

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ

METODOU SBRA A ČSN 1993

PRO PLASTICKÝ STAV

VYPRACOVAL:

Bc. JAKUB MICEK

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

DOC. ING. PETR BROŽ DrSc.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub MICEK**

Osobní číslo: **A17N0109P**

Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**

Studijní obor: **Stavitelství**

Název tématu: **Porovnání ocelových prvků metodou SBRA a ČSN EN 1993
pro plastický stav**

Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedení a porovnání konstrukčních prvků dle způsobu zatížení a odezvy konstrukce.
2. Výpočet prvků dle pravděpodobnostní metody SBRA.
3. Provedení porovnávací studie těchto konstrukčních prvků.



Rozsah grafických prací: práce skládající se z výkresů a textových částí

Rozsah kvalifikační práce: úvodní část 50 - 60 stran A4

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. ČSN EN 1990 - Zásady navrhování stavebních konstrukcí.
2. ČSN EN 1991 - Zatížení stavebních konstrukcí.
3. ČSN EN 1993 - Navrhování ocelových konstrukcí.
4. kol. autorů: Konstrukce pozemních staveb. Praha, 1968.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Brož, DrSc.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **2. července 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **4. ledna 2019**

Radová

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka



Jan Vimmr

Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 2. července 2018

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá zpracováním statické analýzy na téma „Porovnání ocelových prvků metodou SBRA a ČSN 1993 pro plastický stav“.

Cílem této práce je porovnání dvou rozdílných přístupů statického posouzení ocelové haly. Jedná se o přístup SBRA (Simulation Based Reliability Assessment) a přístup dle normy ČSN 1993. Výpočtový model je vytvořen v programu FIN 3D – pro globální analýzu. Veškeré výpočty dle metody SBRA jsou provedeny v programu AntHill. Výsledné porovnání obou přístupů je provedeno převážně pro statické hledisko, ale také okrajově pro ekonomické a ekologické.

Klíčová slova:

Analýza, ocelové prvky, SBRA, ČSN 1993, statické posouzení, ocelová hala, globální analýza, FIN 3D, AntHill

ANNOTATION

The Master's thesis deals with processing of static analysis on the topic "Comparison of steel elements by SBRA method and ČSN 1993 for plastic state".

The aim of this work is to compare two different approaches to the static assessment of the steel hall. This is a SBRA (Simulation Based Reliability Assessment) approach and a CSN 1993 approach. The computational model is created in the FIN 3D program - for global analysis. All calculations based on the SBRA method are performed in the AntHill program. The resulting comparison of both approaches is mainly done for a static point of view but also marginally for economic and ecological considerations.

Keywords:

Analysis, steel elements, SBRA, ČSN 1993, static assessment, steel hall, global analysis, FIN 3D, AntHill

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předkládanou diplomovou prací na téma: “Porovnání ocelových prvků metodou SBRA a ČSN 1993 pro plastický stav“ jsem vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího diplomové práce Doc. Ing. Petrem Brožem DrSc., s použitím softwaru pro návrh stavebních konstrukcí a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne

.....

Jakub Micek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Petru Brožovi DrSc. a také Ing. Petru Keslovi Ph.D. za jejich čas, který mi věnovali, trpělivost, vstřícnost, cenné rady a doporučení při vedení mé práce.

OBSAH

ÚVOD	11
1 ROZBOR ZATÍŽENÍ	12
2 NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNIČKY	19
3 ZATĚŽOVACÍ STAVY PRO RÁM BĚŽNÉHO POLE	22
4 VNITŘNÍ ÚČINKY - 3D MODEL	32
5 POSOUZENÍ OCELOVÝCH PRVKŮ DLE ČSN EN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV	35
5.1 POSOUZENÍ PŘÍČLE - IPE 500	35
5.2 POSOUZENÍ SLOUPU - HEB 300	42
5.3 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ - TRUBKA TK 133X5	47
5.4 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ - TRUBKA TK 102X5	50
5.5 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU V HŘEBENI.....	53
5.6 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU V RÁMOVÉM ROHU.....	54
5.7 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU PATĚ SLOUPU.....	58
5.8 POSOUZENÍ ZÁKLADOVÉ PATKY	62
6 POSOUZENÍ PRVKŮ POMOCÍ METODY SBRA	70
6.1 POUŽITÉ HISTOGRAMY	71
6.2 POSOUZENÍ PŘÍČLE.....	75
6.3 POSOUZENÍ SLOUPU	78
6.4 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ TK 133X5.....	81
6.5 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ TK 102X5.....	84
6.6 POSOUZENÍ VAZNIČKY	87
6.7 POSOUZENÍ SVARU V HŘEBENI.....	90
6.8 POSOUZENÍ SVARU V RÁMOVÉM ROHU	92
6.9 POSOUZENÍ SVARU NA PATNÍM PLECHU	95
7 POROVNÁNÍ METOD - ČSN A SBRA	99
ZÁVĚR	102
SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ	103

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.5.1.: Výpočet vnějšího tlaku svislé stěny dle oblastí [4]	14
Tabulka 1.5.2.: Výpočet vnějšího tlaku svislé stěny dle oblastí [4]	15
Tabulka 1.5.3.: Výpočet vnějšího tlaku na střechu dle oblastí [4]	16
Tabulka 1.5.4.: Výpočet vnějšího tlaku na střechu dle oblastí [4]	17
Tabulka 2.3.1.: Průřezové charakteristiky Z profilu [6]	20
Tabulka 5.1.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky IPE 500 [7].....	36
Tabulka 5.1.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy	36
Tabulka 5.2.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky HEB 300 [7].....	42
Tabulka 5.2.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy	43
Tabulka 5.3.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky TK 133x5.....	47
Tabulka 5.3.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy	47
Tabulka 5.4.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky TK 102x5.....	50
Tabulka 5.4.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy	50
Tabulka 5.5.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v hřebeni při nejhorší kombinaci zatížení	53
Tabulka 5.6.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v rámovém rohu při nejhorší kombinaci zatížení	55
Tabulka 5.7.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v patě sloupu při nejhorší kombinaci zatížení.	58
Tabulka 7.1.1.: Využití vybraných ocelových profilů dle vybraných metod.....	99
Tabulka 7.1.2.: Využití tenkostěnné ocelové vazničky dle vybraných metod	99
Tabulka 7.1.3.: Výsledné rozdíly mezi ČSN a SBRA	100
Tabulka 7.1.4.: Cena materiálu - metoda ČSN.....	100
Tabulka 7.1.5.: Cena materiálu - metoda SBRA.....	101
Tabulka 7.1.6.: Porovnání využitelnosti svarů dle vybraných metod	101

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1.5.1.: Schéma rozdělení [4]	14
Obrázek 1.5.2.: Schéma rozdělení [4]	15
Obrázek 1.5.1.: Schéma rozdělení [4]	16
Obrázek 1.5.4.: Schéma rozdělení [4]	17
Obrázek 2.1.1.: Schéma haly	19
Obrázek 2.2.1.: Schéma rozložení vazniček	19
Obrázek 2.3.1.: Vaznička profil Z [6]	20
Obrázek 3.1.1.: Zatížení od vazničky	22
Obrázek 3.1.2.: Vnitřní účinky od vlastní tíhy vazničky	22
Obrázek 3.2.1.: Zatížení od střechy na krajní vazničku	22
Obrázek 3.2.2.: Vnitřní účinky od zatížení střechy na krajní vazničku	23
Obrázek 3.2.3.: Zatížení od střechy na běžnou vazničku	23
Obrázek 3.2.4.: Vnitřní účinky od zatížení střechy na běžnou vazničku	23
Obrázek 3.2.5.: Zatížení od stálého zatížení	23
Obrázek 3.3.1.: Zatížení od technologie na krajní vazničku	24
Obrázek 3.3.2.: Vnitřní účinky od zatížení technologie na krajní vazničku	24
Obrázek 3.3.3.: Zatížení od technologie na běžnou vazničku	24
Obrázek 3.3.4.: Vnitřní účinky od zatížení technologie na běžnou vazničku	24
Obrázek 3.3.5.: Zatížení od technologie	24
Obrázek 3.4.1.: Zatížení od sněhu na krajní vazničku	25
Obrázek 3.4.2.: Vnitřní účinky od zatížení sněhu na krajní vazničku	25
Obrázek 3.4.3.: Zatížení od sněhu na běžnou vazničku	25
Obrázek 3.4.4.: Vnitřní účinky od zatížení sněhu na běžnou vazničku	25
Obrázek 3.4.5.: Zatížení od sněhu 100 %	25
Obrázek 3.5.1.: Zatížení od sněhu 100 % a 50%	26
Obrázek 3.6.1.: Zatížení od sněhu 100 % / 0%	26
Obrázek 3.7.1.: Zatížení od sněhu 100 % / 100 % jen na části	26
Obrázek 3.8.1.: Zatížení od příčného větru na krajní vazničku	26
Obrázek 3.8.2.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru na krajní vazničku	27
Obrázek 3.8.3.: Zatížení od příčného větru na běžnou vazničku	27
Obrázek 3.8.4.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru na běžnou vazničku	27

Obrázek 3.8.5.: Zatížení od příčného větru.....	27
Obrázek 3.9.1.: Zatížení od větru na stěny.....	28
Obrázek 3.10.1.: Zatížení od podélného větru na krajní vazničku.....	28
Obrázek 3.10.2.: Vnitřní účinky od zatížení podélného větru na krajní vazničku.....	28
Obrázek 3.10.3.: Zatížení od podélného větru na běžnou vazničku.....	28
Obrázek 3.10.4.: Vnitřní účinky od zatížení podélného větru na běžnou vazničku.....	29
Obrázek 3.10.5.: Zatížení od podélného větru.....	29
Obrázek 3.11.1.: Zatížení od větru – tlak na krajní vazničku.....	29
Obrázek 3.11.2.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru – tlak na krajní vazničku.....	29
Obrázek 3.11.3.: Zatížení od větru – tlak na běžnou vazničku.....	29
Obrázek 3.11.4.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru – tlak na běžnou vazničku.....	30
Obrázek 3.11.5.: Zatížení od příčného větru sání a tlaku.....	30
Obrázek 3.12.1.: Zatížení od užitého zatížení na krajní vazničku.....	30
Obrázek 3.12.2.: Vnitřní účinky od užitého zatížení na krajní vazničku.....	30
Obrázek 3.12.3.: Zatížení od užitého zatížení na běžnou vazničku.....	30
Obrázek 3.12.4.: Vnitřní účinky od užitého zatížení na běžnou vazničku.....	31
Obrázek 3.12.5.: Užité zatížení.....	31
Obrázek 4.1.: Schéma číslování styčníků.....	32
Obrázek 4.2.: Průřezy konstrukce haly.....	33
Obrázek 4.3.: Normálové síly na konstrukci haly.....	33
Obrázek 4.4.: Posouvající síly na konstrukci haly.....	34
Obrázek 4.5.: Ohybové momenty na konstrukci haly.....	34
Obrázek 5.1.1.: Geometrie průřezu IPE 500 [7].....	35
Obrázek 5.1.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5].....	38
Obrázek 5.1.3.: Průběh ohybových momentů.....	38
Obrázek 5.1.4.: Posouzení příčle pomocí software Ocel.....	41
Obrázek 5.2.1.: Geometrie průřezu HEB 300 [7].....	42
Obrázek 5.2.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5].....	44
Obrázek 5.2.3.: Posouzení sloupu pomocí software Ocel.....	46
Obrázek 5.3.1.: Geometrie průřezu TK 133x5.....	47
Obrázek 5.3.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5].....	48

Obrázek 5.3.3.: Posouzení trubky pomocí software Ocel	49
Obrázek 5.4.1.: Geometrie průřezu TK 102x5.....	50
Obrázek 5.3.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5]	51
Obrázek 5.4.3.: Posouzení trubky pomocí software Ocel	52
Obrázek 5.5.1.: Schéma svarů v hřebeni.....	53
Obrázek 5.6.1.: Schéma svarů v rámovém rohu.....	55
Obrázek 5.6.2.: Posouzení rámového rohu pomocí programu Ocelové spoje.....	57
Obrázek 5.7.1.: Schéma svarů v patě sloupu	58
Obrázek 5.7.1.: Posouzení patního plechu včetně svarů část 1.....	60
Obrázek 5.7.3.: Posouzení patního plechu včetně svarů část 2.....	61
Obrázek 5.8.: Posouzení základové patky v programu GEO - Patka	69
Obrázek 6.1.1.: Rozdělení G_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické účinky stálého zatížení	71
Obrázek 6.1.2.: Rozdělení Q_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické účinky užitečného zatížení	72
Obrázek 6.1.3.: Rozdělení G_{am} - exponenciální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické hodnoty součinitele.....	72
Obrázek 6.1.3.: Rozdělení A_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické rezervy	73
Obrázek 6.1.4.: Rozdělení f_{yk} - charakteristická mez kluzu oceli	74
Obrázek 6.1.5.: Rozdělení f_{yk} - charakteristická mez kluzu oceli	74
Obrázek 6.2.1.: Vstupní údaje pro výpočet příčle.....	75
Obrázek 6.2.2.: Výpočtový model pro posouzení příčle.....	76
Obrázek 6.2.3.: Posouzení příčle - f_{yk} - histogram t235fy01	76
Obrázek 6.2.4.: Posouzení příčle - f_{yk} - histogram - ds235fy1p01	77
Obrázek 6.2.5.: Posouzení příčle - f_{yk} - hodnota 235 MPa s proměnnou 5 %	77
Obrázek 6.3.1.: Vstupní údaje do výpočtu sloupu.....	78
Obrázek 6.3.2.: Výpočetní model pro sloup HEB 300	79
Obrázek 6.2.3.: Posouzení sloupu - f_{yk} - histogram t235fy01.....	80
Obrázek 6.3.4.: Posouzení sloupu - f_{yk} - histogram ds235fy1p01.....	80
Obrázek 6.3.5.: Posouzení sloupu - f_{yk} - mez kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5 %	81
Obrázek 6.4.1.: Vstupní údaje do výpočtu zavětrování TK 133x5.....	82
Obrázek 6.4.2.: Výpočetní model pro zavětrování TK 133x5	82

Obrázek 6.4.3.: Posouzení TR 133x5 – fyk – histogram t235fy01	83
Obrázek 6.4.4.: Posouzení TR 133x5 – fyk – histogram - ds235fyp01	83
Obrázek 6.4.5.: Posouzení TR 133x5 –fyk– hodnota meze kluzu 235 MPa s proměnností 5%	84
Obrázek 6.5.1.: Vstupní údaje do výpočtu zavětrování TK 102x5.....	85
Obrázek 6.5.2.: Výpočetní model pro zavětrování TK 102x5	85
Obrázek 6.5.3.: Posouzení TR 102x5 – fyk – histogram t235fy01	86
Obrázek 6.5.4.: Posouzení TR 102x5 – fyk – histogram - ds235fyp01	86
Obrázek 6.5.5.: Posouzení TR 102x5 – fyk – mez kluzu 235 MPa s proměnnou 5%	87
Obrázek 6.6.1.: Výpočetní model pro posouzení vazničky	88
Obrázek 6.6.2.: Vstupní údaje do výpočtu posouzení vazničky.....	88
Obrázek 6.6.3.: Posouzení vazničky v rovině x.....	89
Obrázek 6.6.4.: Posouzení vazničky v rovině y.....	89
Obrázek 6.7.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru v hřebeni	90
Obrázek 6.7.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru v hřebeni	91
Obrázek 6.7.3.: Posouzení svaru v hřebeni v bodě 1	91
Obrázek 6.7.4.: Posouzení svaru v hřebeni v bodě 2.....	92
Obrázek 6.8.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru v rámovém rohu	93
Obrázek 6.8.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru v rámovém rohu	94
Obrázek 6.8.3.: Posouzení svaru v rámovém rohu v bodě 1	94
Obrázek 6.7.4.: Posouzení svaru v rámovém rohu v bodě 2.....	95
Obrázek 6.9.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru na patním plechu	96
Obrázek 6.9.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru na patním plechu.....	97
Obrázek 6.9.3.: Posouzení svaru na patním plechu v bodě 1.....	97
Obrázek 6.9.4.: Posouzení svaru na patním plechu v bodě 2.....	98

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá zpracováním statické analýzy na téma „Porovnání ocelových prvků metodou SBRA a ČSN 1993 pro plastický stav“.

Pro porovnání bude použito dvou rozdílných přístupů statického posouzení ocelové haly. Jedná se o přístup plně pravděpodobnostní SBRA (Simulation Based Reliability Assessment) a přístup polo pravděpodobnostní dle normy ČSN 1993.

