloubovými spoji a tím umožní posun ve směru hlavní osy prutu.

Svislé nosné konstrukce ze dřeva jsou tvořeny z prvků obdélníkového tvaru o rozměrech 140x480 mm z GL 32. Jeden sloup bude vytvořen jako konstrukce dvou hranolů se vzduchovou mezerou uprostřed, jejíž rozměry se odvíjí od rozměrových parametrů střešní konstrukce. Spojení sloupů se základovou konstrukcí je uvažováno jako vetknuté.



Obr. č. 27: Schéma varianty d. 1.

Hmotnost konstrukce d. 1

Tabulka 11: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 1

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Dřevěné prvky	6213,98
Celková hmotnost	6213,98

Nátěrová plocha konstrukce d. 1

Tabulka 12: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 1

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Dřevěné prvky	139,120
Celková plocha	139,120

Zatížení střešní konstrukce d. 1

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty d. 1. viz příloha č. 6.

Střešní konstrukce d. 2

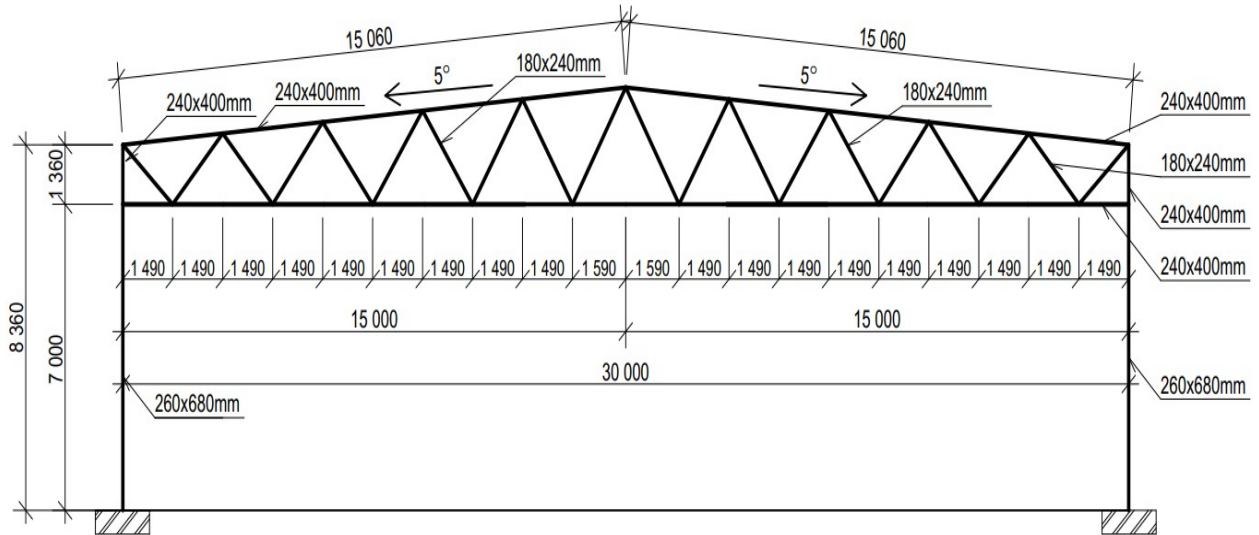
Druhá varianta střešní dřevěné konstrukce bude navržena jako příhradová konstrukce. Příhradová konstrukce je složená z hranolů (prutů), spojena kloubovými spoji. Pruty přenášejí pouze tlak a tah.



Obr. č. 28: Obrázek dřevěné příhradové konstrukce [24]

Vazník je navržen s výškou 1 360mm v podpoře, 2 120mm uprostřed vazníku a sklonem střešní roviny 5° . Dolní a horní pásnice jsou připojeny kloubově k diagonálám. Příhradový vazník je tvořen dolní pásnicí o rozměrech 240x400 mm, horní pásnicí 240x400 mm. Diagonály jsou tvořeny z profilů obdélníkového průřezu 180x240mm. Prvky příhradové konstrukce jsou navrženy z C30.

Svislé nosné konstrukce ze dřeva jsou tvořeny z obdélníkových prvků o rozměrech 260x680mm z GL32. Spojení sloupů se základovou konstrukcí je uvažováno jako vetknuté.



Obr. č. 29: Schéma varianty d. 2.

Hmotnost konstrukce d. 2

Tabulka 13: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 2

Hmotnost konstrukce

	celkem [kg]
Dřevěné prvky	4989,78
Celková hmotnost	4989,78

Nátěrová plocha konstrukce d. 2

Tabulka 14: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 2

Nátěrová plocha

	celkem [m ²]
Dřevěné prvky	149,110
Celková plocha	149,110

Zatížení střešní konstrukce d. 2

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užitné zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty d. 2. viz příloha č. 7.

Zavětrování

Ztužidla ve střešní rovině se dají rozdělit na příčná ztužidla, podélná ztužidla a svislá ztužidla. Podélná ztužidla slouží k udržení geometrie konstrukce a svislá ztužidla drží svislost samotných vazníků. Pro zjednodušení diplomové práce, není návrh ztužidel zahrnut ve výpočtové části. Pro porovnání vlivu ztužidel na cenový faktor dané varianty jsou uvažovány střešní ztužidla ve všech variantách shodného průřezu TR 76x5,6.

Ztužení ve stěnových konstrukcích tvoří větrné ztužidlo. Jelikož se jedná o sportovní halu, není zde nutné brzdné ztužidlo. Ztužidla jsou uvažována shodného průřezu TR 102x6,3.

2.1.4.3 System 3: Železobetonové konstrukce

Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce ze železobetonu budou tvořeny sloupovými prvky čtvercového průřezu o rozměrech 500x500mm. Použitý beton na svislé nosné prvky bude C35/45 a betonářská výztuž bude B500B. Svislé nosné konstrukce jsou pro obě varianty shodné.

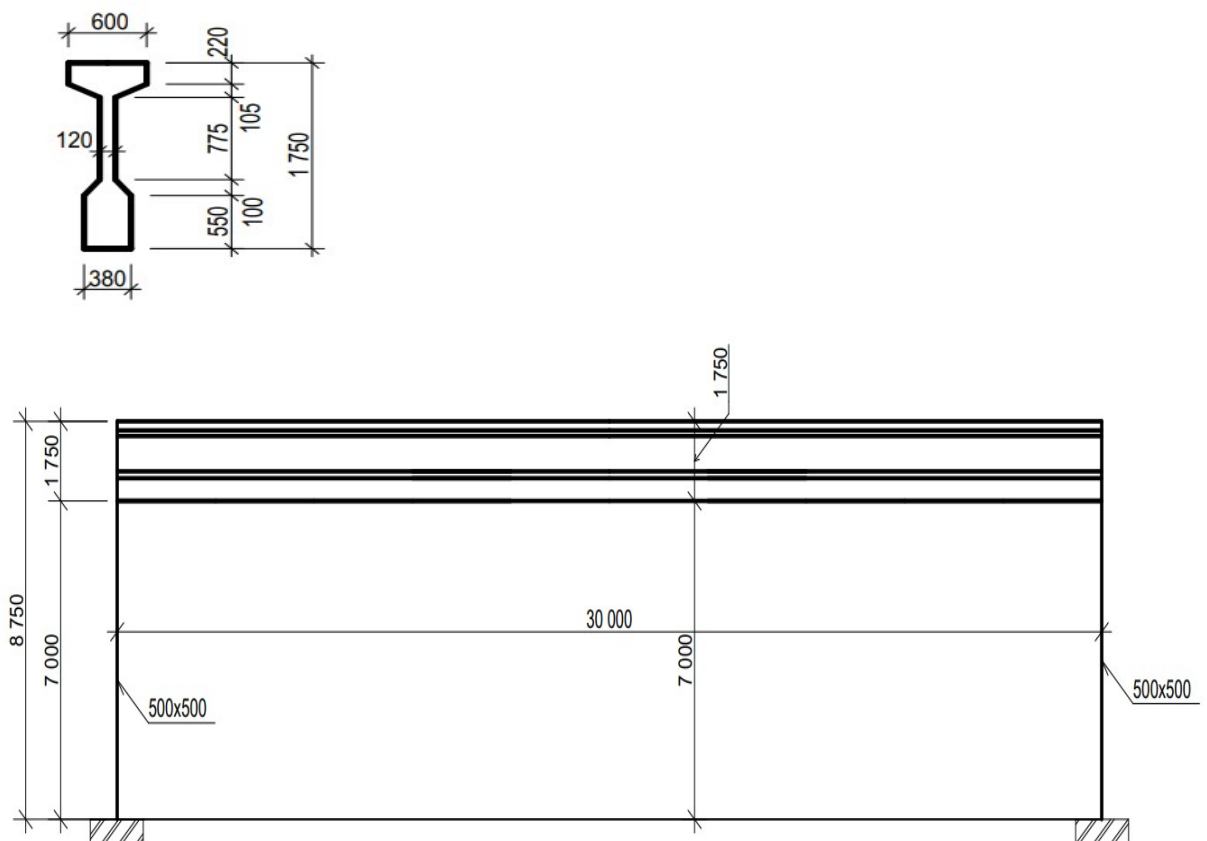
Střešní konstrukce ž. 1

První varianta střešní železobetonové konstrukce bude navržena jako železobetonový překlad. Železobetonové konstrukce kombinují výhody betonu a oceli. Beton přenáší tlakovou část ohybového momentu a spodní část profilu bude vyztužená betonářskou ocelí, která přenesou tahovou část ohybového momentu. Beton bude kvality C50/60 a betonářská výztuž bude B500B.



Obr. č. 30: Obrázek betonové konstrukce [25]

Železobetonová překládová konstrukce je navržena ve tvaru I, která je namáhaná převážně ohybem. Výška profilu je 1 750mm, šířka spodní části je 380mm a horní 600mm. Profil je na koncích zúžen, aby bylo možné ho uložit na sloupové konstrukce.



Obr. č. 31: Schéma varianty ž. 1.

Hmotnost konstrukce ž. 1

Tabulka 15: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 1

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Betonové prvky	47555,00
Celková hmotnost	47555,00

Nátěrová plocha konstrukce ž. 1

Tabulka 16: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 1

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Betonové prvky	184,600
Celková plocha	184,600

Zatížení střešní konstrukce ž. 1

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty ž. 1. viz příloha č. 8.

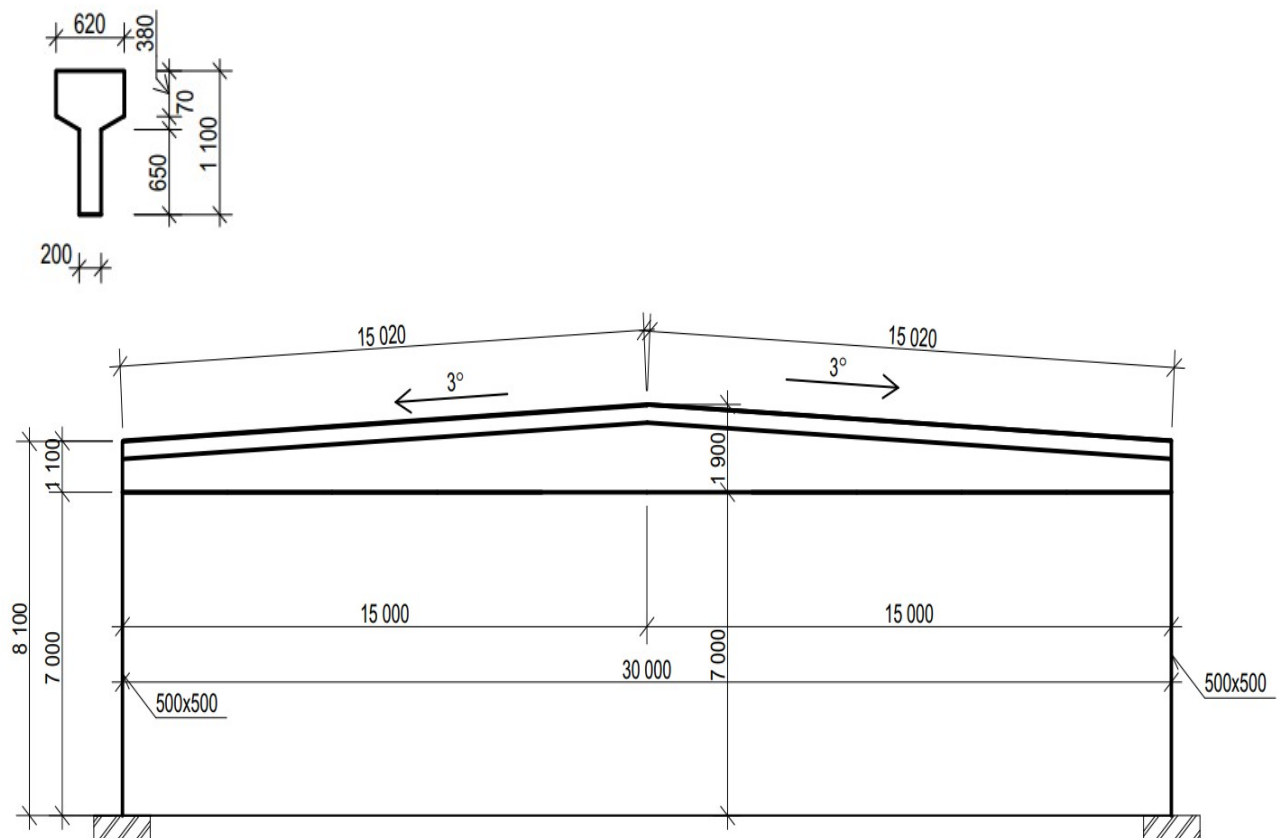
Střešní konstrukce ž. 2

Druhá varianta střešní železobetonové konstrukce bude navržena jako předepínaný železobetonový plnostěnný vazník. Železobetonové konstrukce kombinují výhody betonu a oceli. Beton bude kvality C50/60 a betonářská výztuž bude B500B, výztuž na předepnutí nosníku bude Y1770S7.



Obr. č. 32: Obrázek betonové konstrukce [26]

Železobetonová konstrukce je navržena ve tvaru T, která je namáhaná převážně ohybem. Střešní konstrukce je navržena ve sklonu 3° . Výška profilu v podporách je 1 100 mm, výška uprostřed konstrukce 1 900 mm a šířka je 620 mm. Profil je uložen na sloupové konstrukce.



Obr. č. 33: Schéma varianty ž. 2.

Hmotnost konstrukce ž. 2

Tabulka 17: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 2

Hmotnost konstrukce	
	celkem [kg]
Betonové prvky	43220,00
Celková hmotnost	43220,00

Nátěrová plocha konstrukce ž. 2

Tabulka 18: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 2

Nátěrová plocha	
	celkem [m ²]
Betonové prvky	155,200
Celková plocha	155,200

Zatížení střešní konstrukce ž. 2

Stále zatížení – nosná konstrukce, střešní plášť

Nahodilé zatížení – technologie (osvětlení, vzduchotechnika, ...), užité zatížení

Klimatické zatížení – vítr, sníh

Výpočet byl proveden v programu FIN 2D, který provedl posouzení dané varianty. Výpočet varianty ž. 2. viz příloha č. 9.

Zavětrování

Ztužidla u betonových halových konstrukcí nejsou nutná. Konstrukce je dostatečně prostorově stabilní díky sloupům, vazníkům a průvlakům, které jsou spolu propojeny. Průvlaky jsou ve všech variantách shodné a o průřezových rozměrech 400x300 mm. Beton bude kvality C35/45 a betonářská výztuž bude B500B. V této variantě není nutné zavětrování v podobě ocelových vaznic. Na střešní konstrukci se uloží samonosný střešní plášť.

2.2 Ekonomické porovnání stavebních systémů

2.2.1 Rozpočty stavebních systémů

Téma této diplomové práce je návrh, optimalizace a porovnání vybraných konstrukčních systémů pro halové konstrukce. Jedná se o systém z ocelových, dřevěných a železobetonových prvků. Dané varianty jsou navrženy sedlového charakteru a snaží se reprezentovat současné trendy. Objekt byl navrhnout jako sportovní hala, která je umístěna v Karlových Varech. Dané objekty mají stejnou zastavěnou plochu, výšku a dispozici. Sportovní haly se liší pouze konstrukčními systémy.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu o obdélníkovém půdorysném tvaru s rozměry 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osová vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

Rozpočty jednotlivých systému byly vytvořeny v softwaru KROS 4. Konkrétní výstupy z programu jsou uvedeny v příloze č. 10. Pro zjednodušení jsou do programu zadávány hlavní specifické prvky pro daný systém. Tam se řadí svislé nosné konstrukce a vodorovné nosné konstrukce. Zpracování konkrétního položkového rozpočtu objektu, nebylo předmětem diplomové práce.

2.2.1.2 Rozpočet pro systém 1

Rozpočet konstrukce o. 1

Tabulka 19: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 1

Systém o. 1 (příhrada)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	960850
Vodorovné konstrukce	2558600
Zavětrování	459932
Cena celkem	3 979382
Cena s DPH	4 576289

Rozpočet konstrukce o. 2

Tabulka 20: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 2

Systém o. 2 (rám)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	1 820700
Vodorovné konstrukce	4 162950
Zavětrování	459932
Cena celkem	6 443582
Cena s DPH	7 410119

Rozpočet konstrukce o. 3

Tabulka 21: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 3

Systém o. 3 (Preon)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	1 163500
Vodorovné konstrukce	3 960500
Zavětrování	459932
Cena celkem	5 583932
Cena s DPH	6 421521

Rozpočet konstrukce o. 4

Tabulka 22: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 4

Systém o. 4 (Girlandův vazník)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	1 075800
Vodorovné konstrukce	1 692350
Zavětrování	459932
Cena celkem	3 228082
Cena s DPH	3 712294

Rozpočet konstrukce o. 5

Tabulka 23: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 5

Systém o. 5 (rám s náběhem)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	937500
Vodorovné konstrukce	4 377500
Zavětrování	459932
Cena celkem	5 774932
Cena s DPH	6 641171

2.2.1.2 Rozpočet pro systém 2

Rozpočet konstrukced. 1

Tabulka 24: Hodnoty z programu KROS4 pro systém d. 1

Systém d. 1 (plnostěnný vazník)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	328 928
Vodorovné konstrukce	1890000
Zavětrování	459932
Cena celkem	2 678 860
Cena s DPH	3 080 689

Rozpočet konstrukced. 2

Tabulka 25: Hodnoty z programu KROS4 pro systém d. 2

Systém d. 2 (příhrada)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	432 857
Vodorovné konstrukce	924 979
Zavětrování	459932
Cena celkem	1 817 768
Cena s DPH	2 090 434

2.2.1.3 Rozpočet pro systém 3

Rozpočet konstrukce ž. 1

Tabulka 26: Hodnoty z programu KROS4 pro systém ž. 1

Systém ž. 1 (překlad)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	805000
Vodorovné konstrukce	4 501380
Zavětrování	285120
Cena celkem	5 591500
Cena s DPH	6 430225

Rozpočet konstrukce ž. 2

Tabulka 27: Hodnoty z programu KROS4 pro systém ž. 2

Systém ž. 2 (vazník)	
	[Kč]
Svislé konstrukce	805000
Vodorovné konstrukce	3 998520
Zavětrování	285120
Cena celkem	5 088640
Cena s DPH	5 851936

2.2.2 Posouzení pomocí cenových ukazatelů

Základním prvkem, pro první propočtení ceny objektu, je cenový ukazatel. Cenový ukazatel je nejjednodušší nástroj pro způsob ocenění a předpokládaný odhad ceny stavby. Cenoví ukazatelé jsou stanoveny na základě statistik provedených staveb stejného druhu a z cenových údajů jsou stanoveny průměrné hodnoty ceny daného objektu na měrnou jednotku plochy. Měrné jednotky se liší dle daného oboru. Pro obor pozemního stavitelství se používá m³obestavěného prostoru. Údaje tvoří průměrnou veličinu a jejich použití je pouze teoretické, protože u konkrétních rozpočtů a nákladů stavby je znám účel daného objektu.

Ceny daných objektů, které byly uskutečněny v minulosti, se slučují do průměru. Tento průměr zahrnuje objekty, které mají různorodé cenové standardy, proto je nutné přistupovat k cenovým ukazatelům pouze jako informativní materiál.

Cenová odchylka skutečné stavby od předpokládané ceny vypočtené dle cenových ukazatelů může nabývat hodnoty až 25%. Tato hodnota je závislá na

technologické a technické náročnosti realizace objektu a podle nutného vybavení daného objektu. Standardní odchylka, se kterou je nutno počítat, nabývá hodnoty cca 15% z ceny vypočtené dle cenových ukazatelů.

Cenové ukazatele tvoří hodnota Základních rozpočtových nákladů objektu (ZRN). Cenové ukazatele neobsahují žádné vedlejší rozpočtové náklady, které se odvíjí od konkrétních podmínek daného objektu. Mezi tyto okrajové podmínky objektu patří zařízení staveniště, vlivy území, provozní vlivy, dopravní podmínky, bezpečnostní opatření během výstavby a doprava zaměstnanců. Cena stanovená dle cenových ukazatelů je bez DPH a neobsahuje žádnou rezervu pro pokrytí případné odchylky.

JKSO		průměr	konstrukčně materiálová charakteristika								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
802	Haly občanské výstavby	5580	6845	3755		5920			7000	4375	
802.1	Haly pro vědu, kulturu a osvětu	5305	5305								
802.2	Haly pro tělovýchovu	6050	8095	3755		7005			7005	4380	
802.3	Haly pro obchod a společné stravování	6410	8010			6500			6665	4460	
802.4	Haly občanské výstavby ostatní	5990	6490			5495					

Obr. č. 34: Cenové ukazatele pro haly občanské výstavby [10]

Materiálová charakteristika k obrázku č. 22:

- 1 – Zděná svislá nosná konstrukce z bloků, tvárnic a cihel
- 2 – Monolitická svislá nosná konstrukce tyčová
- 3 – Monolitická svislá nosná konstrukce plošná
- 4 – Montovaná svislá nosná konstrukce z betonových tyčových dílců
- 5 – Montovaná svislá nosná konstrukce z betonových plošných dílců
- 6 – Montovaná svislá nosná konstrukce z prostorových buněk
- 7 – Kovová svislá nosná konstrukce
- 8 – Dřevěná svislá nosná konstrukce a na bázi dřevní hmoty
- 9 – Svislá nosná konstrukce z jiných materiálů

Díl		Průměr	Konstrukčně materiálová charakteristika									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Zemní práce	1,2	1,2					1,9		0,8	1,0	
2	Základy, zvláštní zakládání	4,1	4,1					3,3		3,7	9,2	
3	Svislé a kompletní konstrukce	9,6	7,4					9,7		11,3	3,1	
4	Vodorovné konstrukce	6,7	5,4					13,9		4,2	0,3	
6	Úpravy povrchu, podlahy	6,0	4,1					3,3		8,1	6,1	
8	Trubní vedení		0,1									
9	Ostatní konstrukce, bourání	2,7	2,3					4,0		2,1	2,1	

Obr. č. 35: Cenové vyjádření stavebních dílů a řemesel v % [10]

Vybraný typ pro tuto práci: 802 - Haly občanské výstavby

Obestavěný prostor: 13 964 m³

Konstrukčně materiálová charakteristika pro ocelové konstrukce:

7 – Kovová svislá nosná konstrukce

Cena na m³ pro variantu ocelových konstrukcí – 7 005 Kč/m³

Cena objektu dle cenových ukazatelů (bez DPH): 97 817 820,-Kč

Cena svislých nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

11 053 414,- Kč

Cena vodorovných nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

4 108 348,-Kč

Konstrukčně materiálová charakteristika pro dřevěné konstrukce:

8 – Dřevěná svislá nosná konstrukce a na bázi dřevní hmoty

Cena na m³ pro variantu dřevěných konstrukcí – 4 380,- Kč/m³

Cena objektu dle cenových ukazatelů (bez DPH): 61 162 320,- Kč

Cena svislých nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

1 896 032,- Kč

Cena vodorovných nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

183 487,-Kč

Konstrukčně materiálová charakteristika pro betonové konstrukce:

5 – Montovaná svislá nosná konstrukce z betonových plošných dílců

Cena na m³ pro variantu betonových konstrukcí – 7 005 Kč/m³

Cena objektu dle cenových ukazatelů (bez DPH): 97 817 820,- Kč

Cena svislých nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

9 488 329,- Kč

Cena vodorovných nosných konstrukcí dle cenových ukazatelů (bez DPH):

13 596 677,-Kč

2.2.4 Celkové zhodnocení a porovnání výsledků

Jednotlivé varianty se porovnají mezi sebou a poté se celkovězhodnotí všechny varianty. Ve výpočtu nejsou zahrnuty nároky na základy, které vytváří nosné konstrukce. Tématem této diplomové práce není návrh základové konstrukce, nicméně je nutné zahrnout tento faktor. V této práci je uvedena tabulka reakcí na základové konstrukce od jednotlivých variant. To umožní náhled na případnou velikost jednotlivých základů.

Ocelové konstrukce

Tabulka 28: Porovnání výsledků ocelových konstrukcí ze softwaru KROS 4

Cena nosných konstrukcí [Kč]	Varianty				
	O. 1 (příhrada)	O. 2 (rám)	O. 3 (Preon)	O. 4 (Gírl. v.)	O. 5 (rám)
Svislých konstrukcí	1 104 978	2 093 805	1 338 025	1 237 170	1 078 125
Vodorovných konstrukcí	2 942 390	4 787 393	4 554 575	1 946 203	5 034 125
Celková cena	4 047 368	6 881 198	5 892 600	3 183 373	6 112 250

Z tabulky je vidět, že nejlevnější varianta dle celkové ceny je o. 4. Pokud je zahrnuta pouze celková cena, tak je nejdražší varianta o. 2. Pokud by se vzala v úvahu pouze cena svislých nosných konstrukcí, tak nejlevnější je varianta o. 5. a nejdražší o.2. Nejlevnější varianta při zhodnocení vodorovných nosných konstrukcí je o.4. a nejdražší je o.5. Cenový rozdíl mezi nejdražší a nejlevnější variantou je 3 697 825,- Kč.

Tabulka 29: Porovnání výsledků ocelových konstrukcí

	Varianty				
	O. 1 (příhrada)	O. 2 (rám)	O. 3 (Preon)	O. 4 (Gírl. v.)	O. 5 (rám)
Cena nosných konstrukcí [Kč/m ³]	290	493	422	228	438

V této tabulce jsou zahrnuty ceny nosných konstrukcí pro jednotlivé varianty. Ceny jsou včetně DPH. Tyto ceny jsou rozpočítány na jeden metr kubický daného objektu.

Dřevěné konstrukce

Tabulka 30: Porovnání výsledků dřevěných konstrukcí ze softwaru KROS 4

Cena nosných konstrukcí [Kč]	Varianty	
	D. 1 (vazník)	D. 2 (příhrada)
Svislých konstrukcí	378 268	497 786
Vodorovných konstrukcí	2 173 500	1 063 727
Celková cena	2 551 768	1 561 512

Z tabulky je vidět, že levnější varianta dle celkové ceny je d. 2. Pokud je zahrnuta pouze celková cena, tak je dražší varianta d. 1. Pokud by se vzala v úvahu pouze cena svislých nosných konstrukcí, tak levnější je varianta d.1. a

dražší d. 2. Nejlevnější varianta při zhodnocení vodorovných nosných konstrukcí je d.2. a nejdražší je d. 1. Cenový rozdíl mezi nejdražší a nejlevnější variantou je 1 035 810,-Kč.

Tabulka 31: Porovnání výsledků dřevěných konstrukcí

	Varianty	
	D. 1 (vazník)	D. 2 (příhrada)
Cena nosných konstrukcí [Kč/m ³]	156	76

V této tabulce jsou zahrnuty ceny nosných konstrukcí pro jednotlivé varianty. Ceny jsou včetně DPH. Tyto ceny jsou rozpočítány na jeden metr kubický daného objektu.

Železobetonové konstrukce

Tabulka 32: Porovnání výsledků železobetonových konstrukcí ze softwaru

KROS 4

Cena nosných konstrukcí [Kč]	Varianty	
	Ž. 1 (překlad)	Ž. 2 (vazník)
Svislých konstrukcí	925 750	925 750
Vodorovných konstrukcí	5 176 587	4 598 298
Celková cena	6 102 337	5 524 048

Z tabulky je vidět, že levnější varianta dle celkové ceny je ž. 2. Pokud je zahrnuta pouze celková cena, tak je dražší varianta ž.1. Pokud by se vzala v úvahu pouze cena svislých nosných konstrukcí, tak jsou obě varianty shodné. Levnější varianta při zhodnocení vodorovných nosných konstrukcí je ž.2. a

dražší je ž. 1. Cenový rozdíl mezi nejdražší a nejlevnější variantou je 578 289,- Kč.

Tabulka 33: Porovnání výsledků železobetonových konstrukcí

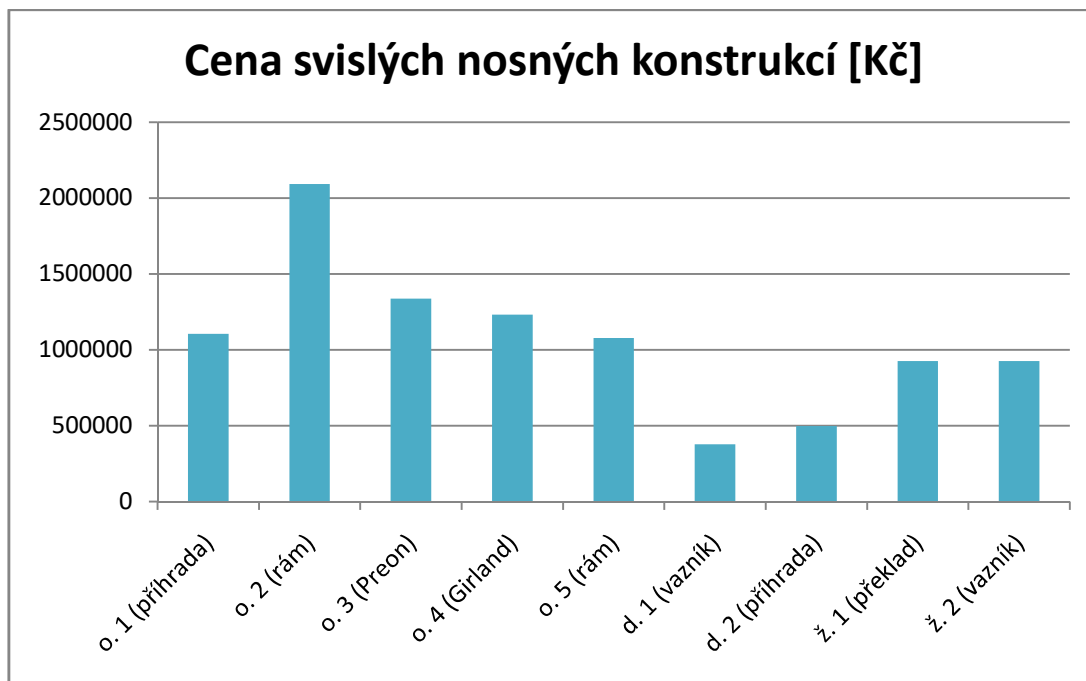
	Varianty	
	Ž. 1 (překlad)	Ž. 2 (vazník)
Cena nosných konstrukcí [Kč/m ³]	437	396

V této tabulce jsou zahrnuty ceny nosných konstrukcí pro jednotlivé varianty. Ceny jsou včetně DPH. Tyto ceny jsou rozpočítány na jeden metr kubický daného objektu.

Celkové zhodnocení

Svislé konstrukce:

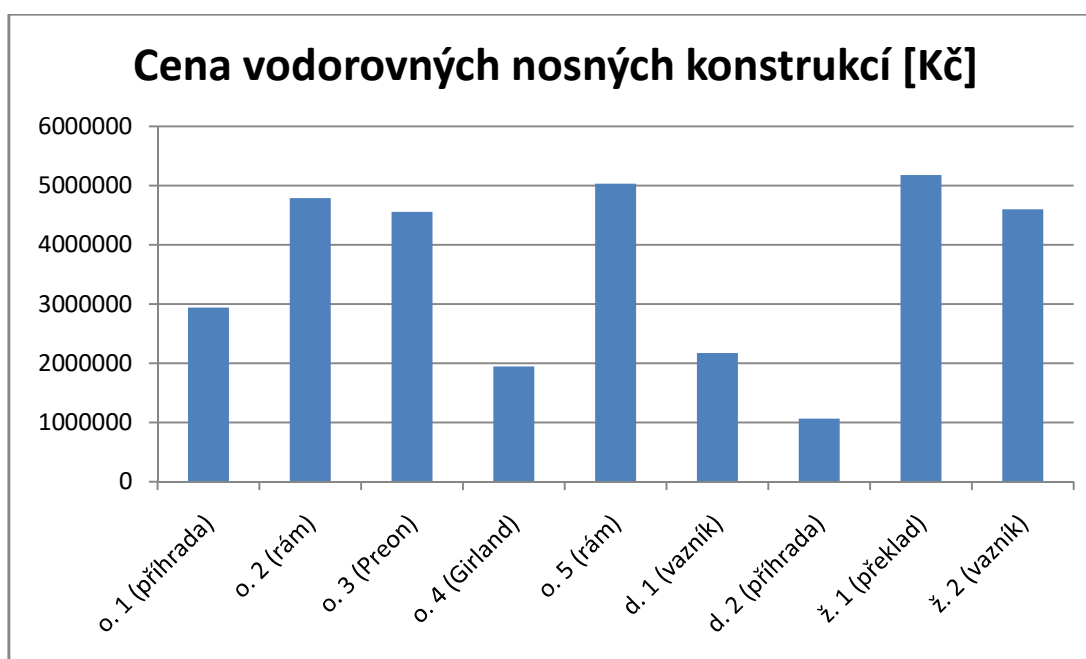
Graf 1: Cena za svislé konstrukce pro jednotlivé varianty



Z grafu je patrné, že nejlevnější varianta je d. 1 a nejdražší je varianta o. 2. Rozdíl mezi nejlevnější a nejdražší variantou je 1 715 537,- Kč.

Vodorovné konstrukce:

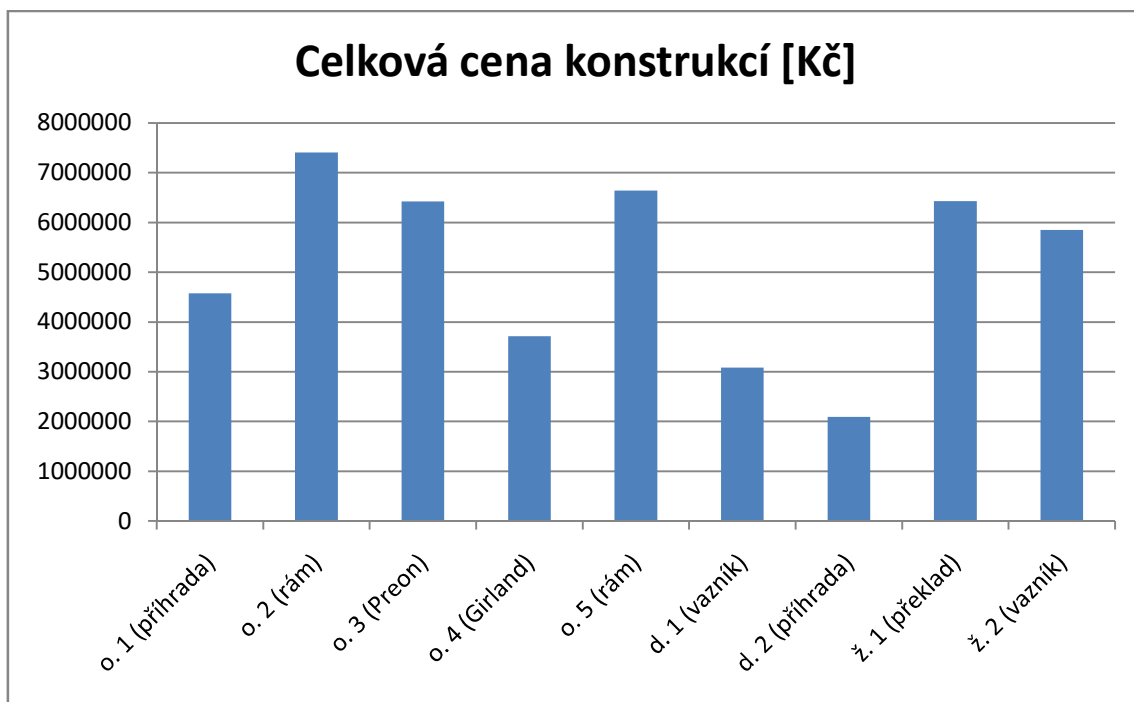
Graf 2: Cena za vodorovné konstrukce pro jednotlivé varianty



Z grafu je patrné, že nejlevnější varianta je d. 2a nejdražší je varianta ž. 1. Rozdíl mezi nejlevnější a nejdražší variantou je 4 112 860,- Kč.

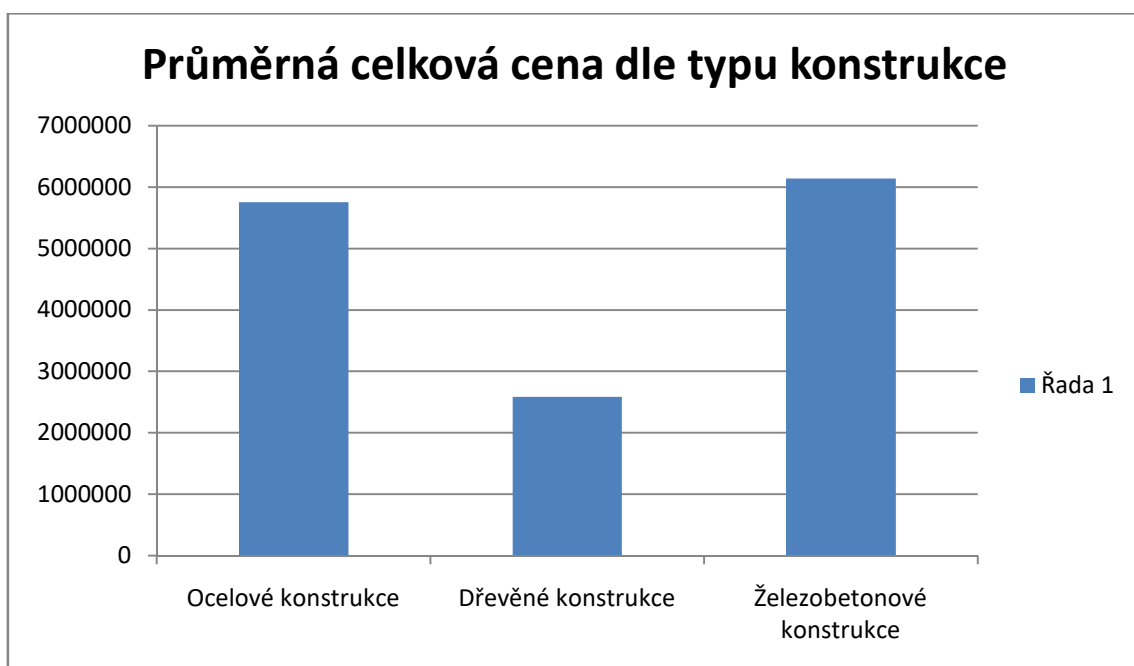
Cena celkem:

Graf 3: Celková cena konstrukcí pro jednotlivé varianty



Z grafu je patrné, že nejlevnější varianta je d. 2a nejdražší je varianta o. 2. Rozdíl mezi nejlevnější a nejdražší variantou je 5 319 685,- Kč.

Graf 4: Průměrná celková cena konstrukcí pro jednotlivé typy



Z grafu je patrné, že ceny odpovídají poměru dle cenových ukazatelů. Nejlevnější jsou dřevěné nosné konstrukce a železobetonové s ocelovými jsou na tom podobně.

Tabulka 34: Porovnání průměru jednotlivých variant a cenových ukazatelů

	Varianty					
	průměr ocelových variant	průměr dřevěných variant	průměr železobetonových variant	Cenový ukazatel ocelových kcí	Cenový ukazatel dřevěných kcí	Cenový ukazatel železobetonových kcí
Cena nosných konstrukcí + obvodového pláště [Kč/m ³]	908	681	1 078	1 249	171	1901

V této tabulce je vypočítána průměrná cena nosných konstrukcí jednotlivých variant. Cena je rozpočítána na jeden metr kubický daného objektu. Vzhledem k tomu, že v cenových ukazatelích je zahrnutá cena, nejen za nosné konstrukce, ale i za kompletační konstrukce. Aby byla cena odpovídající, tak je ke každé variantě připočítána cena obvodového pláště (pro všechny shodná) a poté rozpočítána na metry kubické daného objektu. Z tabulky jde vidět, že cenoví ukazatelé, pro jednotlivé objekty jsou pouze orientační a neumožňují zahrnout návrh a vybavení objektu. Například, dřevěné nosné konstrukce (vazníky) daného objektu by musely stát pouze 183 487,- Kč (bez DPH). Daná tabulka zahrnuje ceny i s DPH.

Tabulka 35: Porovnání jednotlivých reakcí na základovou konstrukci

Reakce v podpoře	Varianty								
	O. 1 (příhrada)	O. 2 (rám)	O. 3 (Preon)	O. 4 (Gir.)	O. 5 (rám)	D. 1 (vazník)	D. 2 (příhrada)	Ž. 1 (překlad)	Ž. 2 (vazník)
Moment [kNm]	151,1	x	81,5	84,4	x	95,7	121,6	94,3	96,5
Vodorovná složka reakce [kN]	4,9	249,4	51,3	12,1	365,7	30,9	8,9	30,5	18,67
Svislá složka reakce [kN]	411,5	463,1	438,8	426,46	460,8	420,4	399,1	653,7	641,9

Nároky na základové konstrukce jednotlivých variant se dají rozdělit dle typu namáhání. Nejmenší namáhání dle ohybového momentu mají varianty o. 2 a o. 5. V těchto variantách se nachází téměř nulový ohybový moment, což je způsobeno kloubovým uložením dané varianty. Největší ohybový moment vznikl u varianty o. 1.

Nejmenší vodorovná složka reakce vyšla ve variantě o. 1 a nejvyšší ve variantě o. 5.

Nejmenší svislá složka reakce vyšla ve variantě d. 2 a nejvyšší ve variantě ž. 1.

Tabulka 36: Porovnání hmotností jednotlivých variant

Hmotnost nosných konstrukcí	Varianty								
	O. 1 (příhrada)	O. 2 (rám)	O. 3 (Preon)	O. 4 (Gir.)	O. 5 (rám)	D. 1 (vazník)	D. 2 (příhrada)	Ž. 1 (překlad)	Ž. 2 (vazník)
Svislých konstrukcí [kg]	17 470	40 460	23 270	19 560	18 750	9 210	12 120	87 500	87 500
Vodorovných konstrukcí [kg]	46 520	92 510	79 210	30 770	87 550	52 920	37 770	388 050	344 700
Celková hmotnost [kg]	63 990	132 970	102 480	50 330	106 300	62 130	49 890	475 550	432 200

Nejmenší hmotnost svislých nosných konstrukcí má varianta d. 1, největší má varianta ž. 1 a ž. 2.

Nejmenší hmotnost vodorovných nosných konstrukcí má varianta o. 4 a největší má varianta ž. 1.

Nejmenší celkovou hmotnost má varianta d. 2 a největší má varianta ž. 1. Rozdíl hmotností těchto variant činí 425 660 kg.

3. Závěr

Téma této diplomové práce je návrh, optimalizace a porovnání vybraných konstrukčních systémů pro halové konstrukce. Jedná se o systém z ocelových, dřevěných a železobetonových prvků. Celkem bylo porovnáno 9 variant, z toho 5 ocelových, 2 dřevěné a 2 železobetonové. Konstrukční systémy jsou navrženy sedlového charakteru a snaží se reprezentovat současné trendy. Objekt byl navrhnout jako sportovní hala, která je umístěna v Karlových Varech. Dané objekty mají stejnou zastavěnou plochu, výšku a dispozici. Sportovní haly se liší pouze konstrukčními systémy a zavětrováním.

Na konkrétní stavbu sportovní haly, vyšla nejlevněji dřevěná příhradová konstrukce – varianta d. 2. Je nutné dodat, že dané varianty nebyly navrženy a posouzeny na vliv požáru. Pokud by byl zahrnut i tento faktor, dřevěné a ocelové varianty by se musely poupravit, zatím co železobetonové konstrukce by zůstaly totožné. Jakožto nejdražší varianta, vyšla ocelová rámová konstrukce bez náběhu. To je způsobeno neefektivním využitím materiálu. Cena železobetonových konstrukcí se drží poměrně vysoko, což je způsobeno vodorovnými nosnými konstrukcemi, které musí, překlenout velkou vzdálenost 30 m. Pro tyto účely je lepší spíše využít dřevěné či ocelové varianty.