Model, který bude použit pro vypracování analýzy, bude tvořit jednolodní ocelová hala o výšce hřebenu 7,54 m, rozpětím 20 m a délkou 24 m. Jedná se o halu, kterou tvoří rámová tuhá rámová konstrukce, která je vetknutá do základové konstrukce. Rámy jsou od sebe vzdáleny 6 m.

Konstrukci haly tvoří střešní nosník (příčel) o profilu IPE 500, hlavní nosnou svislou konstrukci (sloup) tvoří profil HEB 300. Zavětrování ve střešní a stěnové rovině je provedeno pomocí dutých kruhových trubek o síle plechu 5 mm a průměrech 102 a 133 mm. Veškeré spoje jsou řešeny pomocí svarů a pomocných plechů.

Výpočtový 3D model, ze kterého bude posouzení vycházet je zpracovaný v softwaru FIN 3D. Z výpočtového modelu budou do dalších výpočtů převzaty vnitřní účinky na jednotlivé prvky haly.

Pro posuzování budou z modelu vybrány prvky příčle, sloupu, zavětrování a hlavních svary, které jsou použity na konstrukci.

Posouzení pomocí ČSN 1993 bude provedeno ručně včetně ověřovacího výpočtu pomocí doplňkového softwaru FIN OCEL.

Pro posouzení prvků konstrukce v metodě SBRA bude uvažováno se třemi různými mezemi kluzu, pro zjištění většího rozsahu využitelnosti použití profilů.

Výsledné porovnání proběhne z hlediska statiky, ale také z hlediska ekonomiky a ekologie.

1 ROZBOR ZATÍŽENÍ

Na úvod řešení problematiky je potřeba zjistit, jaké vnější vlivy působí na konstrukci haly, která bude posuzována. Zatížení na konstrukce se řeší pomocí ČSN 1991 a pomocí katalogů výrobců různých výrobků. Pro rozbor se bude uvažovat s rozpětím haly 20 m, délkou 24 m, výškou stěny 6,5 m a výškou hřebene 7,54 m.

1.1 ZATÍŽENÍ 1: TÍHA VLASTNÍ KONSTRUKCE

Vlastní tíha konstrukce rámu bude zadána ve vlastním modelu v programu FIN EC.

1.2 ZATÍŽENÍ 2: PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ OD STŘECHY A PLÁŠTĚ

ZATÍŽENÍ OD STŘECHY

Vlastní hmotnost sendvičového panelu Kingspan KS 1150 FP - 30,7 kg/m²

$$g_k = 0,307 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 1,35 * 0,307 = 0,414 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ OD PLÁŠTĚ STĚNY

Vlastní hmotnost sendvičového panelu Kingspan KS 1150 NC - 14,49 kg/m²

$$g_k = 0,145 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 1,5 * 0,145 = 0,195 \text{ kN/m}^2$$

1.3 ZATÍŽENÍ 3: PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ - TECHNOLOGIE

Rozvody a osvětlení 15 kg/m²

$$g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 1,35 * 0,15 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

1.4 ZATÍŽENÍ 4: ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zatížení dle ČSN 1991-1-3

$$S = C_e * C_t * S_k * \mu_i \quad (1)$$

C_e – součinitel expozice sfoukávání sněhu

C_t – součinitel tepla odtávání sněhu

S_k – charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m²]

μ_i – tvarový součinitel střechy

$$C_e = 1$$

$$C_t = 1$$

$S_k = 0,7 \text{ kPa}$ – pro Plzeň – I. sněhová oblast

$\mu_i = 0,8$ – pro střechy omezené sklonem – $0^\circ < 10^\circ < 30^\circ$

$$S_k = C_e * C_t * S_k * \mu_i = 1 * 1 * 0,7 * 0,8 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

1.5 ZATÍŽENÍ 5: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení dle ČSN 1991-1-4

A) ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} \quad (2)$$

C_{dir} – součinitel směru větru

C_{season} – součinitel ročního období

$v_{b,0}$ – výchozí základní rychlost větru

$$C_{dir} = 1$$

$$C_{season} = 1$$

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ – pro Plzeň – II. oblast

$$v_b = 1 * 1 * 25 = \mathbf{25 \text{ m/s}}$$

B) CHARAKTERISTICKÁ STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b \quad (3)$$

$c_r(z)$ – součinitel drsnosti terénu

k_r – součinitel terénu

$c_0(z)$ – součinitel orografie

$$c_0(z) = 1$$

z – výška budovy

z_0 – parametr drsnosti terénu

z_{0II} – délka drsnosti

z_{mi} – minimální výška definovaná normou

z_{max} – maximální výška – uvažuje se 200 mm

$z = 7,7 \text{ m}$ – pro $h \leq b$ platí že $q_p(z) = q_p(z_e)$

$z_0 = 0,3$ – III. Kategorie terénu

$z_{0I} = 0,05 \text{ m}$ – délka drsnosti

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,22 * \ln\left(\frac{7,7}{0,3}\right) = \mathbf{0,71} \quad (4)$$

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = \mathbf{0,22} \quad (5)$$

$$v_m(z) = 0,71 * 1 * 25 = \mathbf{17,75 \text{ m/s}}$$

C) VLIV TURBULENCÍ

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{7,7}{0,3}\right)} = 0,31 \quad (6)$$

k_I – součinitel turbulencí – uvažje se 1

D) SOUČINTEL EXPOZICE

$$c_e(z) = \left(\frac{v_m(z)}{v_b}\right)^2 * [1 + 7I_v(z)] = \left(\frac{17,75}{25}\right)^2 * [1 + 7 * 0,31] = 1,6 \quad (7)$$

E) ZÁKLADNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p = 0,5 * \rho * v_b^2 = 0,5 * 1,25 * 25^2 = 390,625 \text{ N/m}^2 \quad (8)$$

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ – měrná hmotnost vzduchu

F) VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO DYNAMICKÉHO TLAKU

$$q_p(z) = (1 + 7 * I_v(z)) * 0,5 * \rho * v_m^2(z) = c_e(z) * q_p \quad (9)$$

$$q_p(z) = 1,6 * 0,391 = 0,625 \text{ kN/m}^2$$

G) VÝPOČET PŮSOBNÍ VĚTRU NA STĚNY - SMĚR PODÉLNÝ

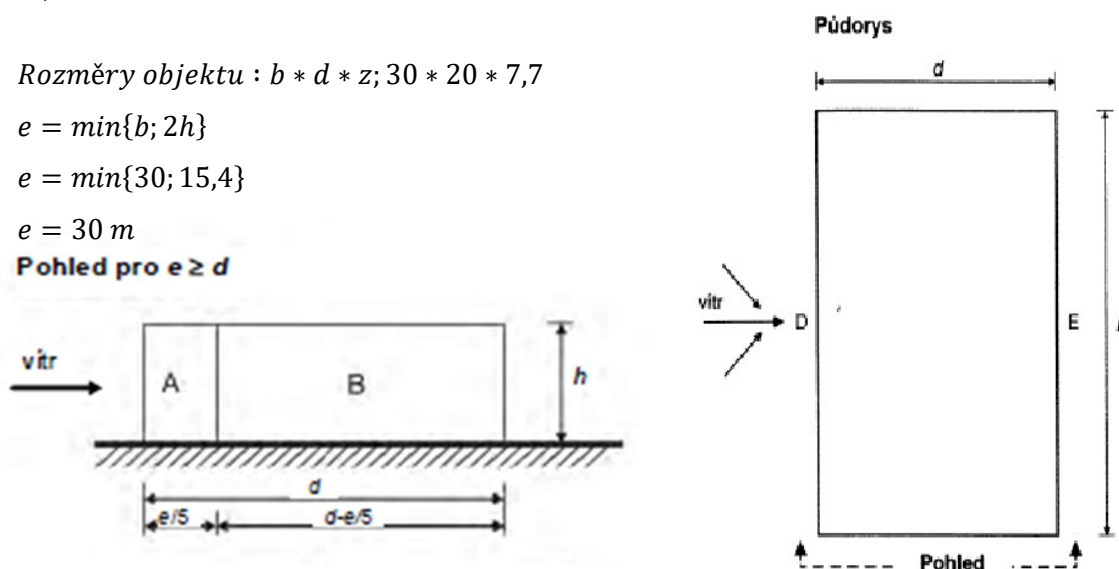
Rozměry objektu : $b * d * z$; $30 * 20 * 7,7$

$$e = \min\{b; 2h\}$$

$$e = \min\{30; 15,4\}$$

$$e = 30 \text{ m}$$

Pohled pro $e \geq d$



Obrázek 1.5.1.: Schéma rozdělení [4]

Tabulka 1.5.1.: Výpočet vnějšího tlaku svislé stěny dle oblastí [4]

Oblast	A	B	C	D	E
$h/d=0,38$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,38	-1,2	-0,8	-0,5	0,72	-0,34

Pro výpočet celkového zatížení konstrukce používáme hodnoty $C_{pe,10}$.

Plak větru W_e , působící na vnější povrchy konstrukce, získáme z výrazu:

$$W_e = q_p(z) * c_{pe,10} \quad (10)$$

Oblast A

$$W_e = -1,2 * 0,625 = -0,75 \text{ kN/m}^2$$

Oblast B

$$W_e = -0,8 * 0,625 = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

Oblast D

$$W_e = 0,72 * 0,625 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

Oblast E

$$W_e = -0,33 * 0,625 = -0,206 \text{ kN/m}^2$$

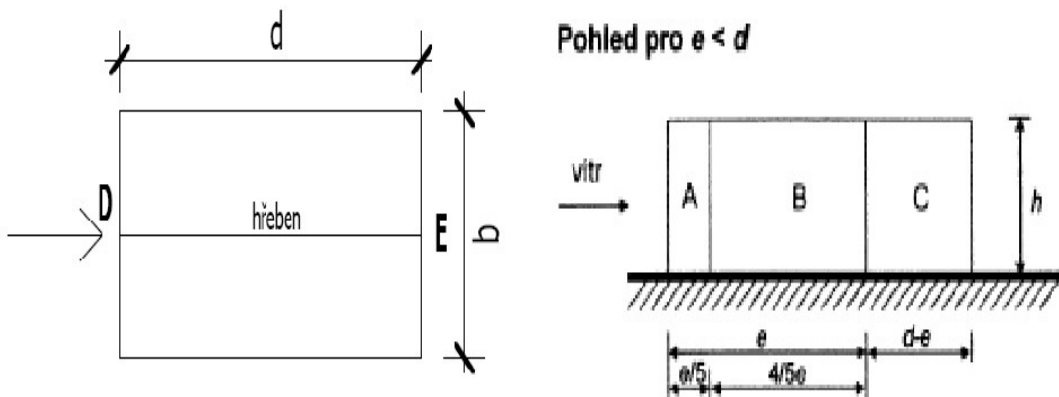
H) VÝPOČET PŮSOBNÍ VĚTRU NA STĚNY - SMĚR PŘÍČNÝ

Rozměry objektu : $b * d * z$; $20 * 30 * 7,7$

$$e = \min\{b; 2h\}$$

$$e = \min\{20; 15,4\}$$

$$e = 20 \text{ m}$$



Obrázek 1.5.2.: Schéma rozdělení [4]

Tabulka 1.5.2.: Výpočet vnějšího tlaku svislé stěny dle oblastí [4]

Oblast	A	B	C	D	E
$h/d=0,25$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Pro výpočet celkového zatížení konstrukce používáme hodnoty $C_{pe,10}$.

Oblast A

$$W_e = -1,2 * 0,625 = -0,75 \text{ kN/m}^2$$

Oblast B

$$W_e = -0,8 * 0,625 = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

Oblast C

$$W_e = -0,5 * 0,625 = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

Oblast D

$$W_e = 0,7 * 0,625 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

Oblast E

$$W_e = -0,3 * 0,625 = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

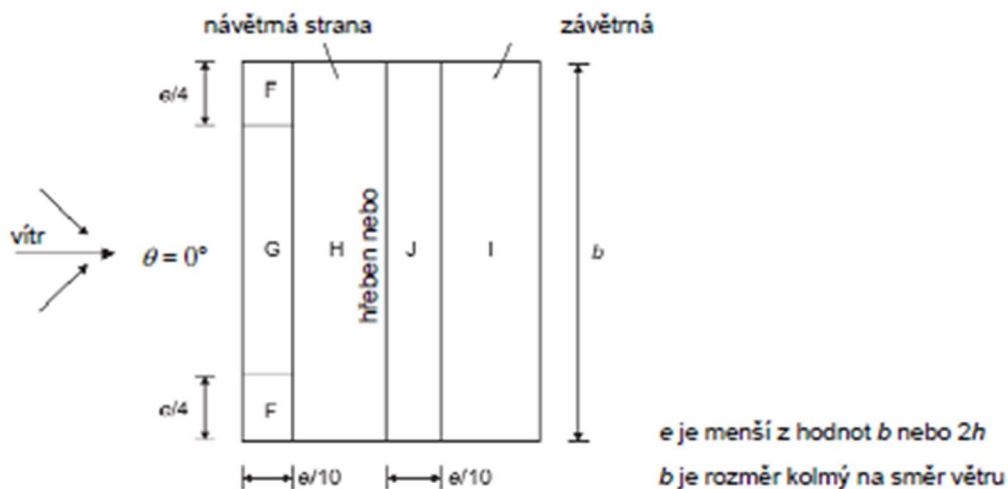
I) VÝPOČET PŮSOBNÍ VĚTRU NA STŘECHU - SMĚR VĚTRU - 0°

$$b = 30 \text{ m} ; h = 7,7 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2h\}$$

$$e = \min\{30; 15,4\}$$

$$e = 30 \text{ m}$$



Obrázek 1.5.1.: Schéma rozdělení [4]

Tabulka 1.5.3.: Výpočet vnějšího tlaku na střechu dle oblastí [4]

Úhel sklonu	Oblasti				
	F	G	H	I	J
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
7°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2 -0,6

Pro výpočet celkového zatížení konstrukce používáme hodnoty $C_{pe,10}$.

Oblast F

$$W_e = -1,7 * 0,625 = -1,06 \text{ kN/m}^2$$

Oblast G

$$W_e = -1,2 * 0,625 = -0,75 \text{ kN/m}^2$$

Oblast H

$$W_e = -0,6 * 0,625 = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

Oblast I

$$W_e = -0,6 * 0,625 = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

Oblast J

$$W_e = -0,6 * 0,625 = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = 0,2 * 0,625 = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

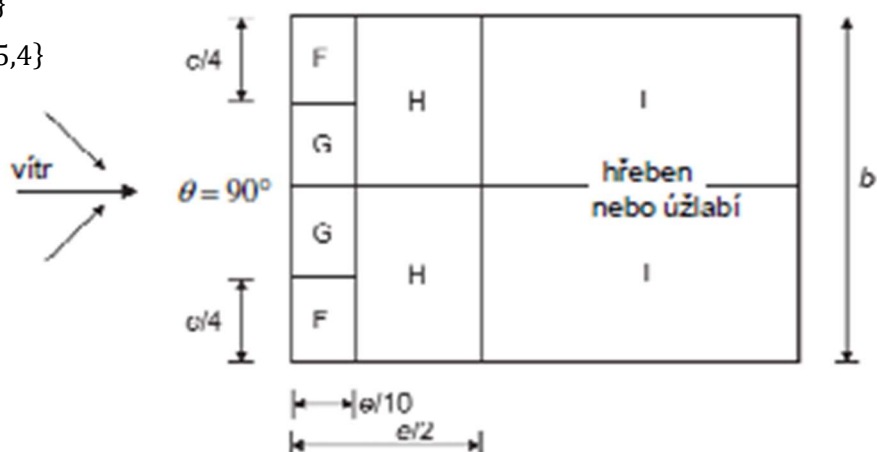
J) VÝPOČET PŮSOBNÍ VĚTRU NA STŘECHU - SMĚR VĚTRU - 90°

$$b = 20 \text{ m} ; h = 7,7 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2h\}$$

$$e = \min\{20; 15,4\}$$

$$e = 20 \text{ m}$$



c) Směr větru $\theta = 90^\circ$

Obrázek 1.5.4.: Schéma rozdělení [4]

Tabulka 1.5.4.: Výpočet vnějšího tlaku na střechu dle oblastí [4]

Úhel sklonu	Oblasti			
	F	G	H	I
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
7°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,6

Pro výpočet celkového zatížení konstrukce používáme hodnoty $C_{pe,10}$.