Pokud bychom se na dané varianty podívali z hlediska životnosti a potřeby údržby, nejlépe by na tom byly železobetonové konstrukce. Ocelové a dřevěné konstrukce je třeba v intervalu životnosti kontrolovat a obnovovat ochranné nátěry. Dále je nutné zmínit, že některé varianty nelze využít pro průmyslové haly, popřípadě jiné halové objekty. Tyto objekty kladou jiné požadavky na nosné konstrukce, které jsou vystavovány vlivům od využívání daného objektu.

Cenovní ukazatelé, pro jednotlivé objekty jsou pouze orientační a neumí zahrnout daný návrh a vybavení objektu. Například, dřevěné nosné konstrukce (vazníky) daného objektu by musely stát pouze 183 487,- Kč (bez DPH). Nicméně cenové zařazení jednotlivých variant vyšlo dle předpokladů cenových ukazatelů. Nejlevnější byly dřevěné varianty, železobetonové a ocelové varianty se lišily dle návrhu. Navrhované varianty nebyly modelovány na nesilové zatížení (posun podpor a změna teploty). Většina variant, má podobné nároky na základovou konstrukci, největší ohybový moment v podporách vzniká ve variantách o. 1 a d. 2. Největší posouvající síly vznikají ve variantách o. 2 a o. 5.

V práci není zahrnut vliv dopravy a náročnost montáže daných konstrukcí. Konstrukce s náročnější dopravou jsou o. 1, 4, d. 2, ž. 1, 2. Jedná se o konstrukce, u kterých je nutné dopravit prvek/y v celku a doprava bude rozhodujícím faktorem. U varianty ž. 1, přeprava 30 metrového

železobetonového prefabrikátu, který má hmotnost 380 tun, bude velice náročná. Nadruhou stranu jsou zde varianty o. 2, 3, 5 a d. 1, kde se dá konstrukce rozdělit na jednotlivé díly a na stavbě smontovat danou konstrukci dohromady.

Dle mého doporučení, by bylo vhodné, pro daný objekt spojit výhody jednotlivých variant – dřevěných a železobetonových. Pokud by byly svíslé nosné konstrukce ze železobetonu a vodorovné nosné konstrukce ze dřeva, bylo by možné dosáhnout lepší ceny než u čistě železobetonové konstrukce, lepší stability a pevnosti než u dřevěné konstrukce viz obr. 36.

Při návrhu objektu byly použity tyto programy: KROS 4, ArchiCAD 23, FIN EC 2020, Microsoft Office Word 2013 a Microsoft Office Excel 2013.

Tvorba této práce pro mě byla cennou zkušeností. Využil jsem zde teoretické vědomosti, které jsem získal během studia. Nyní vím, že je nutné na stavbu nahlížet z širšího hlediska, porovnávat klady a zápory dané konstrukce a hledat neoptimálnější řešení pro danou variantu.



Obr. č. 36: Obrázek halové konstrukce [27]

4. Seznam obrázků

<i>Obr. č. 1: Půdorysné rozměry hromadných sprch se sprchovou růžicí na stěně [14]</i>	<i>10</i>
<i>Obr. č. 2: Půdorysné schéma toalet s otevíráním ven i dovnitř [12]</i>	<i>11</i>
<i>Obr. č. 3: Půdorysné schéma toalet pro osoby s omezenou schopností pohyblivosti [12]</i>	<i>11</i>
<i>Obr. č. 4: Půdorysné schéma multifunkčního hřiště pro tenis, košíkovou a volejbal [14]</i>	<i>12</i>
<i>Obr. č. 5: Katastrální mapa s vyznačeným objektem.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. č. 6: Dispoziční řešení objektu</i>	<i>17</i>
<i>Obr. č. 7: Vizualizace sportovní haly.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. č. 8: Vizualizace sportovní haly.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. č. 9: Vizualizace sportovní haly.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. č. 10: Vizualizace sportovní haly.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. č. 11: Skladba podlahové konstrukce – komunikace, šatny.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. č. 12: Skladba podlahové konstrukce – toalety, umývárny</i>	<i>21</i>
<i>Obr. č. 13: Skladba podlahové konstrukce – halový prostor (hřiště).....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. č. 14: Skladba obalové konstrukce – střecha</i>	<i>22</i>
<i>Obr. č. 15: Skladba obalové konstrukce – plášť</i>	<i>22</i>
<i>Obr. č. 16: Obrázek ocelové vazníkové konstrukce [18]</i>	<i>23</i>
<i>Obr. č. 17: Schéma varianty o. 1.</i>	<i>24</i>
<i>Obr. č. 18: Obrázek ocelové rámové konstrukce [19]</i>	<i>25</i>
<i>Obr. č. 19: Schéma varianty o. 2.</i>	<i>26</i>
<i>Obr. č. 20: Obrázek ocelové preonové konstrukce [20]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. č. 21: Schéma varianty o. 3.</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 22: Obrázek - Girlandův vazníku [21]</i>	<i>29</i>

<i>Obr. č. 23: Schéma varianty o. 4.</i>	30
<i>Obr. č. 24: Obrázek ocelové rámové konstrukce [22]</i>	31
<i>Obr. č. 25: Schéma varianty o. 5.</i>	32
<i>Obr. č. 26: Obrázek dřevěného plnostěnného vazníku [23]</i>	33
<i>Obr. č. 27: Schéma varianty d. 1.</i>	34
<i>Obr. č. 28: Obrázek dřevěné příhradové konstrukce [24]</i>	35
<i>Obr. č. 29: Schéma varianty d. 2.</i>	36
<i>Obr. č. 30: Obrázek betonové konstrukce [25]</i>	38
<i>Obr. č. 31: Schéma varianty ž. 1</i>	38
<i>Obr. č. 32: Obrázek betonové konstrukce [26]</i>	40
<i>Obr. č. 33: Schéma varianty ž. 2</i>	40
<i>Obr. č. 34: Cenové ukazatele pro haly občanské výstavby [10]</i>	46
<i>Obr. č. 35: Cenové vyjádření stavebních dělů a řemesel v % [10]</i>	47
<i>Obr. č. 36: Obrázek halové konstrukce [27]</i>	57

5. Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 1</i>	24
<i>Tabulka 2: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 1</i>	24
<i>Tabulka 3: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 2</i>	26
<i>Tabulka 4: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 2</i>	26
<i>Tabulka 5: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 3</i>	28
<i>Tabulka 6: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 3</i>	28
<i>Tabulka 7: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 4</i>	30
<i>Tabulka 8: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 4</i>	30

<i>Tabulka 9: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 5</i>	32
<i>Tabulka 10: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém o. 5</i>	32
<i>Tabulka 11: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 1</i>	34
<i>Tabulka 12: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 1</i>	34
<i>Tabulka 13: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 2</i>	36
<i>Tabulka 14: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém d. 2</i>	36
<i>Tabulka 15: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 1</i>	39
<i>Tabulka 16: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 1</i>	41
<i>Tabulka 17: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 2</i>	41
<i>Tabulka 18: Hodnoty z programu FIN 2D pro systém ž. 2</i>	42
<i>Tabulka 19: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 1</i>	43
<i>Tabulka 20: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 2</i>	43
<i>Tabulka 21: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 3</i>	43
<i>Tabulka 22: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 4</i>	44
<i>Tabulka 23: Hodnoty z programu KROS4 pro systém o. 5</i>	44
<i>Tabulka 24: Hodnoty z programu KROS4 pro systém d. 1</i>	44
<i>Tabulka 25: Hodnoty z programu KROS4 pro systém d. 2</i>	45
<i>Tabulka 26: Hodnoty z programu KROS4 pro systém ž. 1</i>	45
<i>Tabulka 27: Hodnoty z programu KROS4 pro systém ž. 2</i>	45
<i>Tabulka 28: Porovnání výsledků ocelových konstrukcí ze softwaru KROS 4</i>	48
<i>Tabulka 29: Porovnání výsledků ocelových konstrukcí</i>	49
<i>Tabulka 30: Porovnání výsledků dřevěných konstrukcí ze softwaru KROS 4</i>	49
<i>Tabulka 31: Porovnání výsledků dřevěných konstrukcí</i>	50

<i>Tabulka 32: Porovnání výsledků železobetonových konstrukcí ze softwaru</i>	
<i>KROS 4</i>	50
<i>Tabulka 33: Porovnání výsledků železobetonových konstrukcí</i>	51
<i>Tabulka 34: Porovnání průměru jednotlivých variant a cenových ukazatelů</i>	53
<i>Tabulka 35: Porovnání jednotlivých reakcí na základovou konstrukci</i>	54
<i>Tabulka 36: Porovnání hmotností jednotlivých variant</i>	55

6. Seznam grafů

<i>Graf 1: Cena za svislé konstrukce pro jednotlivé varianty</i>	51
<i>Graf 2: Cena za vodorovné konstrukce pro jednotlivé varianty</i>	52
<i>Graf 3: Celková cena konstrukcí pro jednotlivé varianty</i>	52
<i>Graf 4: Průměrná celková cena konstrukcí pro jednotlivé typy</i>	53

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [2] Vyhláška 501/2006 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu
- [3] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [4] Zákon č. 72/1994 Sb., kterým se upravují některé spoluvlastnické vztahy k budovám a některé vlastnické vztahy
- [5] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [6] ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
- [7] ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu
- [8] ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
- [9] ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách

[10] STAVEBNÍ STANDARDY: Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2020

Dostupné z: http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2020.html

[11] ČSN EN 1995 – Navrhování dřevěných konstrukcí

[12] Konstrukční systémy halových objektů:

Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/PST/suhajda.k/12_Halove_objekty.pdf

[13] ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

[14] Linhart: Projekce - víceúčelová hřiště

Dostupné z: <http://www.linhartsport.cz/projekce-viceucelova-hriste>

[15] Technická zařízení budov - <http://www.tzb-info.cz>

[16] BSK Klatovy, výrobce betonových prvků - <http://www.betonstavby.cz>

[17] Dekwood, výrobce dřevěných prvků - <http://www.dekwood.cz>

[18] Haly Morkus - <http://www.haly-morkus.cz/reference/ocelova-hala-polak/>

[19] Femont opava - <https://www.femont.cz/konstrukcni-system/>

[20] Konstrukce-odborný časopis - <http://old.konstrukce.cz/clanek/tezka-hala-z-dutych-profilu-trochu-jina-nosna-konstrukce/>

[21] Kores-montované haly - <http://www.halcentrum.cz/halbazar/14/156/1056/>

[22] Monkovo-ocelové haly - <https://www.monkovo.cz/aktuality/ocel-ocelove-konstrukce-a-haly>

[23] Dřevěné konstrukce - <https://www.drevenekonstrukce.cz/konstrukce-stavby-a-krovny>

[24] Tesko konstrukce - <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/sportovni-haly/mestska-sportovni-hala-v-plzni>

[25] Unihal - <https://www.unihal.cz/oplasteni-haly-otr-stare-mesto>

[26] Profi hak - <https://www.profi-haly.cz/betonove-haly>

[27] Haas besser bauen - <https://www.haas-fertigbau.cz/reference/vyznamne-stavby/sportovni-hala-v-cestlicich/>

8. Seznam použitých softwarů

KROS 4

ArchiCAD 23

FIN EC 2020

Microsoft Office Word 2013

Microsoft Office Excel 2013.

9. Seznam příloh

Příloha č.1 – Výpočtová část – varianta o. 1

Příloha č.2 – Výpočtová část – varianta o. 2

Příloha č.3 – Výpočtová část – varianta o. 3

Příloha č.4 – Výpočtová část – varianta o. 4

Příloha č.5 – Výpočtová část – varianta o. 5

Příloha č.6 – Výpočtová část – varianta d. 1

Příloha č.7 – Výpočtová část – varianta d. 2

Příloha č.8 – Výpočtová část – varianta ž. 1

Příloha č.9 – Výpočtová část – varianta ž. 2

Příloha č.10 – Výstupy z programu KROS 4

PŘÍLOHA Č. 1

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osová vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

První varianta střešní ocelové konstrukce bude navržena jako příhradová konstrukce. Příhradová konstrukce je složená z tyčí (prutů), spojena kloubovými spoji. Pruty přenáší pouze tlak a tah. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě o. 1 je využita ocel S235. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příčnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice
- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1 m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062 \text{ kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sněh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

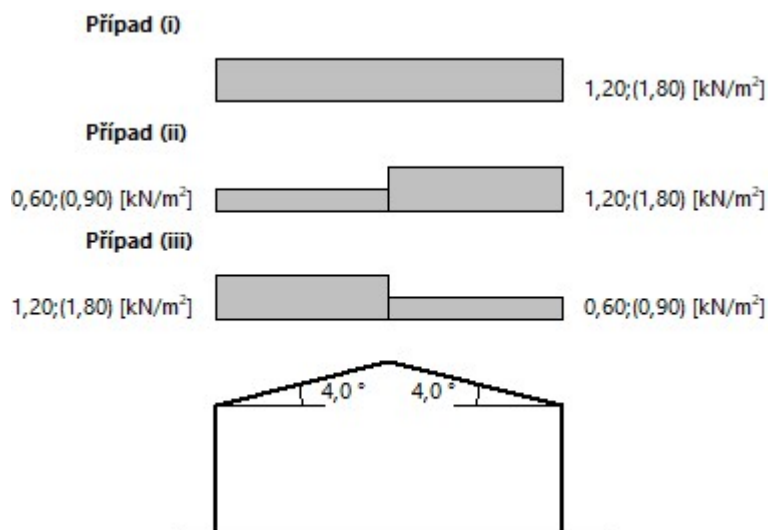
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

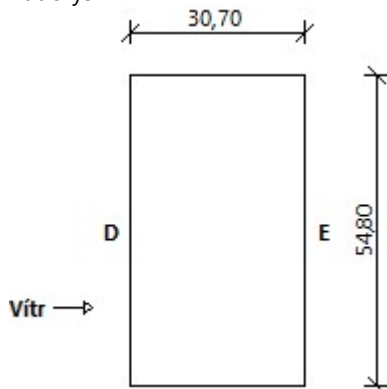
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 10,80	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,94	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

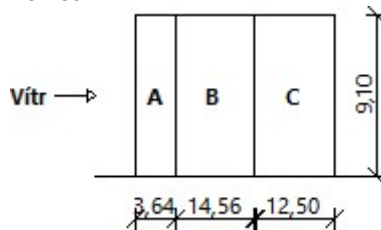
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu	$h = 9,10$	m
Délka objektu	$d = 30,70$	m
Šířka objektu	$b = 54,80$	m

Půdorys



Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

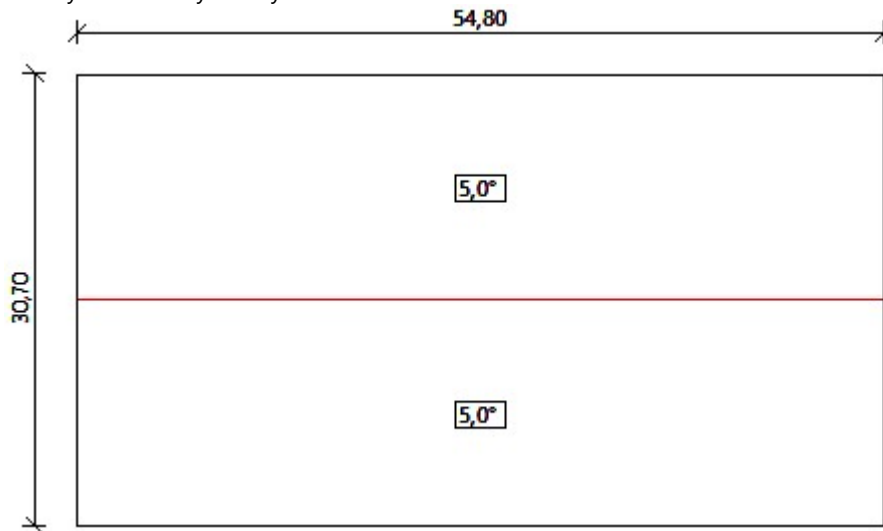
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
4,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
6,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
8,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
 Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 10,80	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,94	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

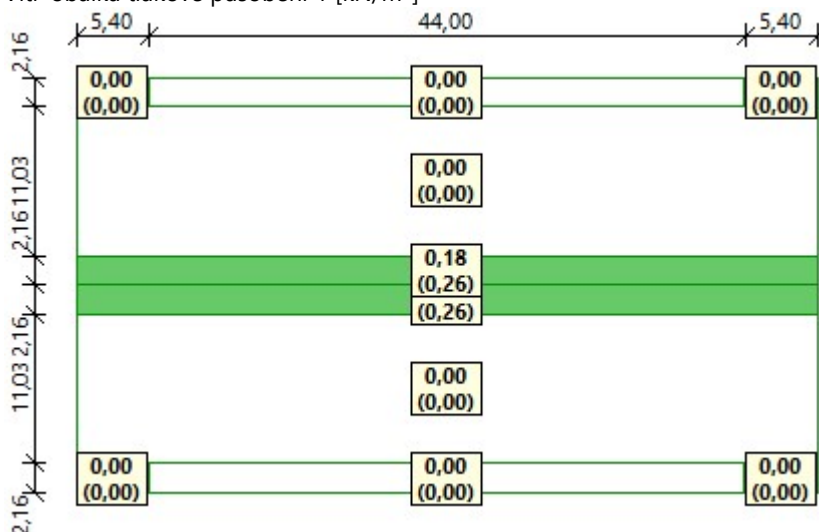
Střecha

Půdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vítr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

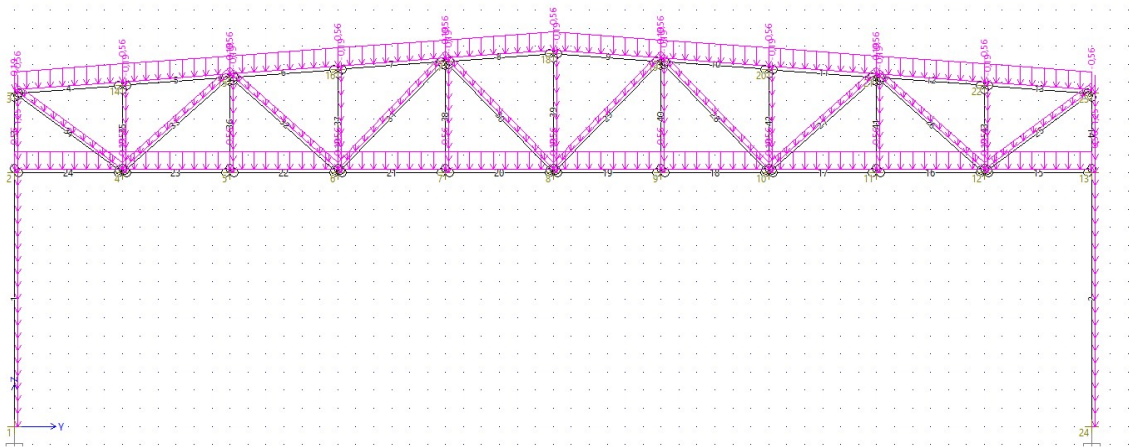
V modelu jsou využity hodnoty užitného zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

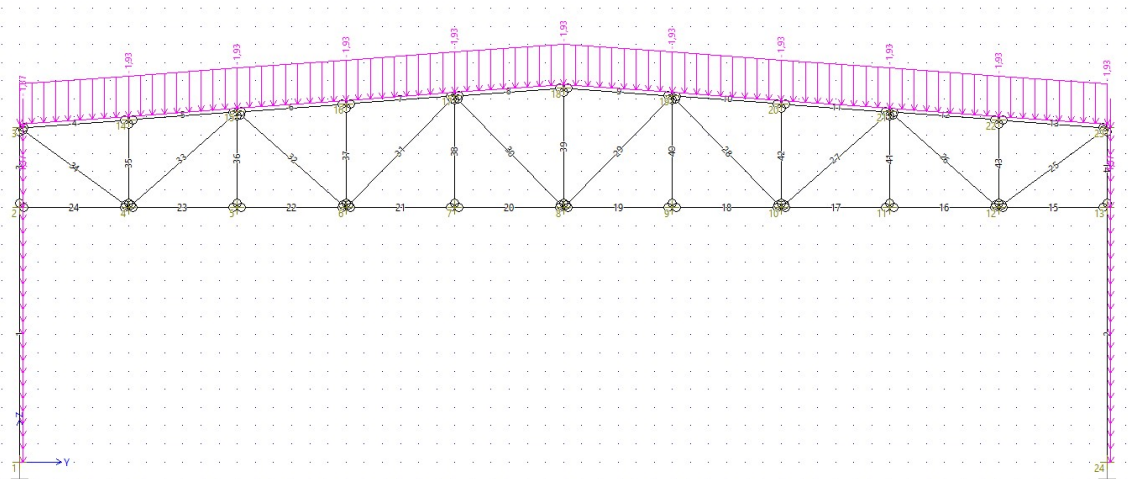
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

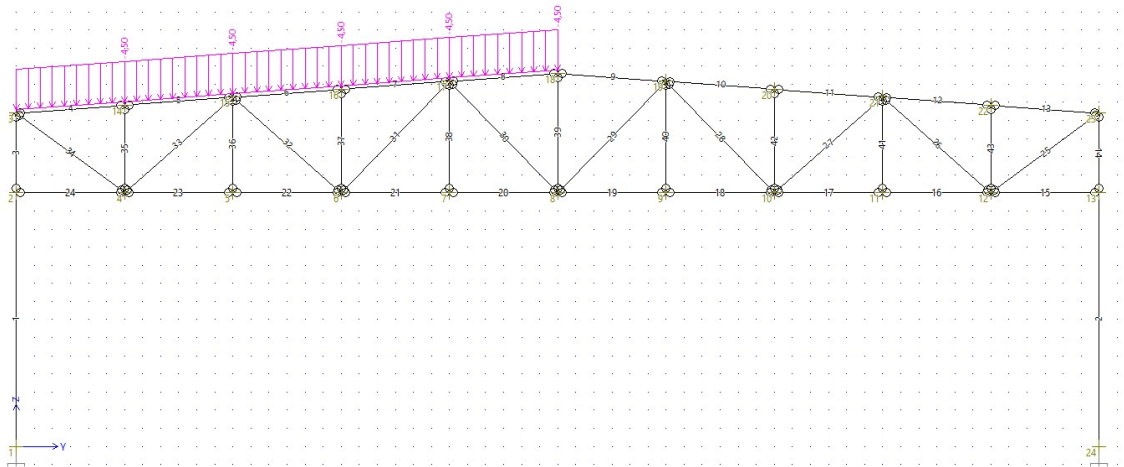
ZS1 – Stálé zatížení – vlastní tíha nosné konstrukce



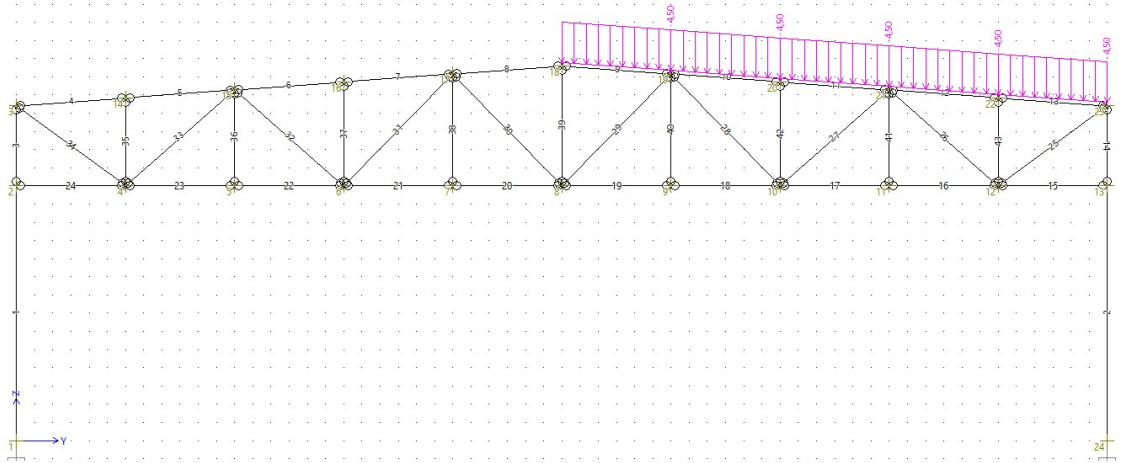
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



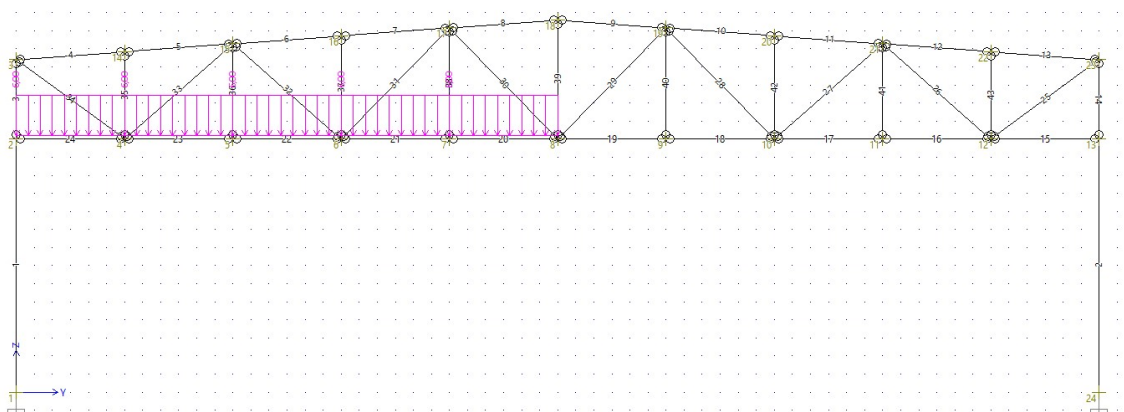
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



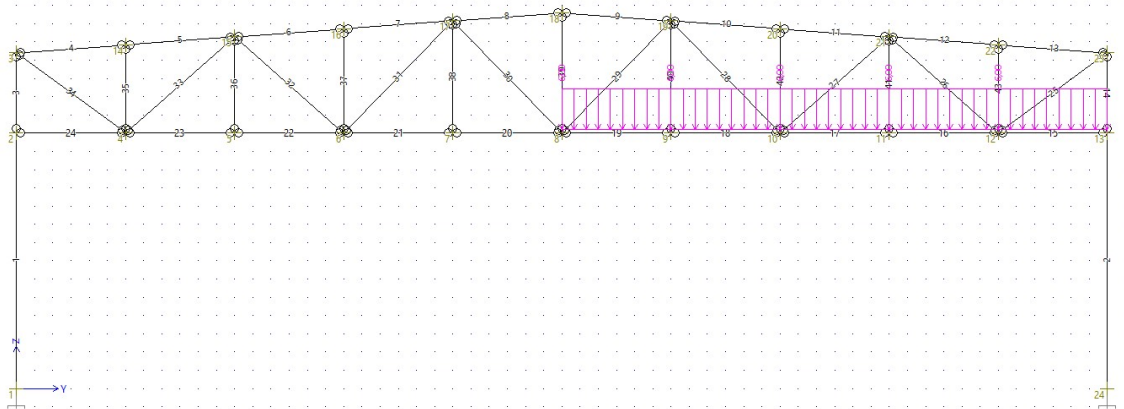
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



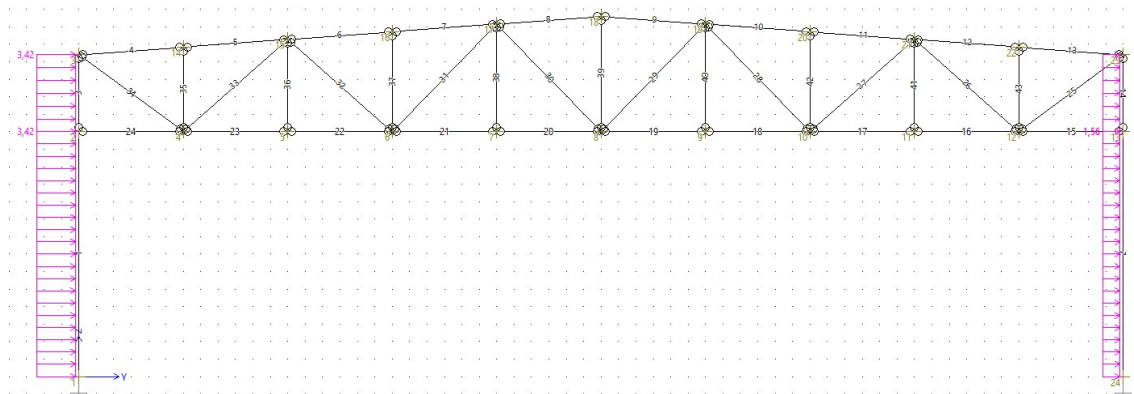
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



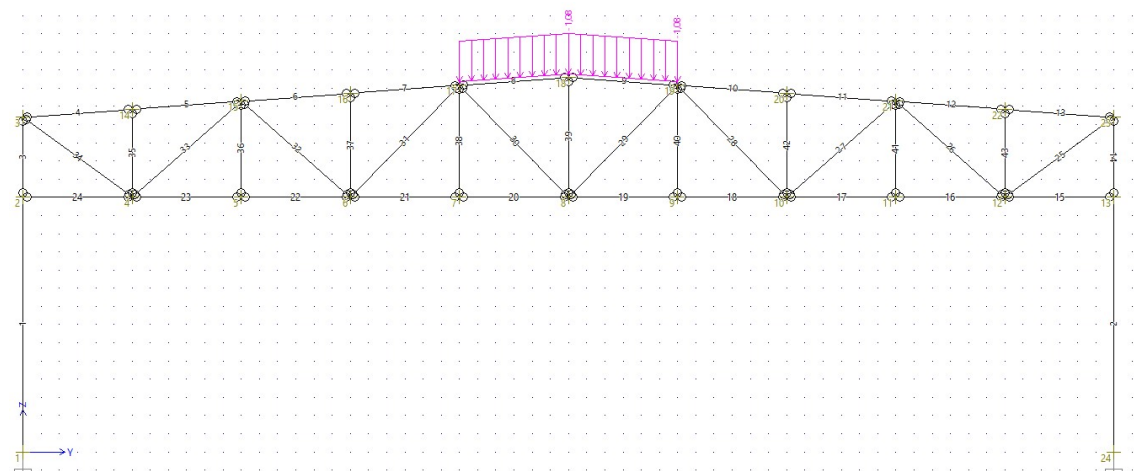
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



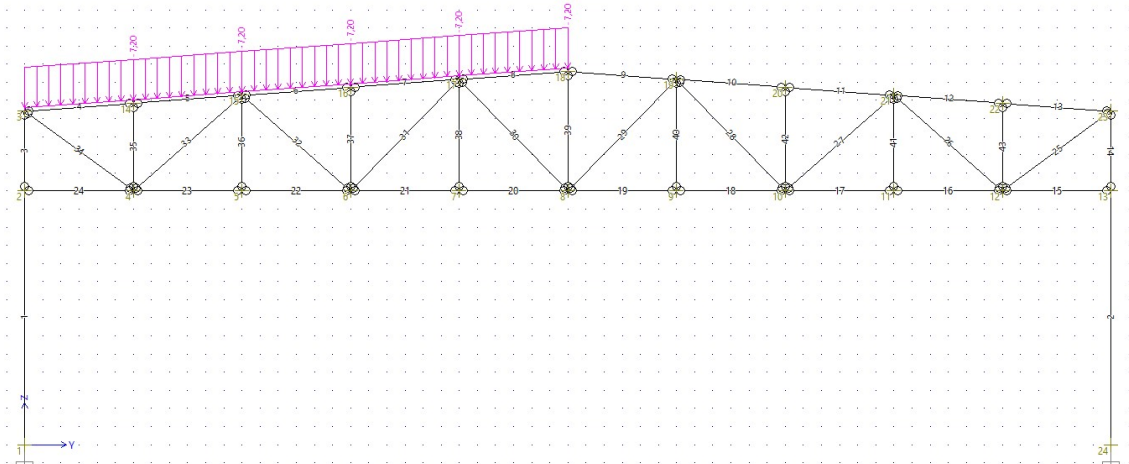
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



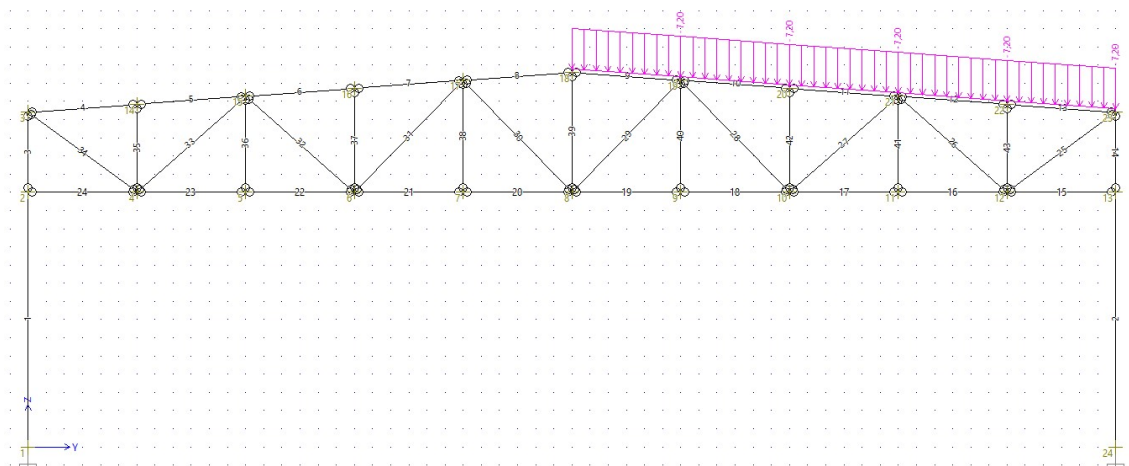
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

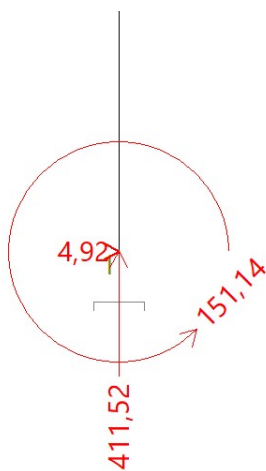
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\Sigma_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

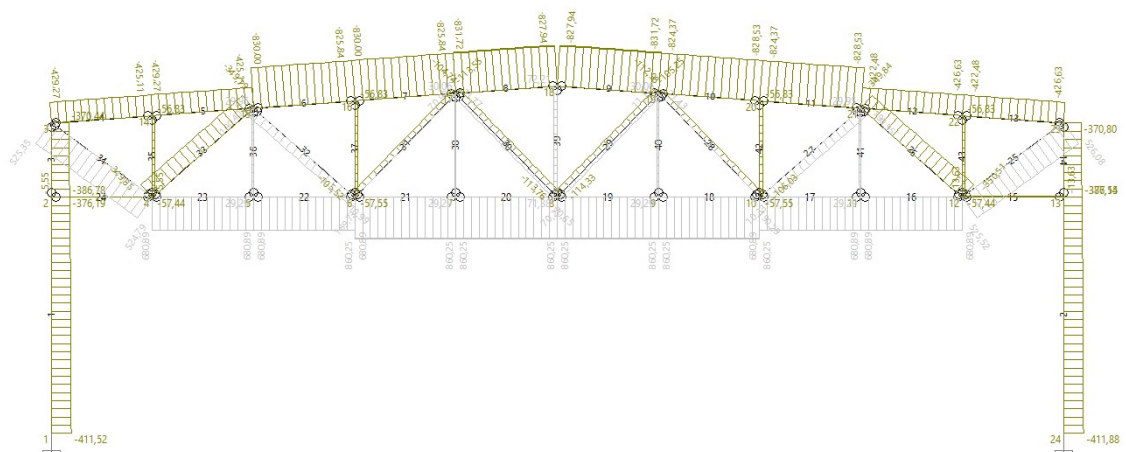
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

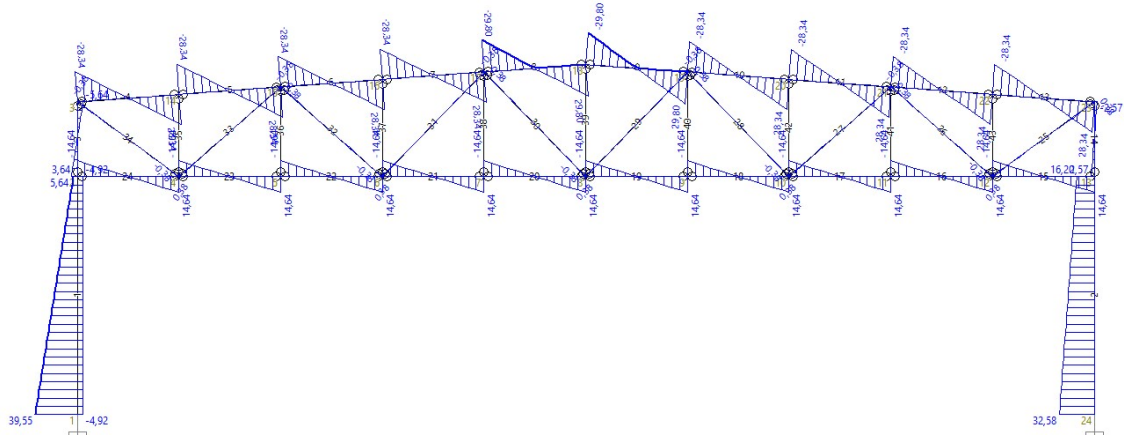
Reakce



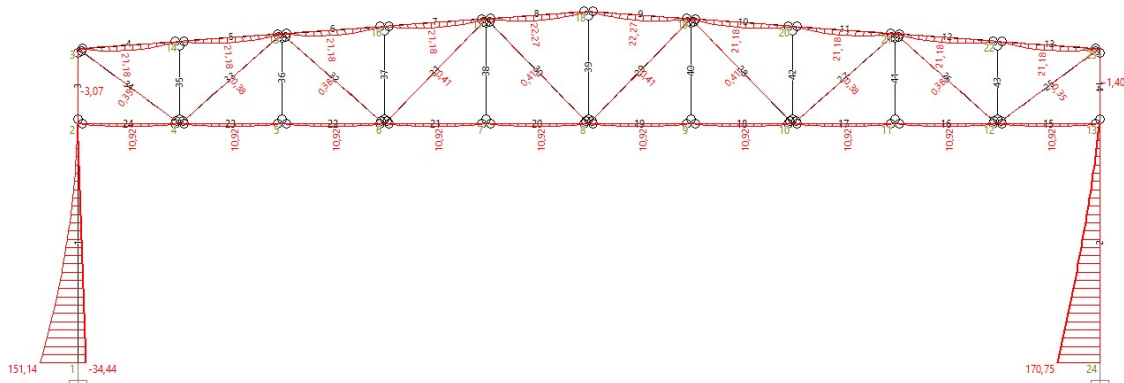
Průběh normálových sil



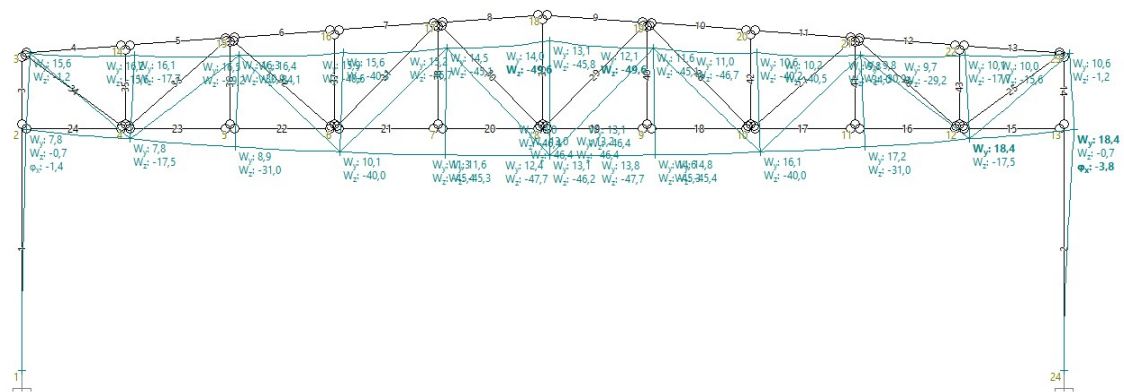
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



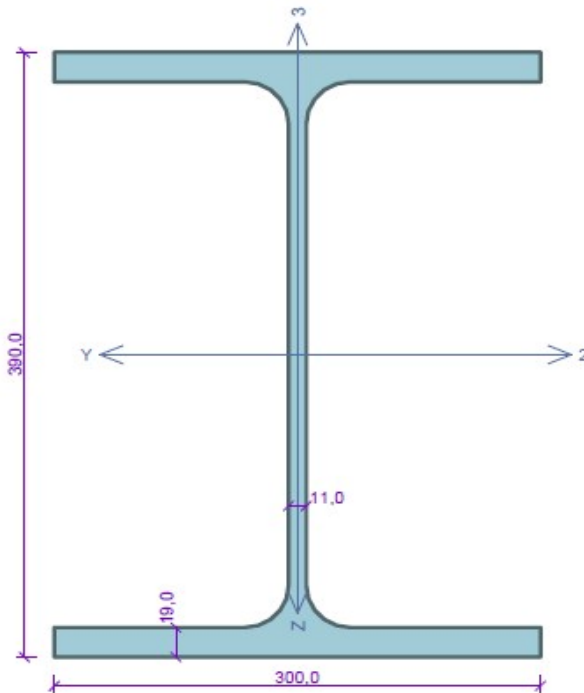
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Ocel.

Sloup



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez HE 400 A

Průřezová plocha: $A = 1,590E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 150,0 \text{ mm}$ $z_T = 195,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,507E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 8,564E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -2,311E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 5,709E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 2,311E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,709E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 1,890E06 \text{ mm}^4$

Výsečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 2,942E12 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 2,562E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 8,729E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=0,000\text{m}$; 66,7%

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$32,583 \text{ kN} < 778,109 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -351,211 \text{ kN}$; $M_y = 170,753 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -2979,763 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 562,497 \text{ kNm}$

$|0,118 + 0,304 + 0,000| = |0,421| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -916,802 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 602,070 \text{ kNm}$

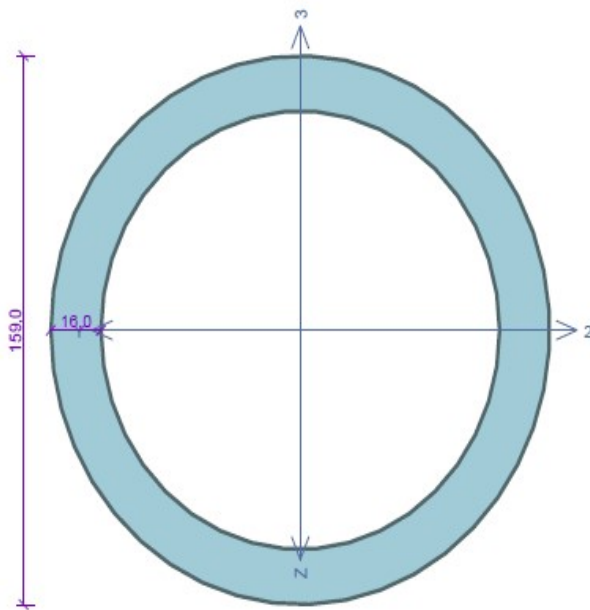
$|0,383 + 0,284 + 0,000| = |0,667| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 171,7

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 66,7 %

Horní a dolní pásnice



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 159.0 x 16.0

Průřezová plocha: $A = 7,188E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 79,5 \text{ mm}$ $z_T = 79,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,860E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,860E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -2,340E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,340E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 2,340E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,340E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 3,721E07 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,285E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,285E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=1,388m$; 91,7%; Zat.P.

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$2,292 \text{ kN} < 487,622 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -829,701 \text{ kN}$; $M_y = 22,275 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -1483,803 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 62,255 \text{ kNm}$

$|0,559 + 0,358 + 0,000| = |0,917| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -1483,803 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 77,209 \text{ kNm}$

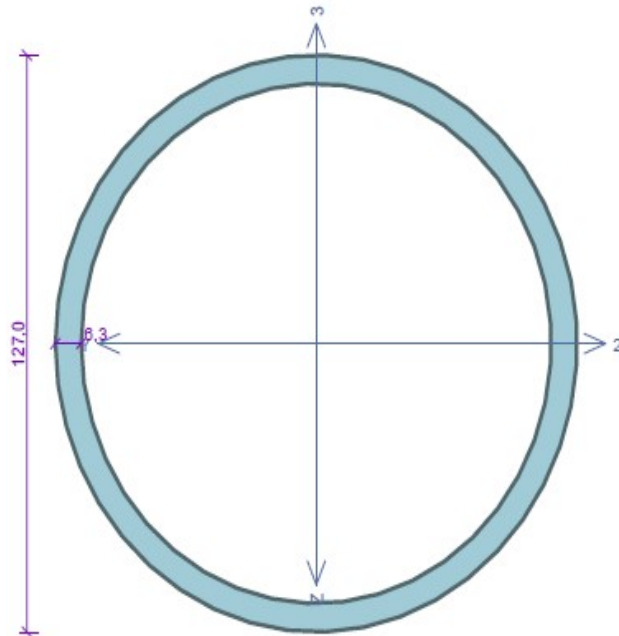
$|0,559 + 0,288 + 0,000| = |0,848| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 59,1

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 91,7 %

Svislice a diagonála



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 127.0 x 6.3

Průřezová plocha: $A = 2,389E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 63,5 \text{ mm}$ $z_T = 63,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,362E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,362E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -6,870E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 6,870E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 6,870E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -6,870E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,724E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 9,186E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 9,186E04 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu X=1,998m; 96,4%; Zat.P.

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Vnitřní síly: $N = -350,174 \text{ kN}$; $M_y = 0,379 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -375,334 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 12,390 \text{ kNm}$

$|0,933 + 0,031 + 0,000| = |0,964| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -375,334 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 20,650 \text{ kNm}$

$|0,933 + 0,018 + 0,000| = |0,951| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 93,5

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 96,4 %

PŘÍLOHA Č. 2

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systému a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Druhá varianta střešní konstrukce je tvořena ocelovým rámem. Velikost momentů ve středové části příčle je závislá na poměru tuhosti stojky a rámové příčle. Použitím tuhého rámu se docílí větší tuhosti v příčném směru. Uložení sloupů je uvažováno jako neposuvné kloubové.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě o. 2 je využita ocel S235. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy patričnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062\text{kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

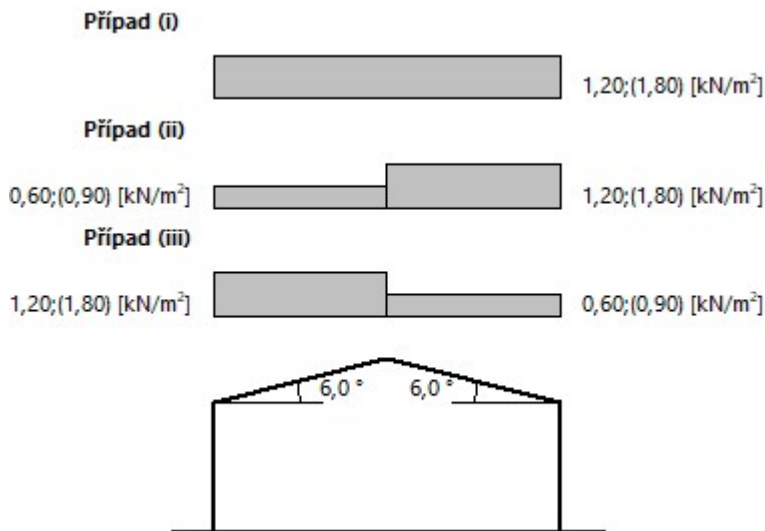
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

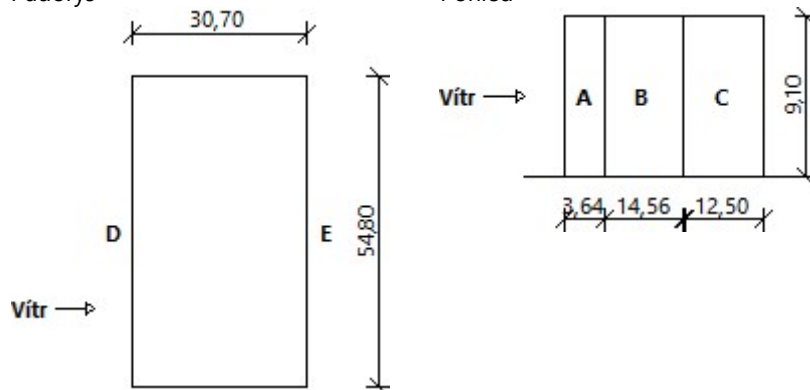
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
4,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
6,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
8,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)

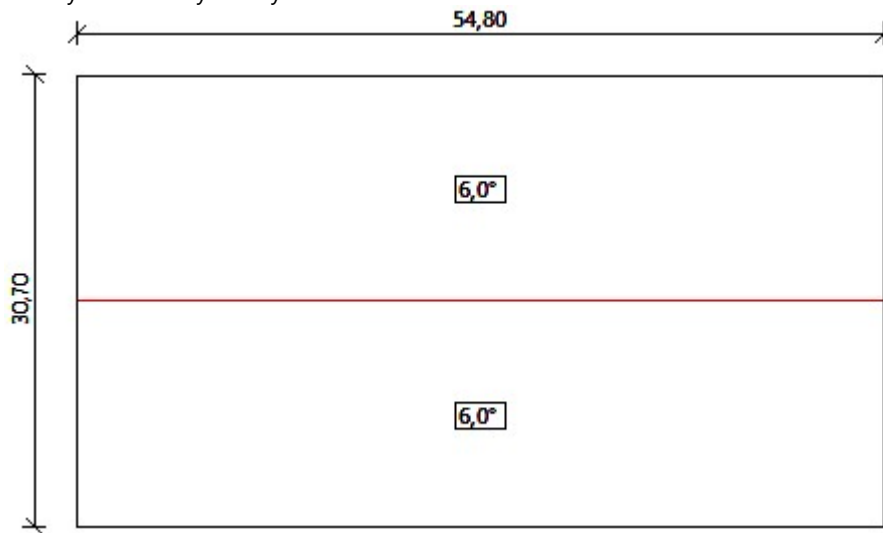
PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

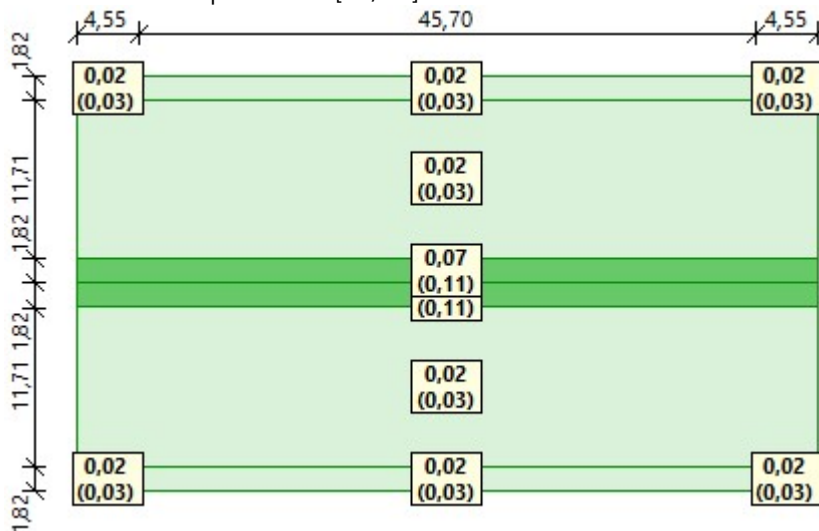
Střecha

Půdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vítr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užité

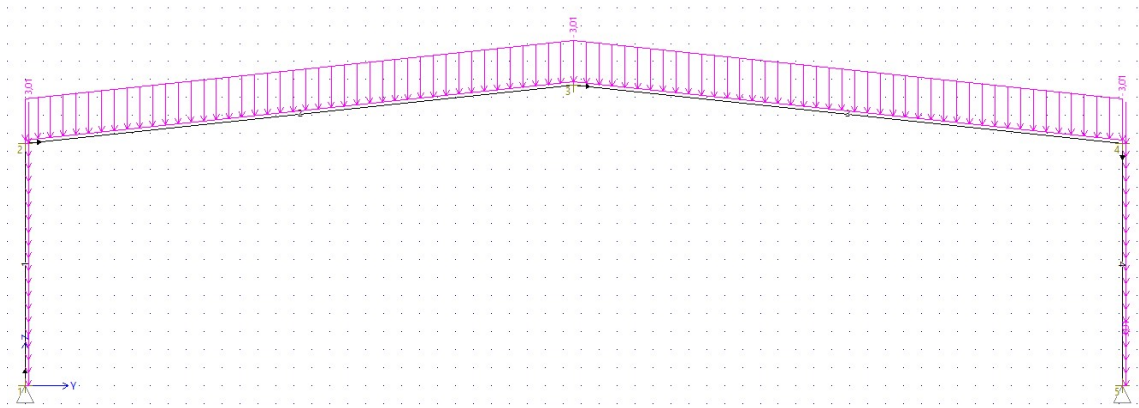
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

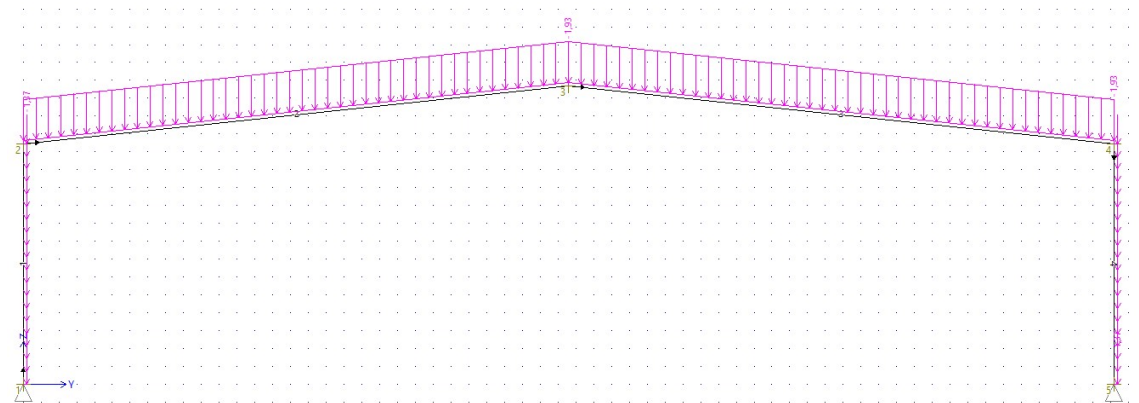
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

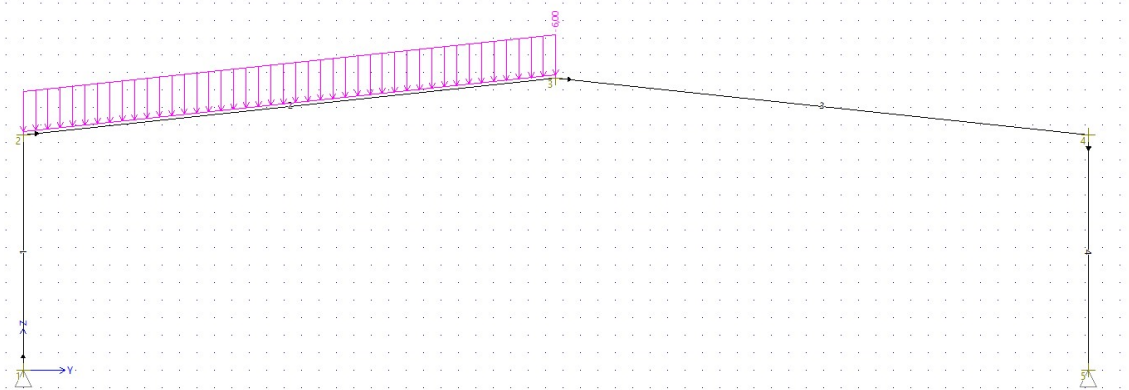
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



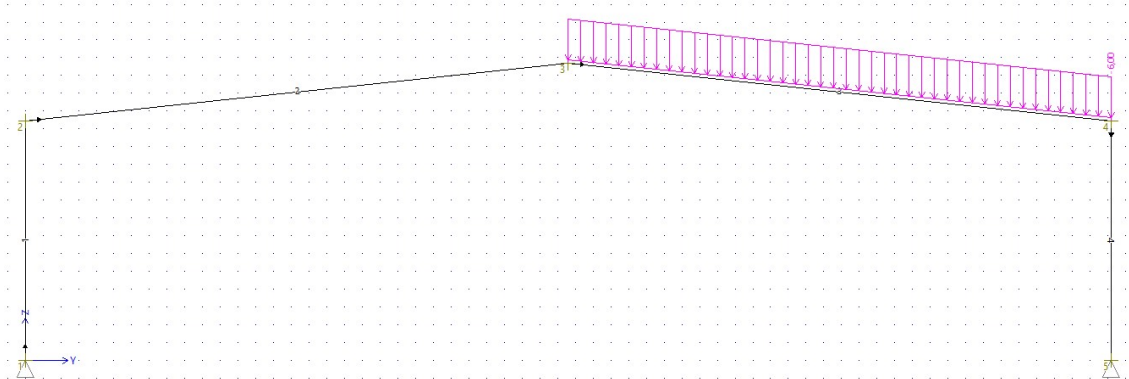
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



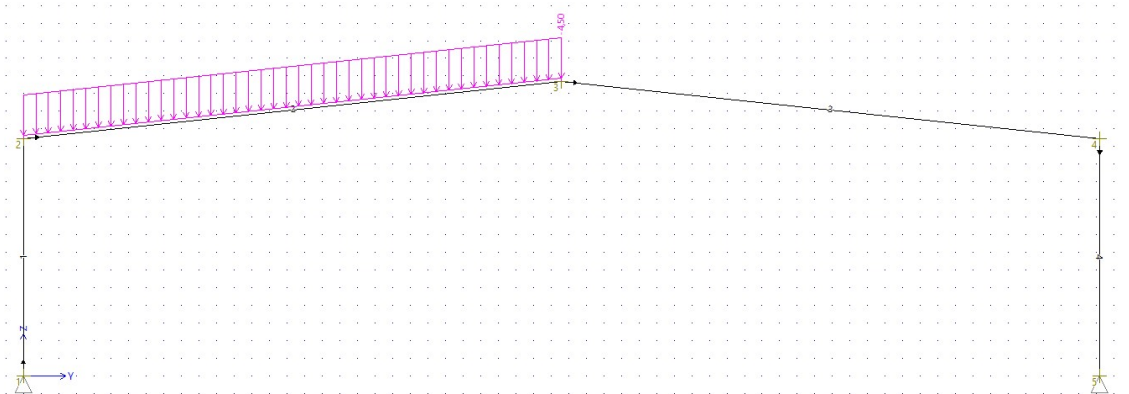
ZS3 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



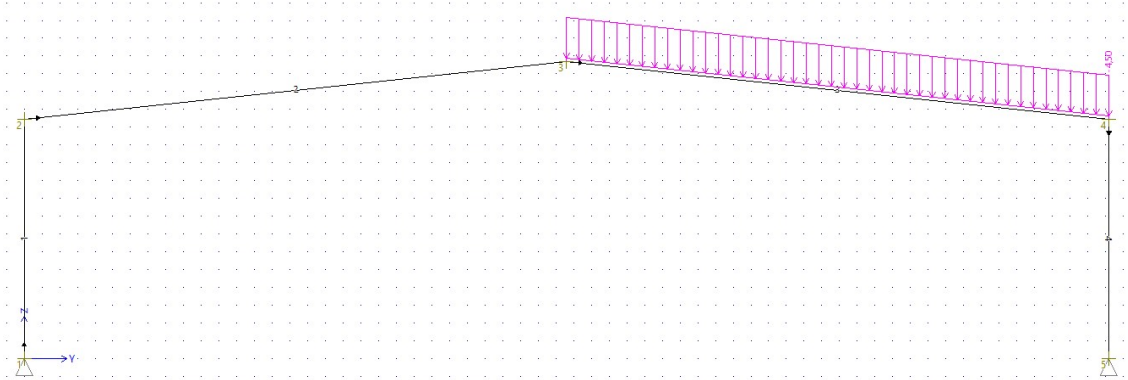
ZS4 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 2



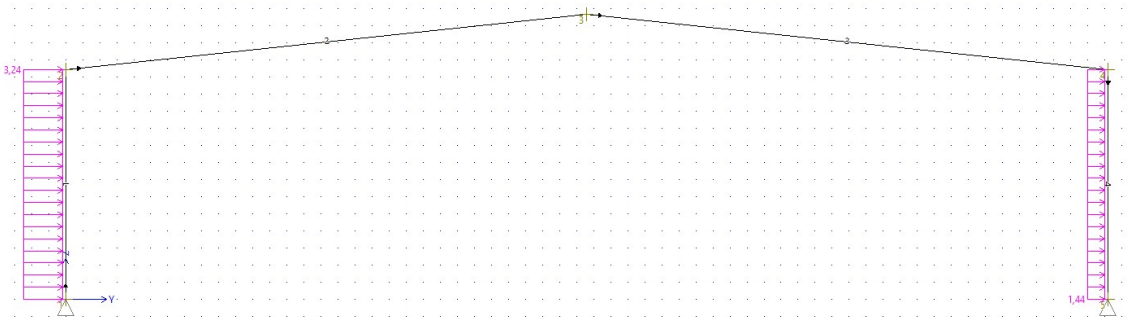
ZS5 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



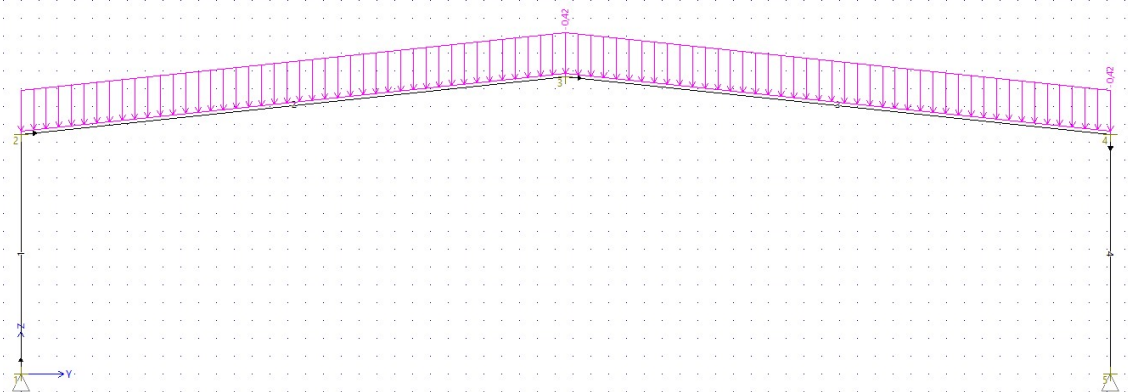
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



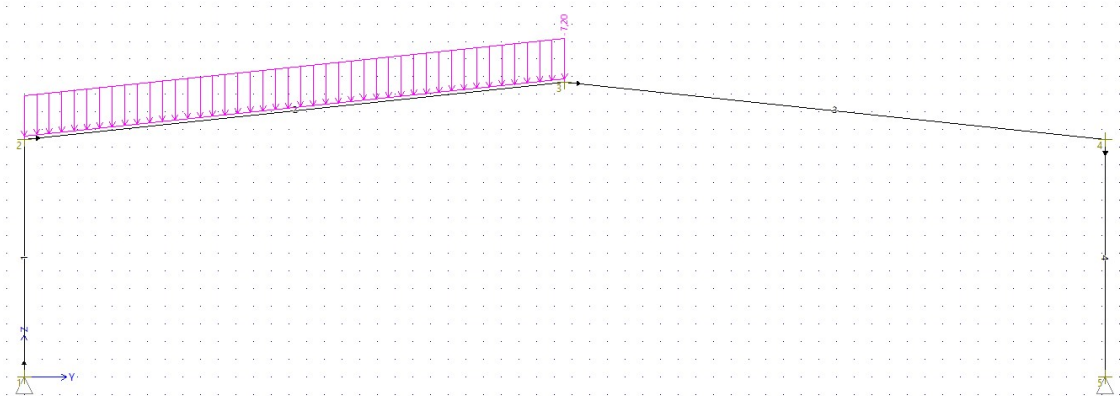
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



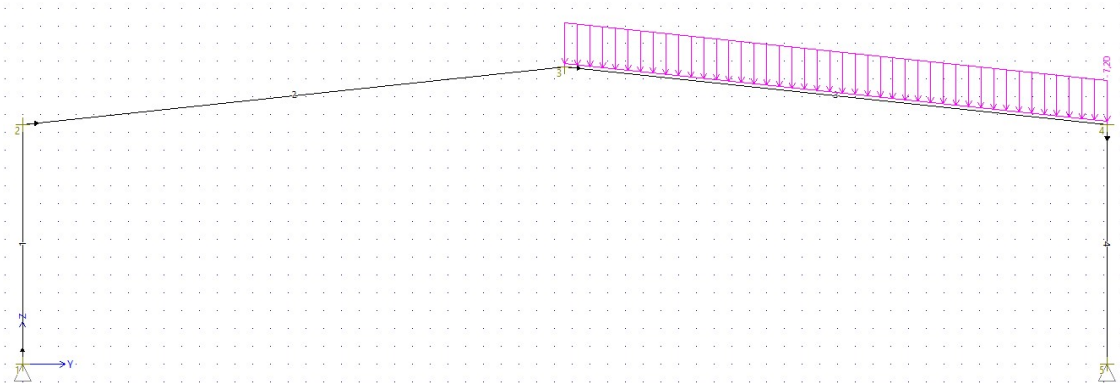
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

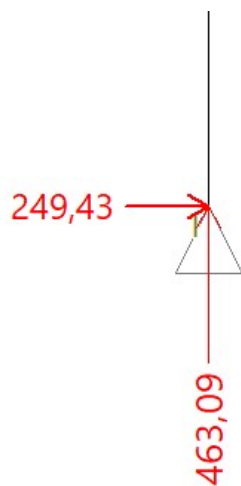
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

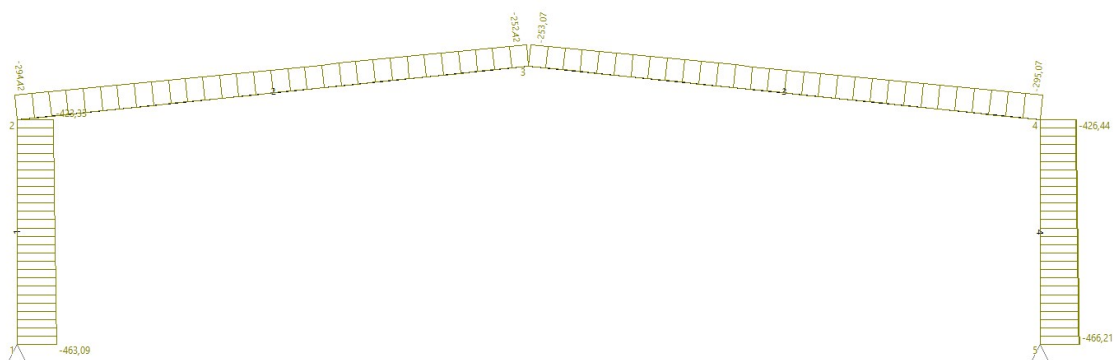
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

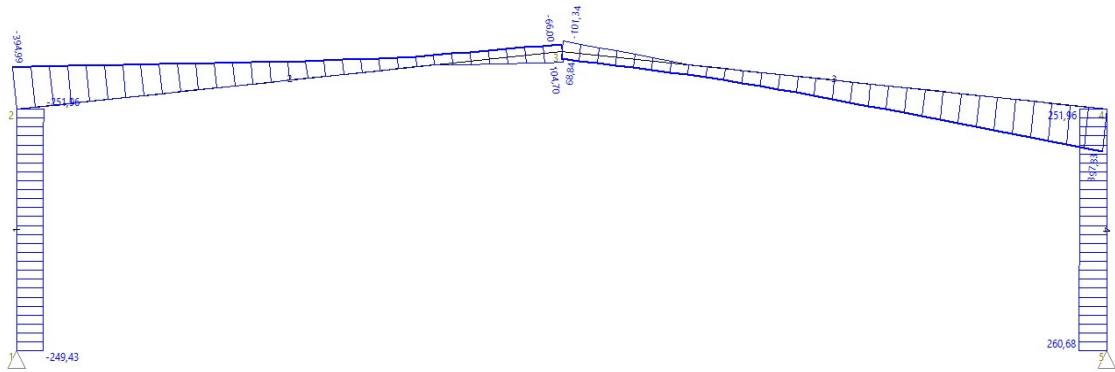
Reakce



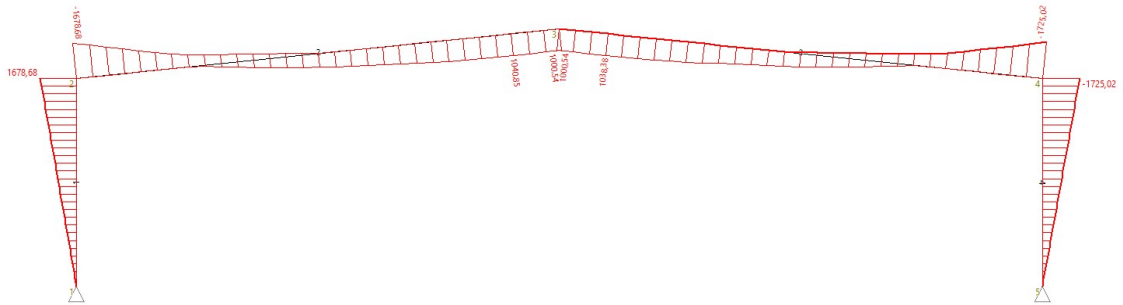
Průběh normálových sil



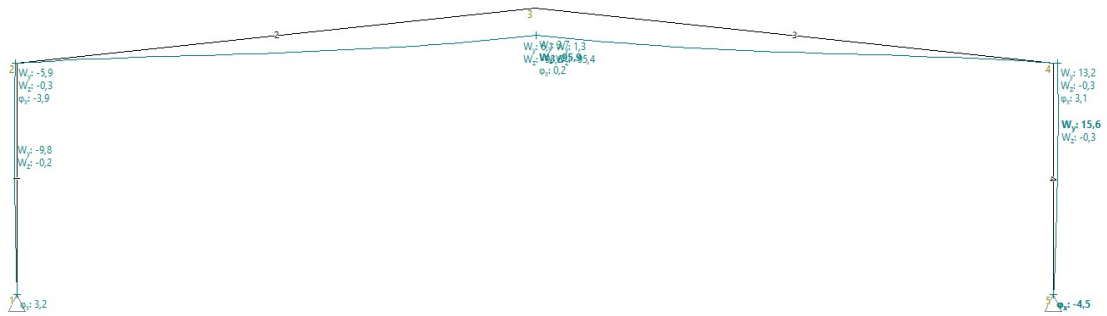
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



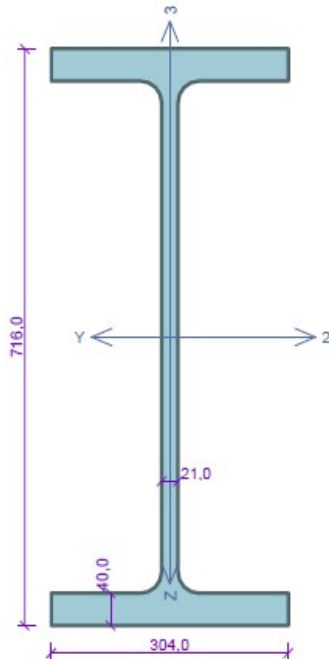
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Ocel.

Sloup



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez HE 700 M

Průřezová plocha: $A = 3,830E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 152,0 \text{ mm}$ $z_T = 358,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 3,293E09 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,880E08 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,198E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,237E06 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,198E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,237E06 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 1,589E07 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 2,140E13 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,054E07 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,929E06 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu X=6,730m; 87,2%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$249,432 \text{ kN} < 2303,801 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -423,326 \text{ kN}$; $M_y = 1678,680 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -8478,137 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 2447,580 \text{ kNm}$

$|0,050 + 0,686 + 0,000| = |0,736| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -2181,307 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 2476,900 \text{ kNm}$

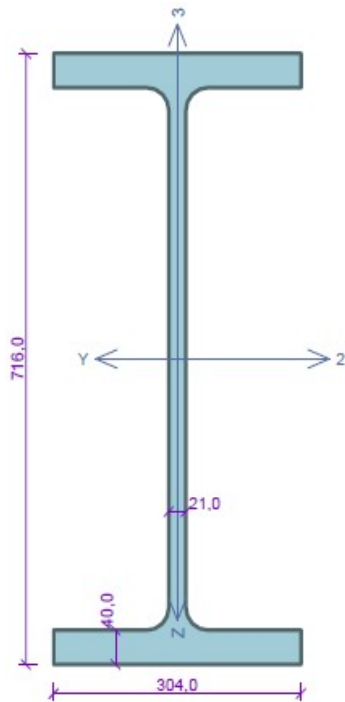
$|0,194 + 0,678 + 0,000| = |0,872| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 172,9

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 87,2 %

Nosník



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez HE 700 M

Průřezová plocha: $A = 3,830E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 152,0 \text{ mm}$ $z_T = 358,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 3,293E09 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,880E08 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,198E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,237E06 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,198E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,237E06 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 1,589E07 \text{ mm}^4$

Výsečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 2,140E13 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,054E07 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,929E06 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu	f_y :	235,0 MPa
Mez pevnosti	f_u :	360,0 MPa
Modul pružnosti	E :	210000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G :	81000 MPa

Posouzení řezu $X = 15,384\text{m}$; 90,4%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$397,829 \text{ kN} < 2303,801 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -295,073 \text{ kN}$; $M_y = -1725,021 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -9000,500 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -2476,900 \text{ kNm}$

$|0,033 + 0,696 + 0,000| = |0,729| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -1421,862 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -2476,900 \text{ kNm}$

$|0,208 + 0,696 + 0,000| = |0,904| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 219,6

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 90,4 %

PŘÍLOHA Č. 3

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval: Bc. Daniel Matějček
Místo: Plzeň
Datum: 2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osobní vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Třetí varianta střešní konstrukce je navržena jako konstrukce Preon. Preon je systém, který je podobný příhradové konstrukce. Vazník se skládá ze tří částí. Krajiní části jsou navrženy jako klasická příhradová konstrukce se šikmými diagonálami. Střední část je řešená jako Vierendeelův nosník a nejsou zde šikmé diagonály. Ve střední části se nachází pouze svislé sloupky. Tím se konstrukce odlehčí a zlevní. Tento návrh má vliv na horní a spodní pásnice, které jsou více namáhány. Pruty jsou k sobě svařovány a vytváří tuhý rám. Jednotlivé části (krajní a středová) se dopraví na stavbu jednotlivě a tam se svaří. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě o. 3 je využita ocel S235. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příčnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062\text{kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

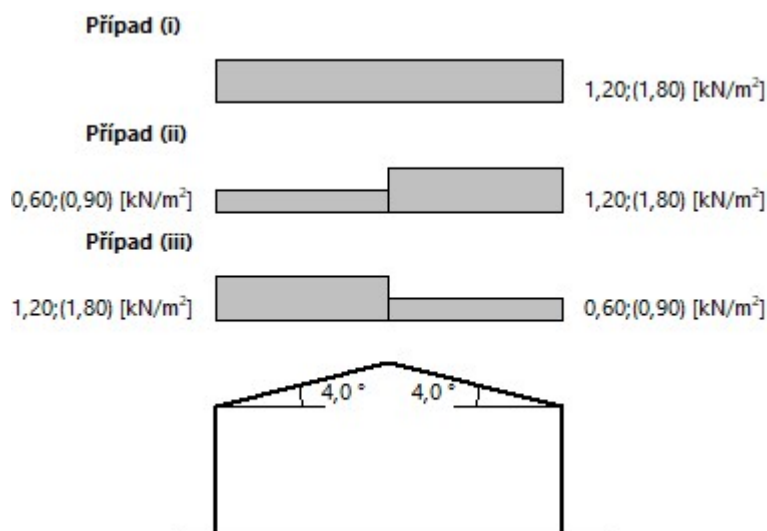
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

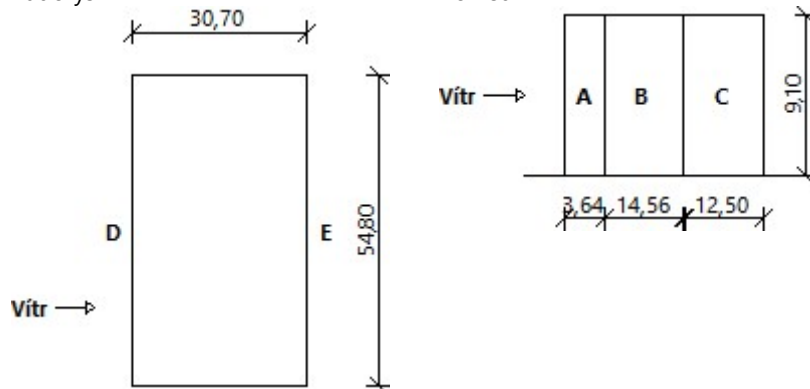
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
4,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
6,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
8,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)

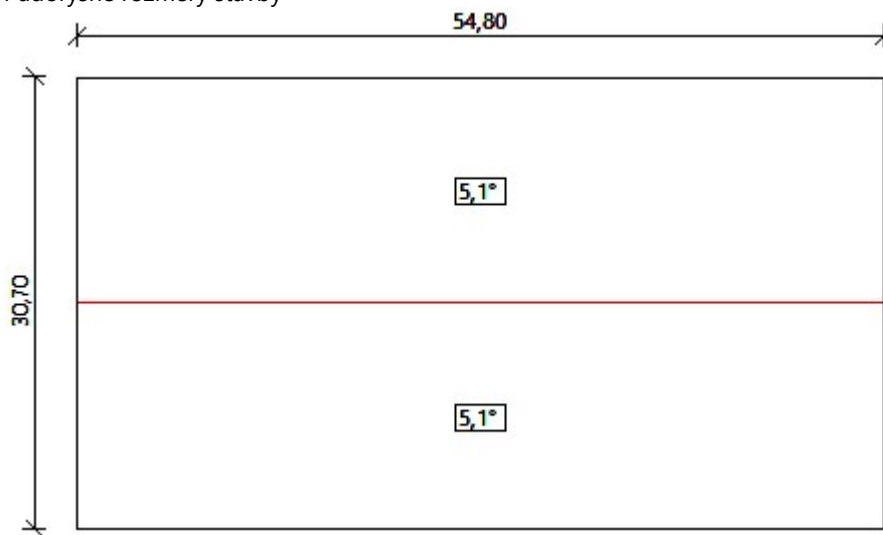
PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

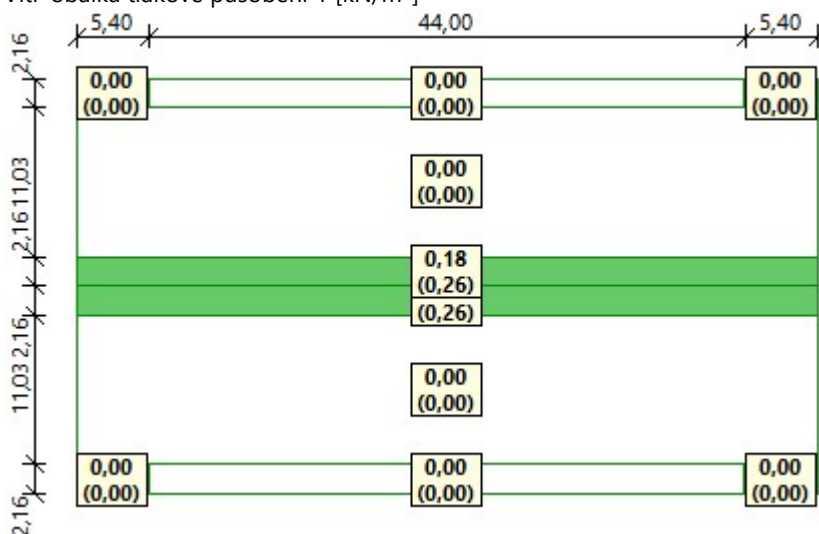
Střecha

Půdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Větr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

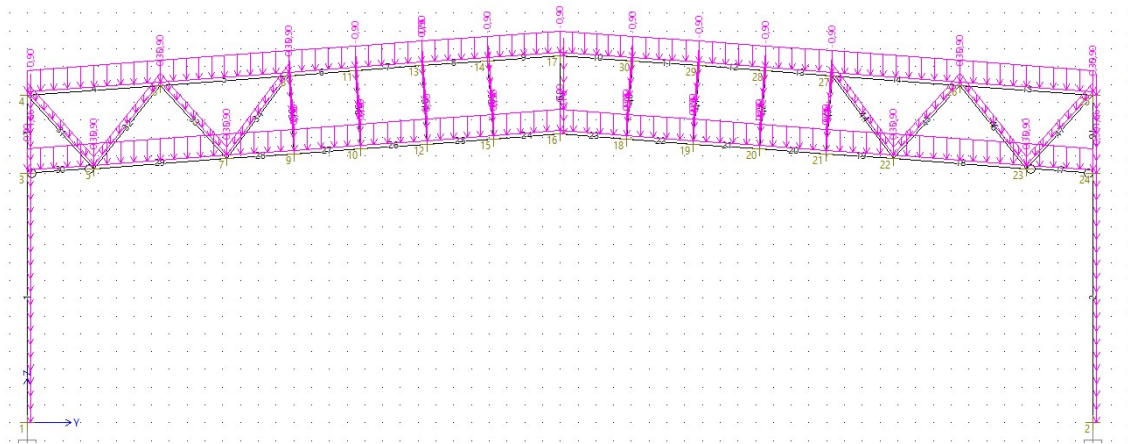
V modelu jsou využity hodnoty užitného zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

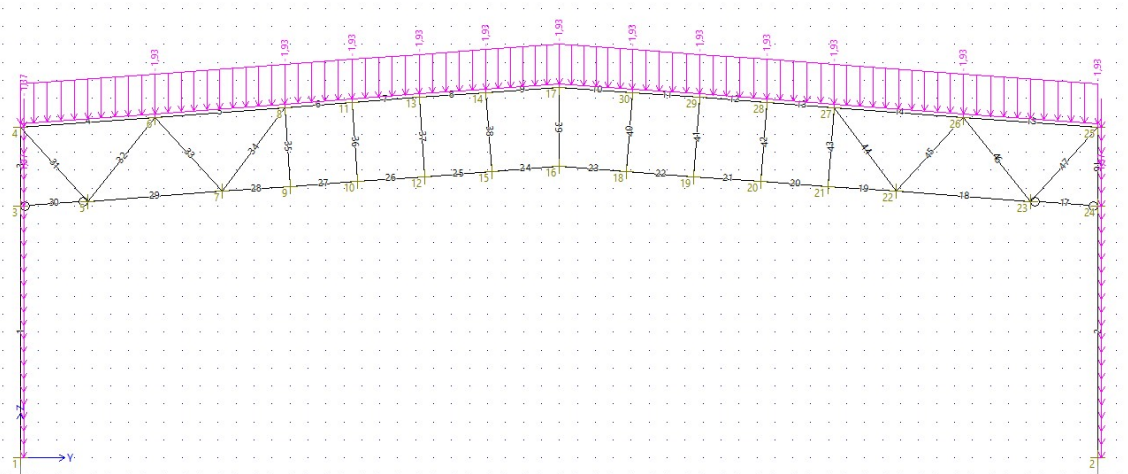
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

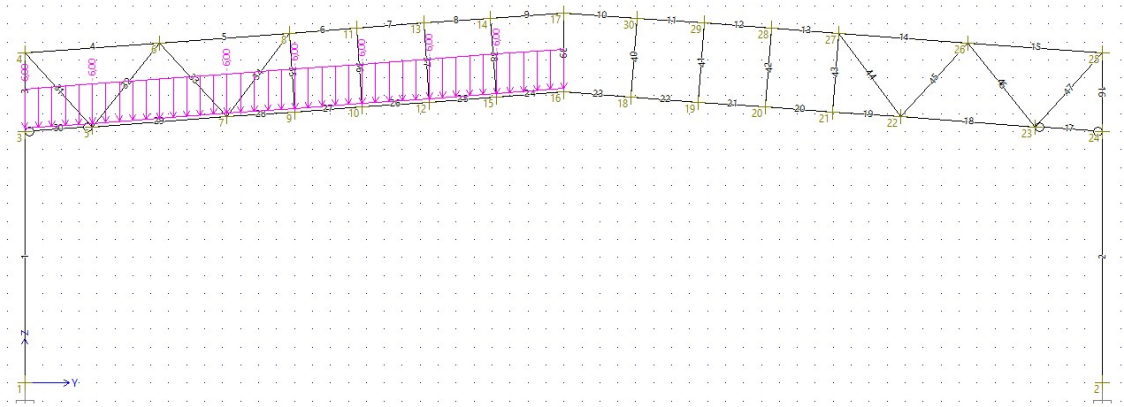
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



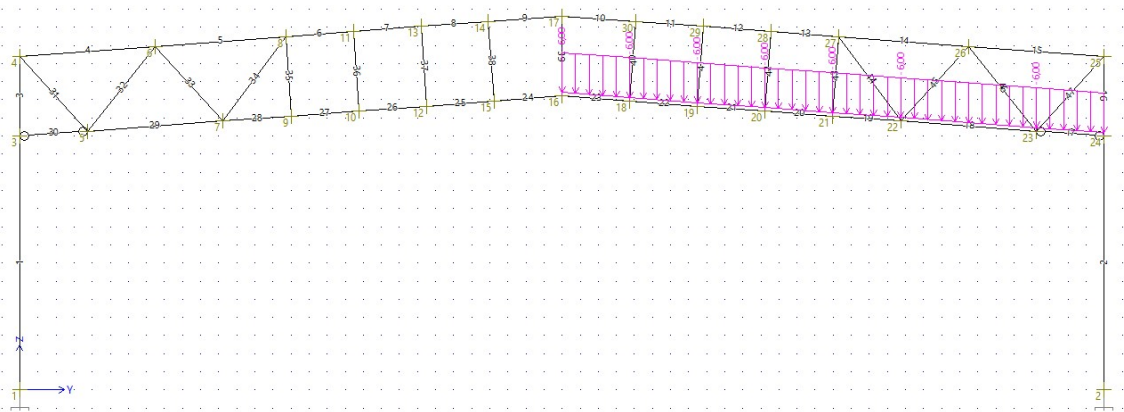
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



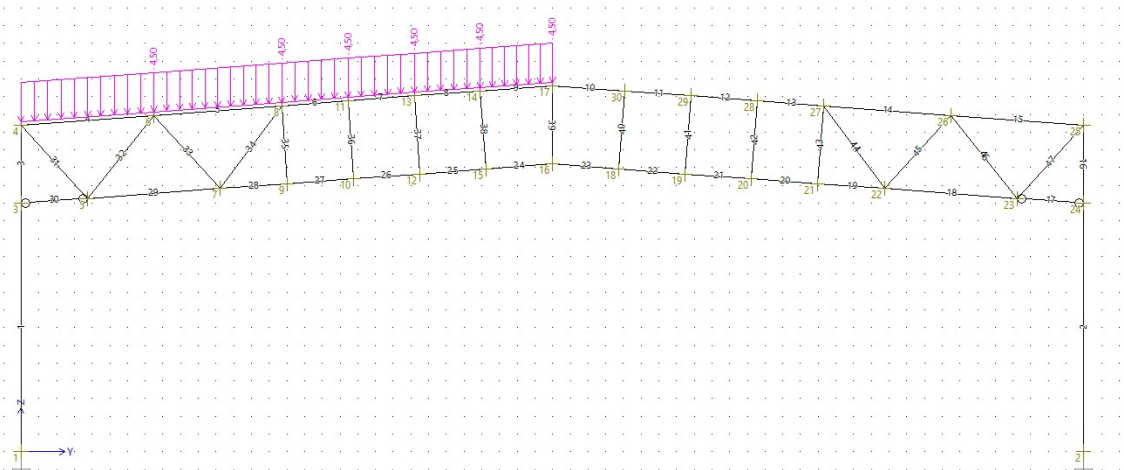
ZS3 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