Oblast F

$$W_e = -1,8 * 0,625 = -1,13 \text{ kN/m}^2$$

Oblast G

$$W_e = -1,3 * 0,625 = -0,81 \text{ kN/m}^2$$

Oblast H

$$W_e = -0,7 * 0,625 = -0,44 \text{ kN/m}^2$$

Oblast I

$$W_e = -0,6 * 0,625 = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

1.6 ZATÍŽENÍ 6: PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ - ÚŽITNÉ OBČASNÉ NA STŘEŠE

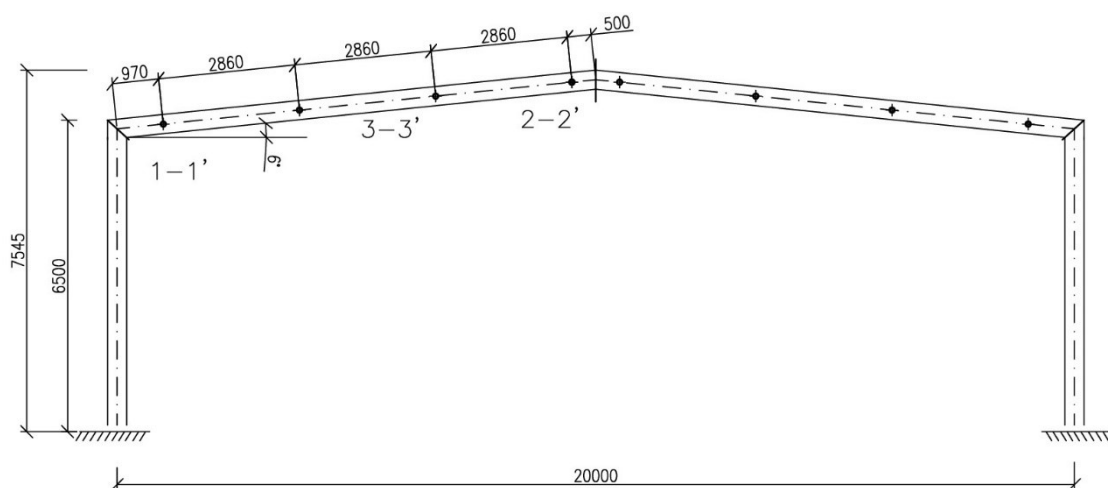
$$g_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = 1,5 * 0,75 = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

2 NÁVRH A POSOUZENÍ VAZNIČKY

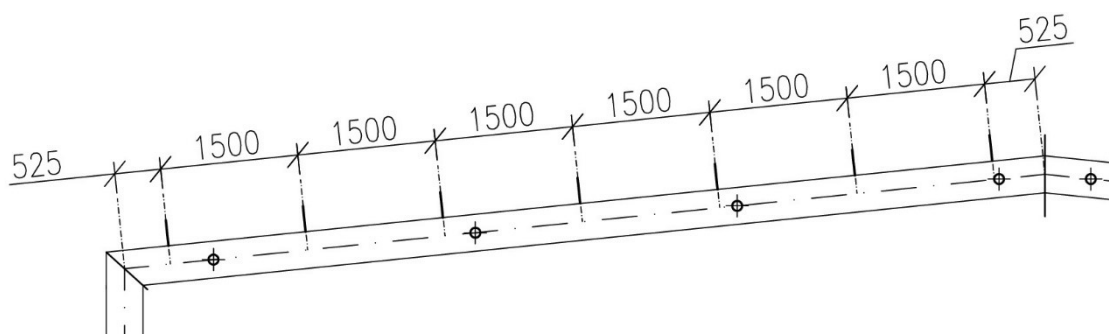
Pro pokračování v řešení úlohy je potřeba zjistit, kolik vazniček a jaký profil vazničky dokáže přenést dané zatížení na konstrukci haly do nosného rámu haly. Posouzení vazničky bude provedeno dle katalogu výrobce. Posouzení vazničky bude provedeno na ohyb ve dvou rovinách.

2.1 SCHÉMA HALY



Obrázek 2.1.1.: Schéma haly

2.2 SCHÉMA ROZLOŽENÍ VAZNIČEK



Obrázek 2.2.1.: Schéma rozložení vazniček

2.3 GEOMETRIE A ZATÍŽENÍ NA VAZNIČKY

A) ZATĚŽOVACÍ ŠÍŘKA

Vzdálenost nosných konstrukcí rámu je 6 m.

Krajní vaznička:

$$b_{z1} = 1,275 * 1,25 \text{ (vliv spojitosti)} = 1,63 \text{ m}$$

Vnitřní vaznička:

$$b_{z2} = 1,5 * 1,25 \text{ (vliv spojitosti)} = 1,875 \text{ m}$$

ZATÍŽENÍ

Tlak

$$g_{sd} = g_{dstřecha} + g_{dtechn} + q_{dvitr} + q_{úžitné} \quad (11)$$

$$g_{sd} = 0,414 + 0,2 + 0,195 + 1,125 = 1,94 \text{ kN/m}^2$$

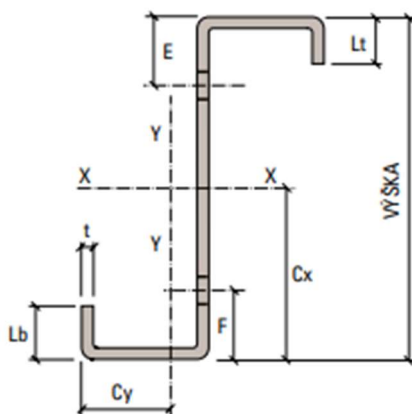
Sání

$$g_{sd} = g_{dstřecha} + g_{dtechn} + q_{dvitr} \quad (12)$$

$$g_{sd} = 0,414 + 0,2 - 1,695 = -1,08 \text{ kN/m}^2$$

NÁVRH - 202 Z 23

Pro model zatížení budeme uvažovat s prostým nosníkem.



Obrázek 2.3.1.: Vaznička profil Z [6]

Tabulka 2.3.1.: Průřezové charakteristiky Z profilu [6]

TABULKA 2: Z - Profily / průřezové charakteristiky plného průřezu

Označení profilu	Hmotnost kg/m	Plocha cm ²	Výška mm	Horní příruba	Dolní příruba	t mm	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _{xx} cm ³	W _{yy} cm ³	r _{xx} cm	r _{yy} cm	C _x cm	C _y cm	M _{cx} kNm	M _{cy} kNm
122 Z 13	2,59	3,30	122	60	55	1,3	82,9	27,2	13,41	4,85	4,93	2,83	6,18	5,53	5,097	2,093
122 Z 14	2,78	3,55	122	60	55	1,4	88,9	29,1	14,39	4,98	4,93	2,82	6,18	5,52	5,743	2,243
122 Z 15	2,97	3,79	122	60	55	1,5	95,0	31,0	15,36	5,31	4,92	2,81	6,18	5,52	6,394	2,390
122 Z 16	3,16	4,04	122	60	55	1,6	100,9	32,9	16,33	5,64	4,92	2,81	6,18	5,51	7,043	2,536
122 Z 18	3,54	4,52	122	60	55	1,8	112,8	36,5	18,25	6,27	4,91	2,79	6,18	5,50	8,307	2,824
142 Z 13	2,84	3,62	142	60	55	1,3	117,4	27,2	16,34	4,65	5,66	2,72	7,19	5,52	6,007	2,091
142 Z 14	3,05	3,89	142	60	55	1,4	126,1	29,1	17,54	4,98	5,66	2,72	7,19	5,52	6,776	2,240
142 Z 15	3,26	4,16	142	60	55	1,5	134,6	31,0	18,74	5,31	5,65	2,71	7,19	5,51	7,554	2,388
142 Z 16	3,47	4,42	142	60	55	1,6	143,2	32,9	19,93	5,63	5,65	2,71	7,19	5,51	8,330	2,534
142 Z 18	3,89	4,95	142	60	55	1,8	160,1	36,5	22,28	6,27	5,64	2,69	7,19	5,49	9,850	2,821
142 Z 20	4,30	5,48	142	60	55	2,0	176,8	40,1	24,60	6,89	5,63	2,68	7,19	5,48	11,302	3,101
172 Z 13	3,25	4,14	172	65	60	1,3	192,6	33,9	22,17	5,33	6,79	2,85	8,69	6,01	7,497	2,397
172 Z 14	3,49	4,45	172	65	60	1,4	206,9	36,3	23,81	5,71	6,78	2,84	8,69	6,01	8,498	2,569
172 Z 15	3,73	4,76	172	65	60	1,5	221,1	38,6	25,44	6,09	6,78	2,83	8,69	6,00	9,517	2,739
172 Z 16	3,98	5,06	172	65	60	1,6	235,2	41,0	27,07	6,46	6,77	2,83	8,69	6,00	10,547	2,908
172 Z 18	4,45	5,67	172	65	60	1,8	263,1	45,6	30,29	7,20	6,76	2,81	8,69	5,99	12,603	3,239
172 Z 20	4,93	6,28	172	65	60	2,0	290,8	50,1	33,47	7,92	6,75	2,80	8,69	5,98	14,606	3,564
172 Z 23	5,63	7,17	172	65	60	2,3	331,7	56,6	38,18	8,97	6,74	2,78	8,69	5,96	17,460	4,038
172 Z 25	6,09	7,76	172	65	60	2,5	358,6	60,8	41,28	9,66	6,73	2,77	8,69	5,95	19,271	4,346
202 Z 14	3,82	4,87	202	65	60	1,4	301,0	36,3	29,53	5,70	7,82	2,71	10,19	6,00	10,072	2,567
202 Z 15	4,09	5,21	202	65	60	1,5	321,7	38,6	31,56	6,08	7,82	2,71	10,19	6,00	11,310	2,737
202 Z 16	4,35	5,54	202	65	60	1,6	342,4	41,0	33,58	6,46	7,81	2,70	10,19	5,99	12,559	2,905
202 Z 18	4,88	6,21	202	65	60	1,8	383,3	45,6	37,60	7,19	7,80	2,69	10,19	5,98	15,051	3,236
202 Z 20	5,40	6,88	202	65	60	2,0	423,8	50,1	41,57	7,91	7,79	2,68	10,19	5,97	17,486	3,560
202 Z 23	6,17	7,86	202	65	60	2,3	483,8	56,6	47,45	8,96	7,78	2,68	10,19	5,96	20,984	4,034
202 Z 27	7,19	9,16	202	65	60	2,7	562,3	64,9	55,16	10,32	7,76	2,64	10,19	5,94	25,403	4,642

POSOUZENÍ VAZNIČKY 202 Z 23

Budeme uvažovat pouze nejhorší zatěžovací situaci:

$$g_{sd} = 1,94 * 1,875 + 0,062 = 3,7 \text{ kN/m}$$

Rozdělení sil do dvou rovin:

Sklon střechy je 7° .

$$g_{sdx} = 3,7 * \cos 7 = 3,67 \text{ kN/m}$$

$$g_{sdy} = 3,7 * \sin 7 = 0,45 \text{ kN/m}$$

$$M_{edx} = 1/8 * g_{sdx} * l^2 \quad (13)$$

$$M_{edx} = 1/8 * 3,67 * 6^2 = 16,515 \text{ kNm}$$

$$M_{edx} < M_{cx} \quad (14)$$

$$16,515 < 20,98 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje – využití 78,7 \%}$$

$$M_{edy} = 1/8 * g_{sdy} * l^2 \quad (15)$$

$$M_{edy} = 1/8 * 0,45 * 6^2 = 2,02 \text{ kNm}$$

$$M_{edy} < M_{cy} \quad (16)$$

$$2,02 < 4,03 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje – využití 50\%}$$

Závěr: Střešní vaznička 202 Z 23 vyhovuje v obou rovinách.

3 ZATĚŽOVACÍ STAVY PRO RÁM BĚŽNÉHO POLE

Pro vytvoření 3D modelu je nejprve nutné znát zatěžovací stavy rámu haly. Model uvažuje zatěžovací šířku 6 m. Pro každý zatěžovací stav bude vytvořen model zatížení vazničky daným zatížením a poté bude vytvořen model zatěžovacího stavu. Při výpočtech reakcí od vazniček bude využíváno prostého nosníku, který bude použit na vazničku s běžnou zatěžovací šířkou 1,5 m (1,875 m s vlivem spojitosti) a krajní vazničku se zatěžovací šířkou 1,275 m (1,63 m s vlivem spojitosti).

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAV 1: VLASTNÍ TÍHA

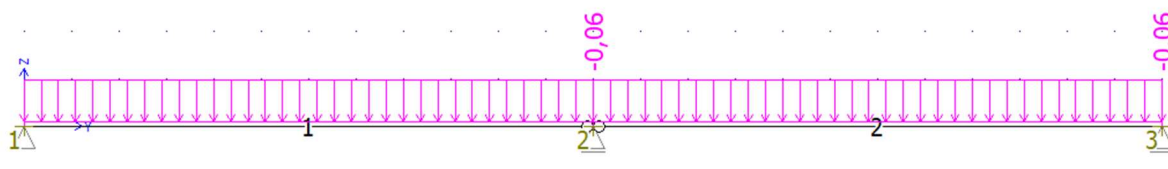
Vlastní tíha bude zadána ve vlastním modelu rámu v programu FIN EC.

Návrh příčle - IPE 500, návrh sloupu - HEB 300.

Vlastní tíha vazniček dle předchozího návrhu činní 0,062 kN/m.

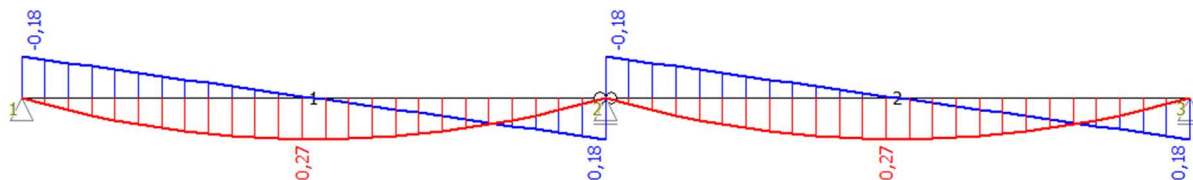
$$g_k = 0,062 \text{ kN/m}$$

Zatížení od vazničky:



Obrázek 3.1.1.: Zatížení od vazničky

Charakteristické vnitřní účinky od vlastní tíhy vazničky:



Obrázek 3.1.2.: Vnitřní účinky od vlastní tíhy vazničky

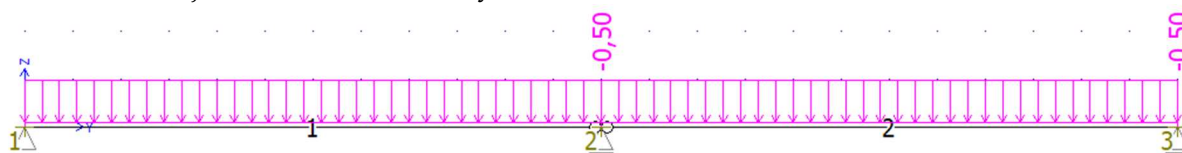
3.2 ZATĚŽOVACÍ STAV 2: STÁLÉ ZATÍŽENÍ OD OPLÁŠTĚNÍ

A) ZATÍŽENÍ OD STŘECHY

$$g_{k1} = 1,875 * 0,307 = 0,575 \text{ kN/m}$$

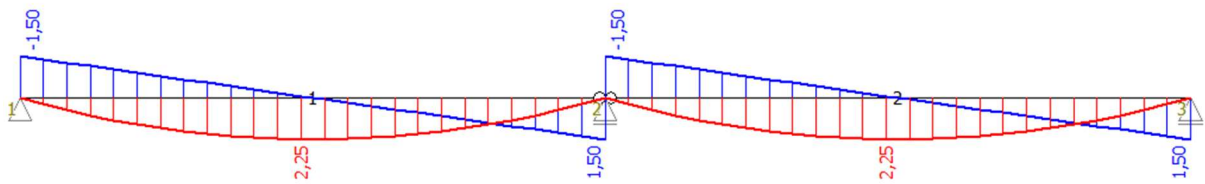
$$g_{k2} = 1,63 * 0,307 = 0,5 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od střechy:



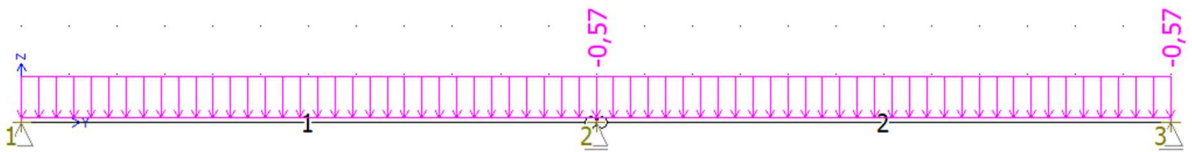
Obrázek 3.2.1.: Zatížení od střechy na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení střechy na krajní vazničku:



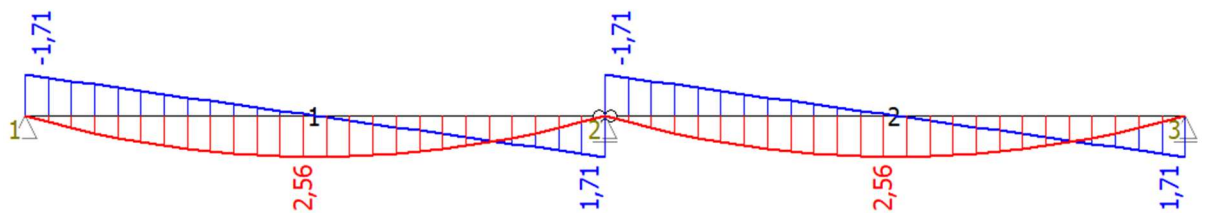
Obrázek 3.2.2.: Vnitřní účinky od zatížení střechy na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od střechy:



Obrázek 3.2.3.: Zatížení od střechy na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení střechy na běžnou vazničku:

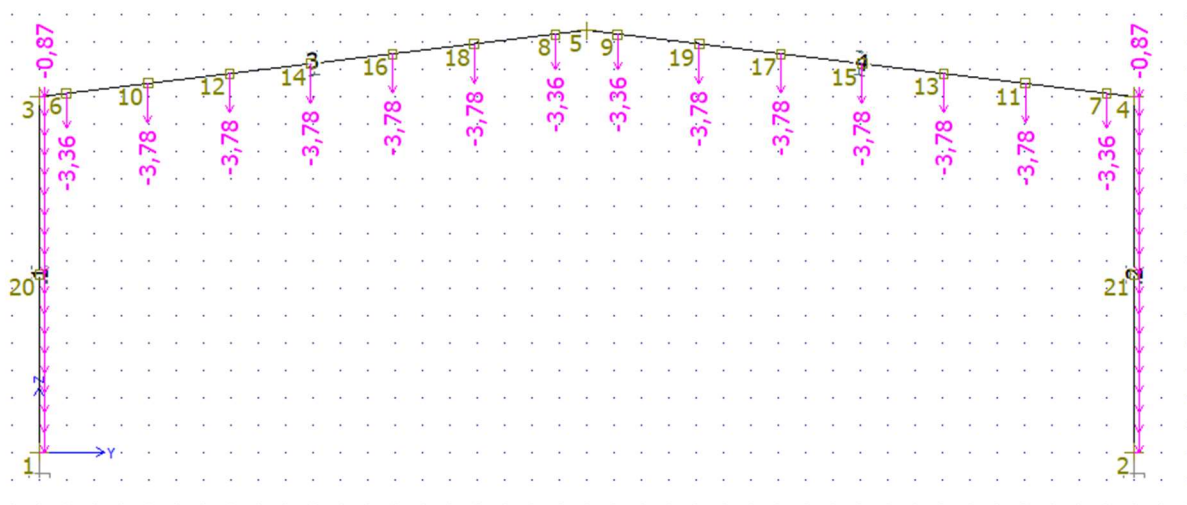


Obrázek 3.2.4.: Vnitřní účinky od zatížení střechy na běžnou vazničku

ZATÍŽENÍ OD PLÁŠTĚ STĚNY

$$g_{k1} = 6 * 0,145 = 0,87 \text{ kN/m}$$

Zadané síly do výpočetního modelu od stálého zatížení od vazniček, střechy a opláštění stěn:



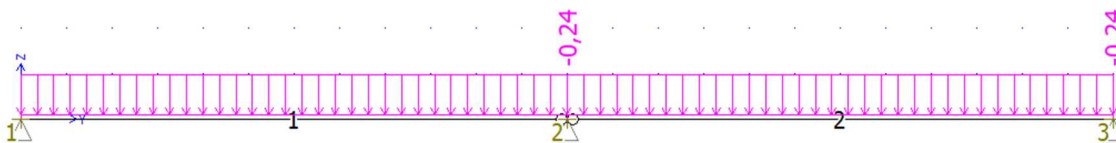
Obrázek 3.2.5.: Zatížení od stálého zatížení

3.3 ZATĚŽOVACÍ STAV 3: TECHNOLOGIE

$$g_{k1} = 1,875 \cdot 0,15 = 0,281 \text{ kN/m}$$

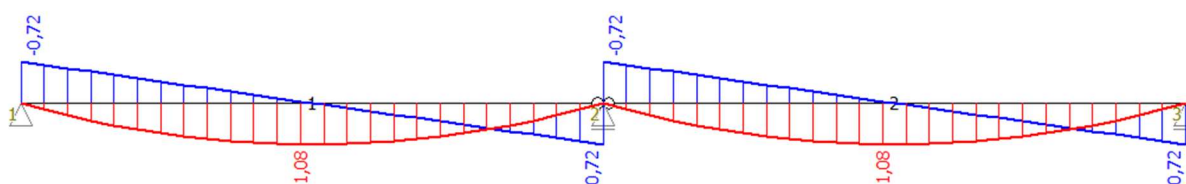
$$g_{k2} = 1,63 \cdot 0,15 = 0,245 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od technologie:



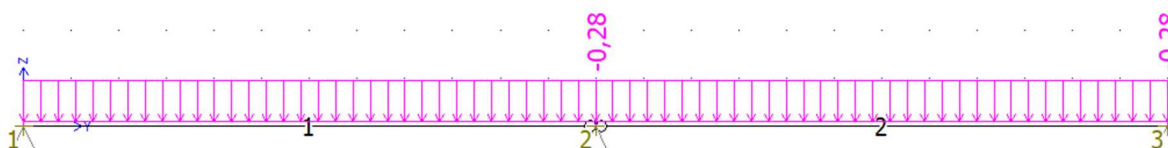
Obrázek 3.3.1.: Zatížení od technologie na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení technologie na krajní vazničku:



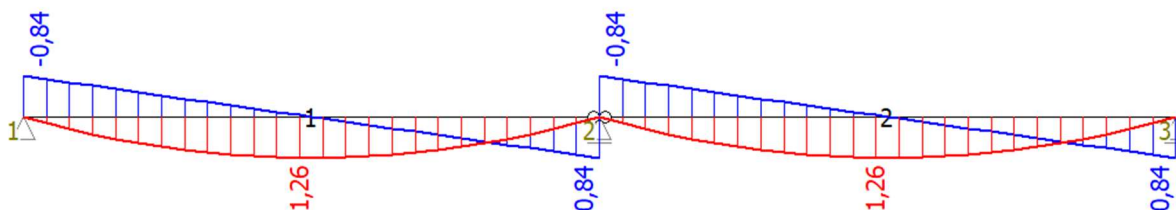
Obrázek 3.3.2.: Vnitřní účinky od zatížení technologie na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od technologie:



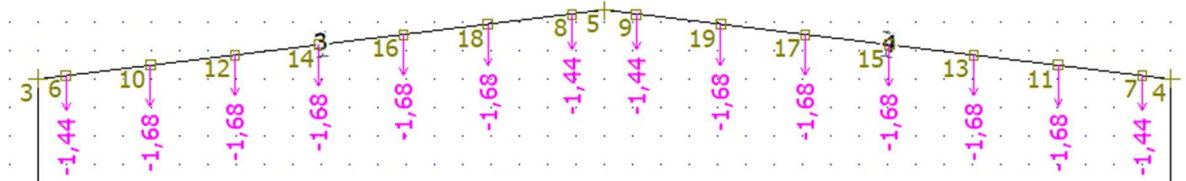
Obrázek 3.3.3.: Zatížení od technologie na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení technologie na běžnou vazničku:



Obrázek 3.3.4.: Vnitřní účinky od zatížení technologie na běžnou vazničku

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



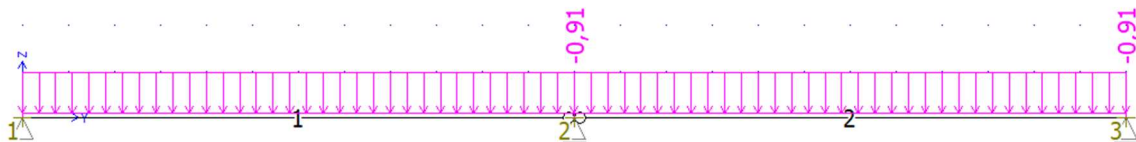
Obrázek 3.3.5.: Zatížení od technologie

3.4 ZATĚŽOVACÍ STAV 4: SNÍH 100%

$$g_{k1} = 1,875 * 0,56 = 1,05 \text{ kN/m}$$

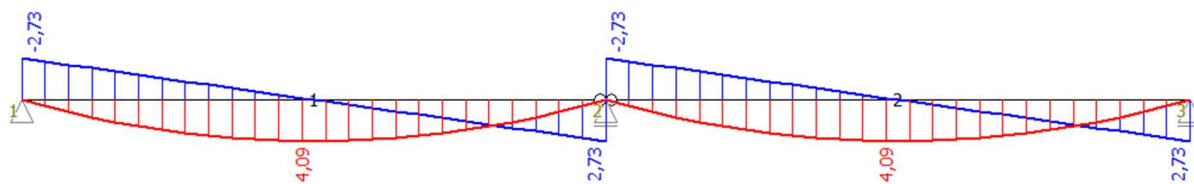
$$g_{k2} = 1,63 * 0,56 = 0,913 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od sněhu:



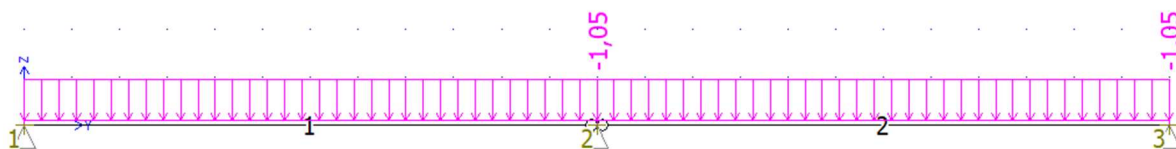
Obrázek 3.4.1.: Zatížení od sněhu na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení sněhu na krajní vazničku:



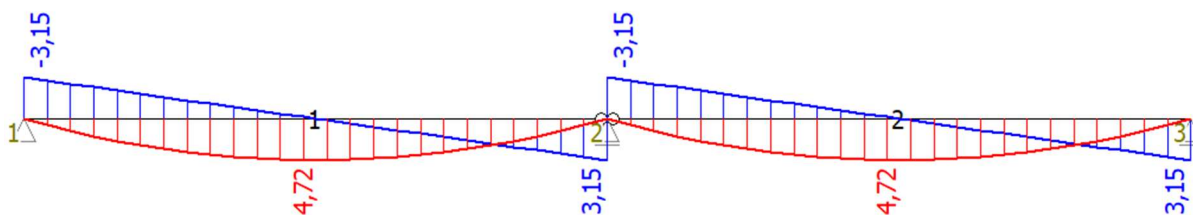
Obrázek 3.4.2.: Vnitřní účinky od zatížení sněhu na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od sněhu:



Obrázek 3.4.3.: Zatížení od sněhu na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení sněhu na běžnou vazničku:



Obrázek 3.4.4.: Vnitřní účinky od zatížení sněhu na běžnou vazničku

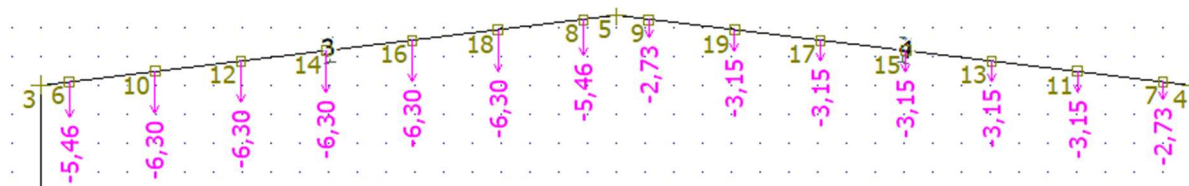
Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



Obrázek 3.4.5.: Zatížení od sněhu 100 %

3.5 ZATĚŽOVACÍ STAV 5: SNÍH 100 % / 50 %

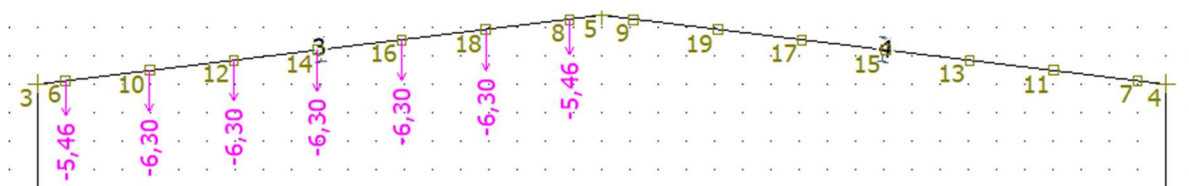
Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



Obrázek 3.5.1.: Zatížení od sněhu 100 % a 50%

3.6 ZATĚŽOVACÍ STAV 6: SNÍH 100 % / 0 %

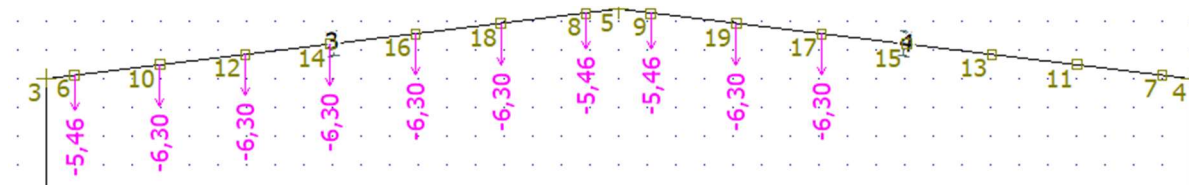
Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



Obrázek 3.6.1.: Zatížení od sněhu 100 % / 0%

3.7 ZATĚŽOVACÍ STAV 7: SNÍH 100 % / 100 % (POUZE NA ČÁSTI)

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



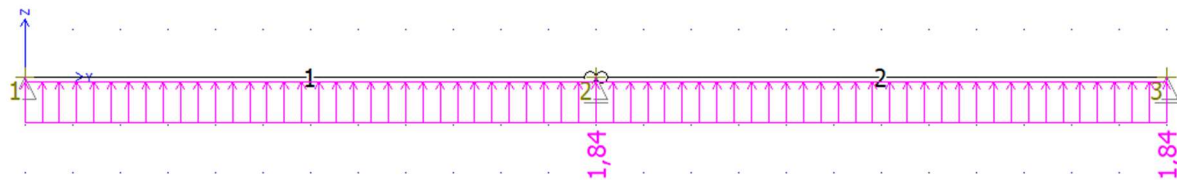
Obrázek 3.7.1.: Zatížení od sněhu 100 % / 100 % jen na části

3.8 ZATĚŽOVACÍ STAV 8: VÍTR SÁNÍ - PŘÍČNÝ - STŘEŠNÍ ROVINA

$$g_{k1} = 1,875 * 1,13 = 2,12 \text{ kN/m}$$

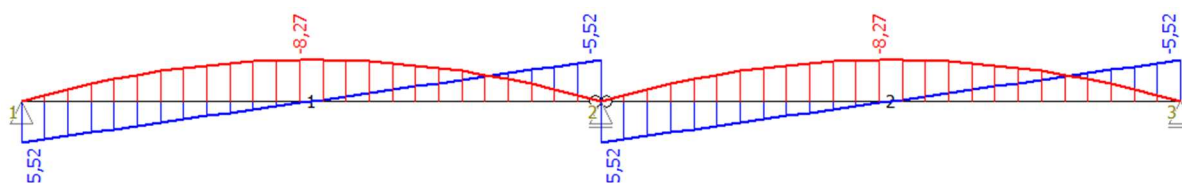
$$g_{k2} = 1,63 * 1,13 = 1,842 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od příčného větru:



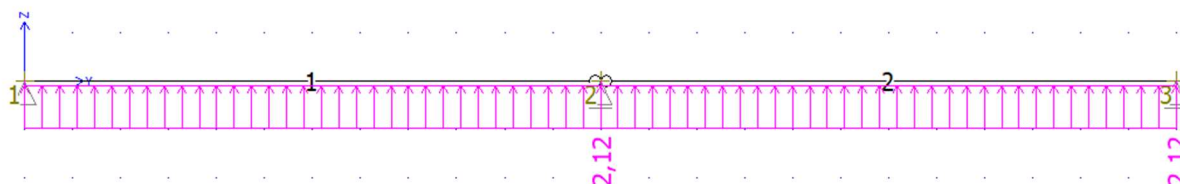
Obrázek 3.8.1.: Zatížení od příčného větru na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru na krajní vazničku:



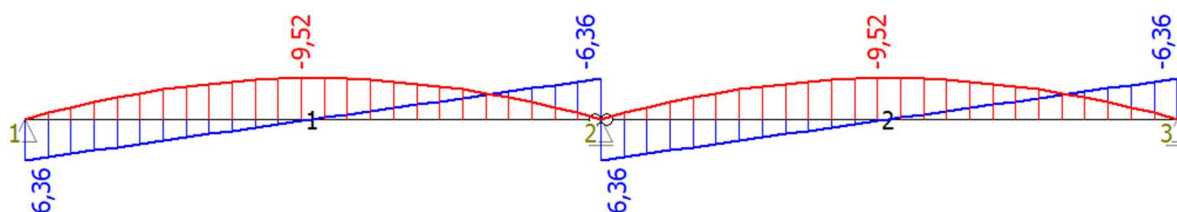
Obrázek 3.8.2.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od příčného větru:



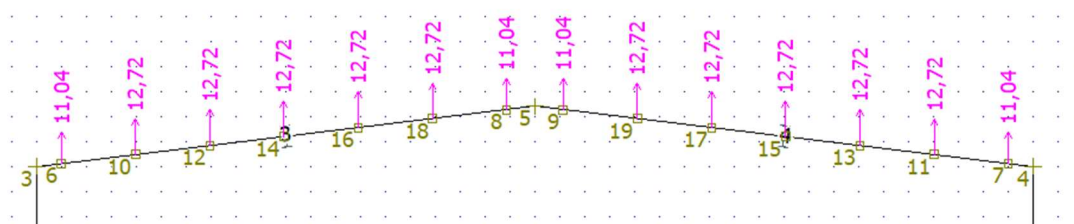
Obrázek 3.8.3.: Zatížení od příčného větru na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru na běžnou vazničku:



Obrázek 3.8.4.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru na běžnou vazničku

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



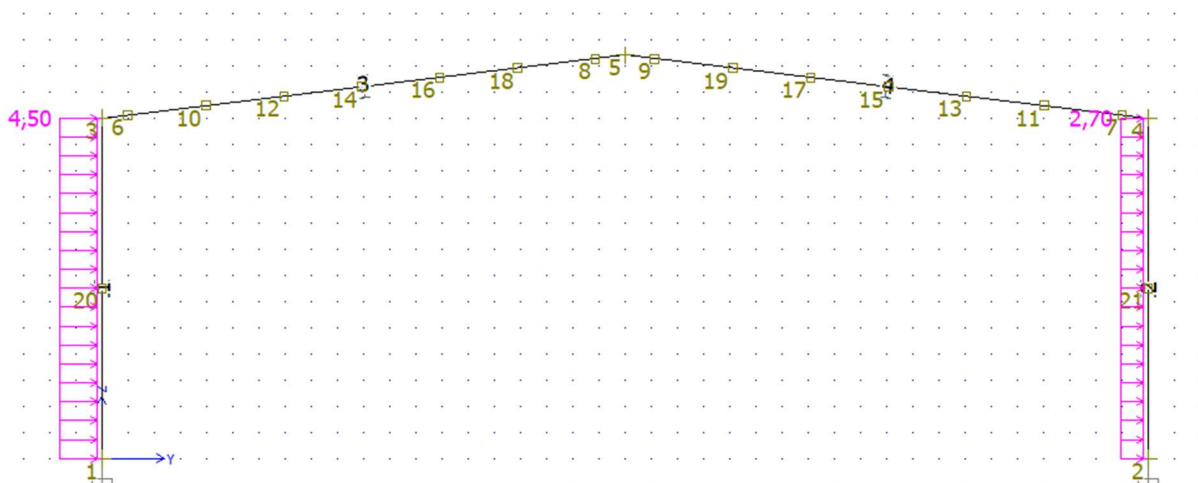
Obrázek 3.8.5.: Zatížení od příčného větru

3.9 ZATĚŽOVACÍ STAV 9: VÍTR - TLAK A SÁNÍ STĚNY

$$g_{k1,sání} = 6 * 0,75 = 4,5 \text{ kN/m}$$

$$g_{k1,tlak} = 6 * 0,45 = 2,7 \text{ kN/m}$$

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



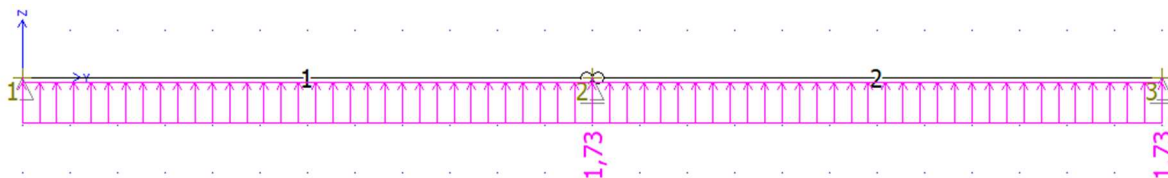
Obrázek 3.9.1.: Zatížení od větru na stěny

3.10 ZATĚŽOVACÍ STAV 10: VÍTR SÁNÍ - PODÉLNÝ - STŘEŠNÍ ROVINA

$$g_{k1} = 1,875 * 1,06 = 1,987 \text{ kN/m}$$

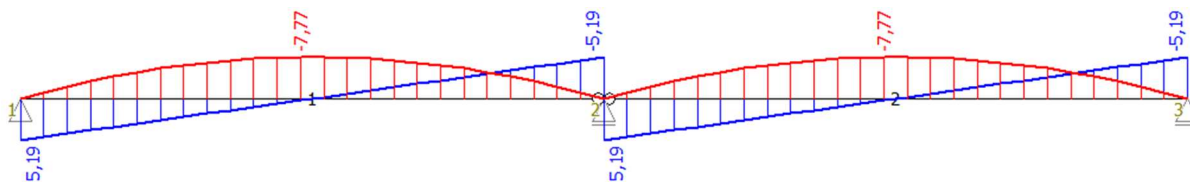
$$g_{k2} = 1,63 * 1,06 = 1,73 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od podélného větru:



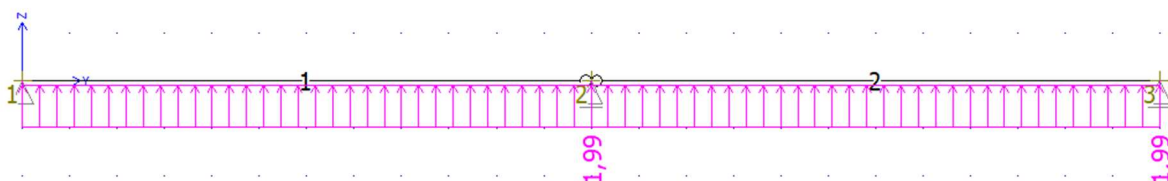
Obrázek 3.10.1.: Zatížení od podélného větru na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru na krajní vazničku:



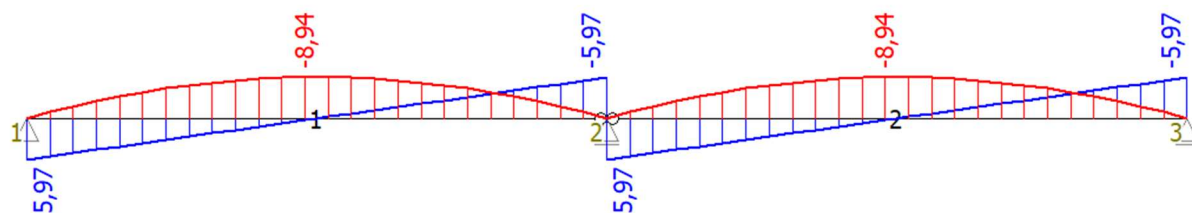
Obrázek 3.10.2.: Vnitřní účinky od zatížení podélného větru na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od podélného větru:



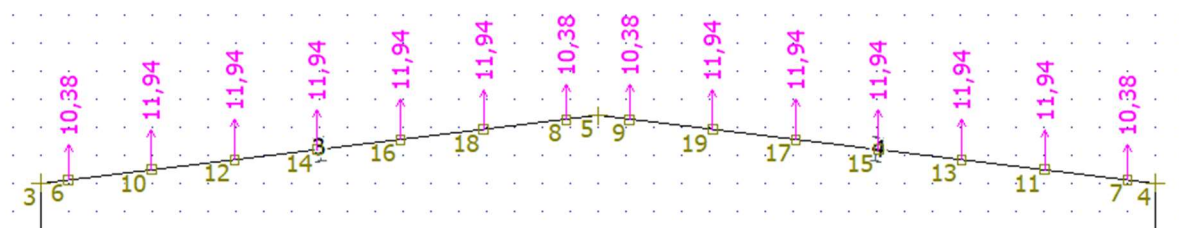
Obrázek 3.10.3.: Zatížení od podélného větru na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru na běžnou vazničku:



Obrázek 3.10.4.: Vnitřní účinky od zatížení podélného větru na běžnou vazničku

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



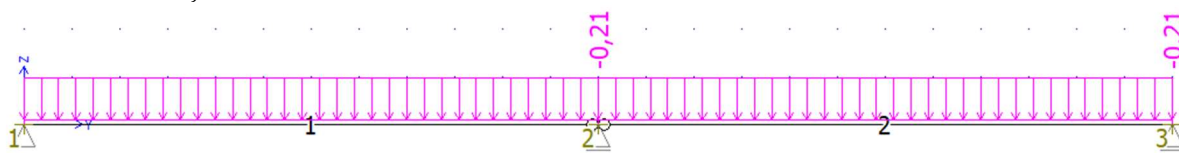
Obrázek 3.10.5.: Zatížení od podélného větru

3.11 ZATĚŽOVACÍ STAV 11: VÍTR SÁNÍ A TLAK-STŘEŠNÍ ROVINA-PŘÍČNÝ

$$g_{k1} = 1,875 * 0,13 = 0,243 \text{ kN/m}$$

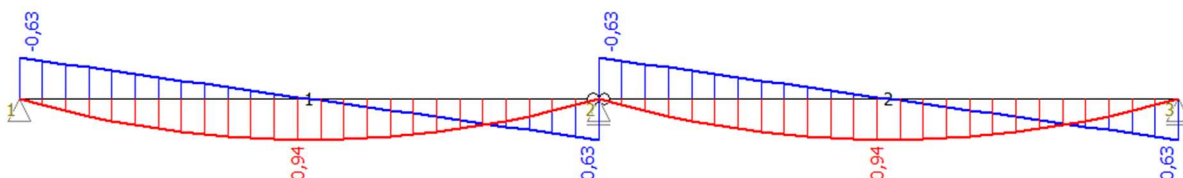
$$g_{k2} = 1,63 * 0,13 = 0,212 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od větru - tlak:



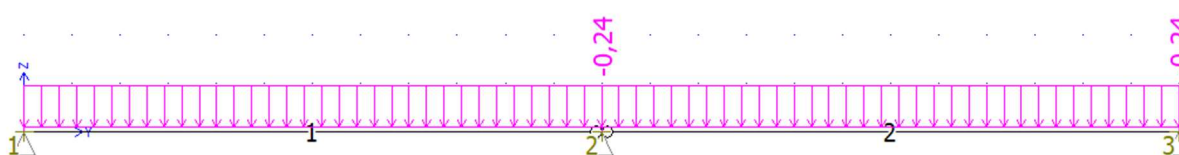
Obrázek 3.11.1.: Zatížení od větru - tlak na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru - tlak na krajní vazničku:



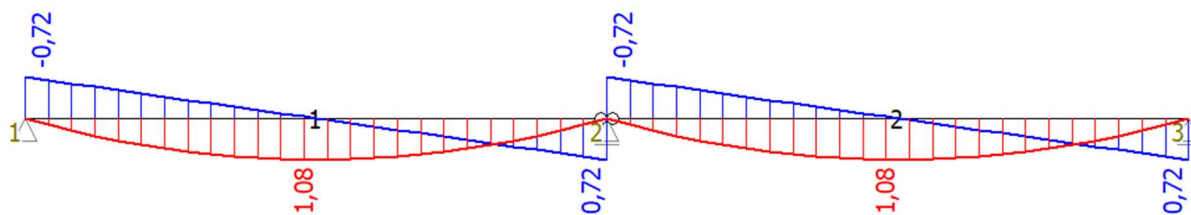
Obrázek 3.11.2.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru - tlak na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od větru - tlak:



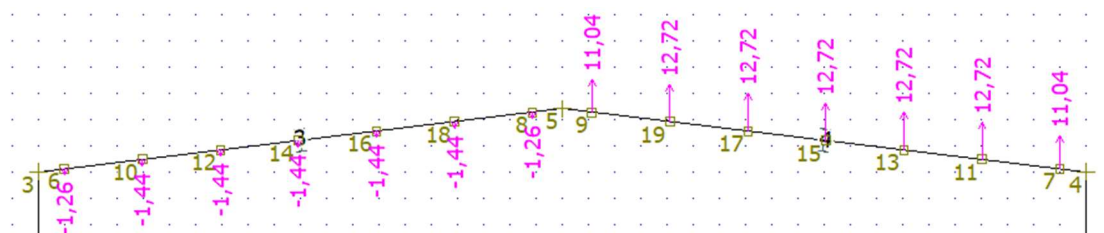
Obrázek 3.11.3.: Zatížení od větru - tlak na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od zatížení příčného větru – tlak na běžnou vazničku:



Obrázek 3.11.4.: Vnitřní účinky od zatížení příčného větru – tlak na běžnou vazničku

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:



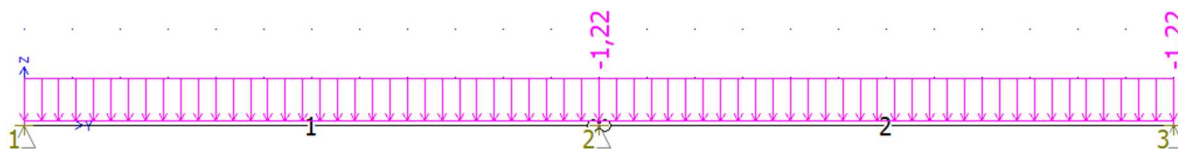
Obrázek 3.11.5.: Zatížení od příčného větru sání a tlaku

3.12 ZATĚŽOVACÍ STAV 12: OBČASNÉ UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

$$g_{k1} = 1,875 * 0,75 = 1,4 \text{ kN/m}$$

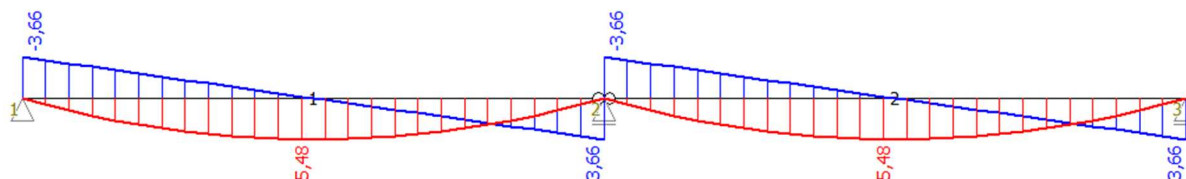
$$g_{k2} = 1,63 * 0,75 = 1,223 \text{ kN/m}$$

Zatížení na krajní vazničku od užitého zatížení:



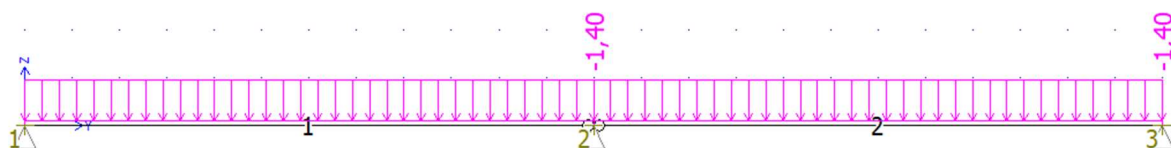
Obrázek 3.12.1.: Zatížení od užitého zatížení na krajní vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od užitého zatížení na krajní vazničku:



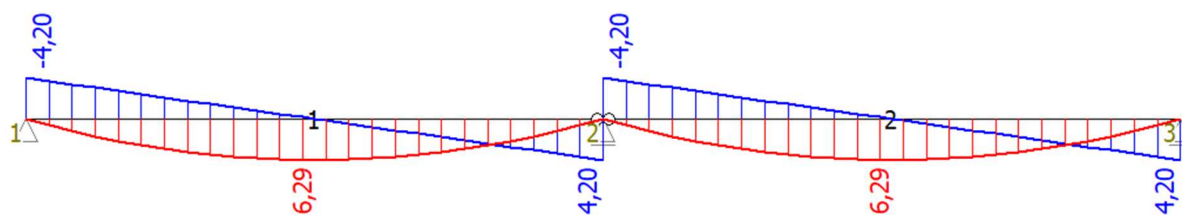
Obrázek 3.12.2.: Vnitřní účinky od užitého zatížení na krajní vazničku