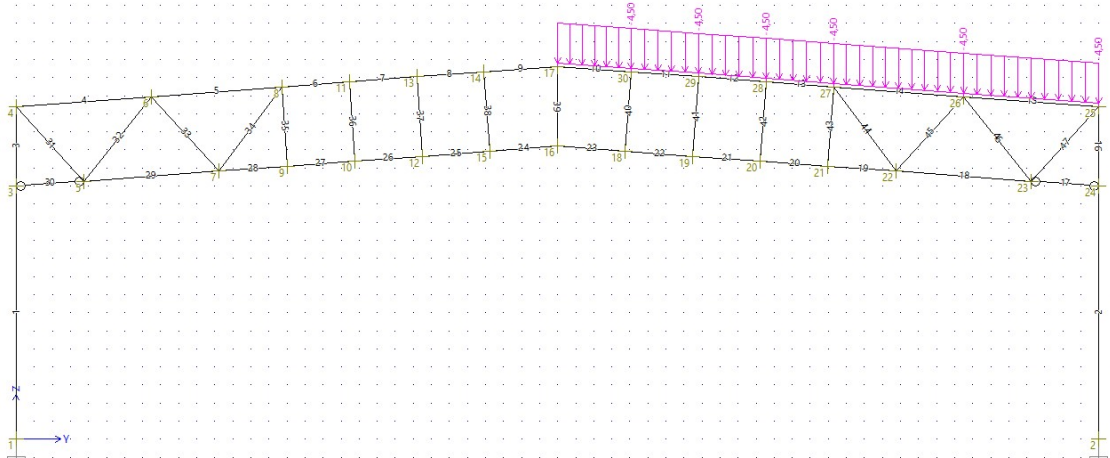
ZS4 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 2



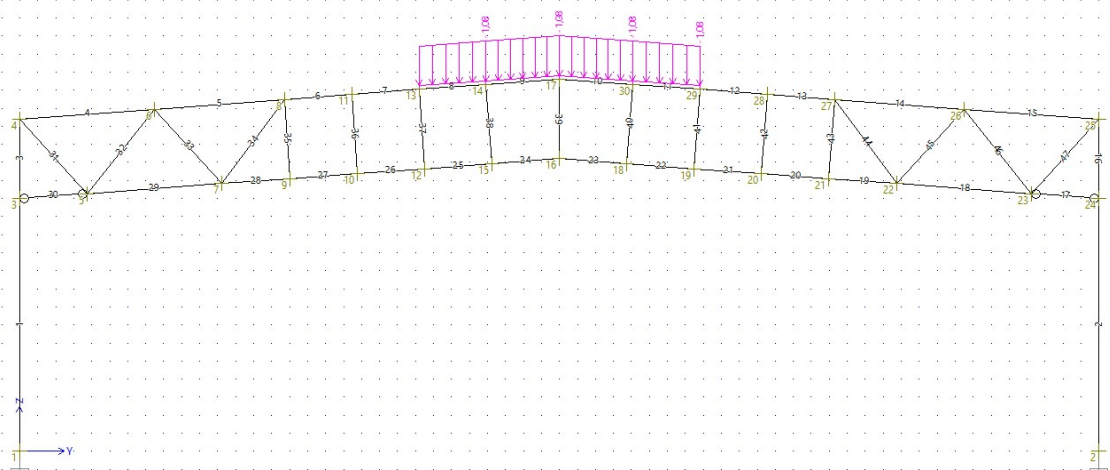
ZS5 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



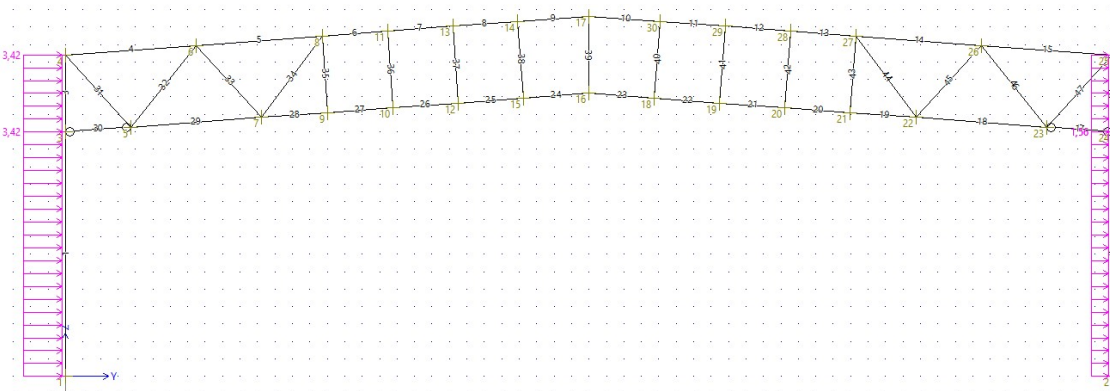
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



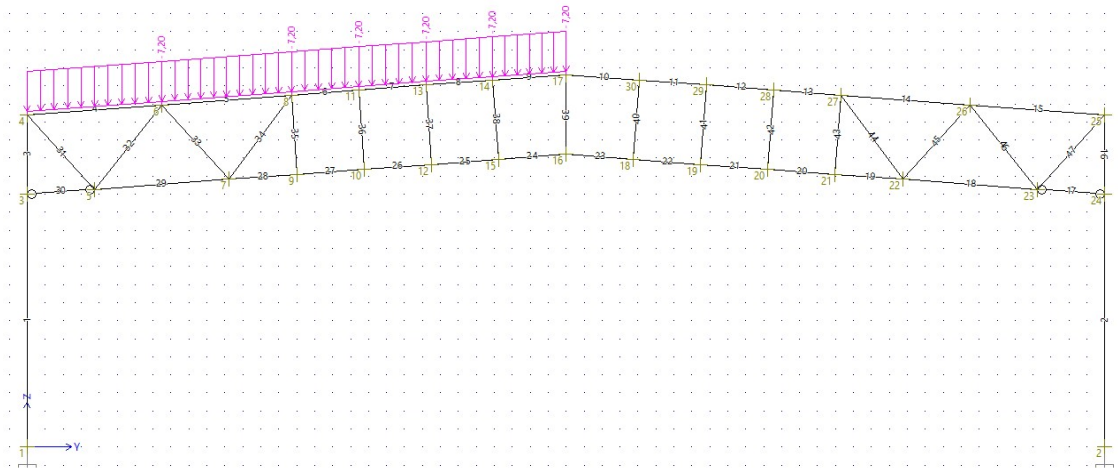
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



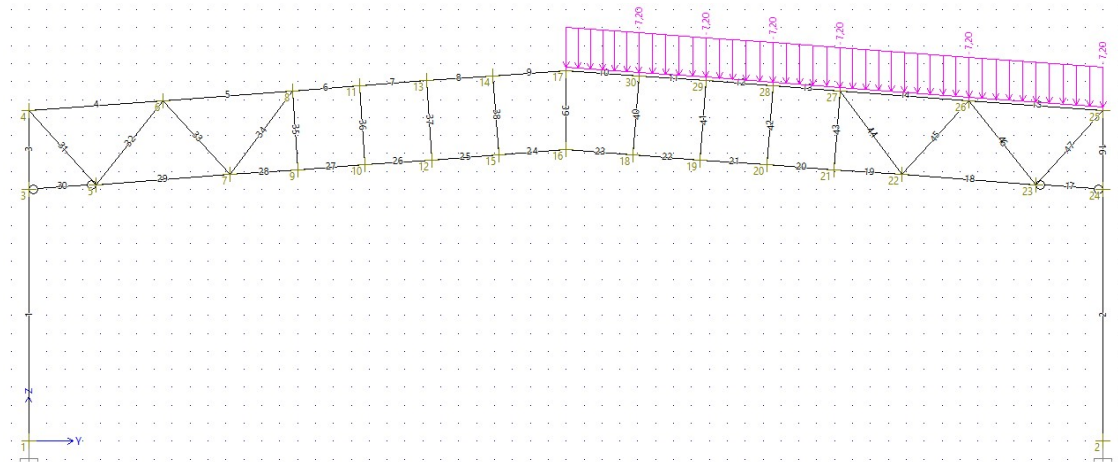
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrané základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\Sigma_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

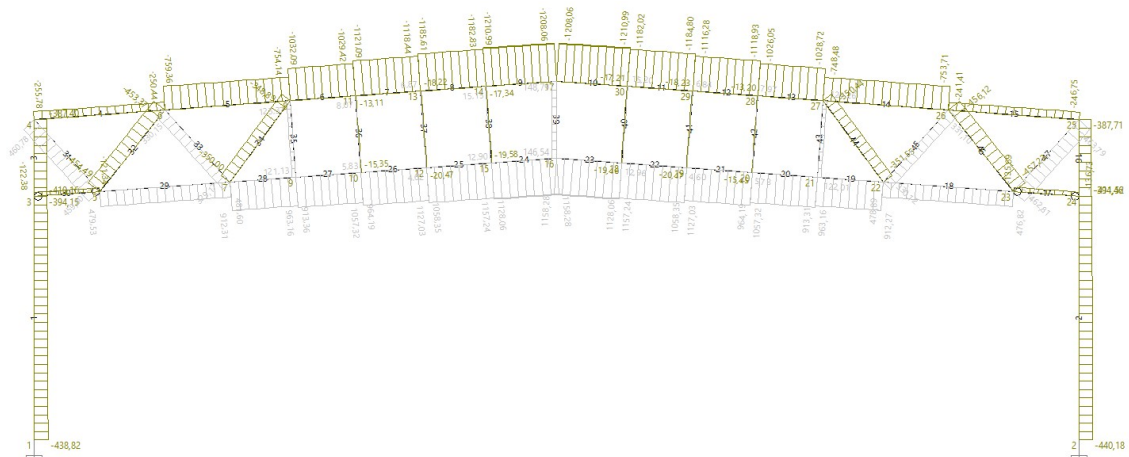
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

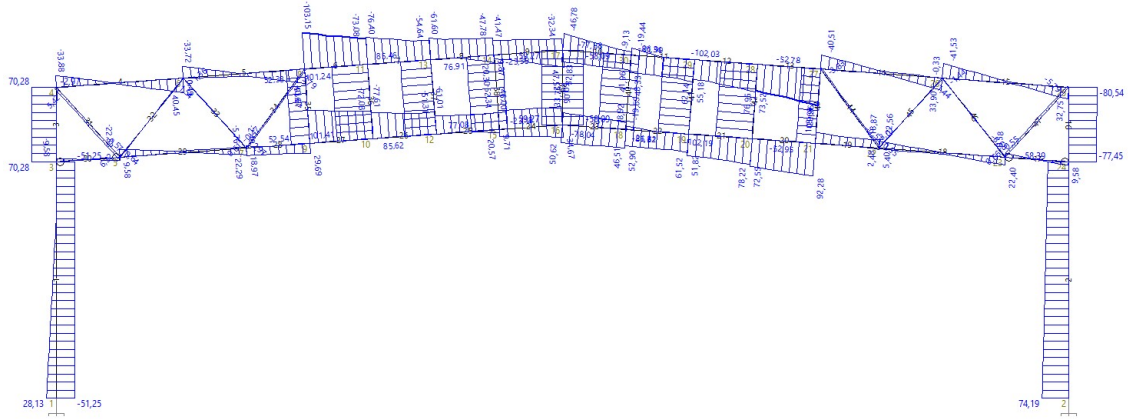
Reakce



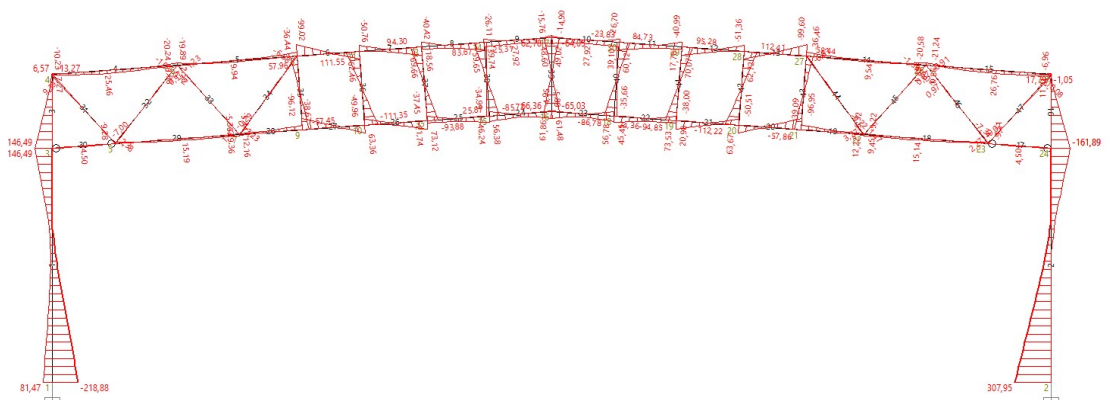
Průběh normálových sil



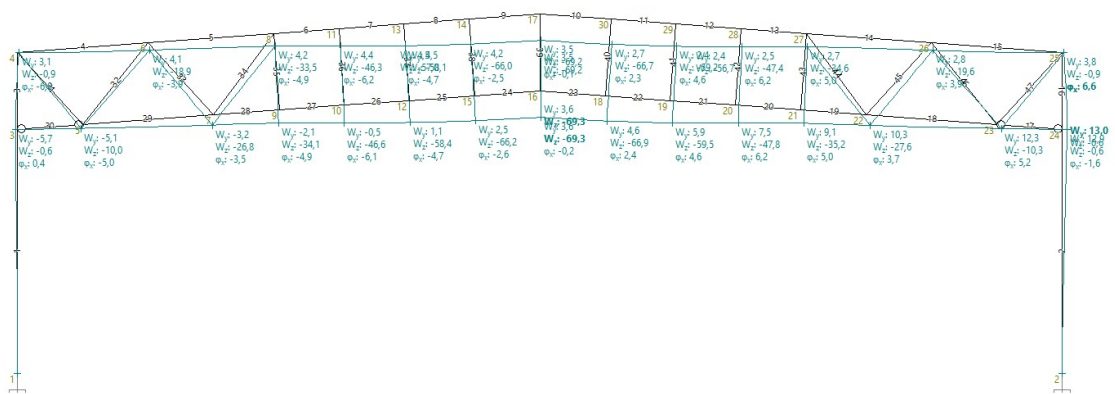
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



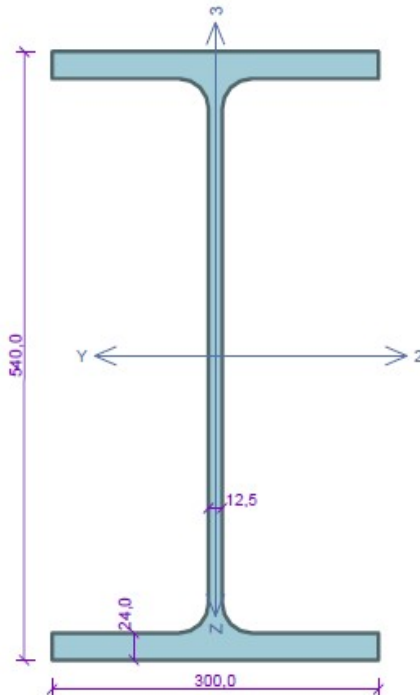
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Ocel.

Sloup



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez HE 550 A

Průřezová plocha: $A = 2,118E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 150,0 \text{ mm}$ $z_T = 270,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 1,119E09 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,082E08 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -4,146E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 7,213E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 4,146E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -7,213E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 3,515E06 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_\omega = 7,189E12 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 4,622E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,107E06 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=7,000\text{m}$; 57,2%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 2

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$51,250 \text{ kN} < 1136,433 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -438,822 \text{ kN}$; $M_y = -212,260 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -4459,989 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -1046,656 \text{ kNm}$

$|0,098 + 0,203 + 0,000| = |0,301| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -1166,105 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -1086,170 \text{ kNm}$

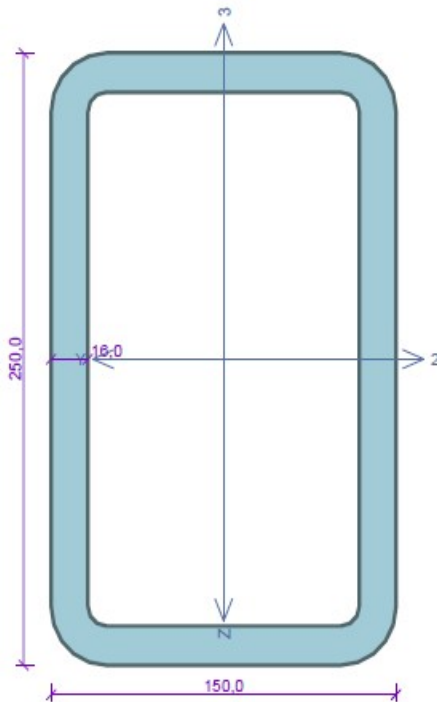
$|0,376 + 0,195 + 0,000| = |0,572| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 176,3

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 57,2 %

Spodní pásnice a horní pásnice



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 250 x 150 x 16,0

Průřezová plocha: $A = 1,150E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 75,0 \text{ mm}$ $z_T = 125,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 8,880E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 3,870E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -6,959E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 5,098E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 6,959E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,098E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 8,550E07 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 1,781E10 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 8,885E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 6,161E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=2,200\text{m}$; 93,1%; Zat.P.

Rozhodující zatěžovací případ:Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$77,454 \text{ kN} < 1015,952 \text{ kN}$ Vyhovuje

Vnitřní síly: $N = -394,457 \text{ kN}$; $M_y = -161,891 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -2662,467 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -206,764 \text{ kNm}$

$|0,148 + 0,783 + 0,000| = |0,931| < 1$ Vyhovuje

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -2572,176 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -208,804 \text{ kNm}$

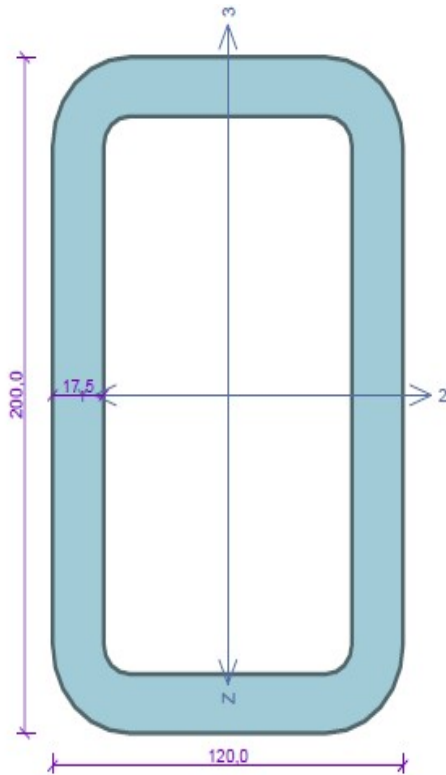
$|0,153 + 0,775 + 0,000| = |0,929| < 1$ Vyhovuje

Štíhlost dílce: 37,9

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 93,1 %

Svislice a diagonály



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 200 x 120 x 17.5

Průřezová plocha: $A = 9,650E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 60,0 \text{ mm}$ $z_T = 100,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,460E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,900E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -4,335E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,119E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 4,335E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,119E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 4,297E07 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 5,730E09 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 5,711E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,926E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=2,230\text{m}$; 83,9%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$102,028 \text{ kN} < 866,639 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -2,944 \text{ kN}$; $M_y = 112,412 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -2192,546 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 134,178 \text{ kNm}$

$|0,001 + 0,838 + 0,000| = |0,839| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -2075,828 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 134,204 \text{ kNm}$

$|0,001 + 0,838 + 0,000| = |0,839| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 49,6

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 83,9 %

PŘÍLOHA Č. 4

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systému a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Čtvrtá varianta střešní konstrukce je navržena jako Girlandový vazník. Girlandový vazník je navržen jako dva dílčí vazníky, které jsou ve vrcholu kloubově spojeny. Spodní část vazníků je propojena táhlem, které přenáší tahovou složku reakce. Jednotlivé části se dopraví na stavbu a tam se smontují. Dolní a horní pásnice jsou připojeny kloubově k diagonálám a svislicím. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě o. 4 je využita ocel S235. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příčnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062\text{kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

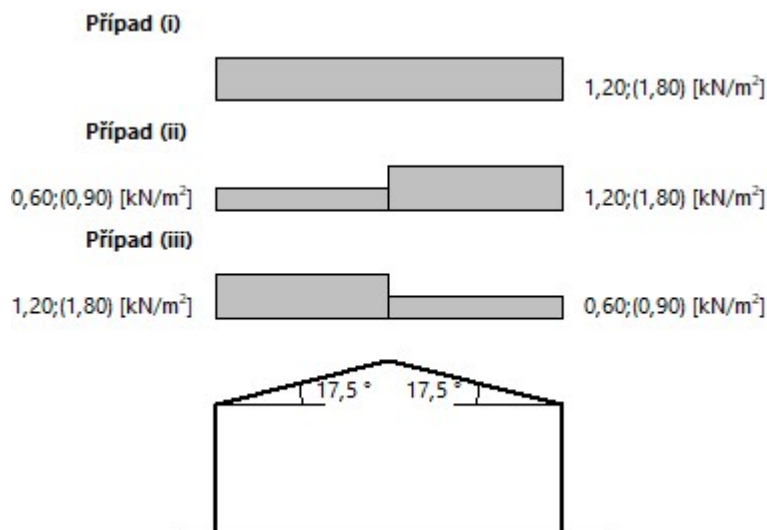
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

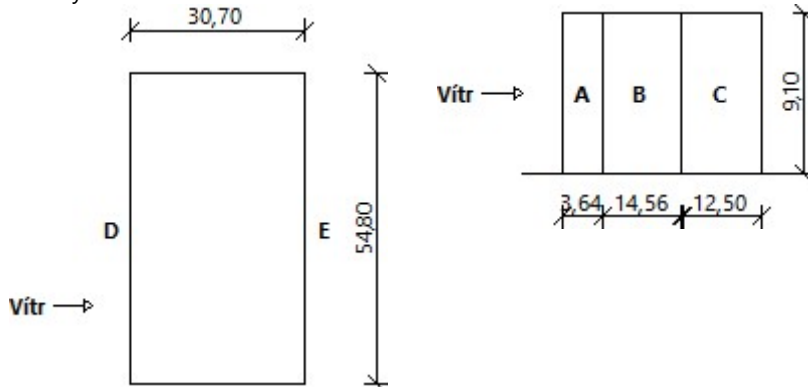
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 11,73$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

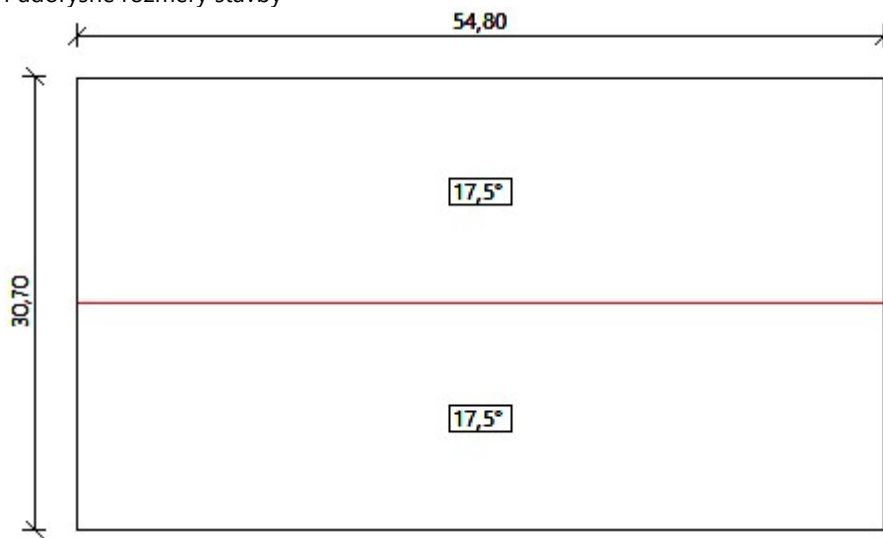
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
4,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
6,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)
8,00	-0,96 (-1,44)	-0,64 (-0,96)	-0,40 (-0,60)	0,57 (0,85)	-0,26 (-0,39)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
 Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	II
Rychlost větru	$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	$z_e = 9,10 \text{ m}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,90 \text{ kN/m}^2$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení c_{pe}	$A = 1682,36 \text{ m}^2$

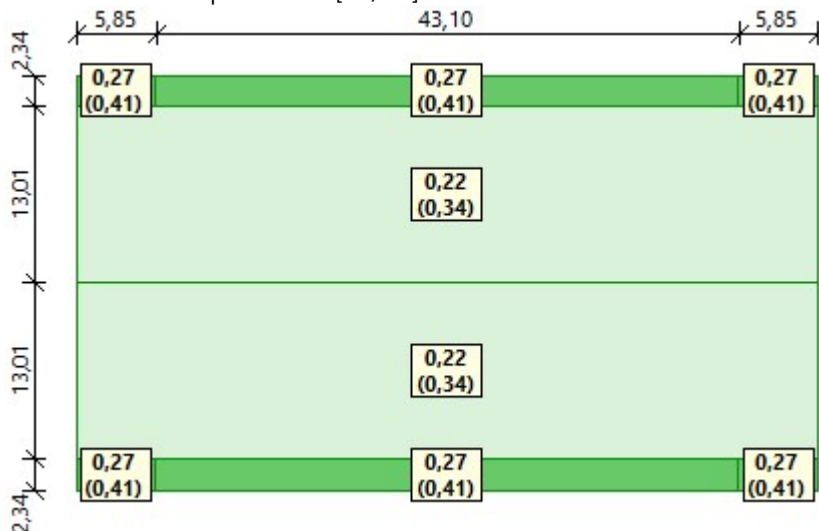
Střecha

Púdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vitr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užité

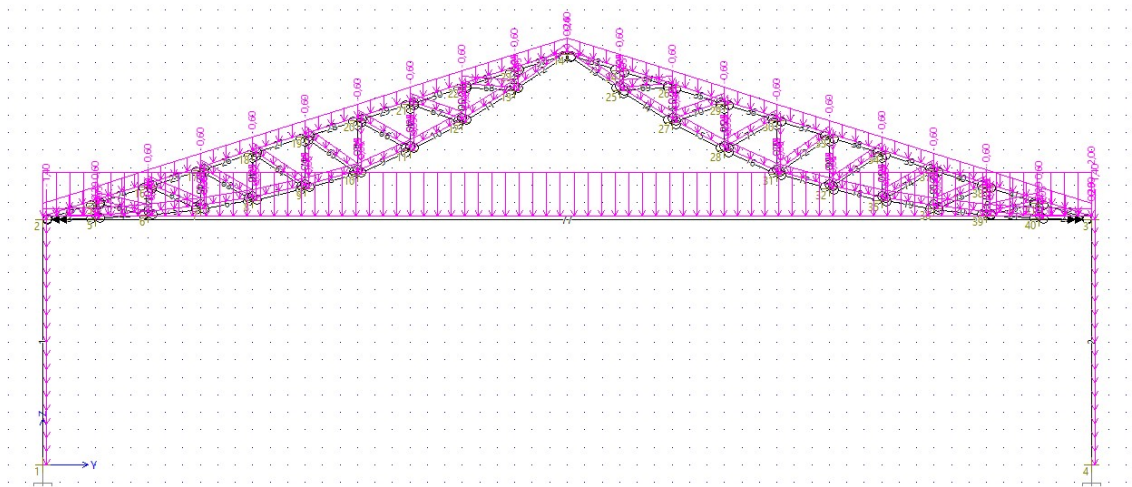
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

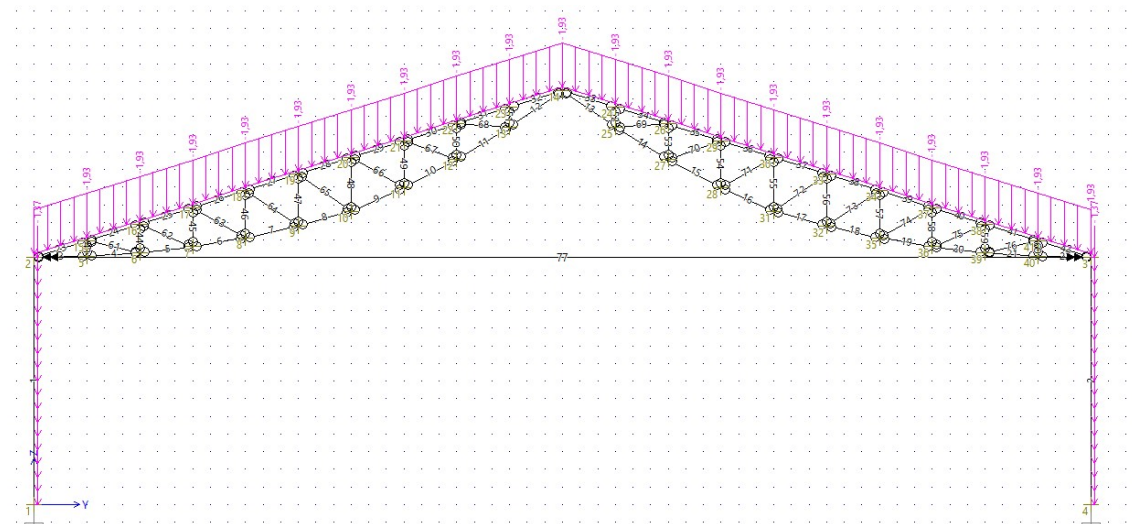
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

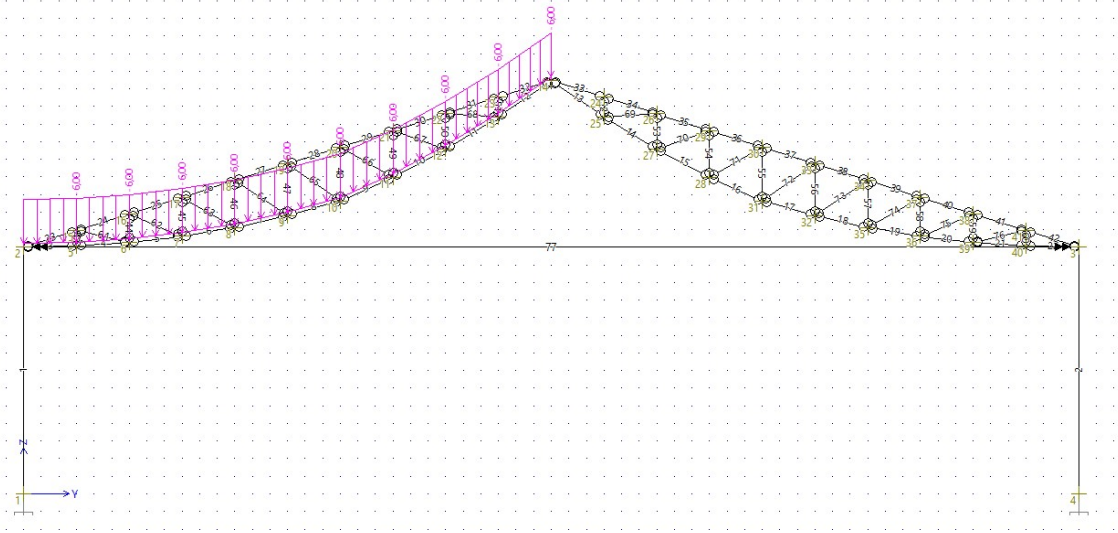
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



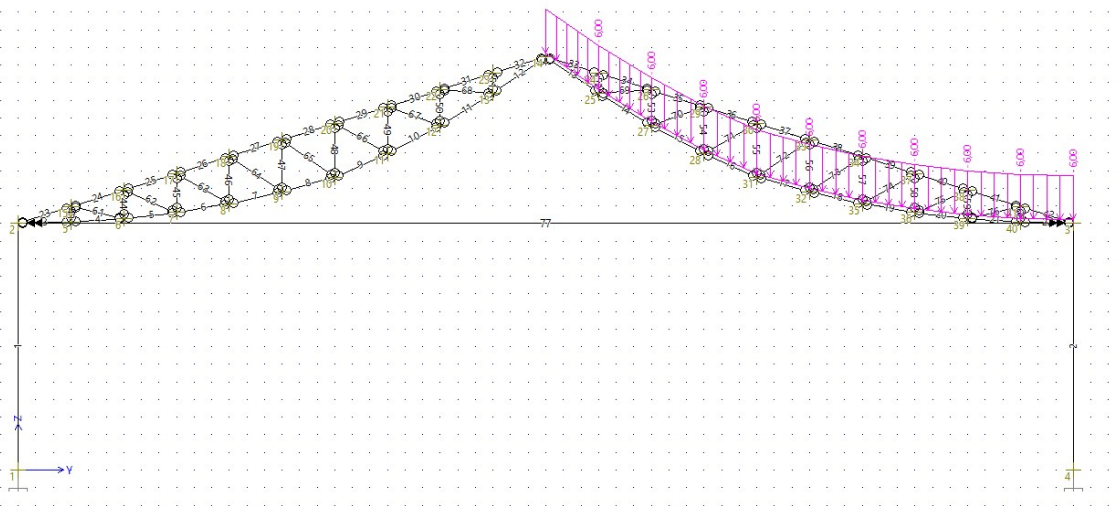
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



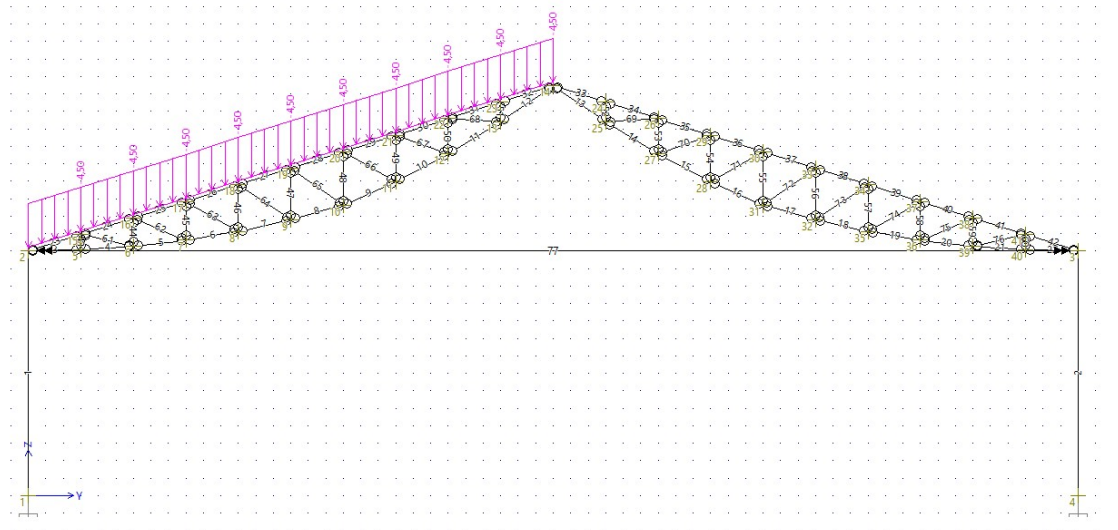
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



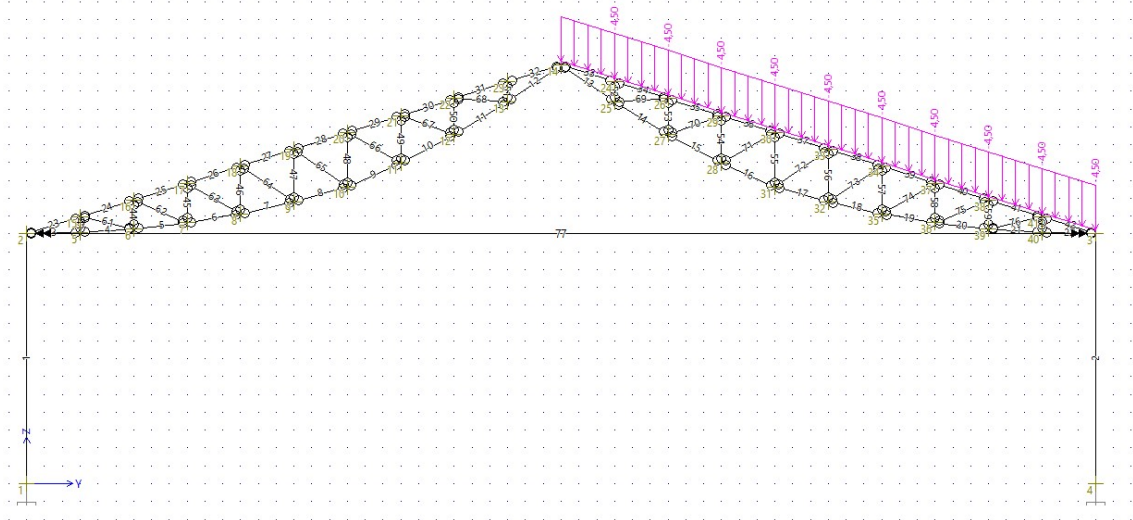
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



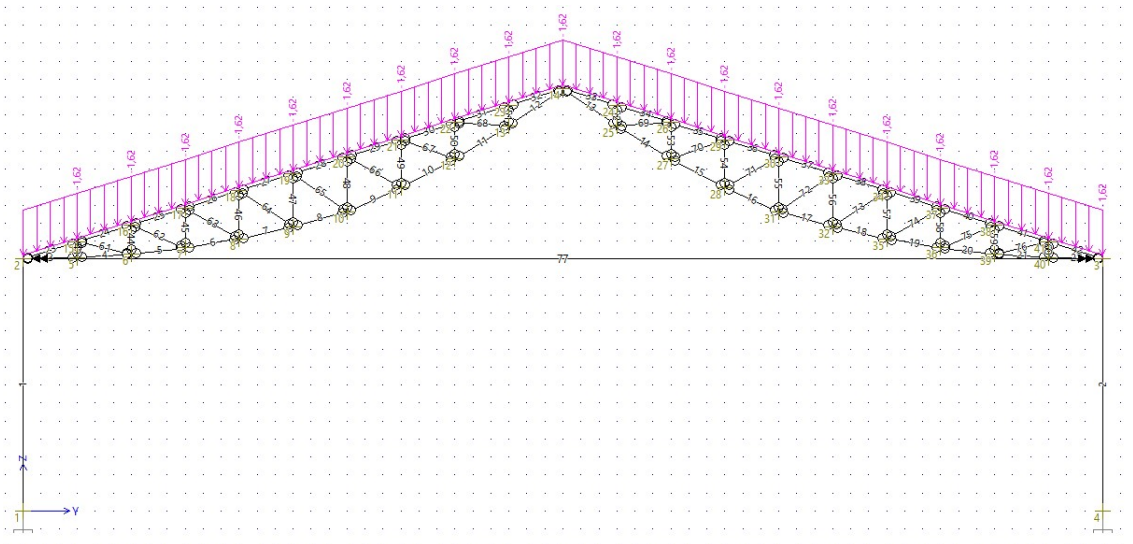
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



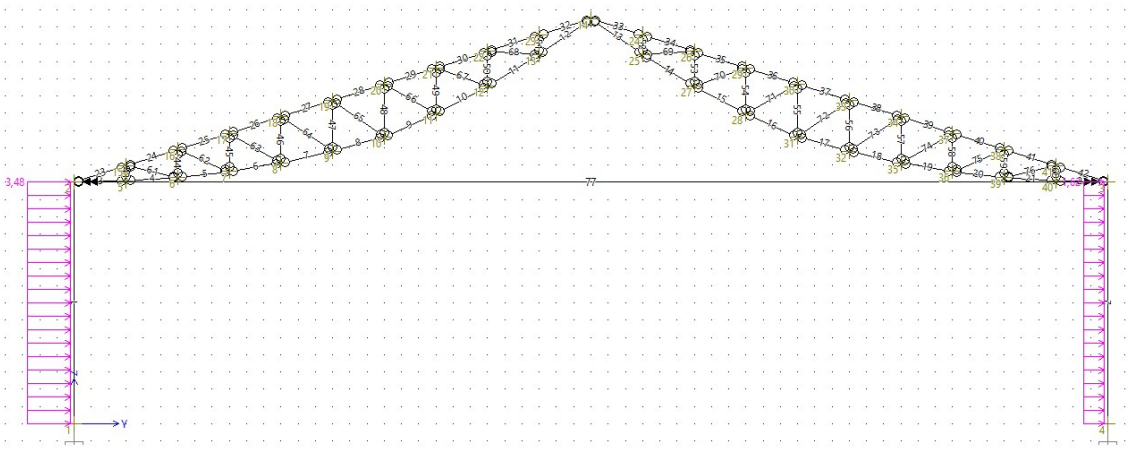
ZS6 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 2



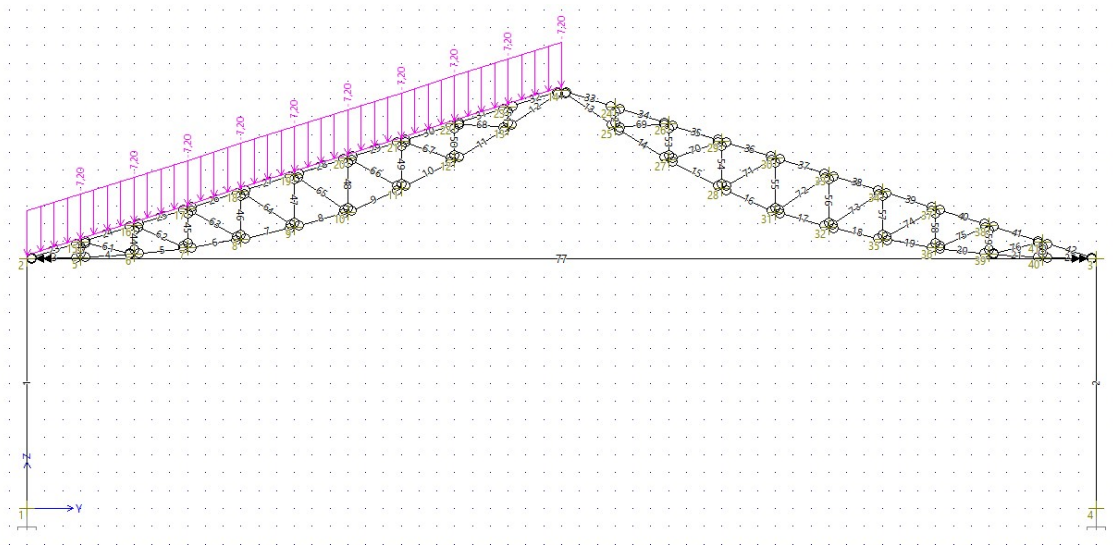
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



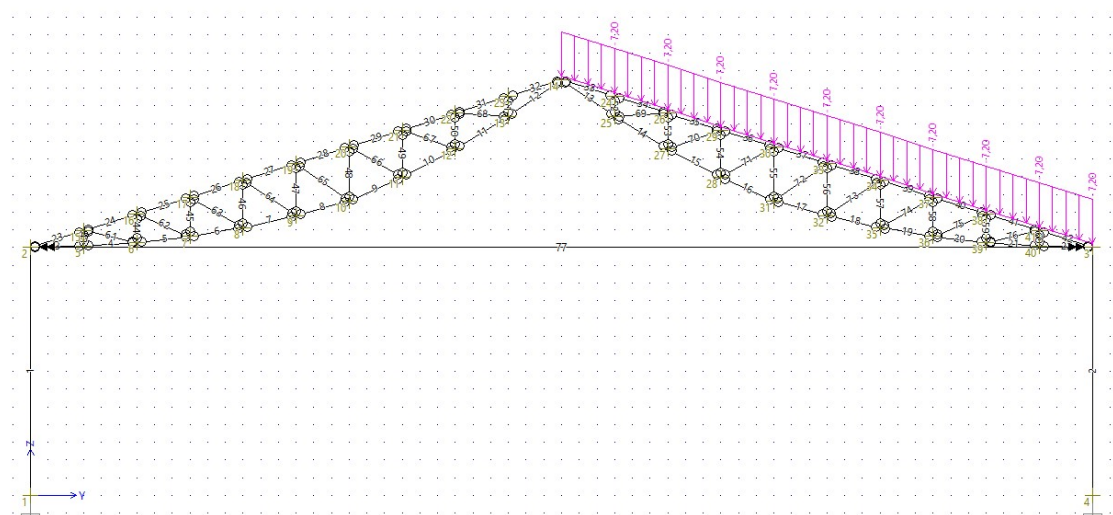
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

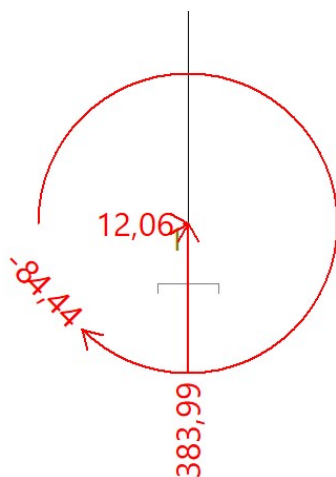
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\Sigma_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

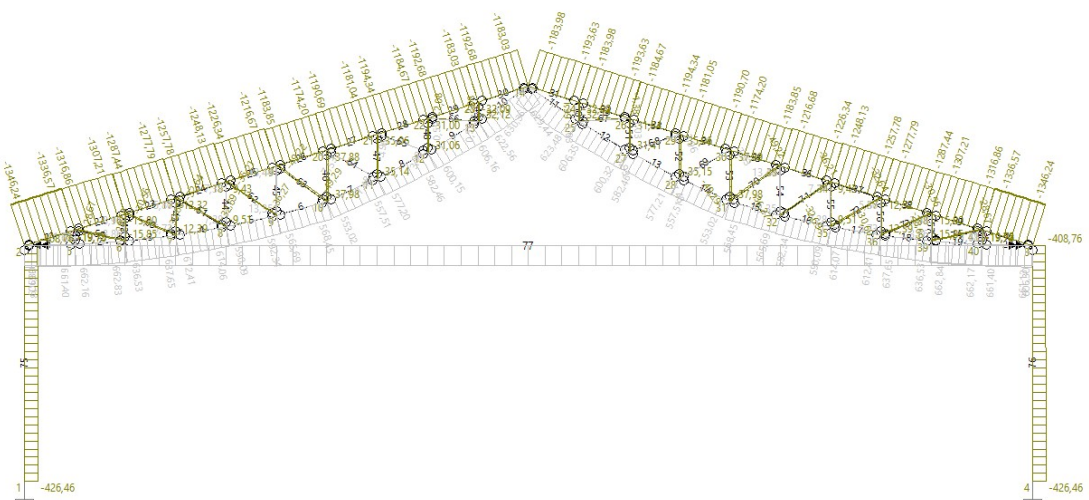
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

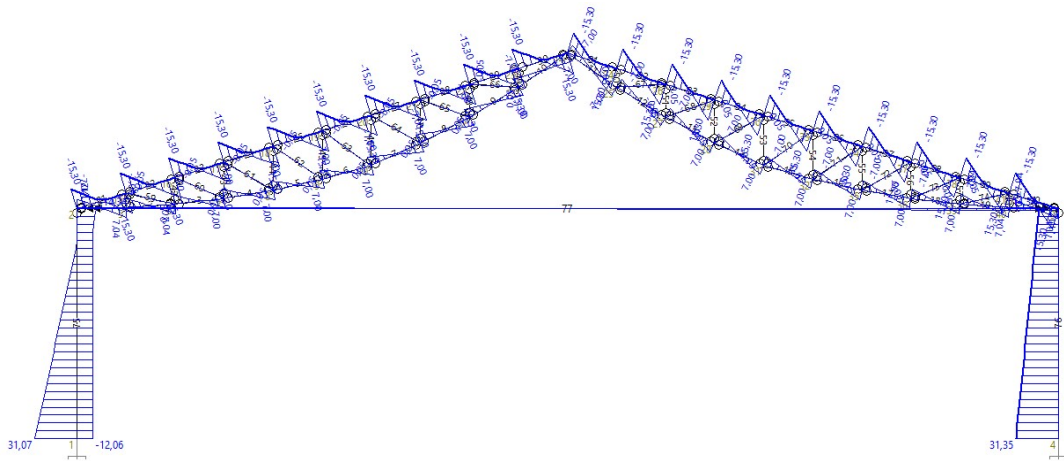
Reakce



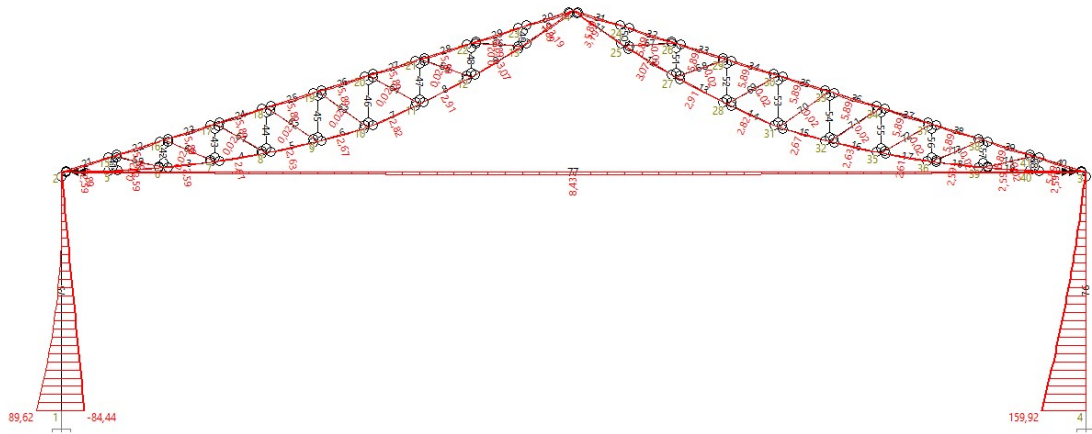
Průběh normálových sil



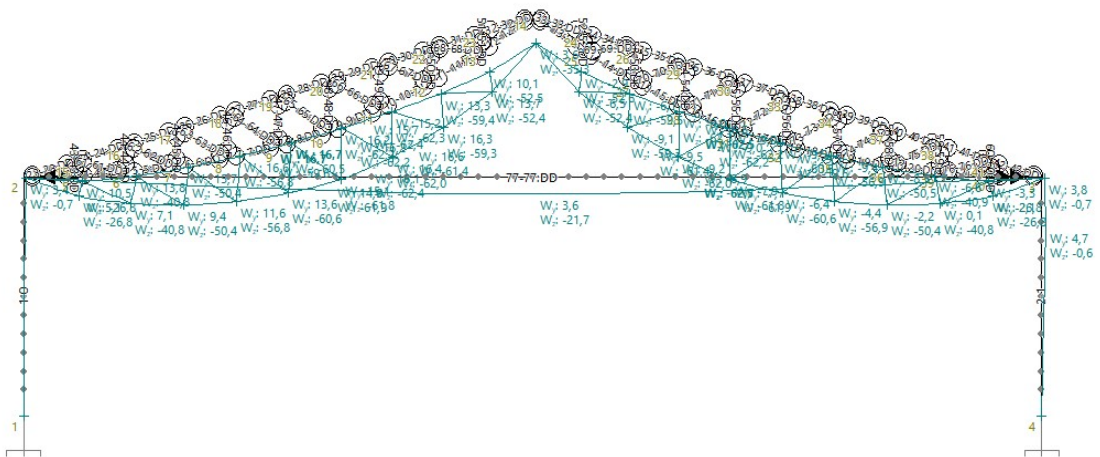
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



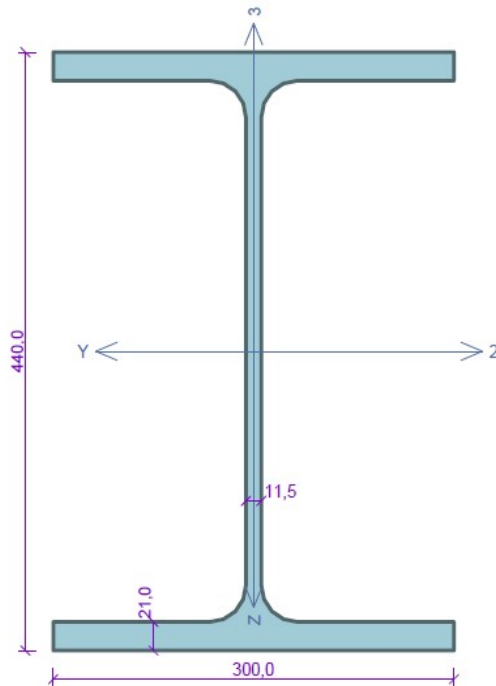
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Ocel.

Sloup



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez HE 450 A

Průřezová plocha: $A = 1,780E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 150,0 \text{ mm}$ $z_T = 220,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 6,372E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 9,465E07 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -2,896E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 6,310E05 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 2,896E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -6,310E05 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,438E06 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 4,148E12 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 3,216E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 9,655E05 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=0,000\text{m}$; 58,3%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$7,228 \text{ kN} < 892,146 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -421,961 \text{ kN}$; $M_y = -50,594 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -4044,440 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -744,541 \text{ kNm}$

$|0,104 + 0,068 + 0,000| = |0,172| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -1014,939 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -755,760 \text{ kNm}$

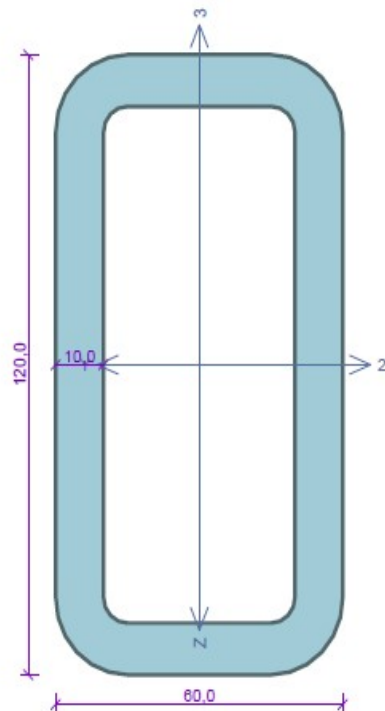
$|0,416 + 0,067 + 0,000| = |0,483| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 172,8

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 48,3 %

Spodníhorní pásnice



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslaběného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 120 x 60 x 10.0

Průřezová plocha: $A = 3,090E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 30,0 \text{ mm}$ $z_T = 60,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,880E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,520E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -7,894E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 4,985E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 7,894E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -4,985E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 3,781E06 \text{ mm}^4$

Výsečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 2,836E08 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,061E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 6,326E04 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=0,912\text{m}$; 95,4%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Vnitřní síly: $N = 626,854 \text{ kN}$; $M_y = 2,267 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 726,150 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 24,935 \text{ kNm}$

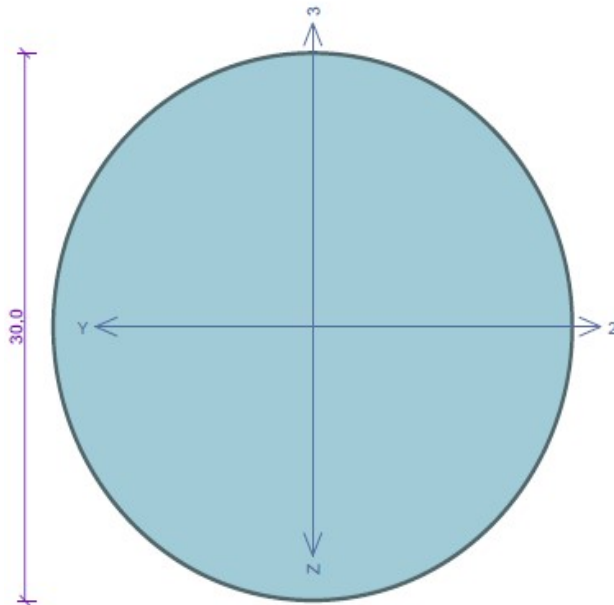
$|0,863 + 0,091 + 0,000| = |0,954| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 82,2

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 95,4 %

Táhlo



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez tyč kulatá 30

Průřezová plocha: $A = 7,069E02 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 15,0 \text{ mm}$ $z_T = 15,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 3,976E04 \text{ mm}^4$ $I_z = 3,976E04 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -2,651E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,651E03 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 2,651E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,651E03 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 7,952E04 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 4,500E03 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 4,500E03 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=3,000\text{m}$; 49,8%;

Rozhodující zatěžovací případ; Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$0,899 \text{ kN} < 47,952 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = 82,800 \text{ kN}$; $M_y = 3,034 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu:

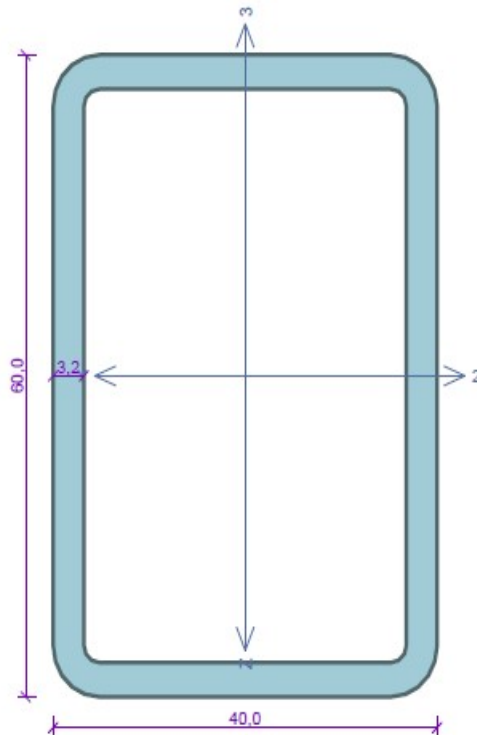
Únosnosti: $N_R = 166,112 \text{ kN}$;

$|0,498 + 0,000 + 0,000| = |0,498| > 1$ **Vyhovuje**

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 49,8 %

Svislice adiagonály



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 60 x 40 x 3.2

Průřezová plocha: $A = 5,880E02 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 20,0 \text{ mm}$ $z_T = 30,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 2,780E05 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,460E05 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -9,127E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 7,203E03 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 9,127E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -7,203E03 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 2,987E05 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_o = 2,490E06 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,135E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 8,534E03 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=0,916m$; 71,1%

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Vnitřní síly: $N = -49,231 \text{ kN}$; $M_y = 0,021 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -101,675 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 1,995 \text{ kNm}$

$|0,484 + 0,011 + 0,000| = |0,495| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -69,990 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 2,668 \text{ kNm}$

$|0,703 + 0,008 + 0,000| = |0,711| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 116,3

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 71,1 %

PŘÍLOHA Č. 5

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systému a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Pátá varianta střešní konstrukce je navržena jako trojkloubový rám bez táhla. Trojkloubový rám je systém, který se skládá ze 2 částí. Tyto části jsou koncipovány jako lomené nosníky s kloubovým spojením. Podepření těchto částí je kloubové neposuvné. Lomené konstrukce jsou navrženy proměnného průřezu.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě o. 5 je využita ocel S235. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy patřičnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice
- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1 m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062 \text{ kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

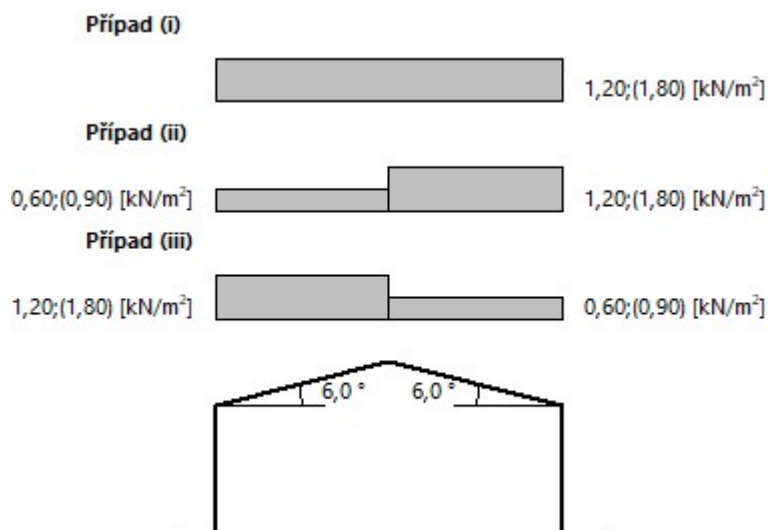
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

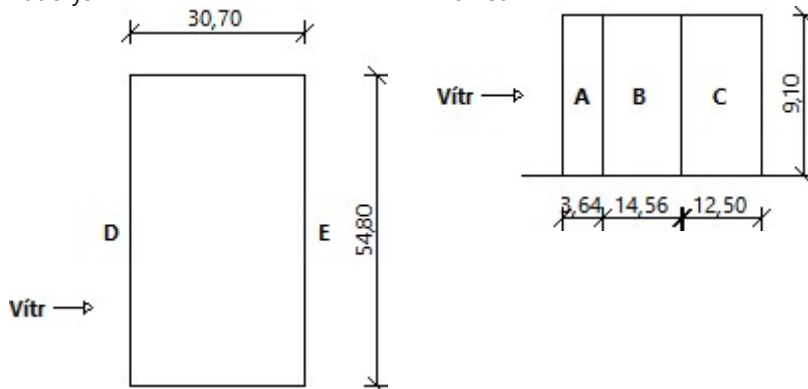
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

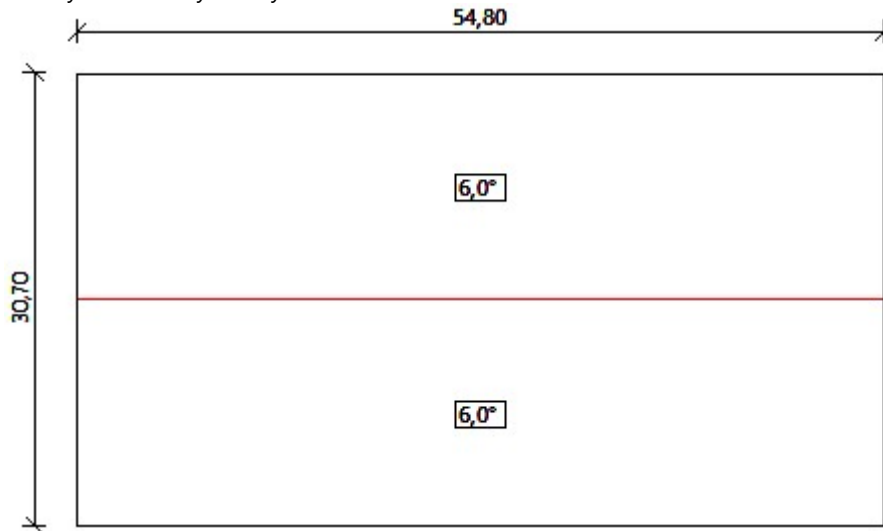
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
4,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
6,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
8,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
 Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

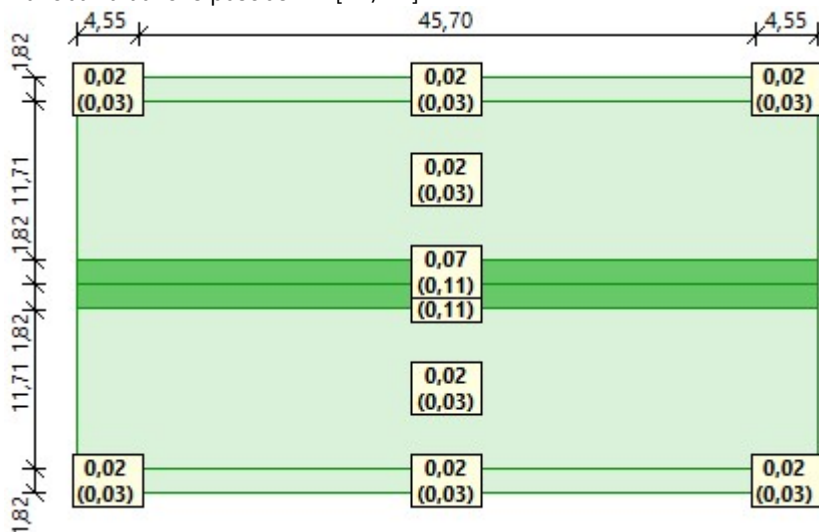
Střecha

Půdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vítr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

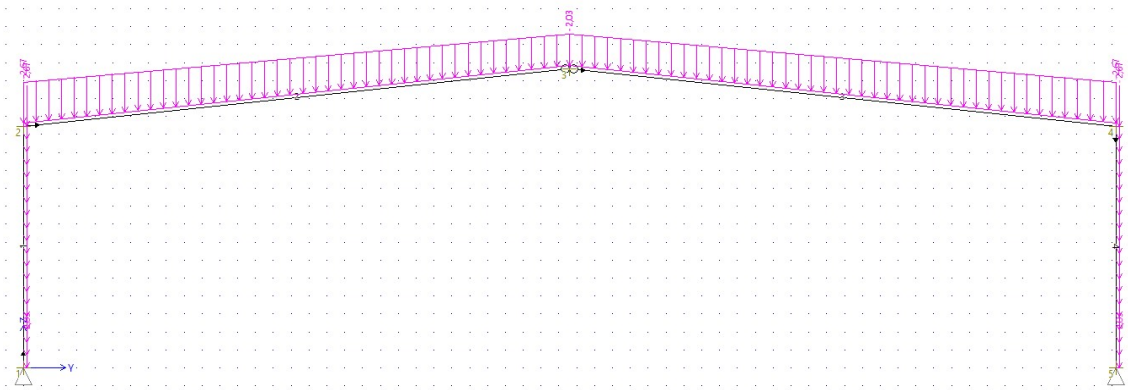
V modelu jsou využity hodnoty užitného zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

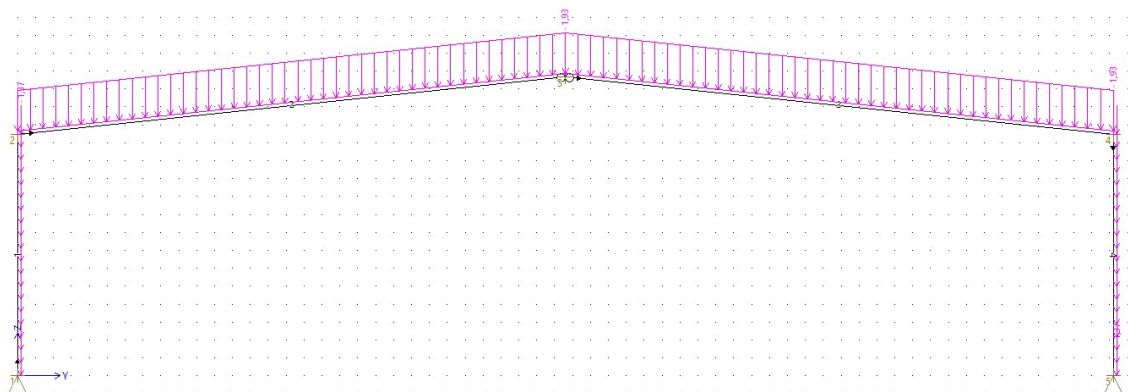
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

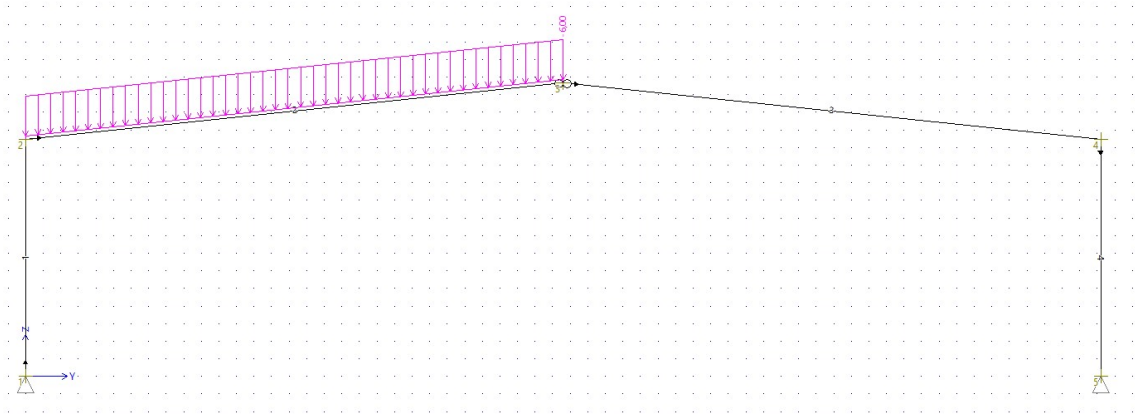
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



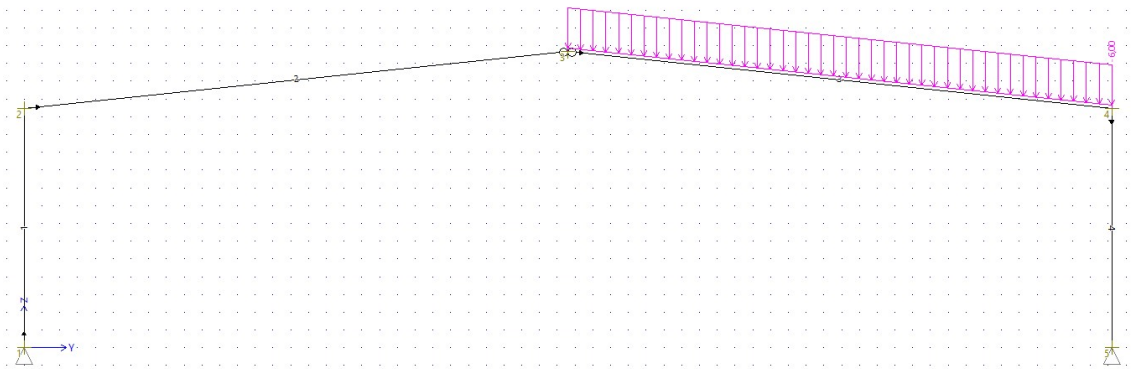
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



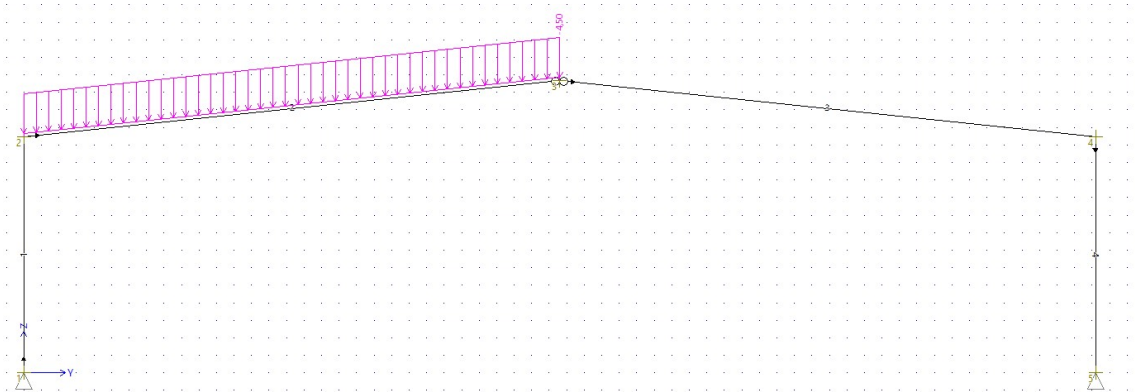
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



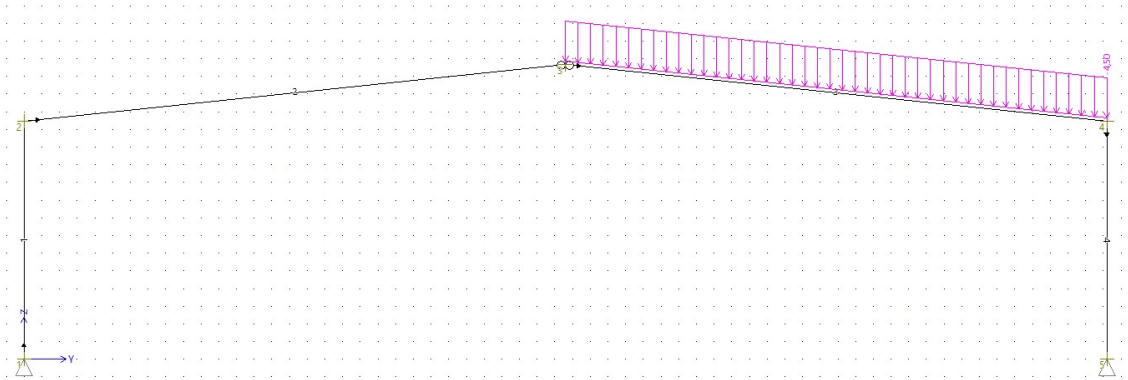
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



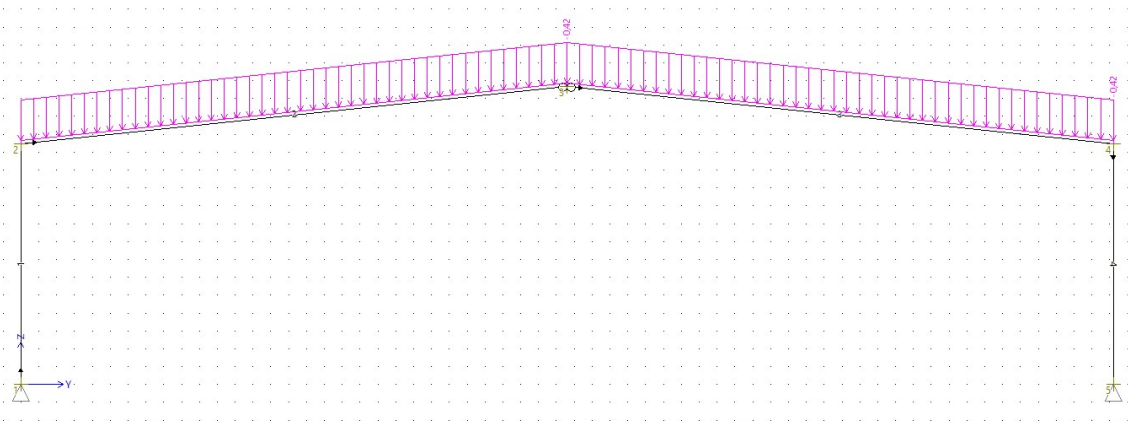
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



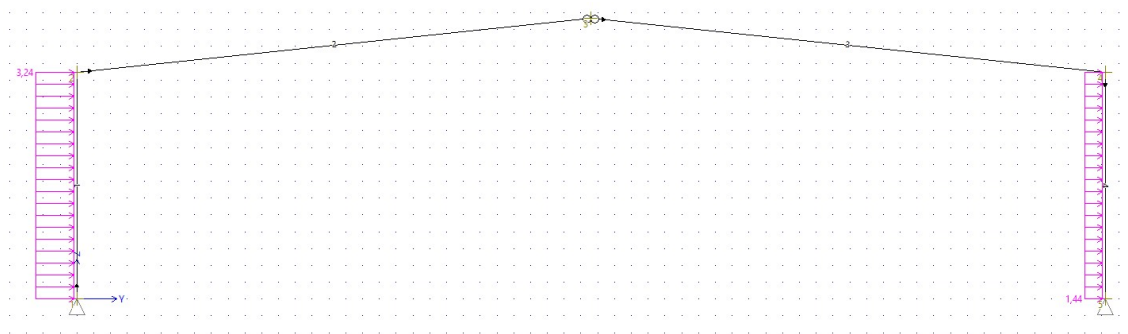
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



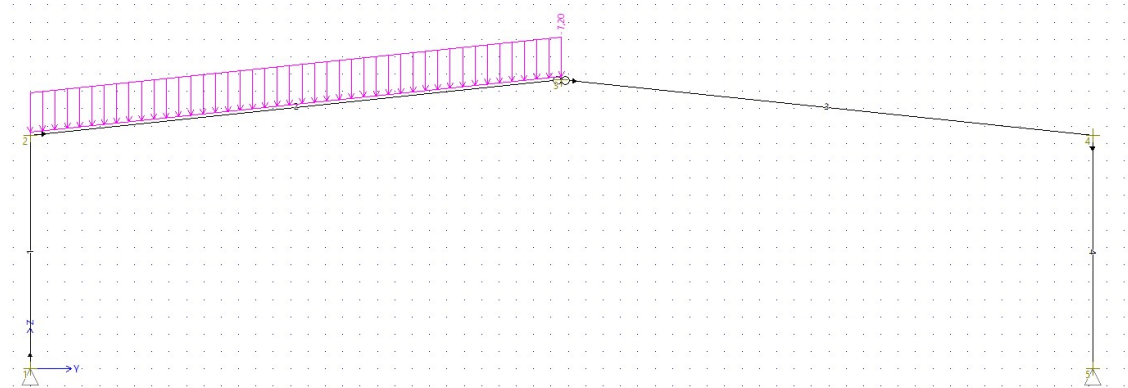
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



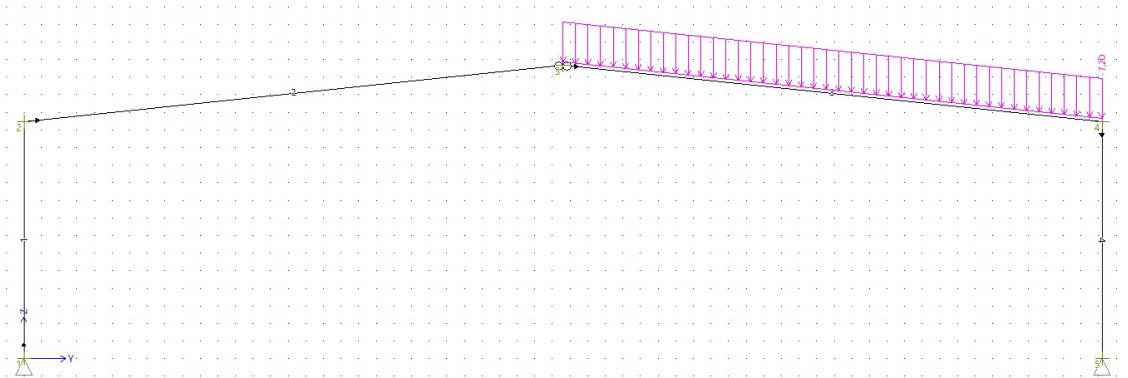
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

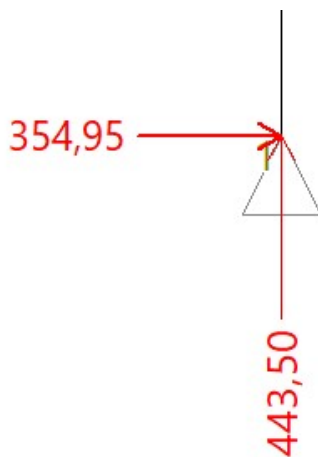
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

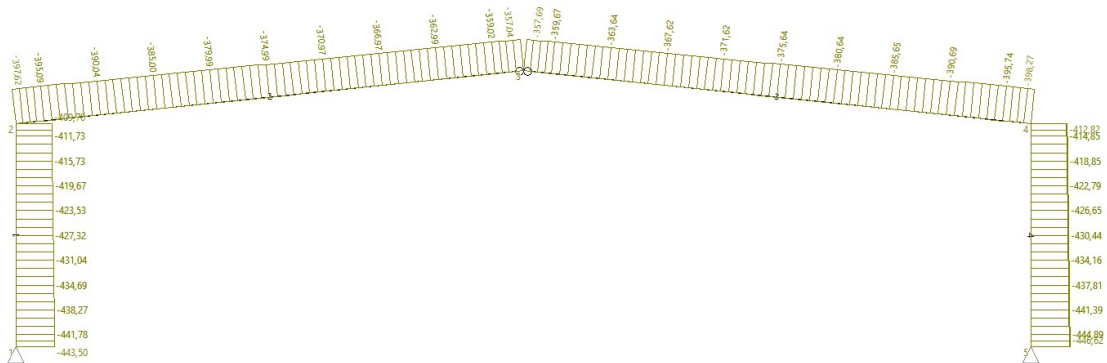
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

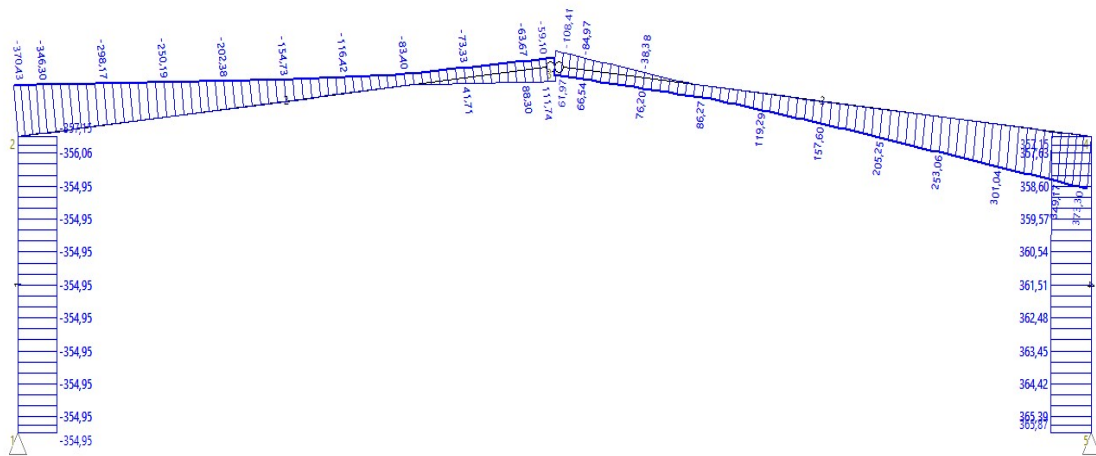
Reakce



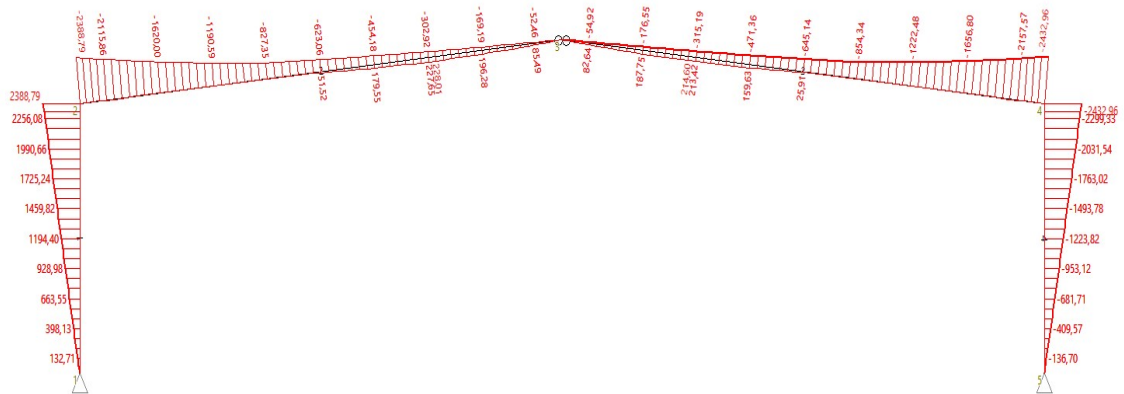
Průběh normálových sil



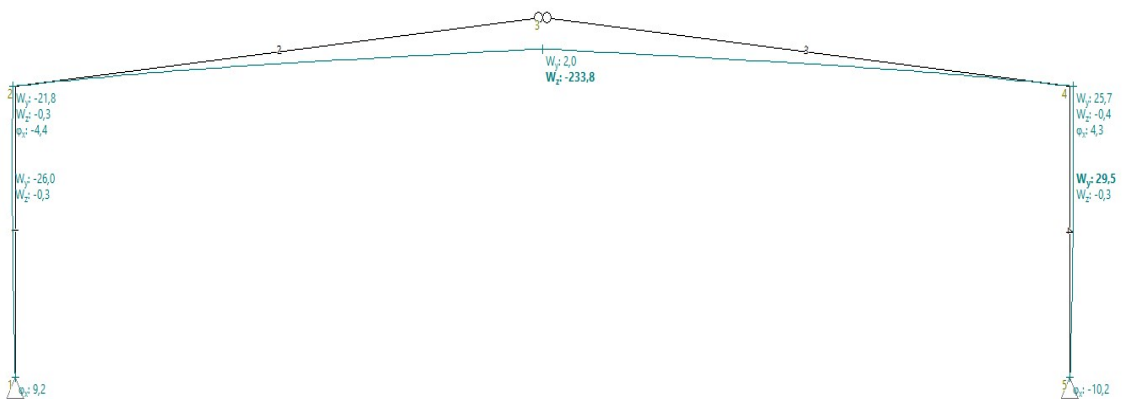
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



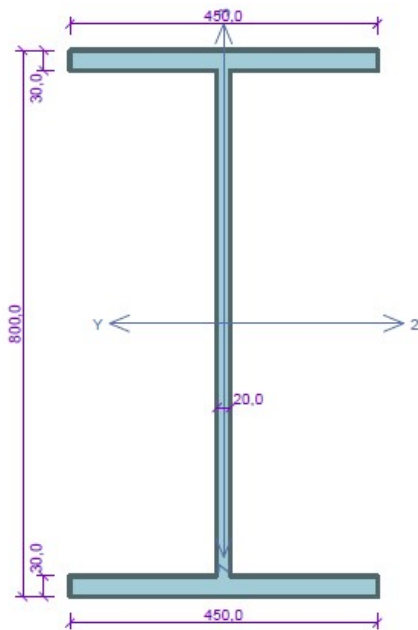
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Ocel.