Zatížení na běžnou vazničku od užitého zatížení:



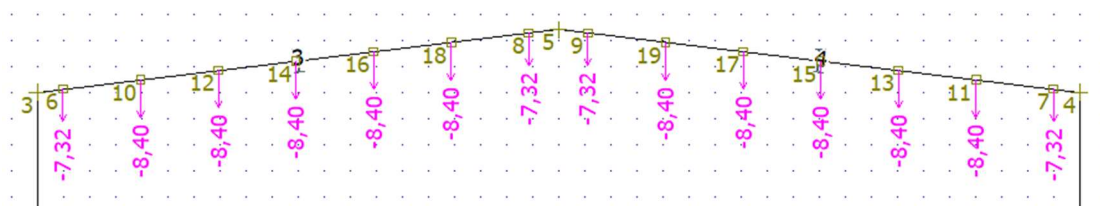
Obrázek 3.12.3.: Zatížení od užitého zatížení na běžnou vazničku

Charakteristické vnitřní účinky od užitého zatížení na běžnou vazničku:



Obrázek 3.12.4.: Vnitřní účinky od užitého zatížení na běžnou vazničku

Zadané zatížení ve výpočetním modelu na rám ocelové haly:

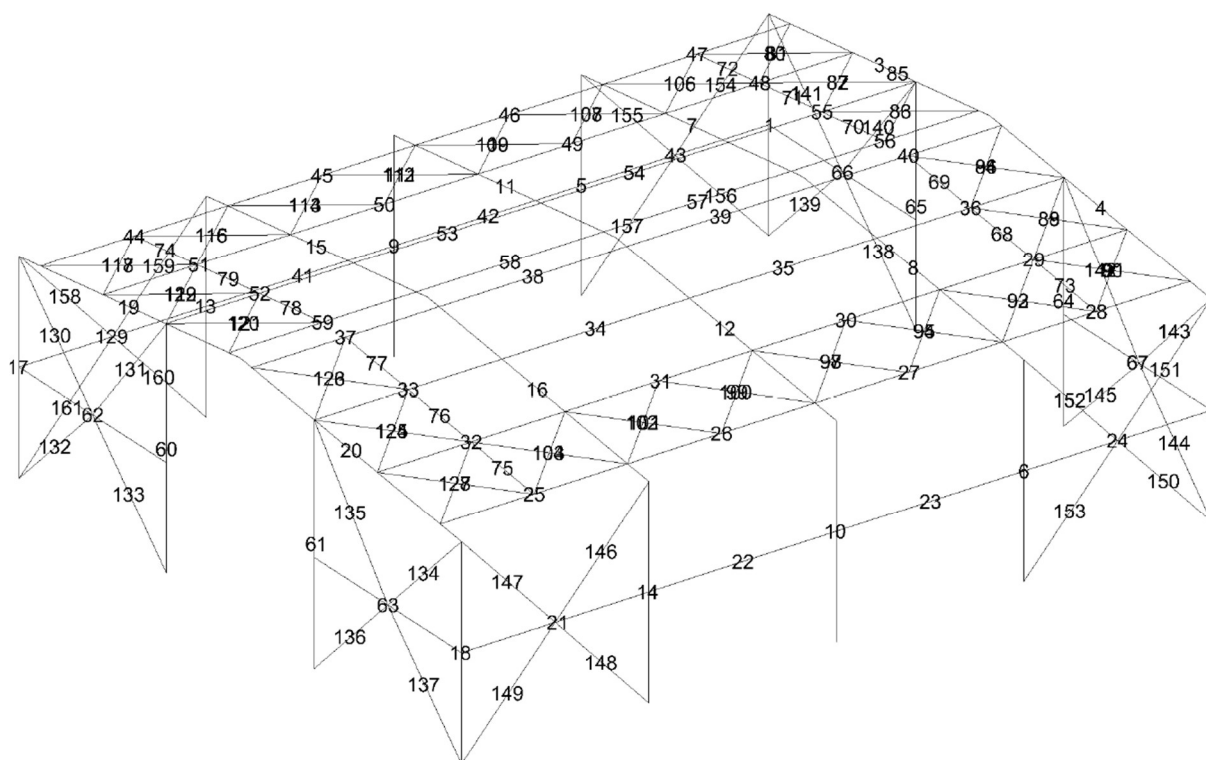


Obrázek 3.12.5.: Užité zatížení

4 VNITŘNÍ ÚČINKY - 3D MODEL

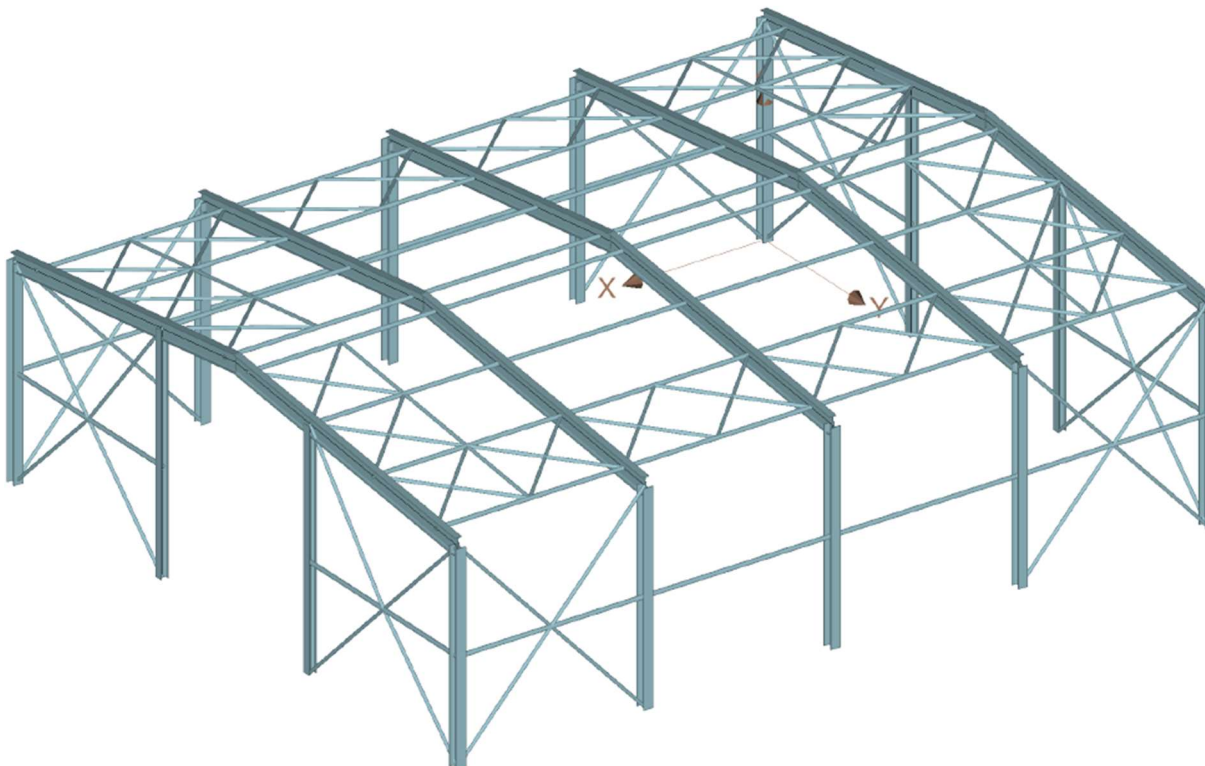
Pro zjištění vnitřních sil na konstrukci haly byl vytvořen 3D model v programu FIN 3D, který je zatížený dle kapitoly 3. Hlavní nosnou konstrukci tvoří příčle - IPE 500 a sloup HEB 300, rám je uvažovaný jako vetknutý do základových patek. Spoje prvků jsou tuhé. Zavětrování haly je vytvořeno tak, aby konstrukce vyhovovala vlastním tvarům konstrukce - frekvence více jak 3 Hz a také lineární stabilitě. Zavětrování je tvořeno kruhovými dutými trubkami průměru 102x5 a 133x5. Zavětrování haly je řešené při okraji střešní roviny a v rozích stěn. V konstrukci střechy a stěn jsou navrženy trubky pro zkrácení vzpěrných délek a vyřešení klopení prvků.

Číslování styčníků:



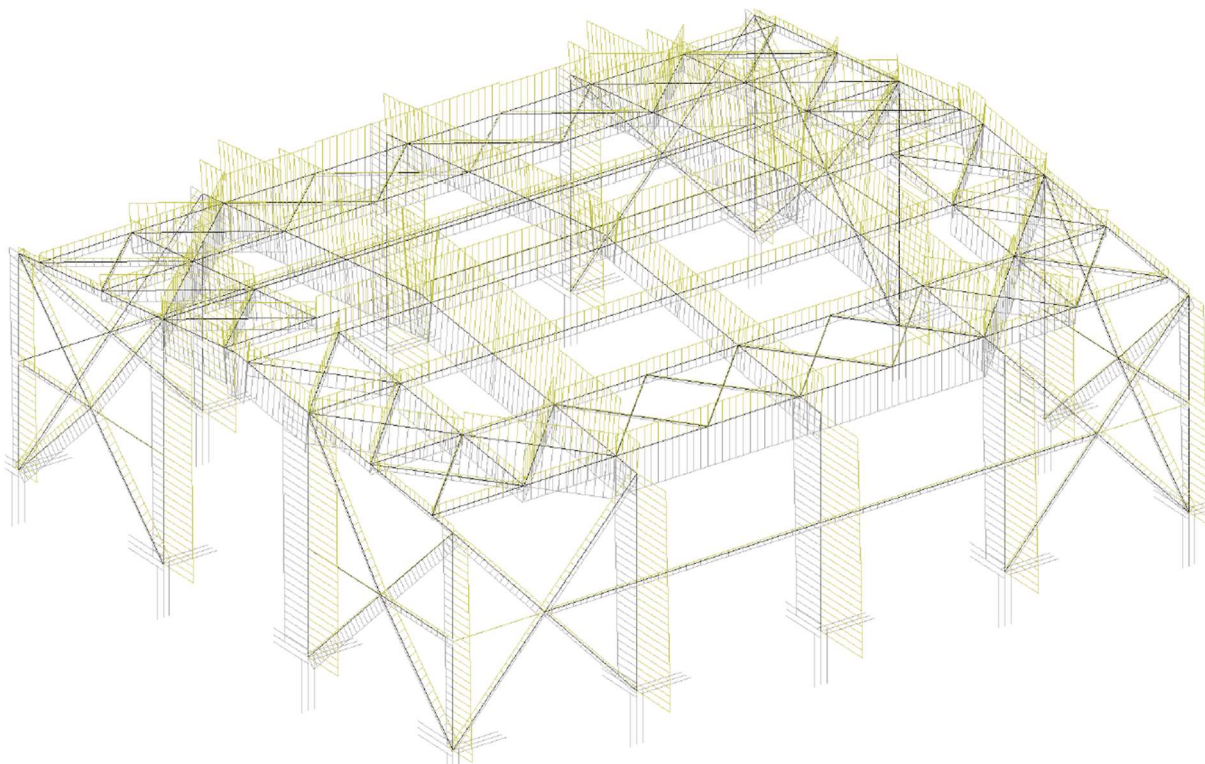
Obrázek 4.1.: Schéma číslování styčníků

Model haly - průřezy:



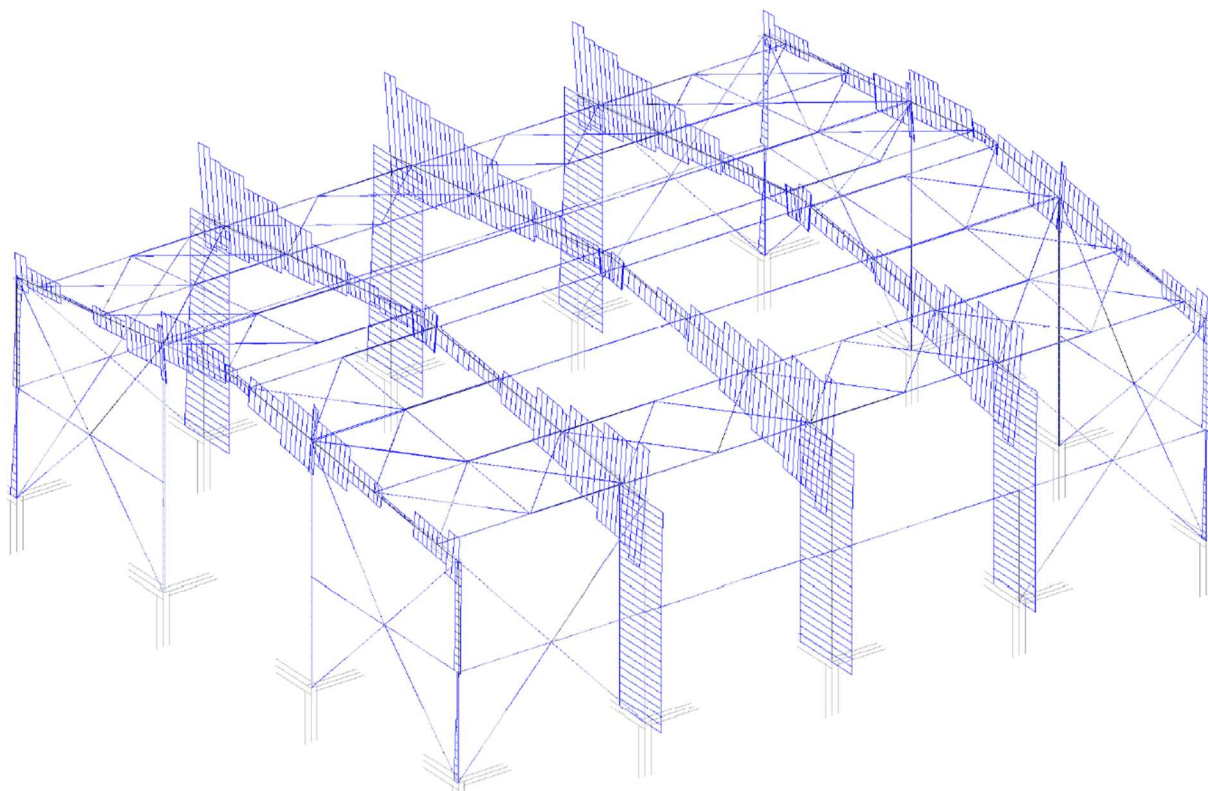
Obrázek 4.2.: Průřezy konstrukce haly

Vnitřní účinky - normálové síly [kN]:



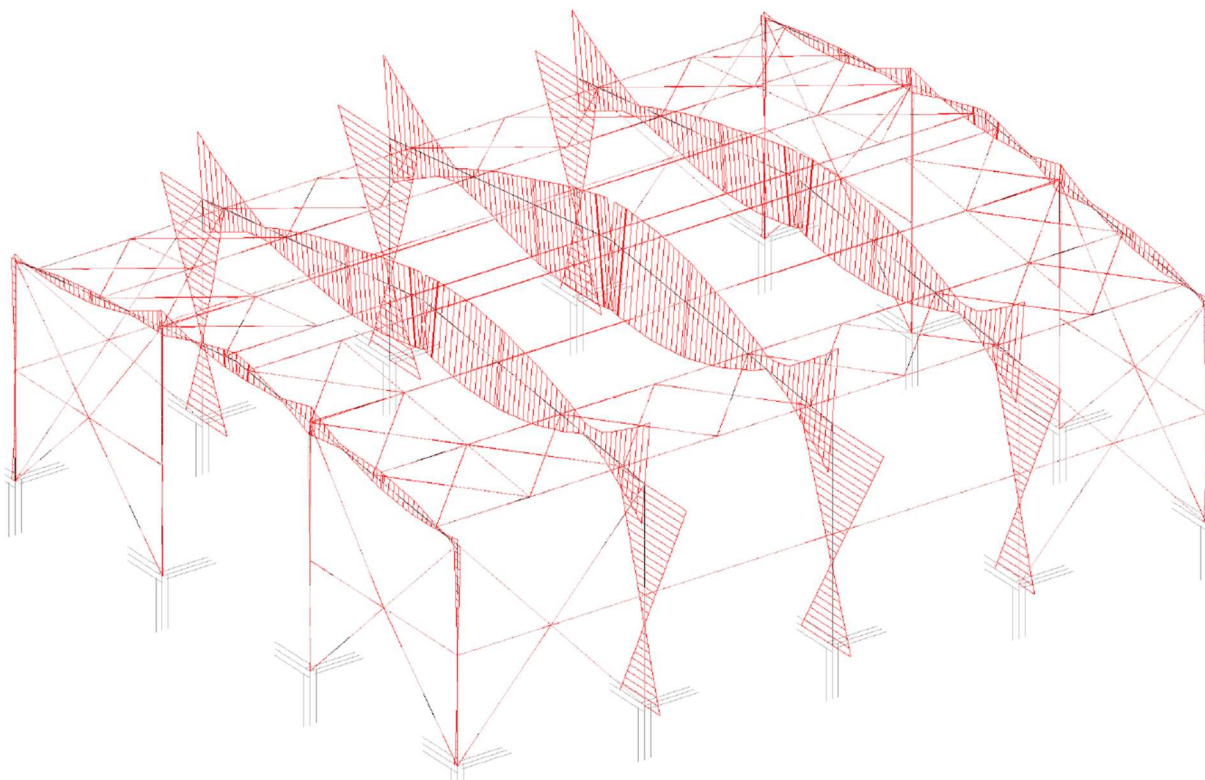
Obrázek 4.3.: Normálové síly na konstrukci haly