Sloup



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslaběného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez I-průřez

Průřezová plocha: $A = 4,180E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 225,0 \text{ mm}$ $z_T = 400,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,679E09 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,561E08 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -1,170E07 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,027E06 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 1,170E07 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,027E06 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 1,015E07 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

$I_{\omega} = 6,754E13 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,313E07 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,111E06 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu X=6,730m; 90,0%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$365,733 \text{ kN} < 2008,024 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -421,695 \text{ kN}$; $M_y = 2461,382 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -9823,000 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 3086,255 \text{ kNm}$

$|0,043 + 0,798 + 0,000| = |0,840| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -4100,918 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 3086,255 \text{ kNm}$

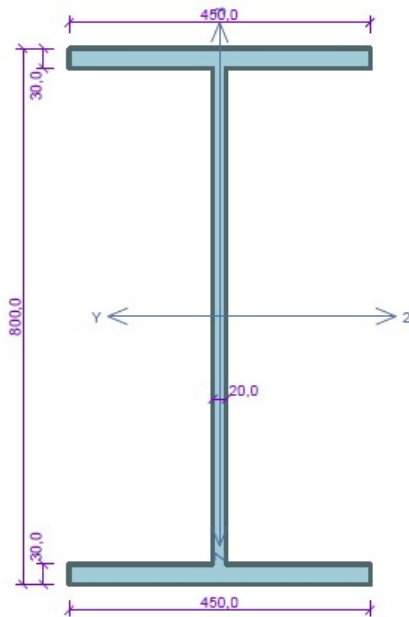
$|0,103 + 0,798 + 0,000| = |0,900| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 116,0

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 90,0 %

Nosník



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu	: $\gamma_{M0} = 1,000$
Únosnost průřezu při posuzování stability	: $\gamma_{M1} = 1,000$
Únosnost oslabeného průřezu	: $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez I-průřez

Průřezová plocha: $A = 4,180E04 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 225,0 \text{ mm}$ $z_T = 400,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 4,679E09 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,561E08 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -1,170E07 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,027E06 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 1,170E07 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,027E06 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 1,015E07 \text{ mm}^4$

Výsečový moment setrvačnosti:

$I_o = 6,754E13 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 1,313E07 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,111E06 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Posouzení řezu $X=0,000\text{m}$; 84,3%;

Rozhodující zatěžovací případ: Třída průřezu: 1

Posudek smyku od posouvající síly V_z :

$381,237 \text{ kN} < 2008,024 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Vnitřní síly: $N = -407,732 \text{ kN}$; $M_y = -2461,382 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Vzpěr Y: Únosnosti: $N_R = -9823,000 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -3086,255 \text{ kNm}$

$|0,042 + 0,798 + 0,000| = |0,839| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = -9036,739 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -3086,255 \text{ kNm}$

$|0,045 + 0,798 + 0,000| = |0,843| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 33,5

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 84,3 %

PŘÍLOHA Č. 6

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Druhá varianta střešní konstrukce je tvořena dřevěným sedlovým vazníkem. Vazník je kloubově uložen na sloupy. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě d. 1 je využit materiál GL 32. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy patřičnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užité
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062\text{kN/m}^2 = 0,38\text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5\text{ kN/m}^2$

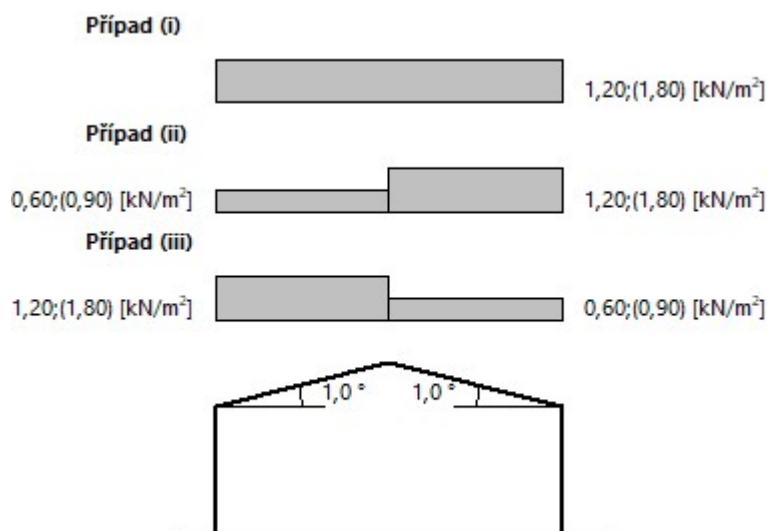
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2\text{ kN/m}^2 = 7,4\text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

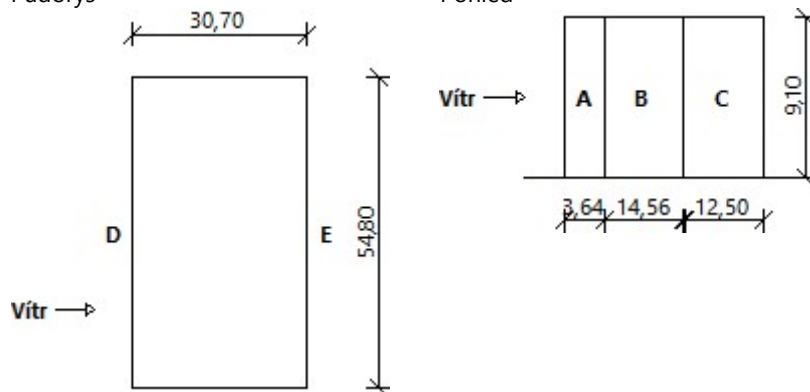
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m
 Délka objektu $d = 30,70$ m
 Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

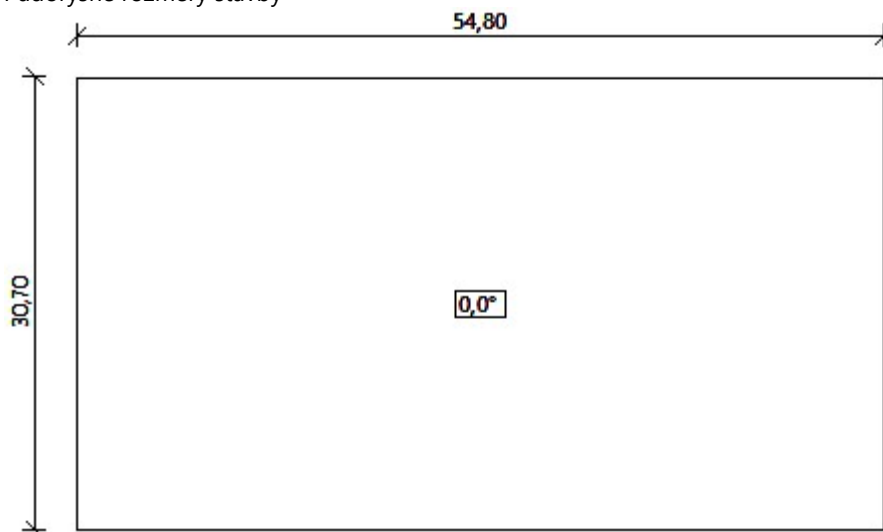
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,93 (-1,39)	-0,62 (-0,93)	-0,39 (-0,58)	0,54 (0,81)	-0,23 (-0,35)
4,00	-0,93 (-1,39)	-0,62 (-0,93)	-0,39 (-0,58)	0,54 (0,81)	-0,23 (-0,35)
6,00	-0,93 (-1,39)	-0,62 (-0,93)	-0,39 (-0,58)	0,54 (0,81)	-0,23 (-0,35)
8,00	-0,93 (-1,39)	-0,62 (-0,93)	-0,39 (-0,58)	0,54 (0,81)	-0,23 (-0,35)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

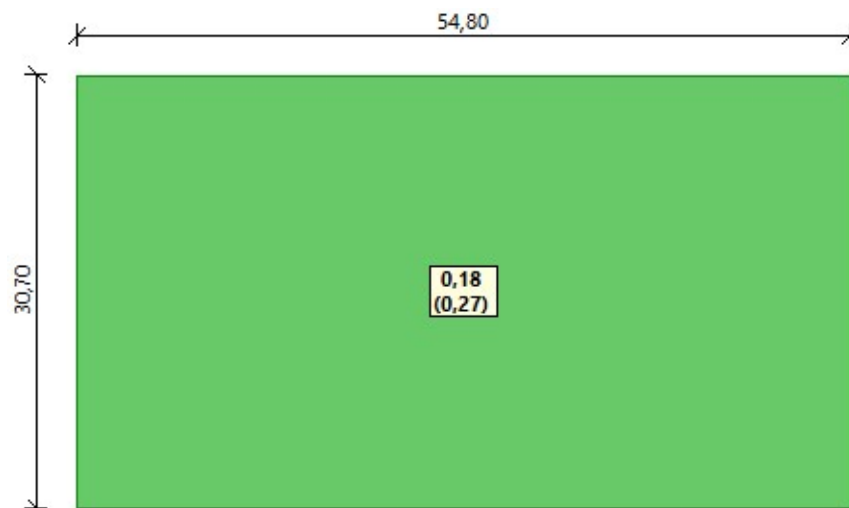
Střecha

Púdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vítr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

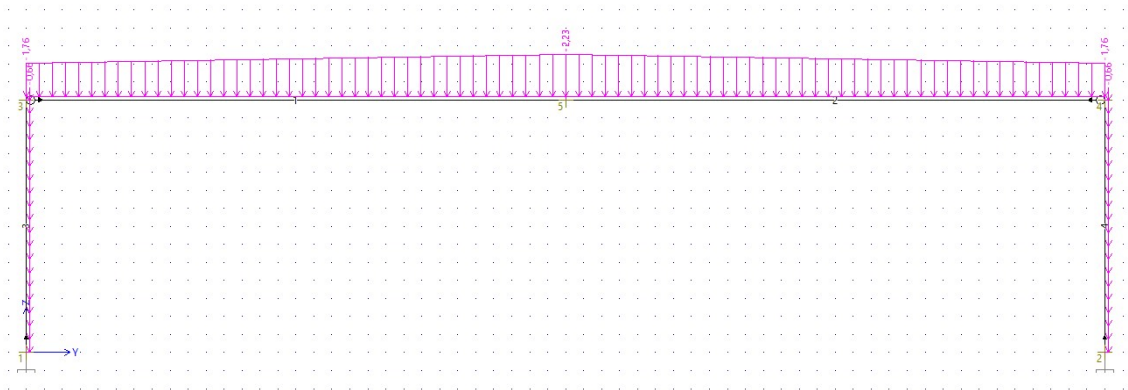
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

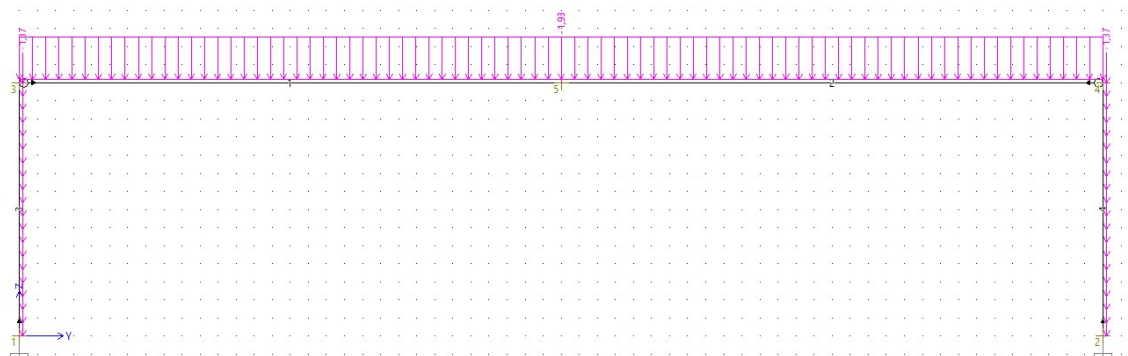
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

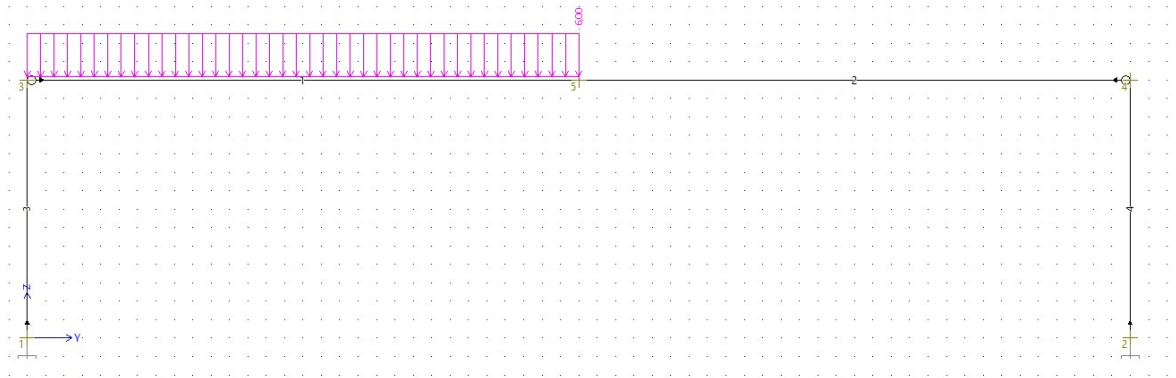
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



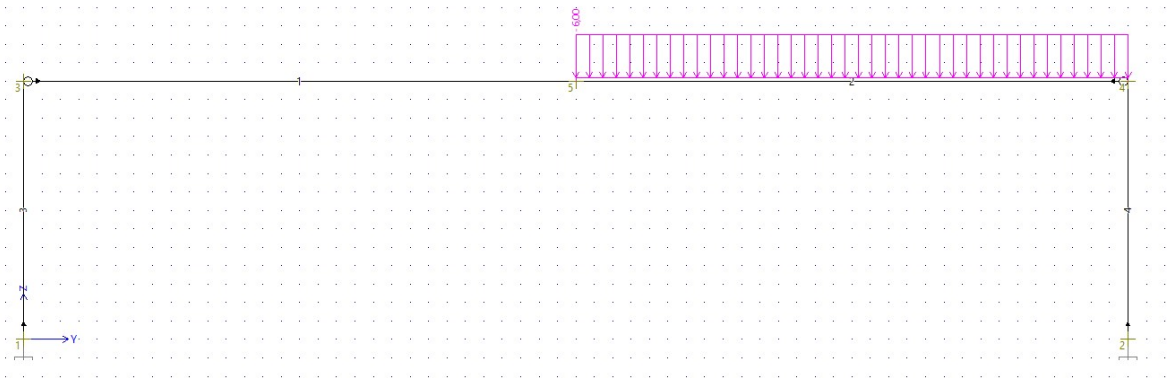
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



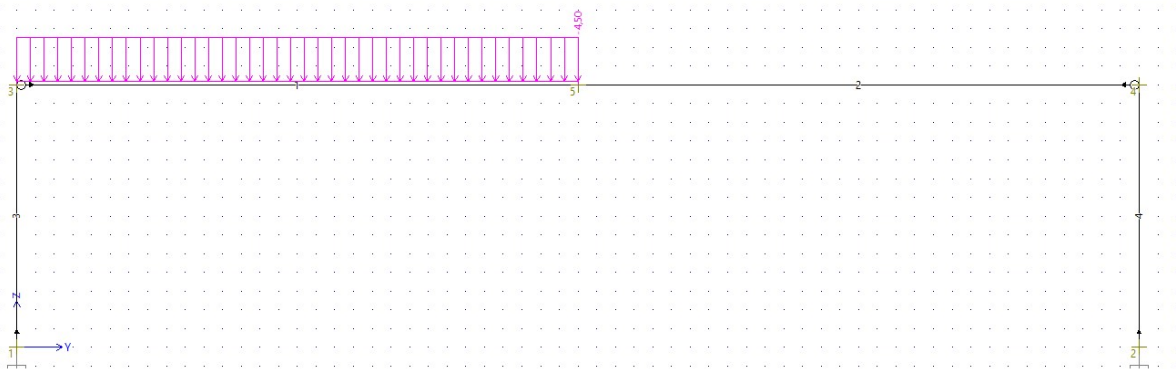
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



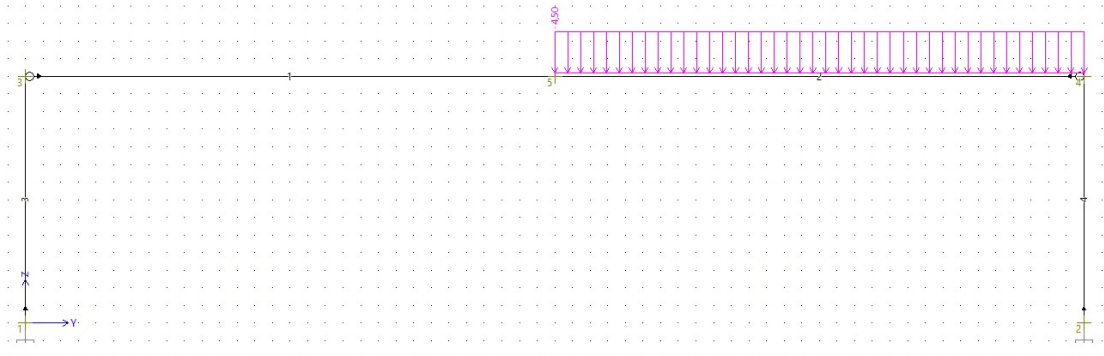
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



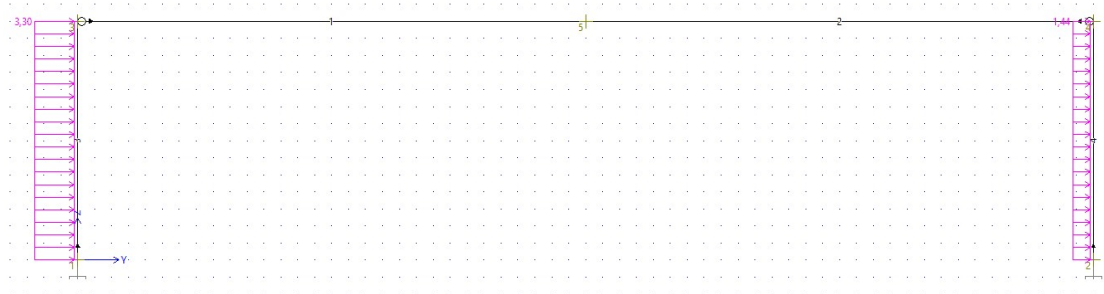
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



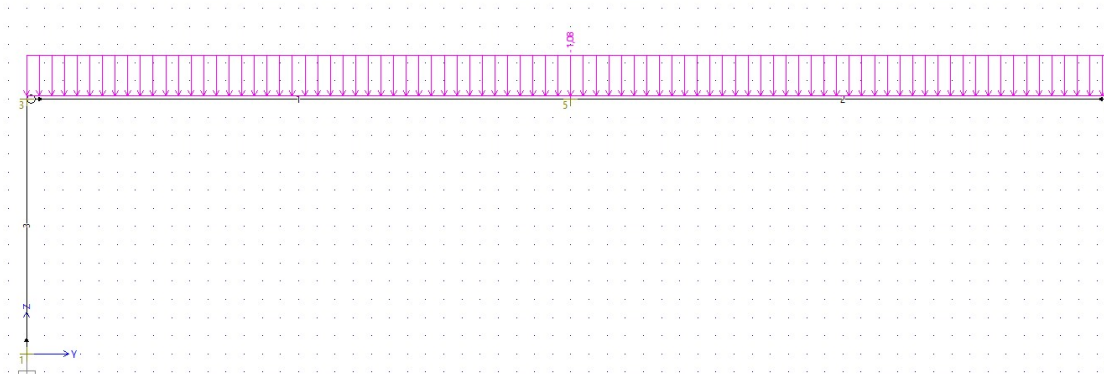
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



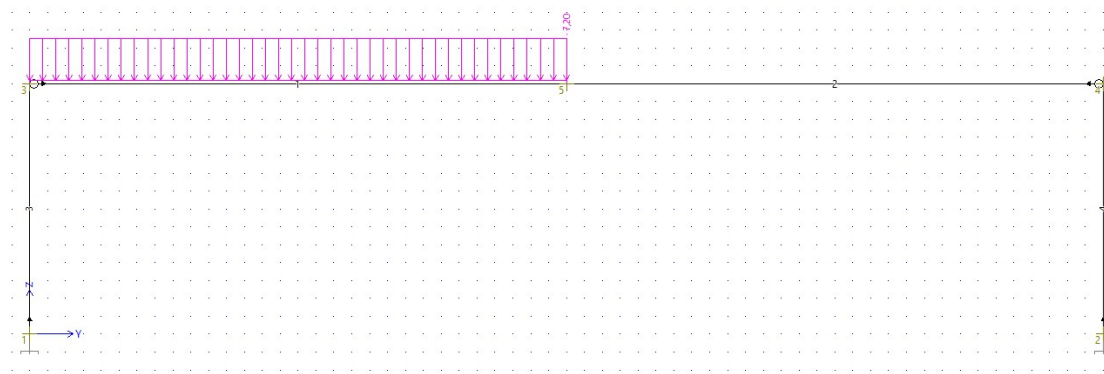
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



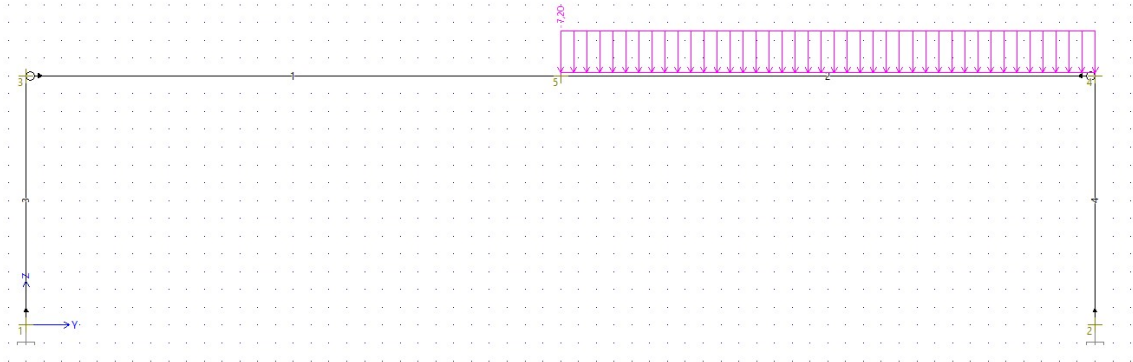
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

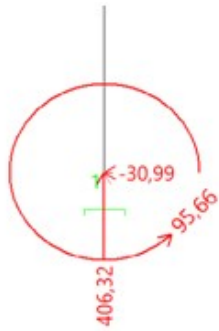
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

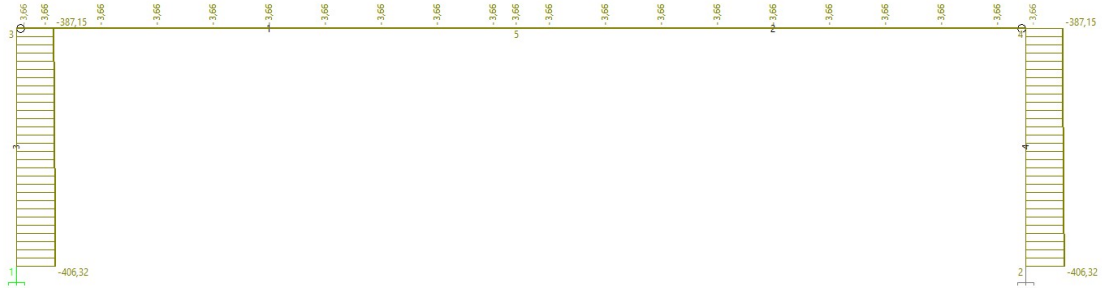
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

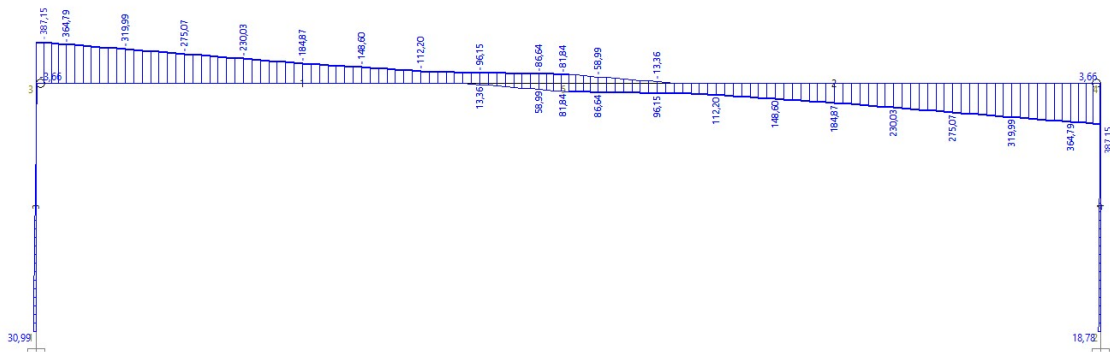
Reakce



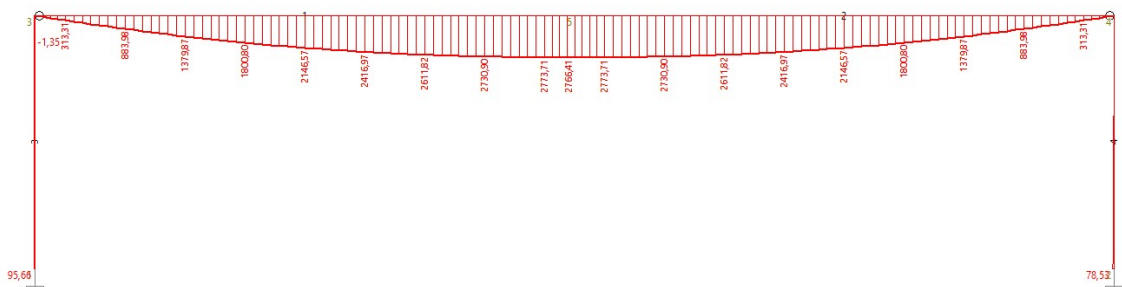
Průběh normálových sil



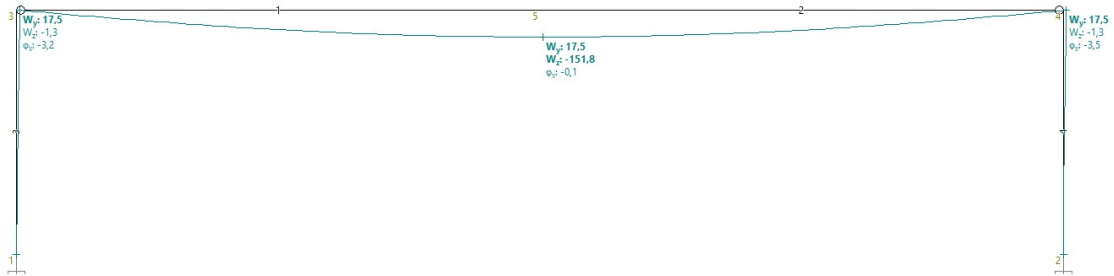
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



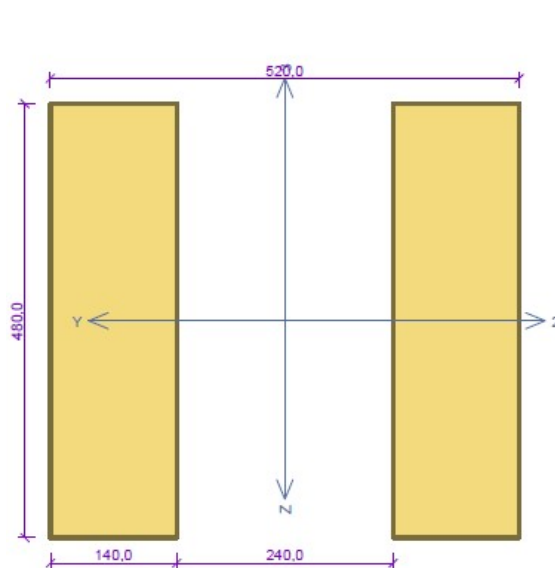
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Dřevo.

Sloup



Norma EN 1995-1-1/Česko.

Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$
 Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$

Třída provozu: 2

Průřez: členěný průřez 520x480

Rozměry:

Výška průřezu $h = 480,0$ mm
 Šířka dílčího průřezu $b_1 = 140,0$ mm
 Šířka mezer mezi dílčími průřezy $b_m = 240,0$ mm
 Počet dílčích průřezů $n = 2$

Materiál: GL32h - lepené

Druh dřeva: rostlé

Materiálové charakteristiky:

Pevnost v ohybu $f_{m,k} : 32,0$ MPa
 Pevnost v tahu ve směru vláken $f_{t,0,k} : 25,6$ MPa
 Pevnost v tlaku ve směru vláken $f_{c,0,k} : 32,0$ MPa
 Pevnost ve smyku $f_{v,k} : 3,5$ MPa
 Pevnost v tlaku kolmo na vlákna $f_{c,90,k} : 2,5$ MPa
 Pevnost v tahu kolmo na vlákna $f_{t,90,k} : 0,5$ MPa
 Modul pružnosti $E_{0,mean} : 14200$ MPa
 5% kvantil modulu pružnosti $E_{0,05} : 11800$ MPa
 Modul pružnosti ve smyku $G_{mean} : 650$ MPa
 Charakteristická hodnota hustoty $\rho_k : 440,0$ kg/m³

Posouzení řezu X=0,000m; 39,8%;

Rozhodující zatěžovací případ:

Vnitřní síly: $N = -345,570$ kN; $M_y = 78,532$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 18,779$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1570,321$ kN; $M_{y,R} = -442,298$ kNm
 $|-0,220 + -0,178 + 0,000| = |-0,398| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

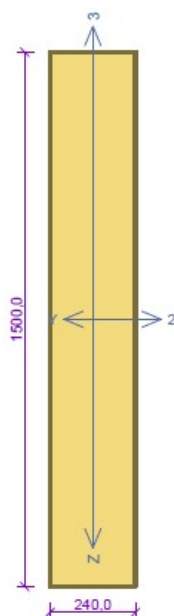
Únosnost: $V_R = 184,899$ kN
 $0,102 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 89,6

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 39,8 %

Nosník



Norma EN 1995-1-1/Česko.

Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$
Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$

Třída provozu: 2

Průřez: obdélník

Rozměry:

Výška průřezu $h = 1500,0$ mm
Šířka průřezu $b = 240,0$ mm

Materiál: GL32h - lepené

Druh dřeva: rostlé

Materiálové charakteristiky:

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³

Při výpočtu je zohledněn součinitel k_n pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

Posouzení řezu $X=0,000\text{m}$; 95,4%;

Rozhodující zatěžovací případ:

Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$; $V_z = -386,691 \text{ kN}$; $V_y = 0,000 \text{ kN}$

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 405,216 \text{ kN}$

$0,954 < 1$ Vyhovuje

Štíhlost dílce: 216,5

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 95,4 %

PŘÍLOHA Č. 7

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osová vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Druhá varianta střešní dřevěné konstrukce bude navržena jako příhradová konstrukce. Příhradová konstrukce je složena z tyčí (prutů), spojena kloubovými spoji. Pruty přenáší pouze tlak a tah. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

V konkrétní variantě d. 1 je využit materiál GL 32. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příslušnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice
- Nahodilé zatížení:**
- užité
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je deklarována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Hmotnost vaznic, která je rozpočítána na 1 m^2 . Vaznice jsou z profilu IPE 180 po osové vzdálenosti 3,6 m.

$$q_{\text{vaznice}} = 0,062 \text{ kN/m}^2 = 0,38 \text{ kN/m}$$

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sníh

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

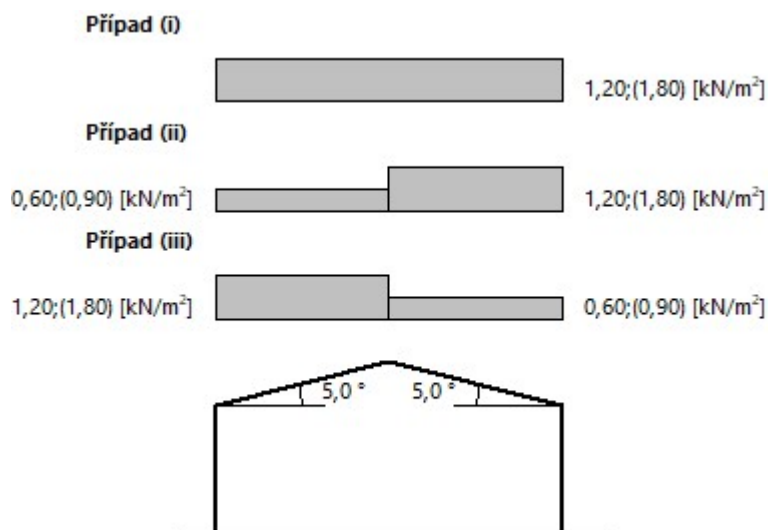
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

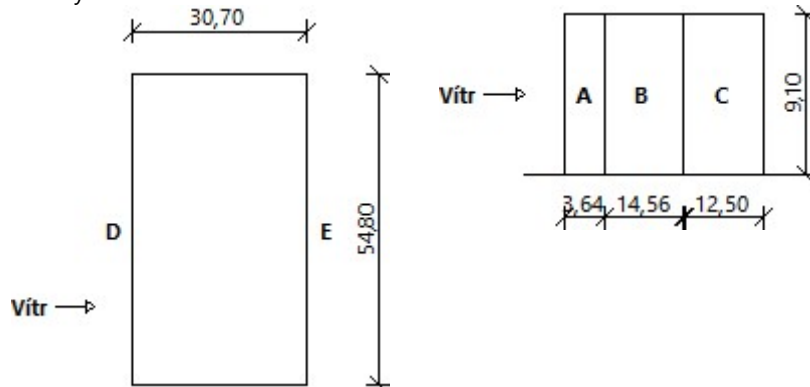
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

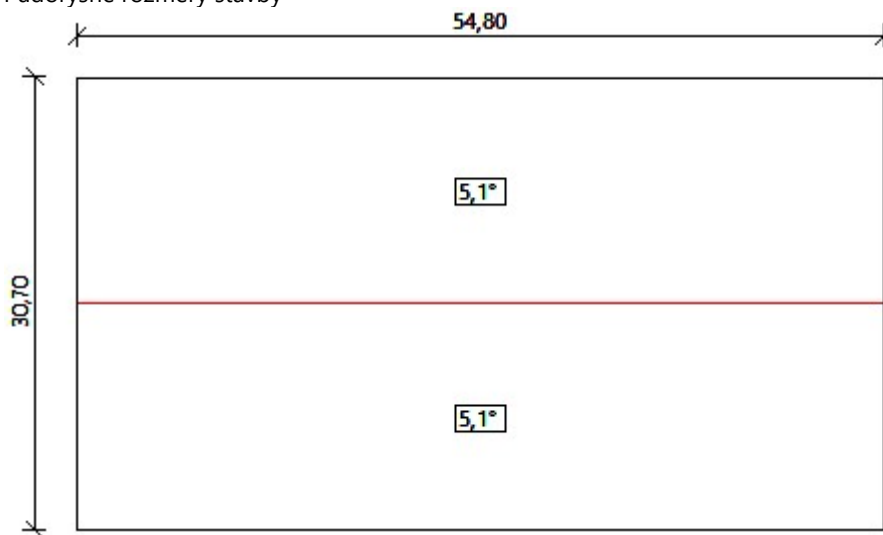
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,94 (-1,41)	-0,63 (-0,94)	-0,39 (-0,59)	0,56 (0,84)	-0,25 (-0,38)
4,00	-0,94 (-1,41)	-0,63 (-0,94)	-0,39 (-0,59)	0,56 (0,84)	-0,25 (-0,38)
6,00	-0,94 (-1,41)	-0,63 (-0,94)	-0,39 (-0,59)	0,56 (0,84)	-0,25 (-0,38)
8,00	-0,94 (-1,41)	-0,63 (-0,94)	-0,39 (-0,59)	0,56 (0,84)	-0,25 (-0,38)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
 Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

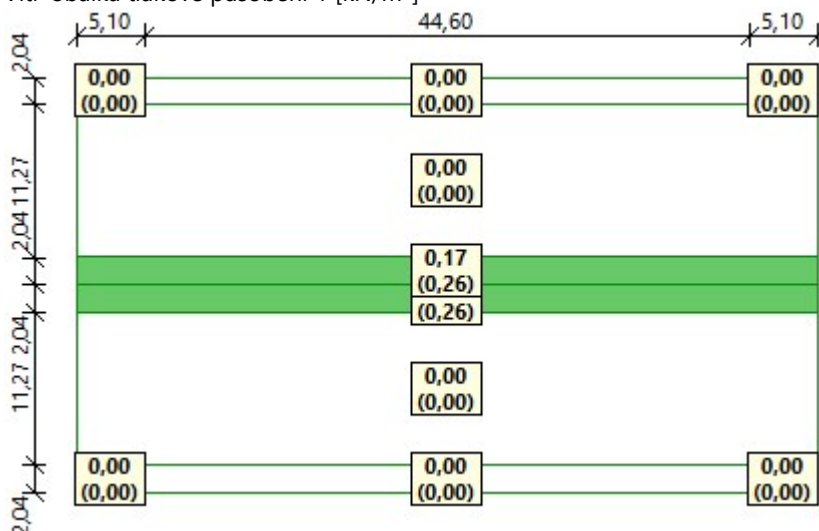
Střecha

Púdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vitr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užité

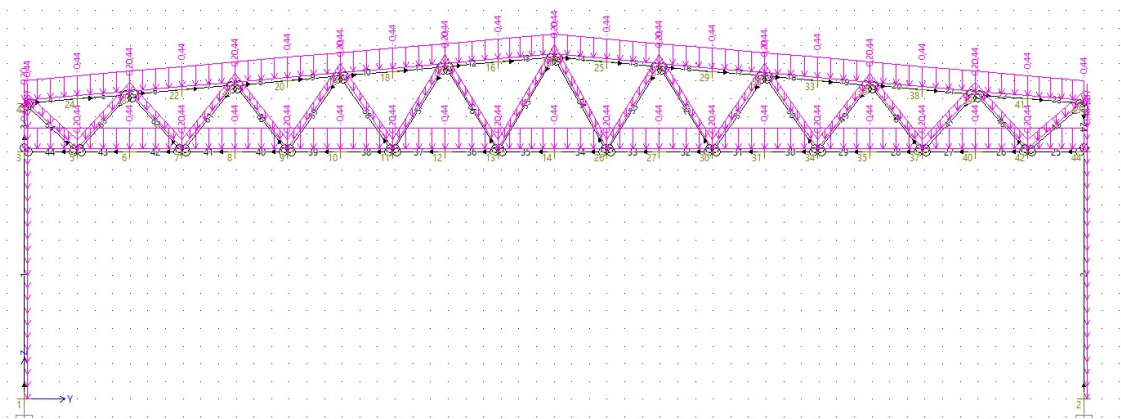
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

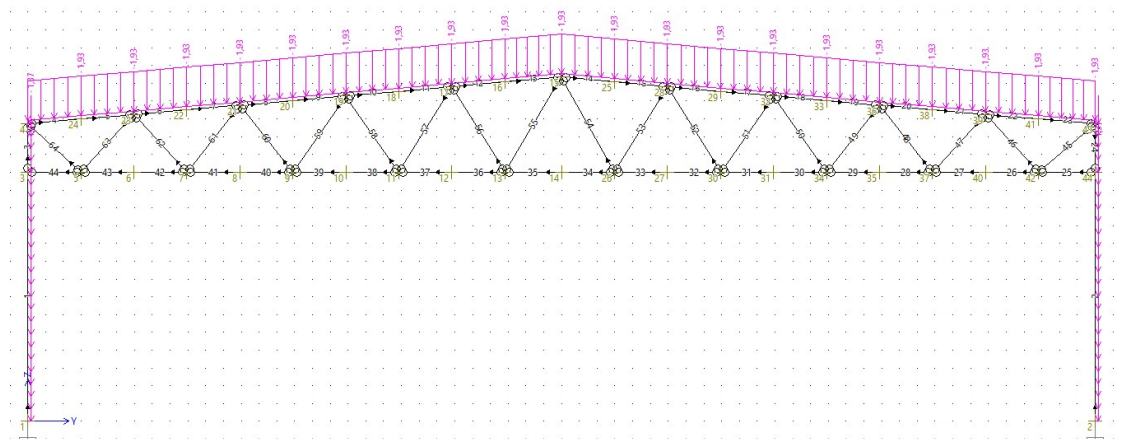
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

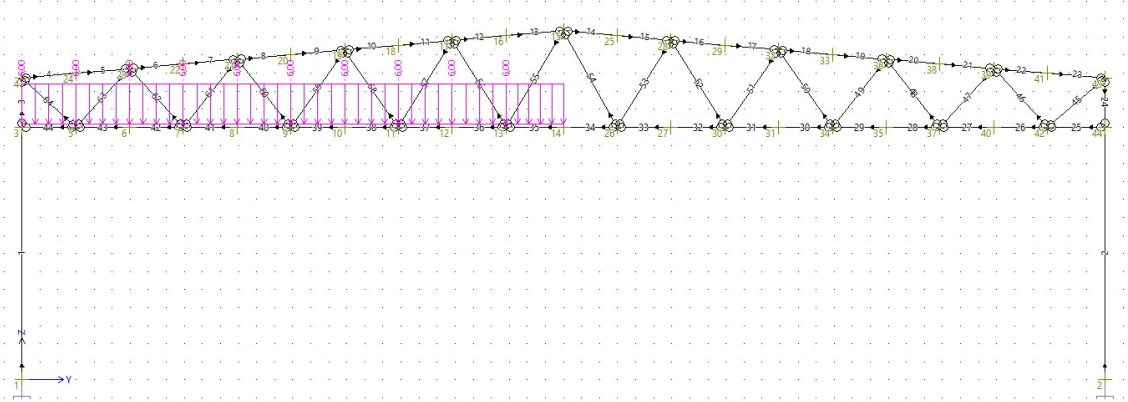
ZS1 – Stálé zatížení - vlastní tíha nosné konstrukce



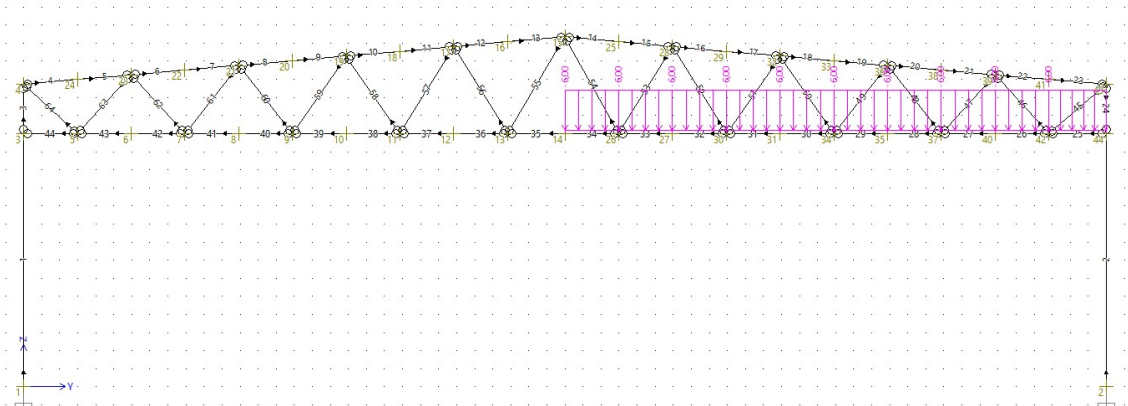
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



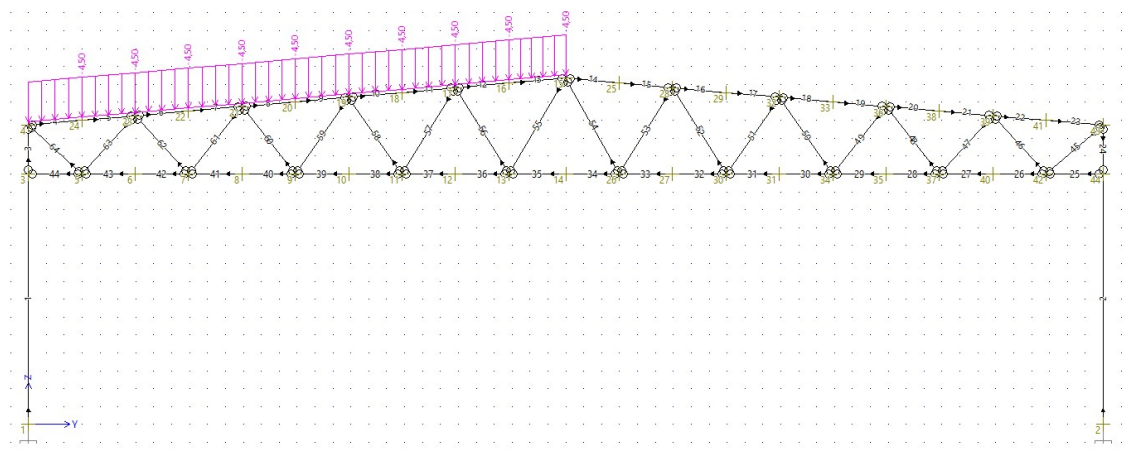
ZS3 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



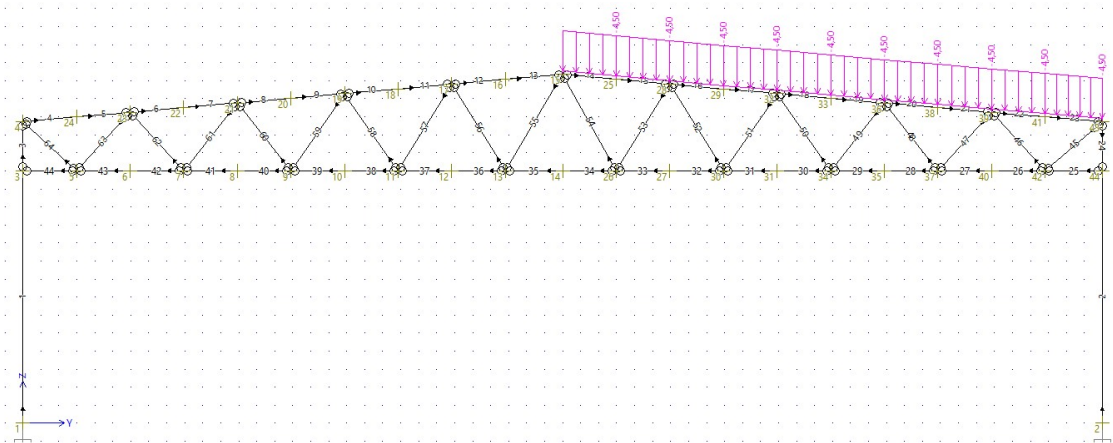
ZS4 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 2



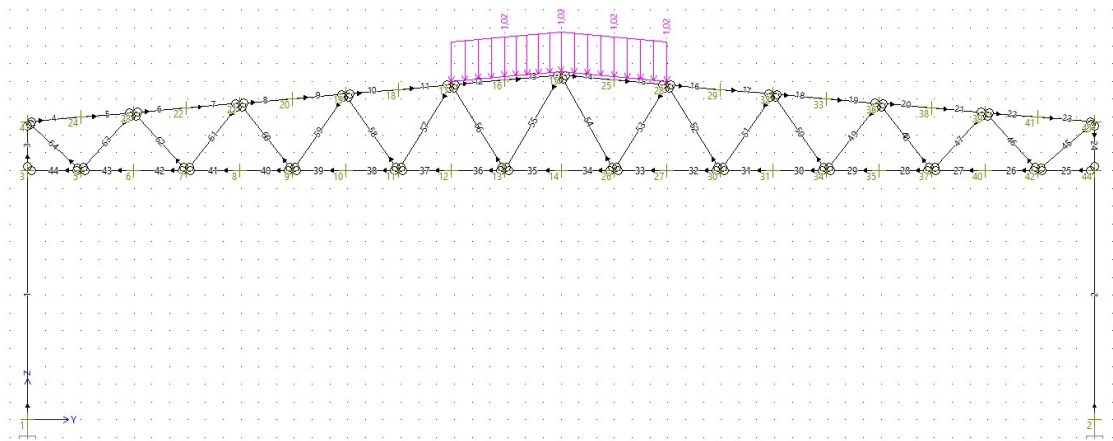
ZS5 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 1



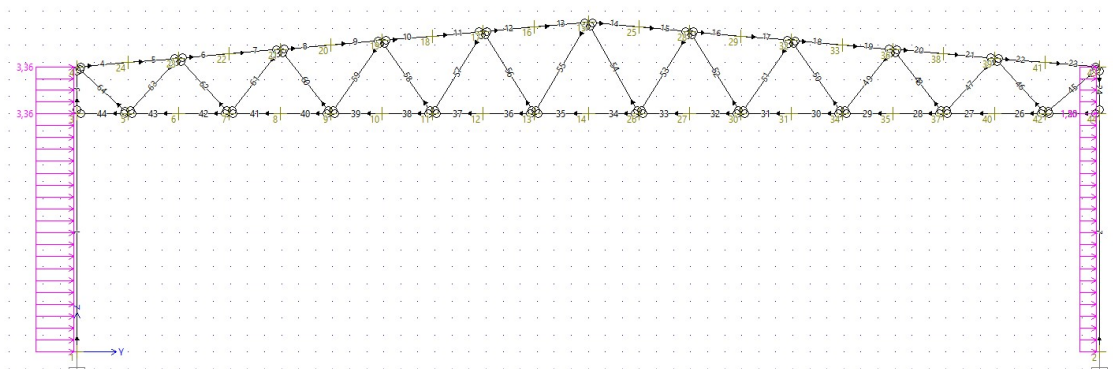
ZS6 – Nahodilé zatížení – užitné šachovnice 2



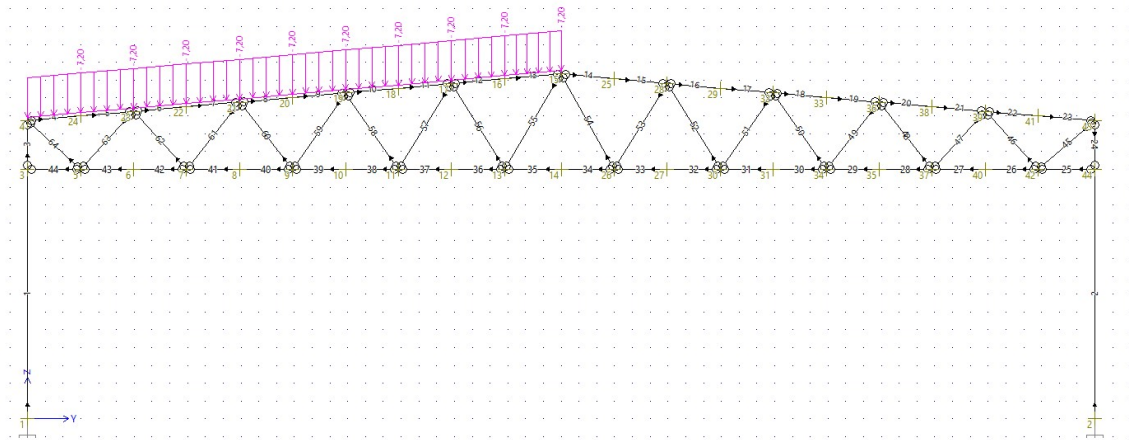
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



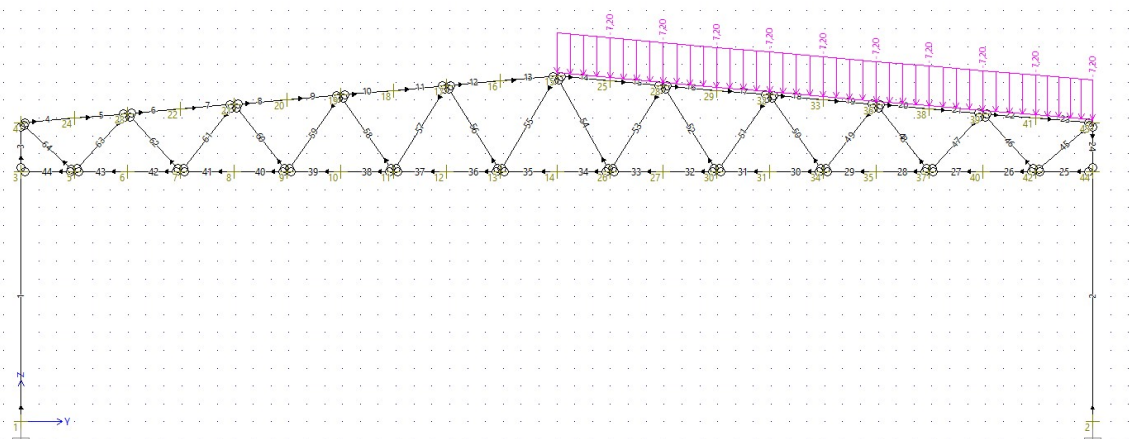
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrané základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorší obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

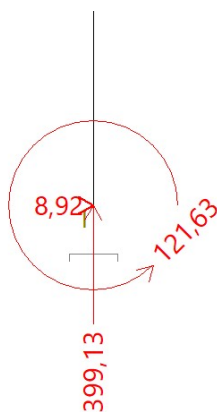
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\Sigma_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

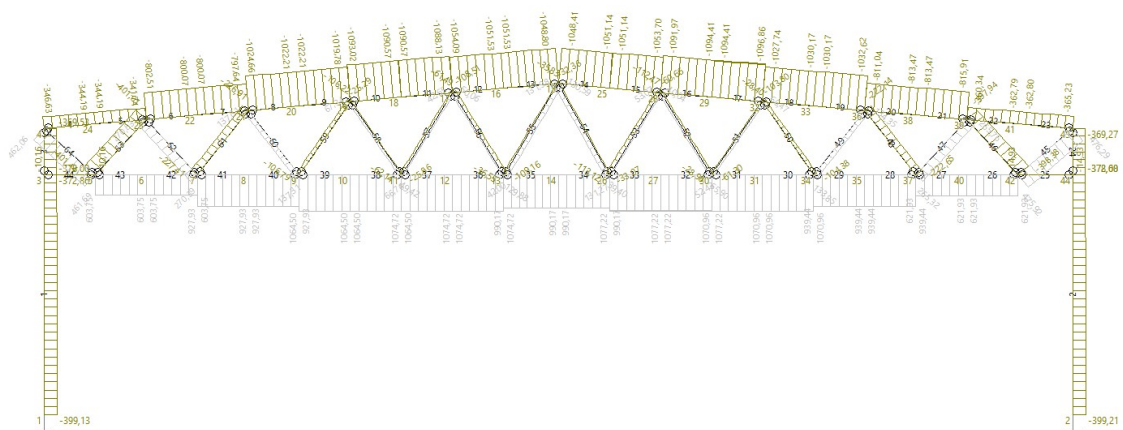
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

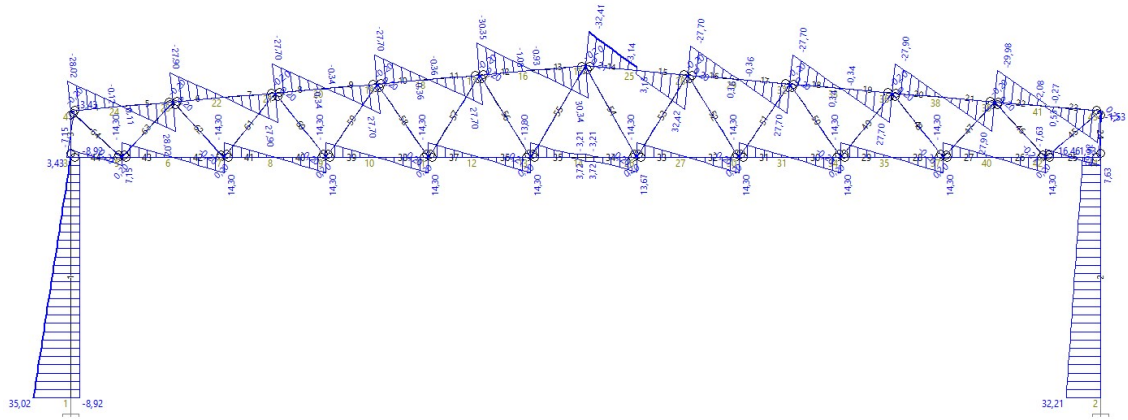
Reakce



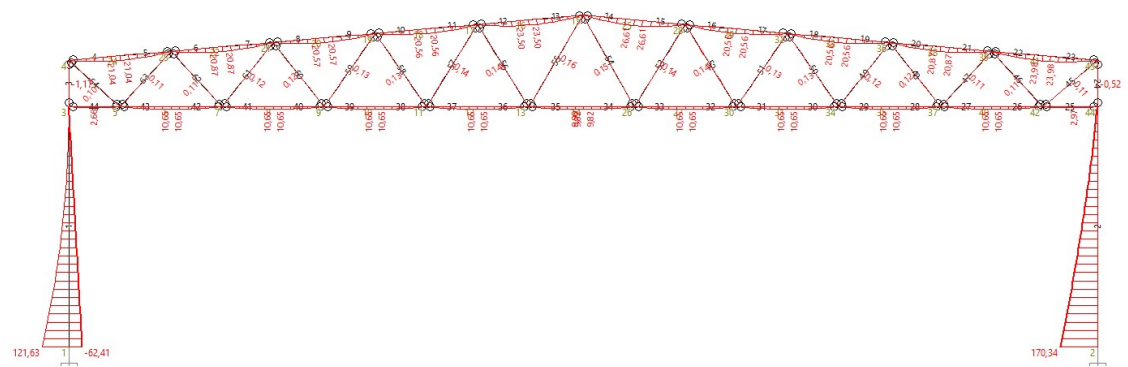
Průběh normálových sil



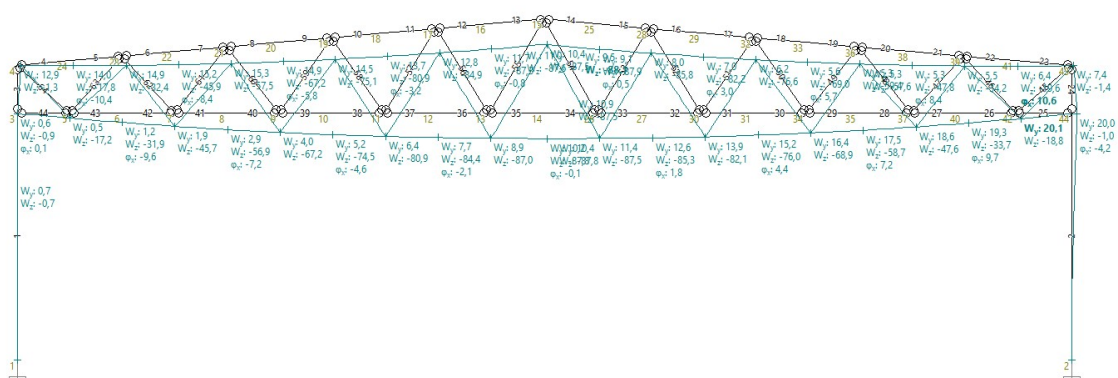
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



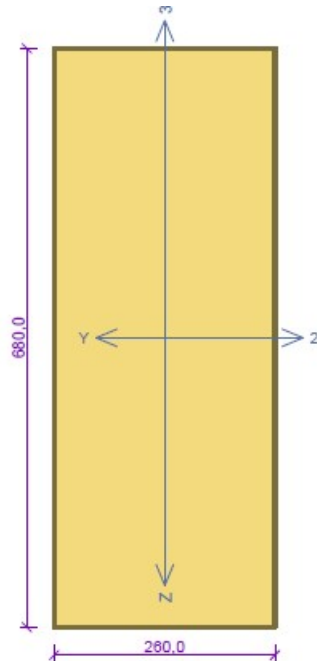
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Dřevo.

Sloup



Norma EN 1995-1-1/Cesko.

Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$
Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$

Třída provozu: 2

Průřez: obdélník 260x680

Rozměry:

Výška průřezu $h = 680,0$ mm

Šířka průřezu $b = 260,0$ mm

Materiál: GL32h - lepené

Druh dřeva: rostlé

Materiálové charakteristiky:

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³

Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

Posouzení řezu $X=0,000$ m; 87,5%;

Rozhodující zatěžovací případ:

Vnitřní síly: $N = -396,327$ kN; $M_y = -61,695$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = -8,814$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 507,457$ kN; $M_{y,R} = 659,515$ kNm
 $|-0,781 + -0,094 + 0,000| = |-0,875| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

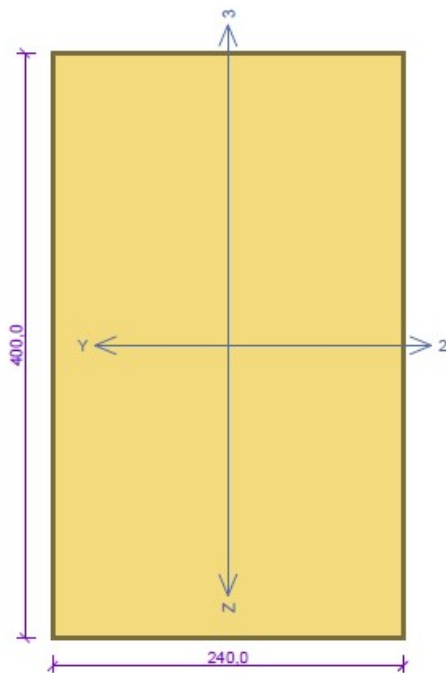
Únosnost: $V_R = 199,006$ kN
 $0,044 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 167,9

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 87,5 %

Spodní pásnice a horní pásnice



Norma EN 1995-1-1/Česko.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$
Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$

Třída provozu: 2

Průřez: obdélník 240x400

Rozměry:

Výška průřezu $h = 400,0$ mm
Šířka průřezu $b = 240,0$ mm

Materiál: C30 - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

Materiálové charakteristiky:

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 30,0 MPa
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 18,0 MPa
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 23,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,7 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12000 MPa
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 8000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 750 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 380,0 kg/m ³

Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

Posouzení řezu $X=1,490m$; 94,6%

Rozhodující zatěžovací případ:

Vnitřní síly: $N = 1063,397$ kN; $M_y = 7,655$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tahu a ohybu:

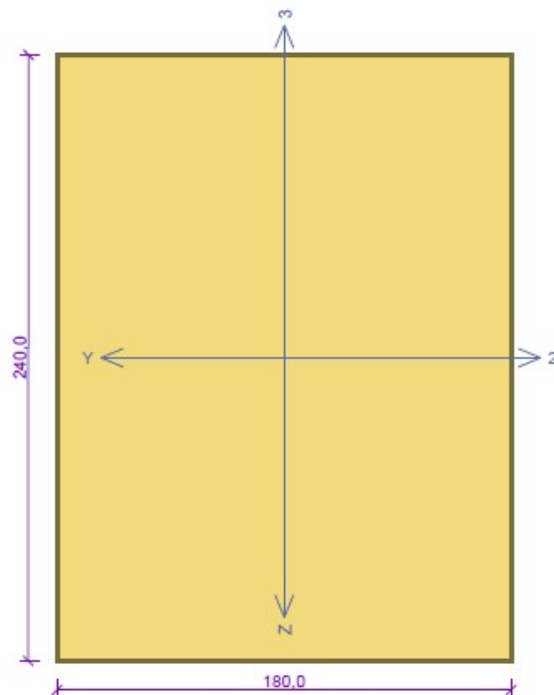
Únosnosti: $N_R = 1196,308$ kN; $M_{y,R} = 132,923$ kNm
 $0,889 + 0,058 + 0,000 = 0,946 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 21,5

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 94,6 %

Diagonály



Norma EN 1995-1-1/Česko.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$
Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$

Třída provozu: 2

Průřez: obdélník 180x240

Rozměry:

Výška průřezu $h = 240,0$ mm
Šířka průřezu $b = 180,0$ mm

Materiál: C30 - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

Materiálové charakteristiky:

Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 30,0 MPa
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 18,0 MPa
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 23,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,7 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12000 MPa
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 8000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 750 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 380,0 kg/m ³

Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

Posouzení řezu $X=0,930m$; 88,0%

Rozhodující zatěžovací případ:

Vnitřní síly: $N = 471,931$ kN; $M_y = 0,110$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = -0,024$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 538,338$ kN; $M_{y,R} = 35,889$ kNm

$0,877 + 0,003 + 0,000 = 0,880 < 1$ Vyhovuje

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 53,435$ kN

$0,000 < 1$ Vyhovuje

Štíhlost dílce: 40,3

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 88,0 %

PŘÍLOHA Č. 8

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

První varianta střešní železobetonové konstrukce bude navržena jako železobetonový překlad. Železobetonové konstrukce kombinují výhody betonu a oceli. Beton přenáší tlakovou část ohybového momentu a spodní část profilu bude vyztužena betonářskou ocelí, která přenesou tahovou část ohybového momentu. Vodorovný nosník je kloubově propojen se sloupy. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

Beton bude kvality C40/50, C35/40 a betonářská výztuž bude B500B. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příčnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užitné
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je dokladována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je dokladována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

V této variantě nejsou vaznice uvažovány.

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sních

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

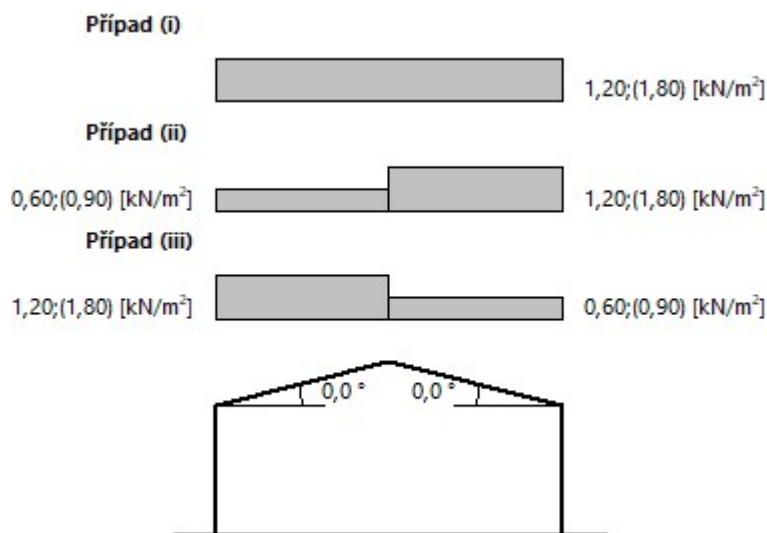
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

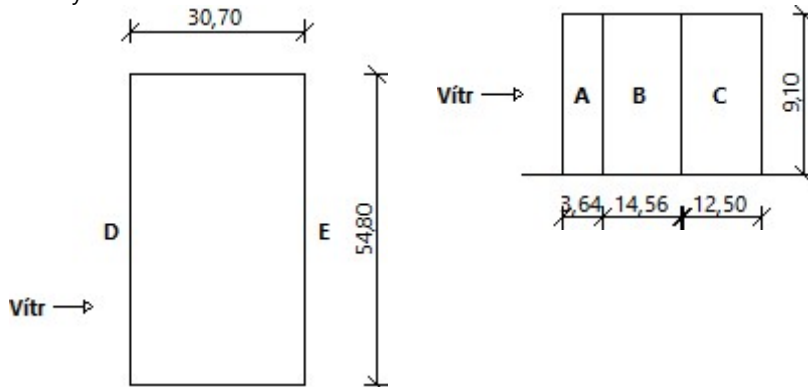
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m
 Délka objektu $d = 30,70$ m
 Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

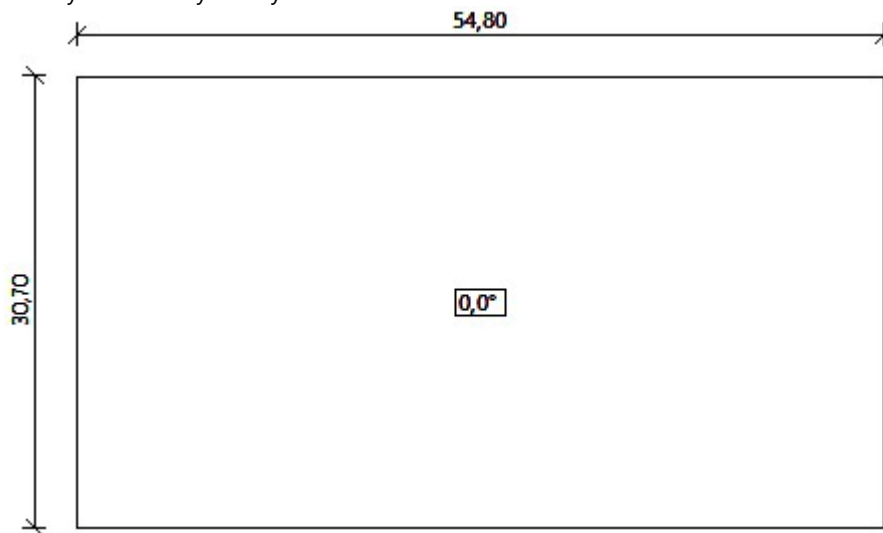
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,92 (-1,37)	-0,61 (-0,92)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
4,00	-0,92 (-1,37)	-0,61 (-0,92)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
6,00	-0,92 (-1,37)	-0,61 (-0,92)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
8,00	-0,92 (-1,37)	-0,61 (-0,92)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

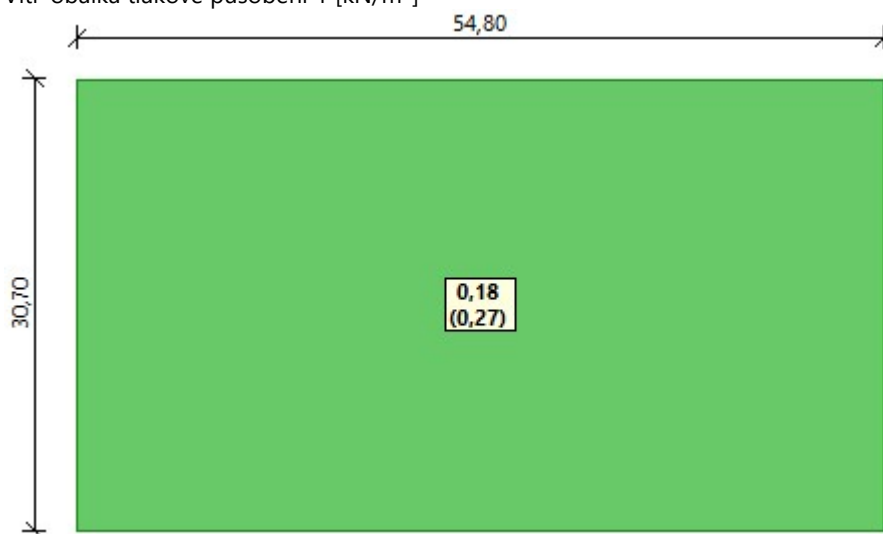
Střecha

Půdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vítr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

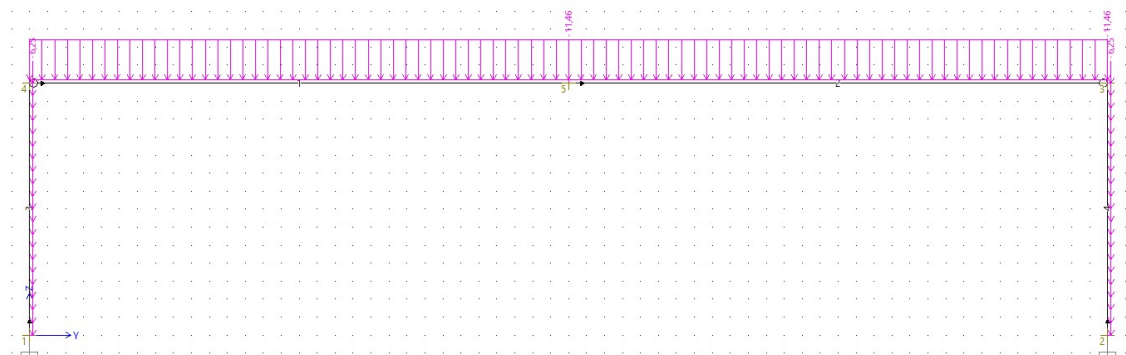
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

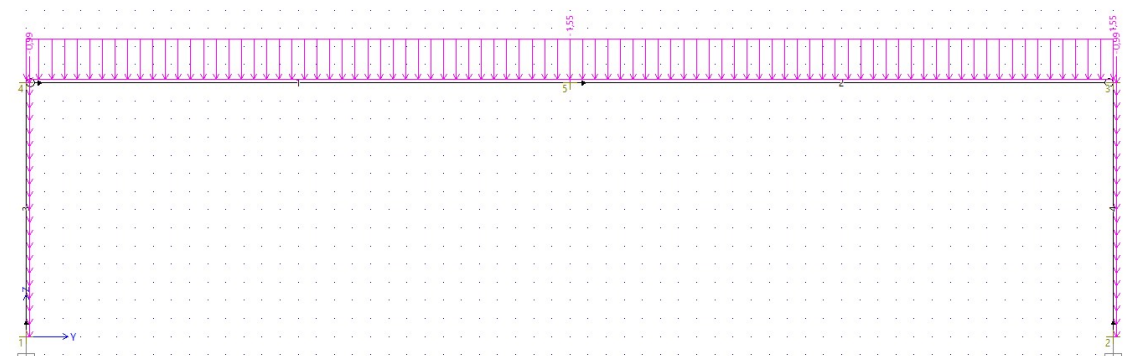
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

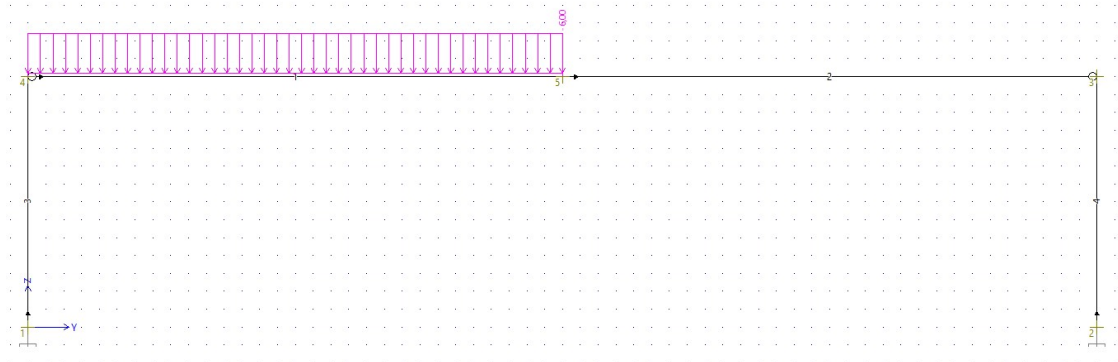
ZS1 – Stálé zatížení – vlastní tíha nosné konstrukce



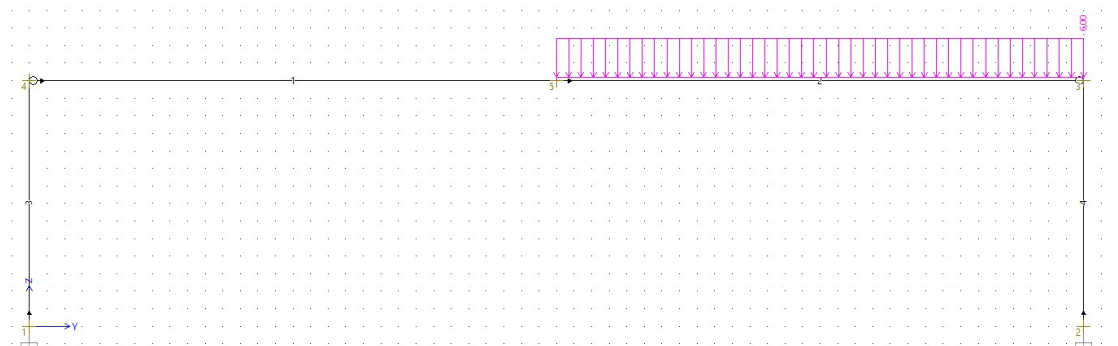
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



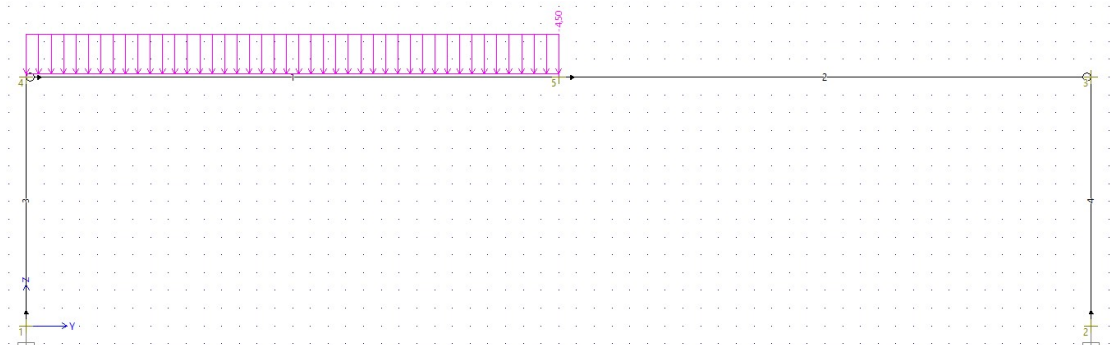
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



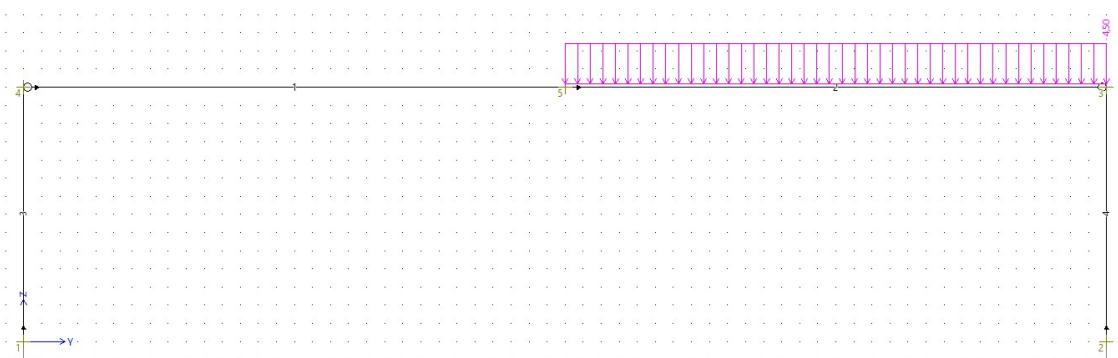
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



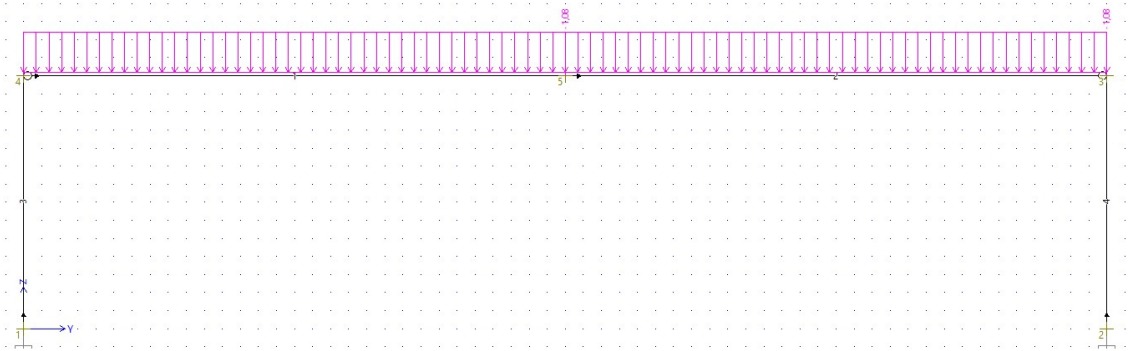
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



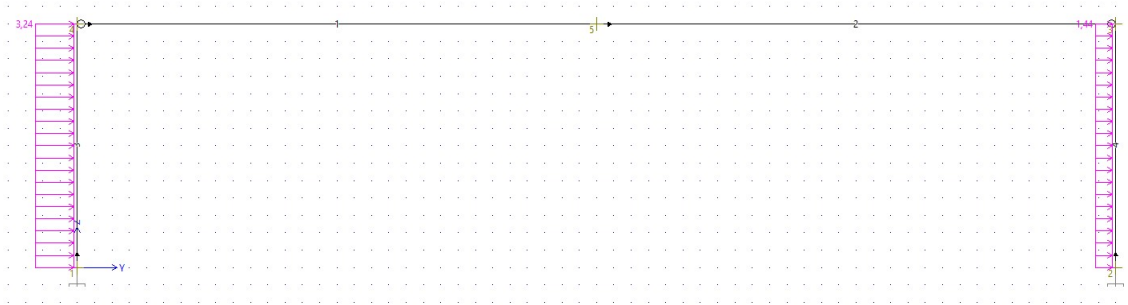
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



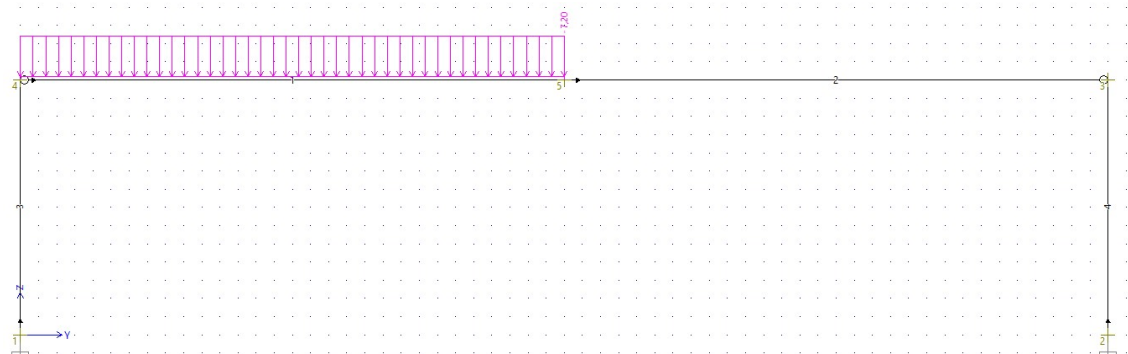
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



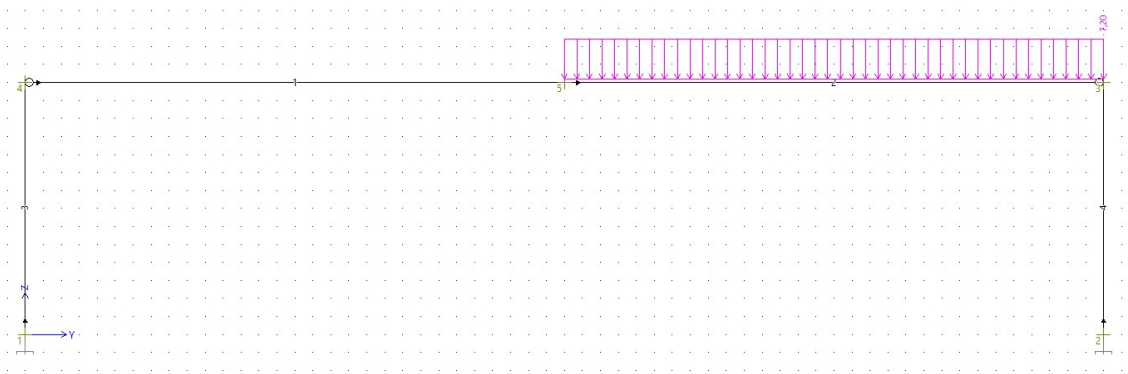
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorsí obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

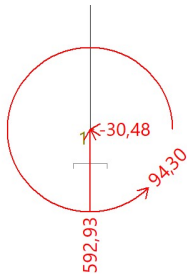
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

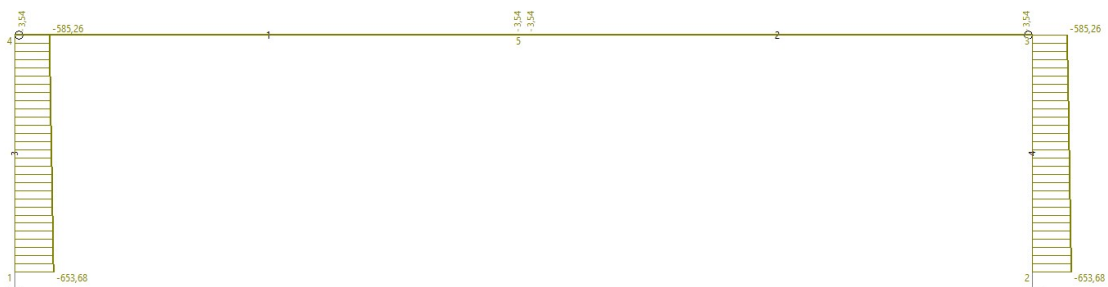
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

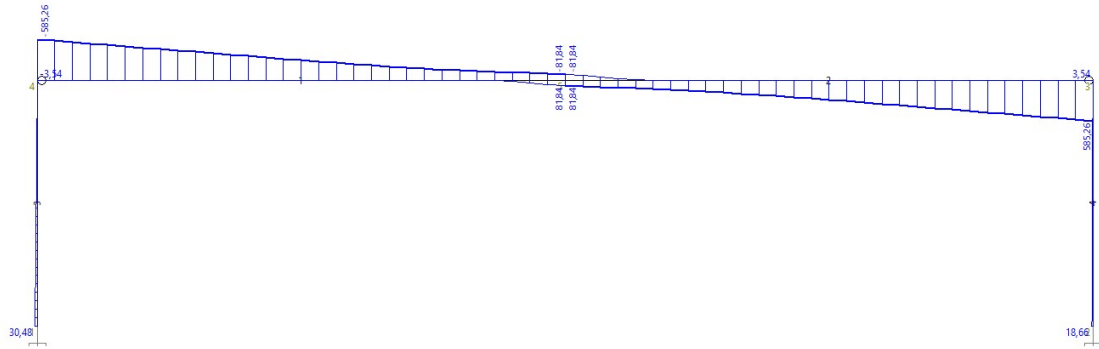
Reakce



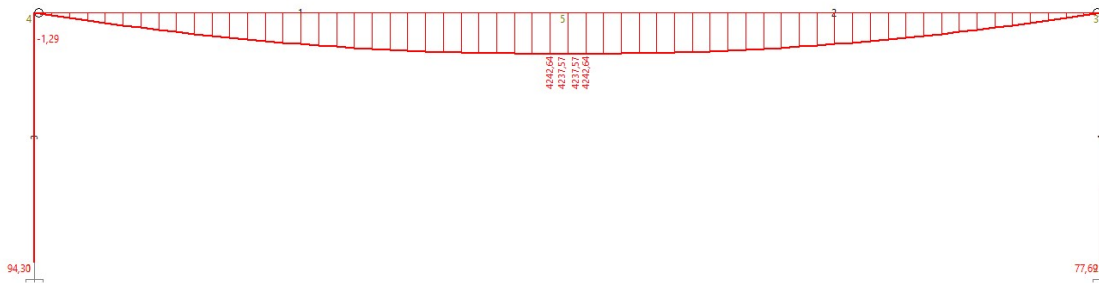
Průběh normálových sil



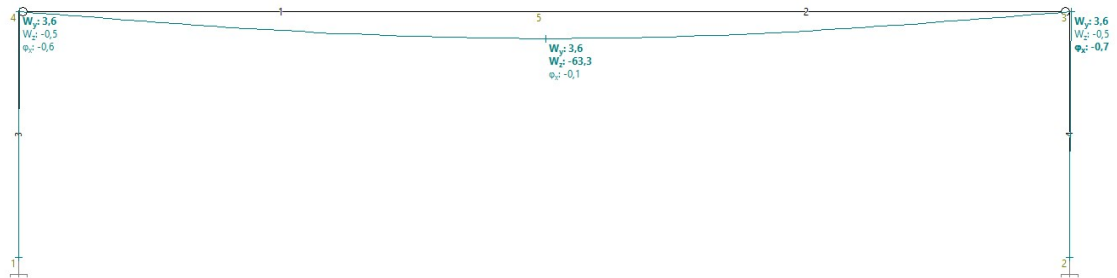
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



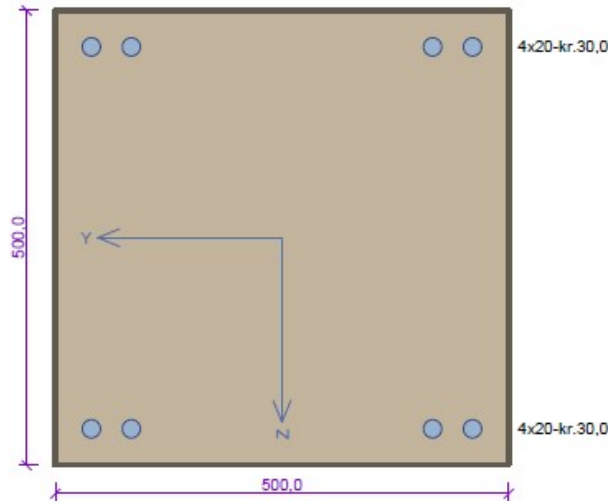
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Beton.

Sloup



Typ prvku: sloup
Prostředí: XC1
Beton: C 35/45
 $f_{ck} = 35,0$ MPa; $f_{ctm} = 3,2$ MPa; $E_{cm} = 34000$ MPa
Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)
Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)
Vzpěr
Vzpěrná délka: $l_{ef} = 7,00 \times 1,00 = 7,00$ m
S tlačnou výztuží je počítáno.
Obvodové třmínky
Profil: 10 mm; Vzdálenost: 200,0 mm

Posouzení řezu $X=0,000$ m; 30,2%;

$N = -468,90$ kN; $M_y = 77,69 \rightarrow 109,89$ kNm; $V_z = 18,66$ kN

Podrobné posouzení TLAK A OHYB:

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Součinitel dotvarování:

$$\varphi = \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,026 \times 0,994 = \mathbf{2,014}$$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité křivosti.