Vnitřní účinky - posouvající síly [kN]:



Obrázek 4.4.: Posouvající síly na konstrukci haly

Vnitřní účinky - ohybové momenty [kNm]:



Obrázek 4.5.: Ohybové momenty na konstrukci haly

5 POSOUZENÍ OCELOVÝCH PRVKŮ DLE ČSN EN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV

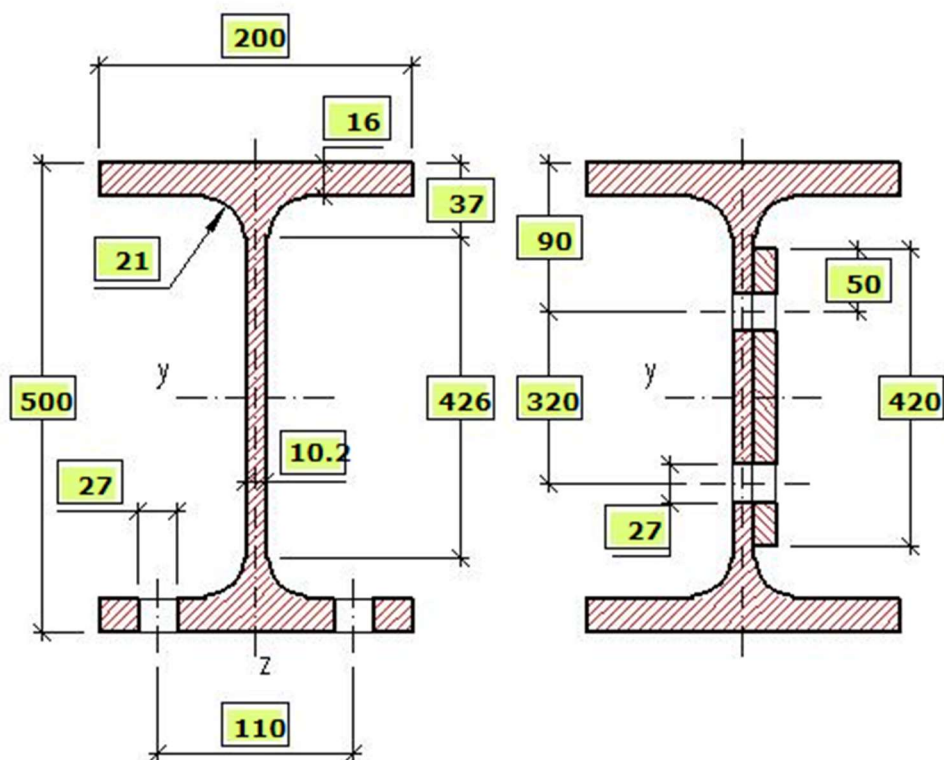
V této části je použita pro návrh a posouzení prvků metoda mezních stavů s využitím dílčích součinitelů. Výsledné posouzení závisí na působících účincích na prvek a únosnosti daného prvku. Je posuzováno, zda je únosnost prvku schopna vynést návrhové hodnoty účinku zatížení či kombinace zatížení. Pro každý prvek je proveden výpočet dle normy ČSN 1993. Výpočet je sestaven pro každý prvek individuálně, jelikož každý prvek je namáhaný jinak.

5.1 POSOUZENÍ PŘÍČLE - IPE 500

Posouzení příčle bude provedeno pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku. Po celé délce příčle jsou navrženy trubky pro zkrácení vzpěrných délek, které budou využity do výpočtu štíhlostí. Materiálově je příčel navržena profilem IPE 500 z oceli s mezí kluzu 235 MPa.

Výpočet proběhne pro dva různé stavy:

- Ztráta stability vlivem klopení
- Ztráta stability bez klopení



Obrázek 5.1.1.: Geometrie průřezu IPE 500 [7]

Tabulka 5.1.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky IPE 500 [7]

$A = 11\,600\text{ mm}^2$	$I_t = 893 \cdot 10^3\text{ mm}^4$
$m = 90,7\text{ kg/m}$	$I_w = 1250 \cdot 10^9\text{ mm}^6$
$A_{v,z} = 5\,990\text{ mm}^2$	$i_y = 204\text{ mm}$
$I_y = 482 \cdot 10^6\text{ mm}^4$	$i_z = 43,1\text{ mm}$
$W_{pl,y} = 2,19 \cdot 10^6\text{ mm}^3$	$E = 210\,000\text{ MPa}$
$W_{el,y} = 1,93 \cdot 10^6\text{ mm}^3$	$G = 81\,000\text{ MPa}$
$I_z = 21,4 \cdot 10^6\text{ mm}^4$	

Zatřídění dle EN pro S 235

- Ohyb - třída 1
- Tlak - třída 3

A) VNITŘNÍ SÍLY

Nejvíce namáhaná příčel - dílec č. 11 a 12 - kombinace 2: Q12 : G1 + G2 + G3

Tabulka 5.1.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy

Vnitřní síly	Hodnota	Umístění
Normálová síla	108,676 kN	Rámový roh
Posouvající síla	143,72 kN	Rámový roh
Ohybový moment	369,660 kNm	Rámový roh

ZATŘÍDĚNÍ PRO NAMÁHÁNÍ TLAKEM A OHYBEM

$$c = 426\text{ mm}$$

$$z = \frac{N_{sd}}{t_s \cdot f_{yd}} = \frac{108\,676}{10,2 \cdot 235} = 45,33\text{ mm} \quad (17)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{235}{1} = 235\text{ MPa} \quad (18)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = 1 \quad (19)$$

$$\alpha_c = \frac{c+z}{2} = \frac{426 + 45,33}{2} = 235,7\text{ mm} \quad \alpha > 0,5 \quad (20)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_c}{c} = \frac{235,7}{426} = 0,554 \quad 0,554 > 0,5 \quad (21)$$

Štíhlost stojny:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} \quad (22)$$

$$\frac{426}{10,2} \leq \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,554 - 1}$$

$$41,76 \leq 63,85 \quad \text{— třída 1}$$

Štíhlost pásnice:

$$\frac{c}{t_p} \leq 9 * \varepsilon \quad (23)$$

$$c = \frac{200}{2} - \frac{10,2}{2} - 21 = 73,9 \text{ mm}$$

$$\frac{73,9}{16} \leq 9$$

$$4,61 \leq 9 - \text{třída 1}$$

Závěr: Průřez je třídy 1.

SMYKOVÁ ÚNOSNOST

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M,0}} = \frac{5990(235/\sqrt{3})}{1} = 812,7 \text{ kN} \quad (24)$$

Posudek se provádí na dvojnásobek posouvající síly na rohu nebo na součet posouvajících sil v rámovém rohu.

$$V_{pl,Rd} > 2 * V_{sd} \quad 812,7 \text{ kN} > 143,72 * 2 \text{ (284,44) kN} \quad - \text{vyhovuje}$$

$$V_{pl,Rd} > V_{sd1} + V_{sd2} \quad 812,7 \text{ kN} > 143,72 + 90,78 \text{ (234,5) kN} \quad - \text{vyhovuje}$$

Závěr: Profil IPE 500 na smyk vyhovuje.

OHYB A VZPĚRNÝ TLAK

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 0,5 * l_{cel} * \beta = 20\,144 * 0,5 * 1 = 10\,072 \text{ mm} \quad (25)$$

$$L_{cr,z} = l * \beta = 2860 * 1 = 2860 \text{ mm} \quad (26)$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{10072}{204} = 49,37 \quad (27)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2860}{43,1} = 66,35 \quad (28)$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{235/f_y} = 93,9 \quad (29)$$

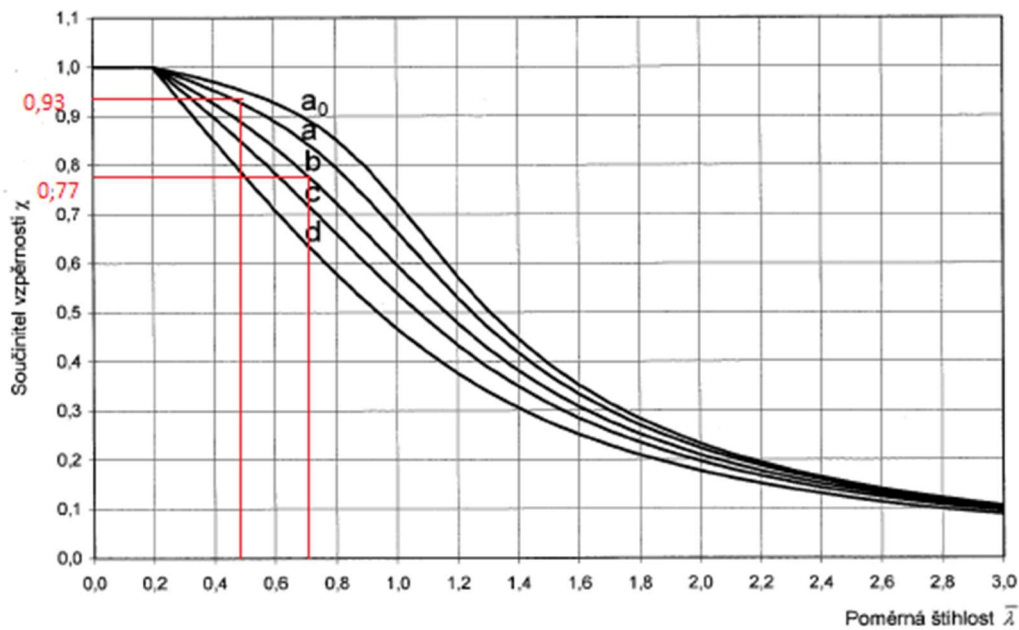
$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} * \sqrt{\beta} = \frac{49,37}{93,9} = 0,52 \quad (30)$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} * \sqrt{\beta} = \frac{66,35}{93,9} = 0,70 \quad (31)$$

Součinitele vzpěrnosti (z křivek): pro y-y a pro z-z b

$$\kappa_y = 0,93$$

$$\kappa_z = 0,77$$

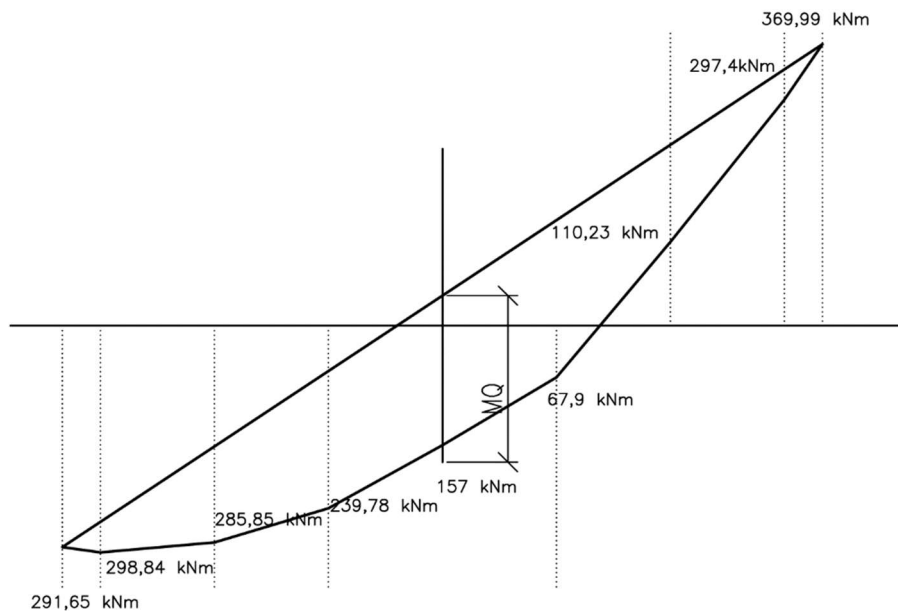


Obrázek 5.1.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5]

ZTRÁTA STABILITY BEZ KLOPENÍ

Průběh ohybových momentů na vyšetřovaném úseku v osy - y

$M_{(i)y}$ - nahradím lomenou čarou



Obrázek 5.1.3.: Průběh ohybových momentů

$$M_Q = 218,8 \text{ kNm}$$

$$\Delta M = 661,64 \text{ kNm}$$

Součinitel vlivu při klopení koncových momentů:

$$\beta_{M\psi} = 1,8 - 0,7 * \left(-\frac{M_{sd}^-}{|M_{sd}^+|} \right) = 1,8 - 0,7 * \left(-\frac{218,8}{661,64} \right) = 2,03 \quad (32)$$

Vliv příčného zatížení $\beta_Q=1,4$

$$\beta_{My} = \beta_{M\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} * (1,4 - \beta_{M\psi}) = 2,31 + \frac{218,8}{661,64} * (1,4 - 2,03) = 2,1 \quad (33)$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2 * \beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl,y} - W_{e,ly}}{W_{e,ly}} \quad (34)$$

$$\mu_y = 0,52 * (2 * 2,1 - 4) + \frac{2190 - 1930}{1930} = 0,23$$

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y * N_{sd}}{\alpha_y * A * f_y} = 1 - \frac{0,23 * 108\,676}{0,93 * 11\,600 * 235} = 0,99 \rightarrow 1 \quad (35)$$

Podmínka pro kombinaci ohyb + tlak:

$$\frac{N_{sd}}{\alpha_{min} * A * f_{yd}} + \frac{K_y * M_{y,sd}}{W_{pl,y} * f_{yd}} \leq 1 \quad (36)$$

$$\frac{108\,676}{0,77 * 11\,600 * 235} + \frac{1 * 369,66 * 10^6}{2190 * 10^3 * 235} \leq 1$$

$$0,77 \leq 1 \quad - \text{vyhovuje}$$

ZTRÁTA STABILITY Vlivem KLOPENÍ

$$L = L_0 = 2\,860 \text{ mm}$$

$K_z = 1$ součinitel koncového pootočení k ose z – pro kloubové uložení

$K_w = 1$ součinitel deplanace profilu kroucení od normálového napětí
 – není bráněno

$C_1 = 2,77$ součinitel závisící na uložení konců prvků a na zatížení

$$M_{cr} = \mu_{cr} * \frac{\pi * \sqrt{E * I_z * G * I_t}}{L} \quad (37)$$

$$M_{cr} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(L * K_z)^2} * \left[\frac{I_w}{I_z} * \left(\frac{K_z}{K_w} \right)^2 + \frac{(L * K_z)^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right]^{1/2} \quad (38)$$

$$M_{cr} = 2,77 * \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 21,4 * 10^6}{(2860 * 1)^2}$$

$$* \left[\frac{1250 * 10^9}{21,4 * 10^6} * \left(\frac{1}{1} \right) + \frac{(2860 * 1)^2 * 81000 * 893 * 10^3}{\pi^2 * 210 * 10^3 * 21,4 * 10^6} \right]^{1/2}$$

$$M_{cr} = 4024,25 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w * W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1 * 2,19 * 10^6 * 235}{1452,8 * 10^6}} = 0,35 \quad (39)$$

$$\beta_w - \text{třída 1} = 1$$

$$z \overline{\lambda_{LT}} \rightarrow \kappa_{LT} - \text{křivka pro válcované profily} - h/b > 2 \rightarrow \text{křivka b}$$

$$- \text{které přísluší součinitel imperfekce } \alpha_1 = 0,34$$

Součinitel vzpěrnosti při klopení

$$\kappa_{LT} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,74^2 - 0,59^2}} = 0,96 \quad (40)$$

$$\phi = 0,5 * \left[1 + \alpha_1 * (\overline{\lambda_{LT}} - 0,2) + \overline{\lambda_{LT}^2} \right]$$

$$\phi = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,59 - 0,2) + 0,59^2] = 0,58$$

Vliv koncových momentů

$$\beta_{M,LT} = 1,8 - 0,7 * 0 = 1,8$$

$$\mu_{LT} = 0,15 * \lambda_z * \beta_{M,LT} - 0,15 = 0,15 * 0,7 * 1,8 - 0,15 = 0,04 \quad (41)$$

Podmínka pro kombinaci ohyb + tlak + klopení:

$$K_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} * N_{sd}}{\kappa_z * A * f_{yd}} = 1 - \frac{0,04 * 108\,676}{0,7 * 11600 * 235} = 0,997 \quad (42)$$

$$\frac{N_{sd}}{\kappa_z * A * f_{yd}} + \frac{K_{LT} * M_{ysd}}{\kappa_{LT} * W_{pl,y} * f_{yd}} \leq 1 \quad (43)$$

$$\frac{108\,676}{0,77 * 11600 * 235} + \frac{0,997 * 369,99 * 10^6}{0,96 * 2190 * 10^3 * 235} \leq 1$$

$$0,79 \leq 1 \quad - \text{vyhovuje}$$

Závěr: Navržený profil IPE 500 vyhovuje pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku.