Štíhlost kolmo k ose y:

$$i_y = \sqrt{(I_{cy} / A_c)} = \sqrt{(0,00521 / 0,25)} = 0,144$$

m

$$\lambda_y = L_{0y} / i_y = 7 / 0,144 = 48,5$$

$$n = |N_{Ed}| / (A_c \times f_{cd}) = |-468,9| / (0,25 \times 23,33) = 0,0804$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 0,524 = 2,014 \times 0,524 = 1,056$$

$$A = 1 / (1 + 0,2 \times \varphi_{ef}) = 1 / (1 + 0,2 \times 1,056) = 0,826$$

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00251 \times 478,3 / (0,25 \times 23,33) = 0,206$$

$$B = \sqrt{(1 + 2 \times \omega)} = \sqrt{(1 + 2 \times 0,206)} = 1,188$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 1 = 0,7$$

$$n < 0,41 \quad (0,0804 < 0,41) \Rightarrow$$

$$\lambda_{lim} = \min(20 \times A \times B \times C / \sqrt{n}; 75) = \min(20 \times 0,826 \times 1,188 \times 0,7 / \sqrt{0,0804}; 75) = \min(48,45; 75) = \mathbf{48,45}$$

$\lambda_y > \lambda_{lim} \Rightarrow$ Je proveden podrobný výpočet vzpěru

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00251 \times 478,3 / (0,25 \times 23,33) = 0,206$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,206 = 1,206$$

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-468,9) / (0,25 \times 23,33) = 0,0804$$

$$K_r = \min((n_u - n) / (n_u - n_{bal}); 1) = \min((1,206 - 0,0804) / (1,206 - 0,4)); 1) = \min(1,397; 1) = \mathbf{1}$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda_y / 150 = 0,35 + 35 / 200 - 48,5 / 150 = 0,202$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 0,524 = 2,014 \times 0,524 = 1,056$$

$$K_{\phi y} = \max(1; 1 + \beta_y \times \phi_{ef}) = \max(1; 1 + 0,202 \times 1,056) = \max(1; 1,213) = 1,213$$

$$1/r_0 = \epsilon_{yd} / (0,45 \times d_y) = 0,00239 / (0,45 \times 0,46) = 0,0116 \text{ m}^{-1}$$

$$1/r = K_r \times K_{\phi y} \times 1/r_0 = 1 \times 1,213 \times 0,0116 = 0,014 \text{ m}^{-1}$$

$$e_{2y} = 1/r \times L_{0y}^2 / c_y = 0,014 \times 7^2 / 10 = 0,0687$$

$$M_{2y} = -N_{Ed} \times e_{2y} = -(-468,9) \times 0,0687 = 32,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Edy} = M_{0Edy} + M_{2y} = 77,69 + 32,2 = \mathbf{109,9 \text{ kNm}}$$

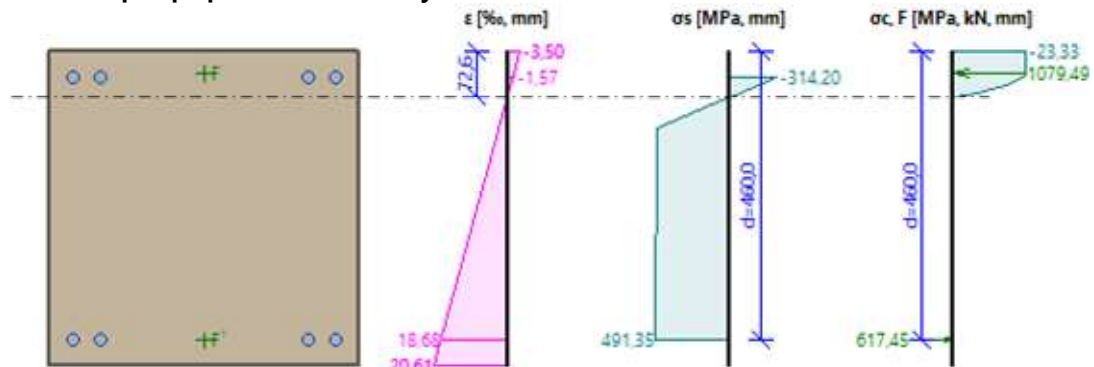
Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,0101 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0101 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



$$N_{Ed} = -468,90 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -6838,64 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 77,69 \rightarrow 109,89 \leq M_{Rdy} = 364,20 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 30,2 %

Podrobné posouzení SMYK: Kombinace

Posouzení konstrukčních zásad třmíneků

$$\text{Minimální průměr třmíneků} \quad d = 6 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmíneků} \quad s_{cl,max} = 300,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 460)}; 2) = \min(1,659; 2) = 1,659$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1257 / (500 \times 460); 0,02) = \min(0,00546; 0,02) = 0,00546$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,659^{1,5} \times \sqrt{35} = 0,443 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-578,3) / 250.10^3; 0,2 \times 23,33) = \min(2,313; 4,667) = 2,313 \text{ MPa}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 157,1 / 200 \times 424,2 \times 478,3 \times 1,75 = 278,8 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 35 / 250) = 0,516$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 500 \times 424,2 \times 0,516 \times 23,33 / (1,75 + 0,571) = 1100 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

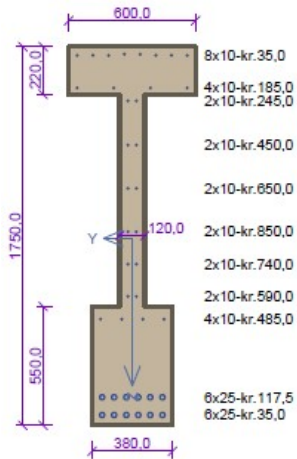
$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(202,3; \min(1100; 278,8)) = \max(202,3; 278,8) = 278,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 18,66 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 202,3 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 6,7 %

Nosník



Typ prvku: nosník
 Prostedí: XC1

Beton: C 50/60
 $f_{ck} = 50,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 37000 \text{ MPa}$
 Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)
 Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Vzpěr
 Vzpěrná délka: $l_{ef} = 15,00 \times 1,00 = 15,00 \text{ m}$

S tlačnou výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky
 Profil: 10 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Ohyby
 Profil: 10 mm; Počet: 2; Sklon: 45,00 °;

Posouzení řezu X=14,500m; 90,5%

$N=0,00\text{kN}$; $M_y=4242,64\text{kNm}$; $V_z=0,07\text{kN}$

Podrobné posouzení OHYB:

$$e_i = l_0 / 400 = 15 / 400 = 0,0375 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 4243 + 0,0375 \times |0| = 4243 \text{ kNm}$$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 6519 / (222,9 \times 1614) = 0,0181$$

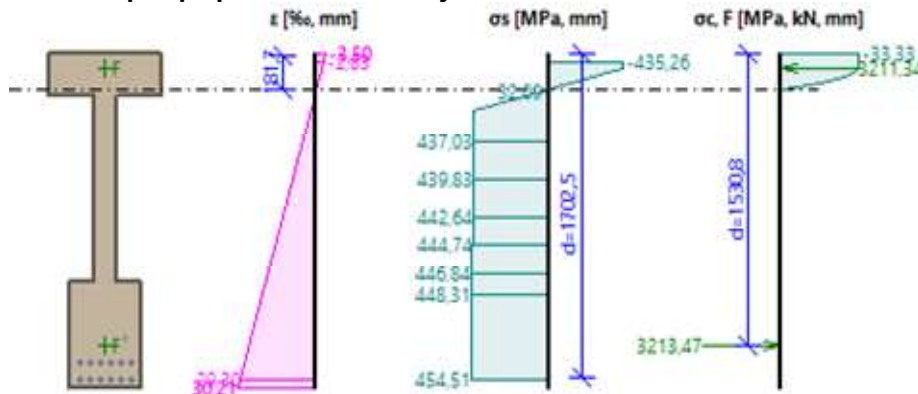
$$\rho_s = A_s / A_c = 8090 / 459.10^3 = 0,0176$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 4,1 / 500; 0,0013) = \max(0,00213; 0,0013) = 0,00213$$

$$\rho_{s,t} = 0,0181 \geq \rho_{s,min} = 0,00213 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0176 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



$$M_{Edy} = 4242,64 \leq M_{Rdy} = 4686,12 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb Vyhovuje

Využití: 90,5 %

Podrobné posouzení SMYK:

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / \sin(0,785) = 157,1 / 120 / 150 + 157,1 / 120 / \sin(0,785) = 0,0106$$

$$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{50} / 500 = 0,00113$$

$$\rho_{w,min} = 0,00113 \leq \rho_w = 0,0106 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větvi třmínků} \quad s_{t,max} = 600,0 \text{ mm}$$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 1\,614)}; 2) = \min(1,352; 2) = 1,352$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(6\,519 / (120 \times 1\,614); 0,02) = \min(0,0337; 0,02) = 0,02$$

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,352^{1,5} \times \sqrt{50} = 0,389 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-2,123) / 459,10^3; 0,2 \times 33,33) = \min(0,00463; 6,667) = 0,00463 \text{ MPa}$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} \times f_{yd} \times \sin \alpha = 157/150 \times 1541 \times 434,8 \times 1,75 + 157,1 \times 434,8 \times 0,707 = 1\,276 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 50 / 250) = 0,48$$

$$V_{Rdmax90} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 120 \times 1\,541 \times 0,48 \times 33,33 / (1,75 + 0,571) = 1\,275 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(146; \min(1\,302; 1\,276)) = \max(146; 1\,276) = 1\,276 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 91,11 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 146 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 7,1 %

PŘÍLOHA Č. 9

Výpočtová část

Diplomová práce

Vypracoval:

Místo:

Datum:

Bc. Daniel Matějček

Plzeň

2020

1. Použitý software

Statická část diplomové práce je vypracována pomocí softwaru FIN EC 2020. Software je využit k posouzení konkrétních prvků a výpočtu zatížení. Program je využit pro výpočet zatížení, vykreslení deformací, vnitřních sil, dimenzování prvků a posouzení.

2. Popis

2.1. Stručný popis objektu

Navrhovaný objekt je halového charakteru – sportovní hala. Pro lepší porovnání všech navrhovaných systémů a variant, je halový objekt navržen co nejvíce totožně pro všechny srovnávané varianty. Nosné konstrukce halového objektu jsou vybrány dle současných trendů. Jsou vybrány základní varianty pro návrh sedlové střechy. Návrh daných variant nezahrnuje posouzení konstrukcí z hlediska požární bezpečnosti.

Jedná se o jednopodlažní sportovní halu s obdélným tvarem o rozměrech 54,8 m x 30,7 m. Výška objektu se pohybuje okolo 9,6 metru (dle varianty). Celková zastavěná plocha objektu je 1 682,36 m². Osové vzdálenost svislých nosných prvků jsou 6 m. Materiál, sklon střešní roviny a svislé nosné konstrukce se odvíjí od zvolené varianty. Střešní krytina bude z panelů KS1000-X-DEX XD a obvodový plášť z panelů KS1150-KS.

2.2. Popis vazeb modelu

Druhá varianta střešní železobetonové konstrukce bude navržena, jako železobetonový plnostěnný vazník. Vodorovný nosník je kloubově propojen se sloupy. Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby a tím zabránily posunu ve směru X, Y a Z.

2.3. Popis použitých materiálů

Beton bude kvality C40/50, C35/40 a betonářská výztuž bude B500B. Při návrhu konstrukcí byly pevnosti jednotlivých materiálů poníženy příčnými koeficienty.

3. Zatěžovací šířka

Zatížení je pro zjednodušení výpočtu rozpočteno na plošné. Osová vzdálenost svislých nosných prvků – vazníků je 6 metrů.

$$b = 6 \text{ m}$$

4. Statický výpočet

4.1. Postup výpočtu

- Návrh zatěžovacích stavů a příslušných kombinací dle normy ČSN 1990 a dílčích norem ČSN 1991-1-4
- Vymodelování objektu v programu FIN 2D
- Zanesení zatěžovacích stavů a kombinací do programu FIN 2D
- Výpočet vnitřních sil, napětí a deformace konstrukce
- Návrh prvků a výztuže na mezní stav únosnosti a použitelnosti

4. 2. Zatěžovací stavy

- Stále zatížení:**
- od vlastní tíhy konstrukce
 - od skladby střešního pláště + vaznice

- Nahodilé zatížení:**
- užité
 - od větru
 - od sněhu

4. 3. Stálé zatížení – vlastní tíha skladeb

Střešní plášť je tvořen panelem KS1000-X-DEK XD. Hmotnost střešního pláště je dokladována výrobcem.

$$q_{\text{KS1000-X-DEK XD}} = 0,258 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Obvodový plášť je tvořen panelem KS1150-NF. Hmotnost obvodového pláště je dokladována výrobcem.

$$q_{\text{KS1150-NF}} = 0,164 \text{ kN/m}^2 = 0,99 \text{ kN/m}$$

Vaznice v železobetonové variantě nejsou uvažovány.

4. 4. Stálé zatížení – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu počítá program FIN 2D podle varianty daného modelu.

4. 5. Nahodilé zatížení – sních

- objekt je situován v Karlových Varech → III. sněhová oblast

- typ zastřešení – sedlová střecha

III. sněhová oblast → $S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

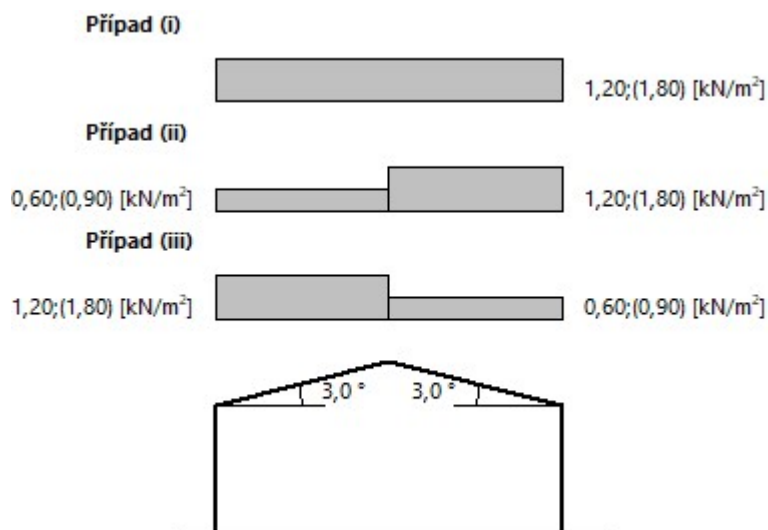
$$S = S_k * \mu_i * C_e * C_t$$

$C_t = 1$ - tepelný součinitel (dle prostupu tepla střešní rovinou)

$\mu_i = 0,8$ - tvarový součinitel (dle sklonu střešní roviny)

$C_e = 1$ - součinitel expozice (dle typu krajiny)

$$S = 0,8 * 1 * 1,5 * 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2 = 7,4 \text{ kN/m}$$



4. 6. Nahodilé zatížení – vítr

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1498,75	m ²

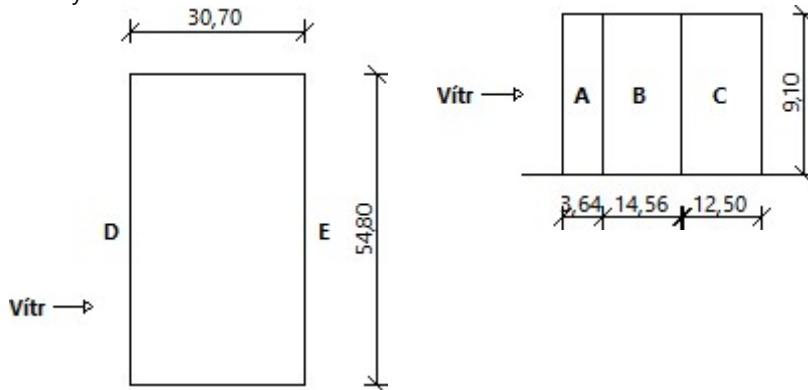
Rozměry objektu - směr 1

Výška objektu $h = 9,10$ m

Délka objektu $d = 30,70$ m

Šířka objektu $b = 54,80$ m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

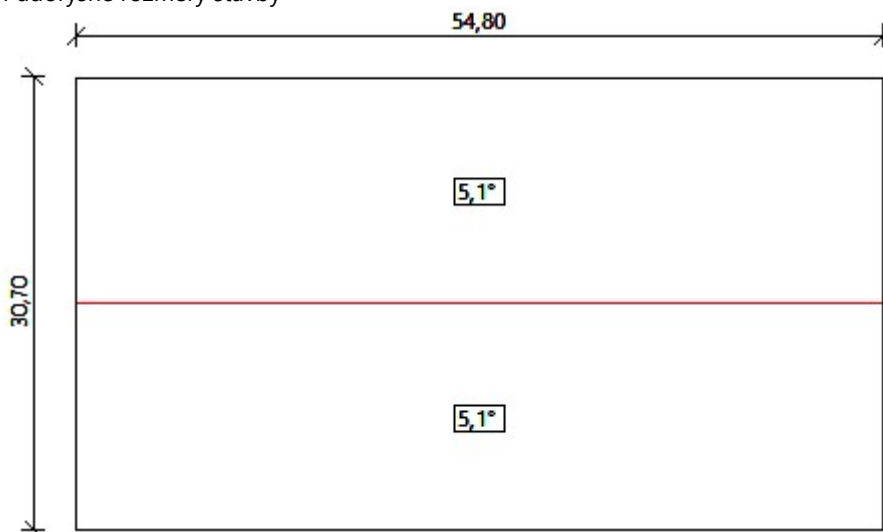
Výška [m]	Tlak větru v jednotlivých oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
4,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
6,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)
8,00	-0,91 (-1,37)	-0,61 (-0,91)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,81)	-0,24 (-0,36)

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM
 Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:		II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 9,10	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,90	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1682,36	m ²

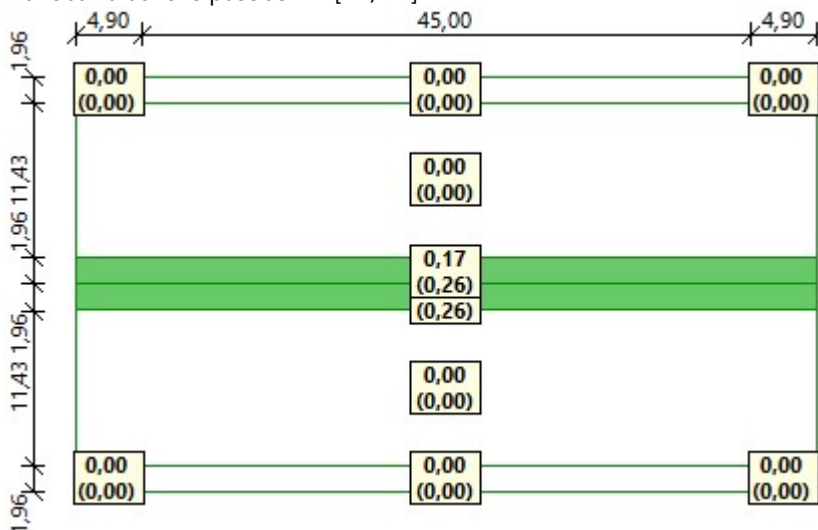
Střecha

Púdorysné rozměry stavby



Charakteristické hodnoty zatížení (návrhové hodnoty)

Vitr-obálka tlakové působení 1 [kN/m²]



4.7. Nahodilé zatížení – užitné

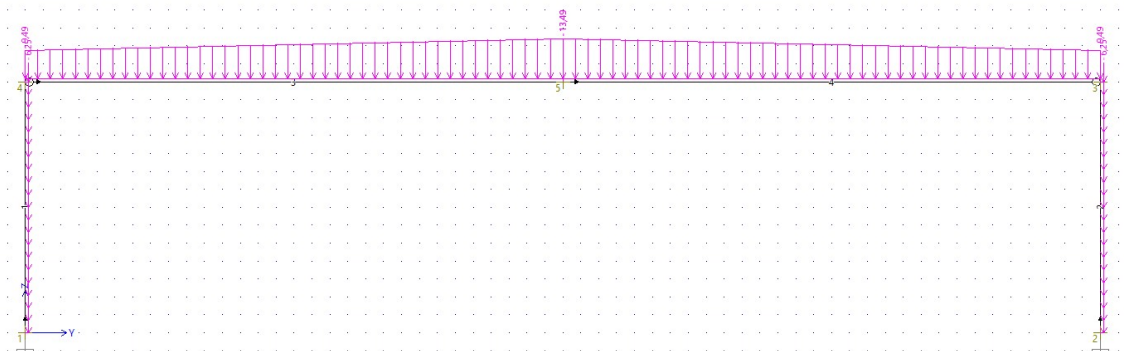
V modelu jsou využity hodnoty užitého zatížení – celkového.

$$q_{\text{střecha}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN/m}$$

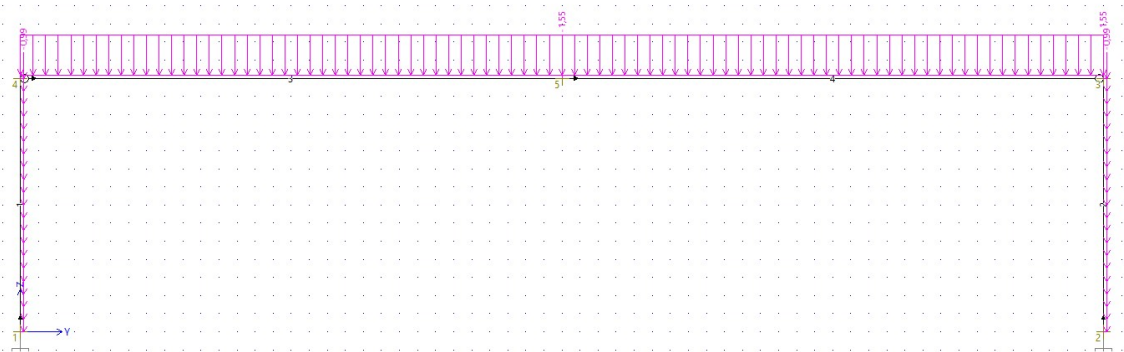
$$q_{\text{zařízení objektu}} = 1 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN/m}$$

5. Zatěžovací stavy

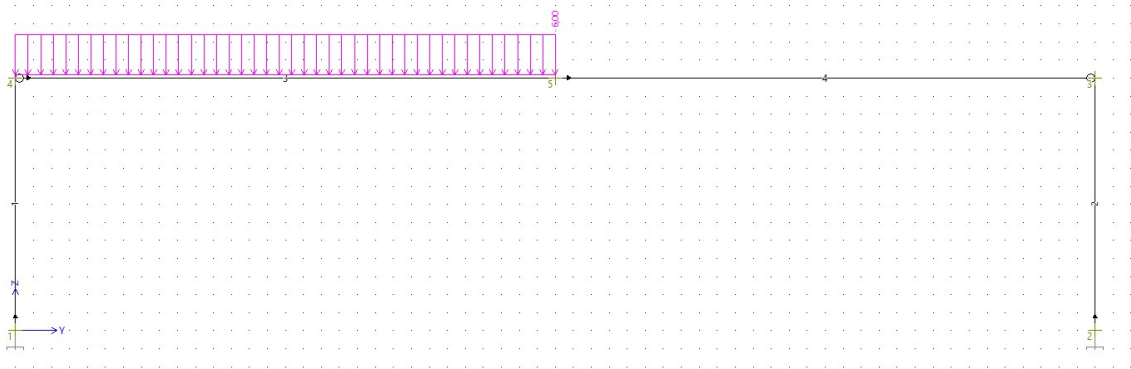
ZS1 – Stálé zatížení – vlastní tíha nosné konstrukce



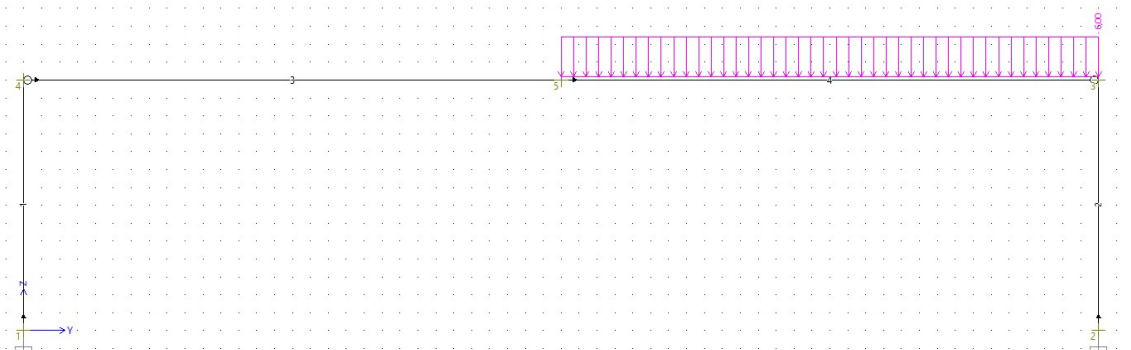
ZS2 – Stálé zatížení – zatížení skladeb střešní krytiny



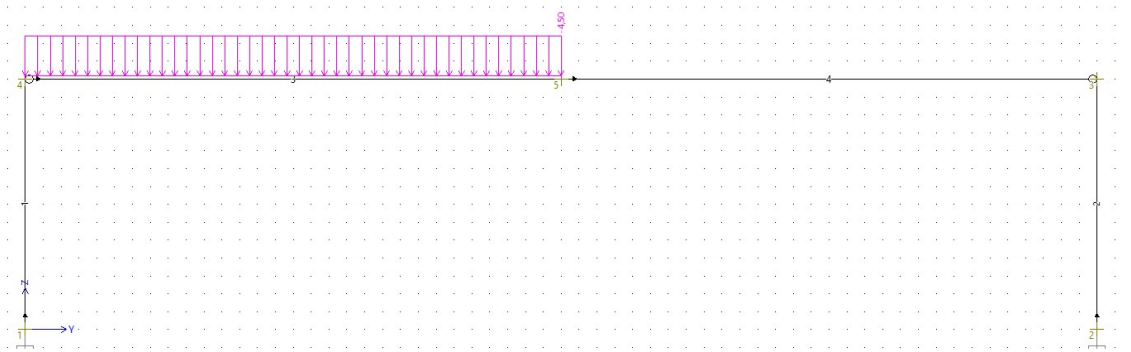
ZS3 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



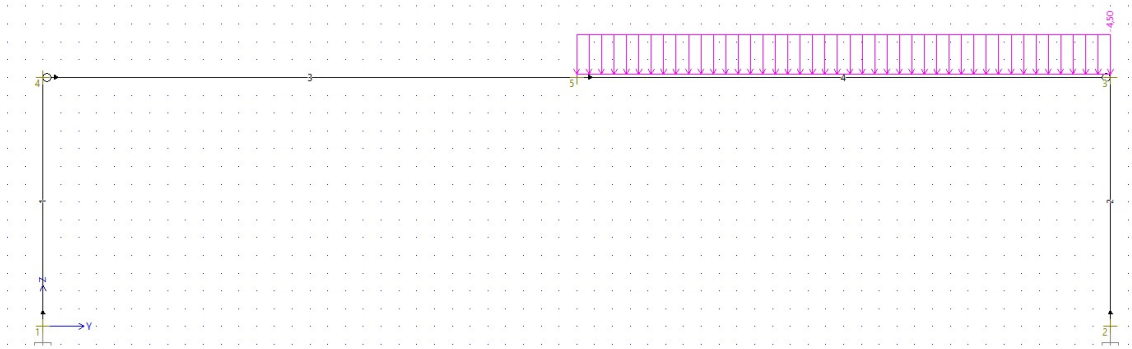
ZS4 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



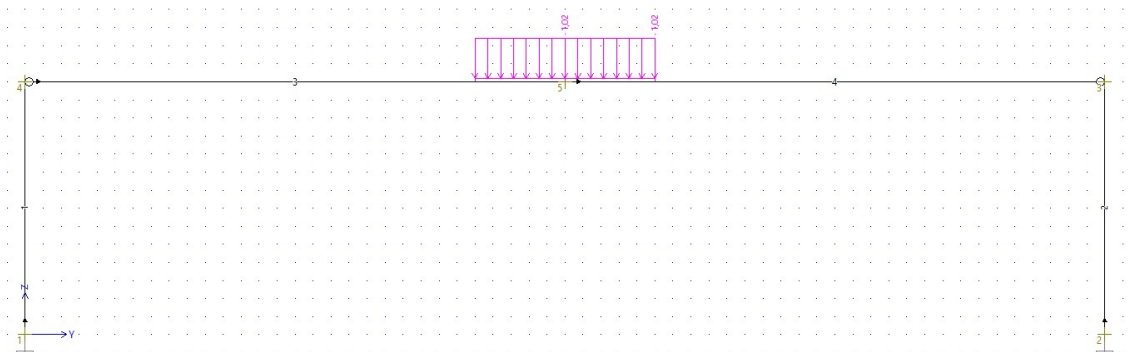
ZS5 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 1



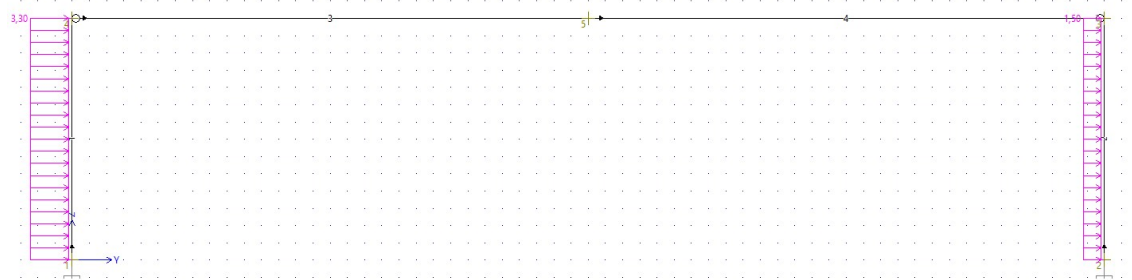
ZS6 – Nahodilé zatížení – užité šachovnice 2



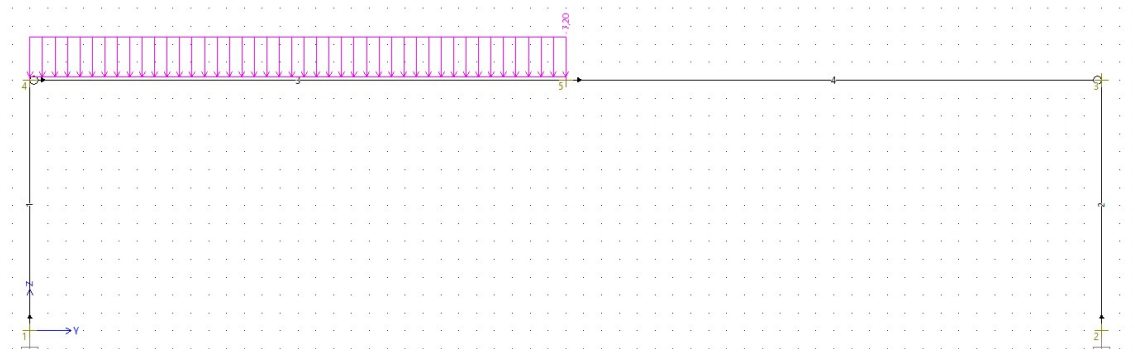
ZS7 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 1



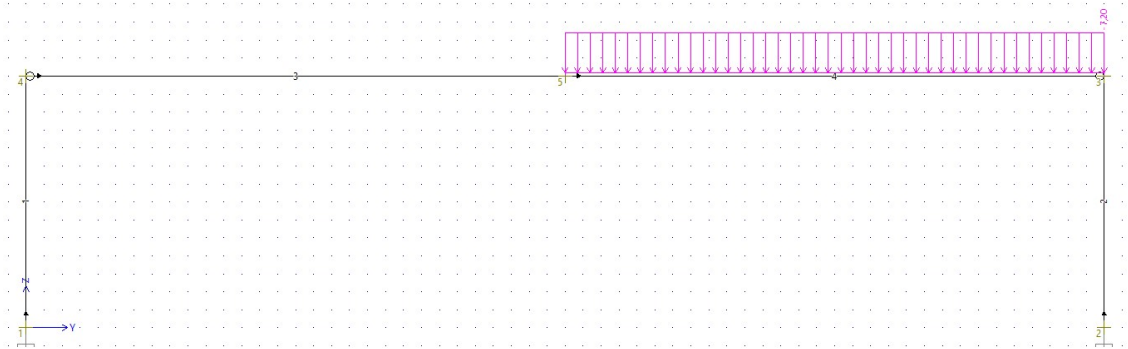
ZS8 – Nahodilé zatížení – od větru šachovnice 2



ZS9 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 1



ZS10 – Nahodilé zatížení – od sněhu šachovnice 2



5. 1. Kombinace zatížení

Veškeré kombinace jsou tvořeny pomocí softwaru FIN 2D. Jsou zde vybrány základní kombinace. Software automaticky vygeneroval další kombinace, ze kterých se vytvořila nejhorsí obálka zatížení. Primární skupinu zatížení tvoří hlavní proměnné zatížení a sekundární tvoří proměnné vlivy od klimatických vlivů.

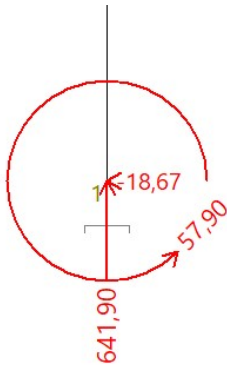
Obecný vzorec pro základní kombinaci zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \psi_{0,i}$$

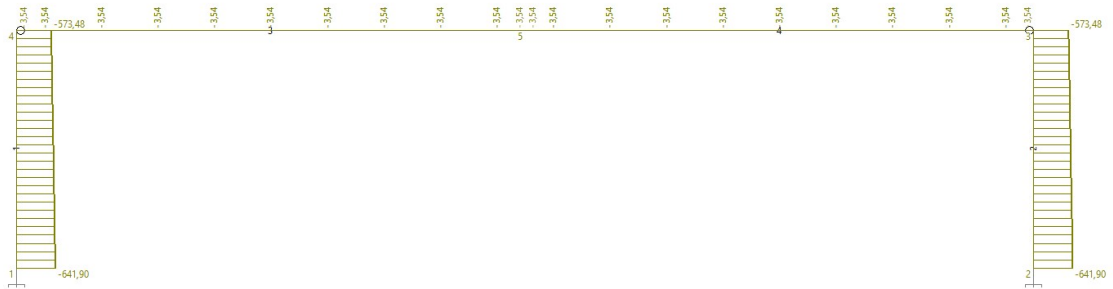
Kombinace	Zatěžovací stavy									
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8	ZS9	ZS10
1	x	x	x		x		x			
2	x	x		x		x	x			
3	x	x	x	x	x	x	x			
4	x	x	x		x			x		
5	x	x		x		x		x		
6	x	x	x	x	x	x		x		
7	x	x	x		x				x	
8	x	x		x		x				x
9	x	x	x	x	x	x			x	x

6. Výsledky

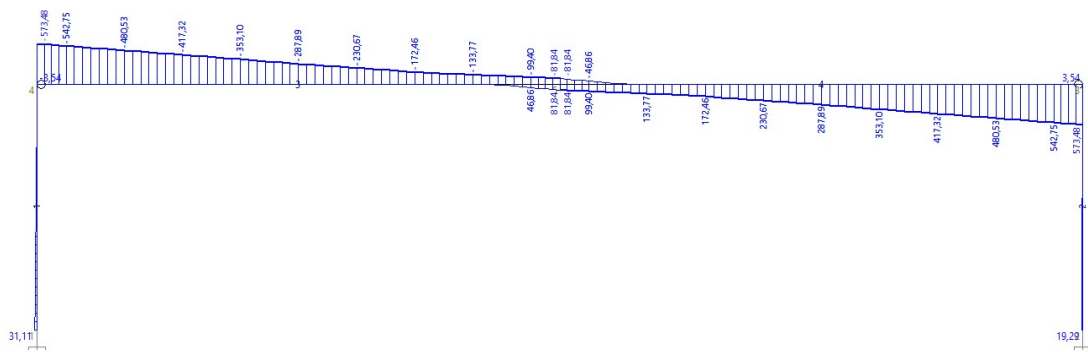
Reakce



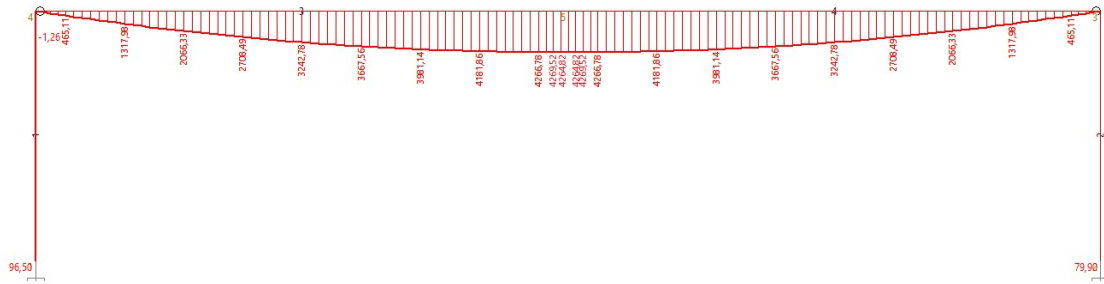
Průběh normálových sil



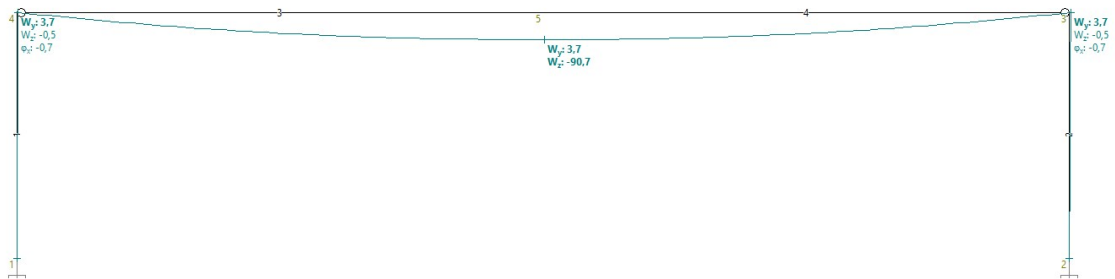
Průběh posouvajících sil



Průběh momentů



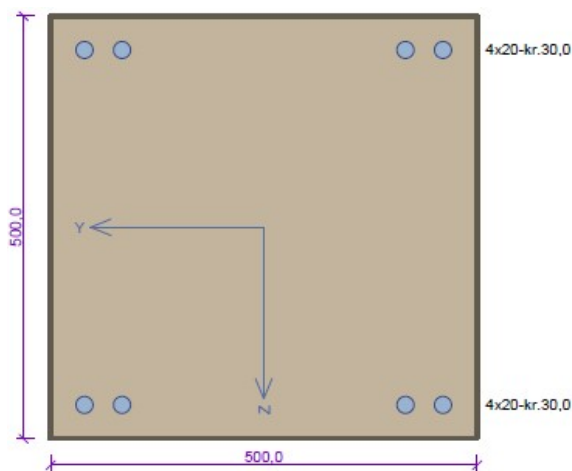
Deformace konstrukce



7. Návrh a posouzení prvků konstrukce

Nejvíce namáhané prvky konstrukce jsou navrženy v této části přílohy. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno pomocí softwaru FIN EC Beton.

Sloup



Typ prvku: sloup
Prostředí: XC1
Beton: C 35/45
 $f_{ck} = 35,0$ MPa; $f_{ctm} = 3,2$ MPa; $E_{cm} = 34000$ MPa
Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)
Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)
Vzpěr
Vzpěr není uvažován
S tláčenou výztuží je počítáno.
Obvodové třmínky
Profil: 10 mm; Vzdálenost: 200,0 mm

Posouzení řezu X=0,000m; 30,6%

$N = -332,48 \text{ kN}$; $M_y = 96,50 \text{ kNm}$; $V_z = 31,11 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB:

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

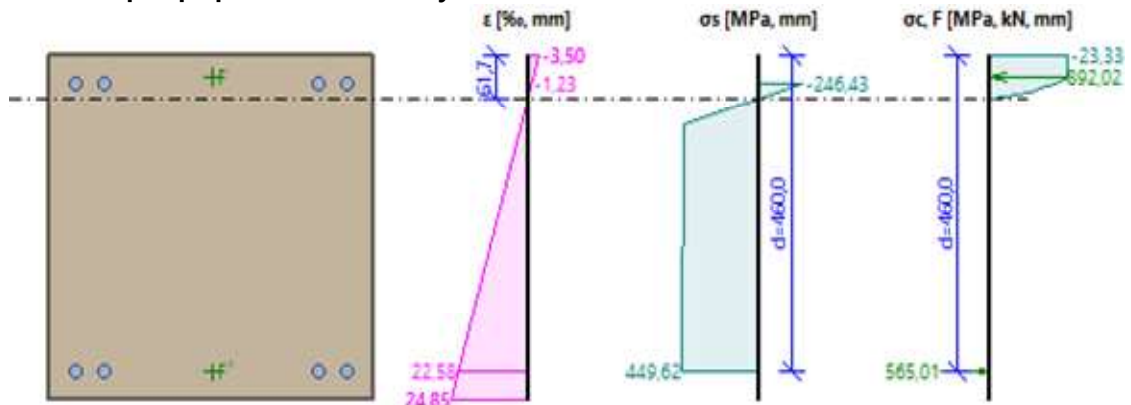
$$\rho_s = A_s / A_c = 2\,513 / 250 \cdot 10^3 = 0,0101$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-332,5| / (434,8 \times 250 \cdot 10^3); 0,002) = \max(0,000306; 0,002) = 0,002$$

$$\rho_s = 0,0101 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0101 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



$$N_{Ed} = -332,48 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -6838,64 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 96,50 \leq M_{Rdy} = 315,30 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 30,6 %

Podrobné posouzení SMYK:

Posouzení konstrukčních zásad třmíneků

Minimální průměr třmíneků $d = 6 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Maximální vzdálenost třmíneků $s_{cl,\max} = 300,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}; 2) = \min(1 + \sqrt{200 / 460}; 2) = \min(1,659; 2) = 1,659$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,257 / (500 \times 460); 0,02) = \min(0,00546; 0,02) = 0,00546$$

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,659^{1,5} \times \sqrt{35} = 0,443 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-581,1) / 250 \cdot 10^3; 0,2 \times 23,33) = \min(2,325; 4,667) = 2,325 \text{ MPa}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 157,1 / 200 \times 425 \times 434,8 \times 1,75 = 254 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 35 / 250) = 0,516$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 500 \times 425 \times 0,516 \times 23,33 / (1,75 + 0,571) = 1\,102 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

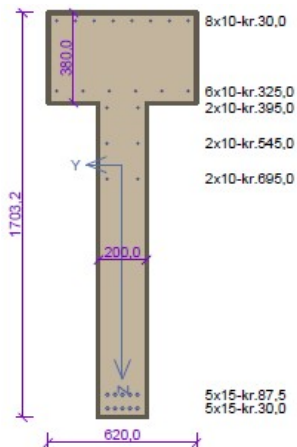
$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(202,7; \min(1\,102; 254)) = \max(202,7; 254) = 254 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 31,11 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 202,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 12,2 %

Vazník



Typ prvku: nosník
 Prostředí: XC1

Beton: C 40/50

$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 35000 \text{ MPa}$

Ocel podélná: Y1770S7 (uživ.) ($f_{yk} = 1770,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$) Pevnost oceli neodpovídá rozsahu 400-600MPa určenému normou, další výpočet odpovídá postupům EC2

Vzpěr

Vzpěr není uvažován

S tlačnou výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky

Profil: 10 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Posouzení řezu X=11,310m; 88,1%; Zat.P.

$N=0,00\text{kN}$; $M_y=4050,08\text{kNm}$; $V_z=-135,07\text{kN}$

Podrobné posouzení OHYB:

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1\,767 / (243,6 \times 1\,637) = 0,00443$$

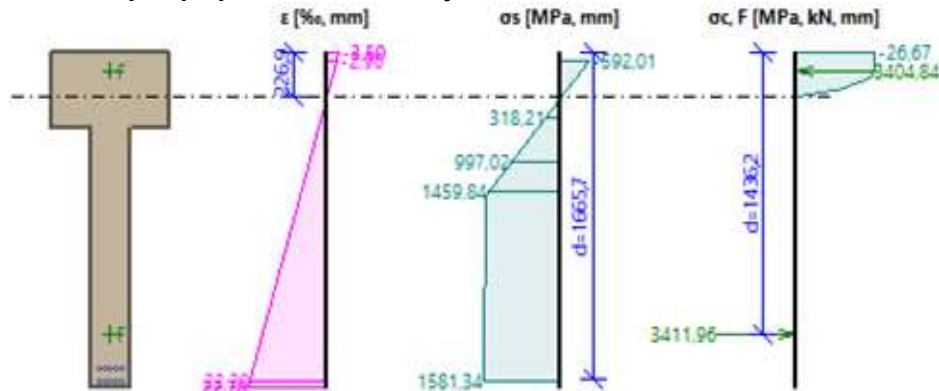
$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,338 / 500 \cdot 10^3 = 0,00667$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 3,5 / 1\,770; 0,0013) = \max(0,000514; 0,0013) = 0,0013$$

$$\rho_{s,t} = 0,00443 \geq \rho_{s,\min} = 0,0013 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00667 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Výška tlačené části průřezu: $x = 226,9 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 1665,7 \text{ mm}$

$$\xi = 0,14 \leq \xi_{\max} = 0,28 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$M_{Edy} = 4050,08 \leq M_{Rdy} = 4599,38 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb Vyhovuje

Využití: 88,1 %

Podrobné posouzení SMYK:

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s = 157,1 / 200 / 150 = 0,00524$$

$$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{40} / 500 = 0,00101$$

$$\rho_{w,min} = 0,00101 \leq \rho_w = 0,00524 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínků} \quad s_{t,max} = 600,0 \text{ mm}$$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 1\,637)}; 2) = \min(1,35; 2) = 1,35$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,767 / (200 \times 1\,637); 0,02) = \min(0,0054; 0,02) = 0,0054$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,35^{1,5} \times \sqrt{40} = 0,347 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-2,123) / 500.10^3; 0,2 \times 26,67) = \min(0,00424; 5,333) = 0,00424 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,35 \times \sqrt[3]{100 \times 0,0054 \times 40}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 157,1 / 150 \times 1\,549 \times 434,8 \times 1,75 = 1\,234 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 40 / 250) = 0,504$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 200 \times 1\,549 \times 0,504 \times 26,67 / (1,75 + 0,571) = 1\,793 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(147,8; \min(1\,793; 1\,234)) = \max(147,8; 1\,234) = 1\,234 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 156,6 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 1\,234 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 12,7 %