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ METODOU SBRA A ČSN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV
 JAKUB MICEK

Ověření pomocí software Ocel – FINE EC

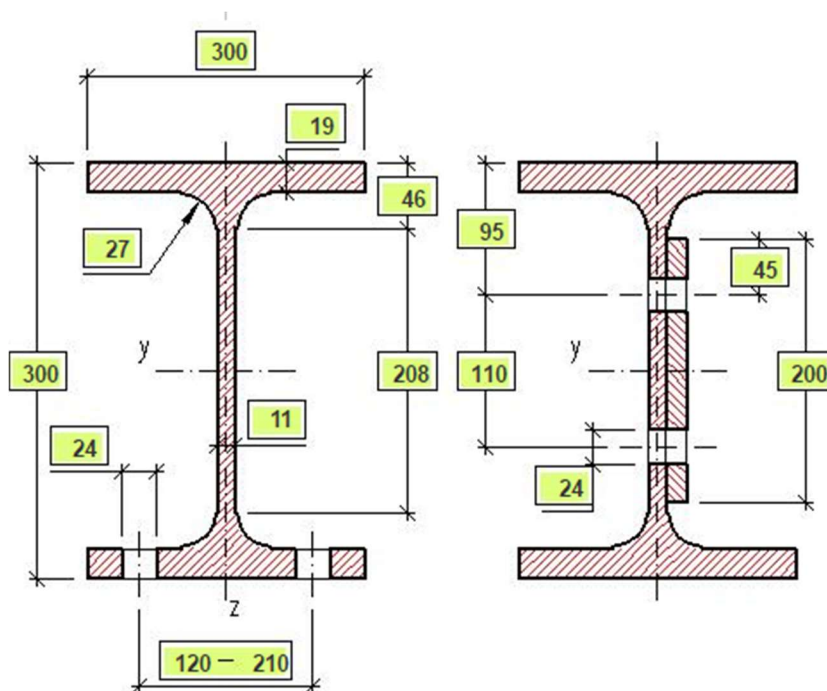
Řez X = 0,000 m (Dílec "30:DS - (7, 8), (11, 12), (15, 16)") (0,000m)	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Standardní EC</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez IPE 500 Průřezová plocha: $A = 1,155E04 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 100,0 \text{ mm}$ $z_T = 250,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 4,820E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 2,142E07 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,928E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,142E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,928E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,142E05 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 8,929E05 \text{ mm}^4$ Výsečový moment setrvačnosti: $I_{\omega} = 1,249E12 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 2,194E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,359E05 \text{ mm}^3$</p> <p>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</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Dílec č.11, 12 - Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3</p> <p>$N = -108,676 \text{ kN}$ $V_z = -143,721 \text{ kN}$ $M_y = -369,660 \text{ kNm}$ $V_y = -0,001 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_{\omega} = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 20,144 m $L_z = 2,860 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 2,860 \text{ m}$ vzpěrná křivka a $L_y = 20,144 \text{ m}$ $k_y = 0,500$ $L_{cr,y} = 10,072 \text{ m}$ vzpěrná křivka b</p>	<p>Parametry klopení Součinitele uložení konců: $k_y = 1,0$ $k_z = 1,0$ $k_w = 1,0$ $l_{z1} = 2,860 \text{ m}$ M_y: Tvar č.6 $z_p = 1,000$ $l_{y1} = 2,860 \text{ m}$ M_z: Tvar č.6 $y_p = 1,000$</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Dílec č.11, 12 - Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3; Třída průřezu: 1</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_z: $143,721 \text{ kN} < 812,056 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_y: $0,001 \text{ kN} < 755,017 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Vnitřní síly: $N = -108,676 \text{ kN}$; $M_y = -369,660 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tlaku a ohybu: Únosnosti: $N_R = -2714,250 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -515,590 \text{ kNm}$ $0,040 + 0,717 + 0,000 = 0,757 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 98,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Obrázek 5.1.4.: Posouzení přičle pomocí software Ocel

5.2 POSOUZENÍ SLOUPU - HEB 300

Posouzení sloupu bude provedeno pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku. V polovině výšky sloupu je navržena trubka pro zkrácení vzpěrné délky, která bude využita do výpočtu štíhlostí. Materiálově je sloup navržen profilem HEB 300 z oceli s mezí kluzu 235 MPa.

Výpočet proběhne pro stav ztráty stability vlivem klopení



Obrázek 5.2.1.: Geometrie průřezu HEB 300 [7]

Tabulka 5.2.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky HEB 300 [7]

$A = 14\,900\text{ mm}^2$	$I_t = 1,85 \cdot 10^6\text{ mm}^4$
$m = 117\text{ kg/m}$	$I_w = 1690 \cdot 10^9\text{ mm}^6$
$A_{v,z} = 4270\text{ mm}^2$	$i_y = 130\text{ mm}$
$I_y = 252 \cdot 10^6\text{ mm}^4$	$i_z = 75,8\text{ mm}$
$W_{pl,y} = 1,87 \cdot 10^6\text{ mm}^3$	$E = 210\,000\text{ MPa}$
$W_{el,y} = 1,68 \cdot 10^6\text{ mm}^3$	$G = 81\,000\text{ MPa}$
$I_z = 85,6 \cdot 10^6\text{ mm}^4$	

Zatřídění dle EN pro S 235

Ohyb - třída 1

Tlak - třída 1

A) VNITŘNÍ SÍLY

Nejvíce namáhaný sloup – dílec č. 9 – kombinace 2: Q12 : G1 + G2 + G3

Tabulka 5.2.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy

Vnitřní síly	Hodnota	Umístění
Normálová síla	153,877 kN	Rámový roh
Posouvající síla	90,778 kN	Rámový roh
Ohybový moment	360,323 kNm	Rámový roh

VZPĚRNÉ DÉLKY

$$L_{cr,y} = h_{cel} * \beta_y = 3\,250 * 1,2 = 3900 \text{ mm} \quad (44)$$

$$L_{cr,z} = h_{vzp} * \beta_z = 6500 * 1,2 = 7800 \text{ mm} \quad (45)$$

$$\beta_{y,z} = 1,2 - \text{dle globální analýzy rámu} - L_{cr} = h \div 2h - \text{strana bezpečnosti}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3900}{130} = 30 \quad (46)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7800}{75,8} = 102,9 \quad (47)$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{235/f_y} = 93,9 \quad (48)$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} * \sqrt{\beta_A} = \frac{30}{93,9} = 0,32 \quad (49)$$

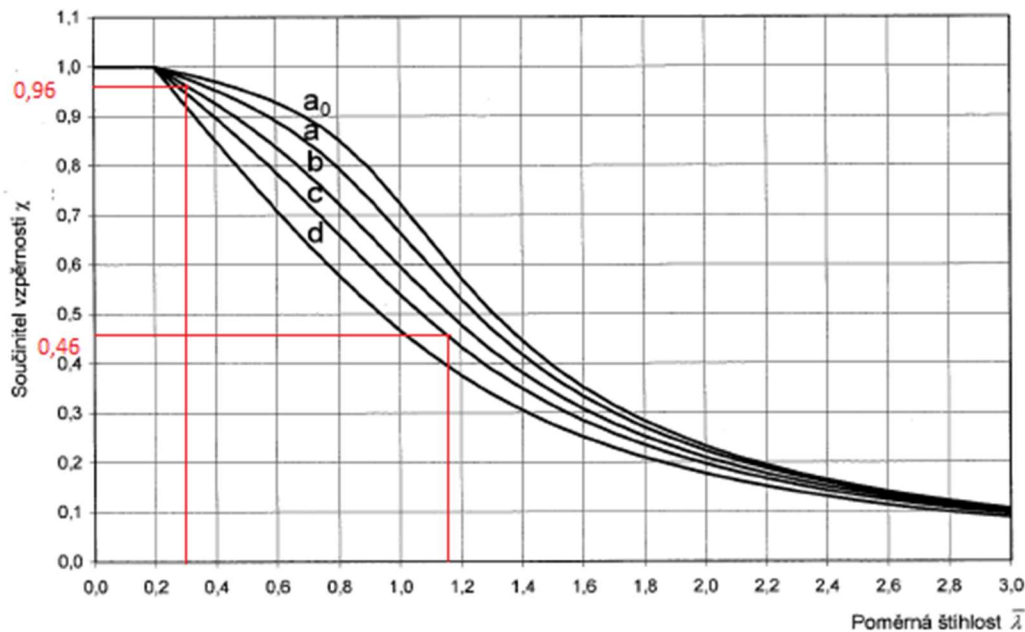
$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} * \sqrt{\beta_A} = \frac{102,9}{93,9} = 1,13 \quad (50)$$

$$\beta_A = 1 - \text{pro třídu 1}$$

Součinitele vzpěrnosti (z křivek): pro y-y b pro z-z c

$$\kappa_y = 0,96$$

$$\kappa_z = 0,46$$



Obrázek 5.2.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5]

ZTRÁTA STABILITY VLIVEM KLOPENÍ

$L = 6500 \text{ mm}$

$K_z = 0,5$... součinitel koncového pootočení k ose z – pro vetknuté uložení

$K_w = 1$... součinitel deplanace profilu kroucení od normálového napětí
 – není bráněno

C_1 ... součinitel závisící na uložení konců prvků a na zatížení

$$M_{cr} = \mu_{cr} * \frac{\pi * \sqrt{E * I_z * G * I_t}}{L} \quad (51)$$

$$M_{cr} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(L * K_z)^2} * \left[\frac{I_w}{I_z} * \left(\frac{K_z}{K_w} \right)^2 + \frac{(L * K_z)^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} \right]^{1/2} \quad (52)$$

$$M_{cr} = 1 * \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 85,6 * 10^6}{(6500 * 0,5)^2} * \left[\frac{1690 * 10^9}{85,6 * 10^6} * \left(\frac{0,5}{1} \right)^2 + \frac{(6500 * 0,5)^2 * 81000 * 1850 * 10^3}{\pi^2 * 210 * 10^3 * 85,6 * 10^6} \right]^{1/2}$$

$$M_{cr} = 16\,796\,781,89 * (4935,74 + 8921,35)^{1/2} = 1977,25 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w * W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1 * 1,87 * 10^6 * 235}{1977,25 * 10^6}} = 0,47 \quad (53)$$

β_w – třída 1 = 1

$\overline{\lambda_{LT}} \rightarrow \kappa_{LT}$ – křivka pro válcované profily – $h/b < 2 \rightarrow$ křivka a
 – které přísluší součinitel imperfekce $\alpha_1 = 0,21$

Součinitel vzpěrnosti při klopení

$$\kappa_{LT} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \overline{\lambda_{LT}}^2}} = \frac{1}{0,63 + \sqrt{0,63^2 - 0,47^2}} = 0,95 \quad (54)$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha_1 * (\overline{\lambda_{LT}} - 0,2) + \overline{\lambda_{LT}}^2] \quad (55)$$

$$\phi = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,47 - 0,2) + 0,47^2] = 0,63$$

Vliv koncových momentů

$$\beta_{M,LT} = 1,8 - 0,7 * 0,8 = 1,24$$

$$\mu_{LT} = 0,15 * \lambda_z * \beta_{M,LT} - 0,15 = 0,15 * 1,15 * 1,24 - 0,15 = 0,06$$

Podmínka pro kombinaci ohyb + tlak + klopení

$$K_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} * N_{sd}}{\kappa_z * A * f_{yd}} = 1 - \frac{0,06 * 153877}{0,46 * 14900 * 235} = 0,994 \quad (56)$$

$$\frac{N_{sd}}{\kappa_z * A * f_{yd}} + \frac{K_{LT} * M_{ysd}}{\kappa_{LT} * W_{ply} * f_{yd}} \leq 1 \quad (57)$$

$$\frac{153877}{0,46 * 14900 * 235} + \frac{0,994 * 360,323 * 10^6}{0,95 * 1870 * 10^3 * 235} \leq 1$$

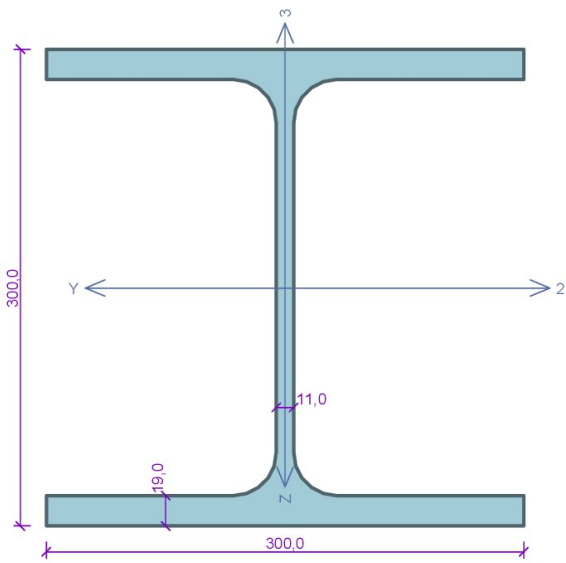
$$0,95 \leq 1 \quad - \text{vyhovuje}$$

Závěr: Navržený profil HEB 300 vyhovuje pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku.

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ METODOU SBRA A ČSN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV

JAKUB MICEK

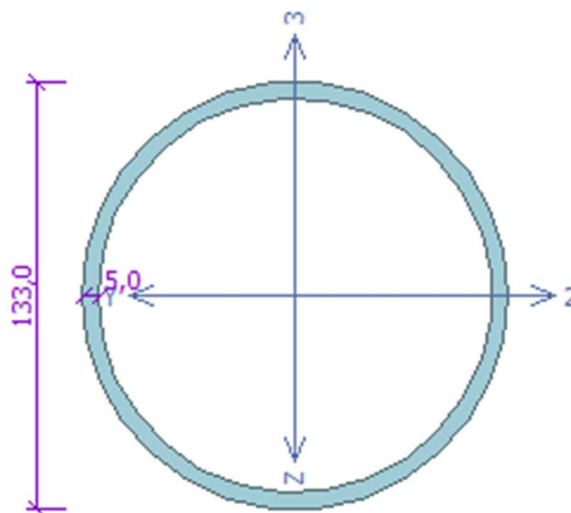
Ověření pomocí software Ocel – FINE EC

Kritický řez dílce "27:DS - 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18" - průřez 1 (6,500m)	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Standardní EC</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslaběného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez HE 300 B Průřezová plocha: $A = 1,491E04 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 150,0 \text{ mm}$ $z_T = 150,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 2,517E08 \text{ mm}^4$ $I_z = 8,563E07 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,678E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 5,709E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,678E06 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,709E05 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 1,850E06 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_{\omega} = 1,688E12 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,869E06 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 8,701E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu : $f_y = 235,0 \text{ MPa}$ Mez pevnosti : $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ Modul pružnosti : $E = 210000 \text{ MPa}$ Modul pružnosti ve smyku : $G = 81000 \text{ MPa}$</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Dílec č.9 - Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3</p> <p>$N = -153,877 \text{ kN}$ $V_z = -88,620 \text{ kN}$ $M_y = 360,323 \text{ kNm}$ $V_y = 0,001 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_{\omega} = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 6,500 m</p> <p>$L_z = 6,500 \text{ m}$ $k_z = 1,200$ $L_{cr,z} = 7,800 \text{ m}$ vzpěrná křivka c $L_y = 3,250 \text{ m}$ $k_y = 1,200$ $L_{cr,y} = 3,900 \text{ m}$ vzpěrná křivka b</p>
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 6,500 m</p> <p>$L_z = 6,500 \text{ m}$ $k_z = 1,200$ $L_{cr,z} = 7,800 \text{ m}$ vzpěrná křivka c $L_y = 3,250 \text{ m}$ $k_y = 1,200$ $L_{cr,y} = 3,900 \text{ m}$ vzpěrná křivka b</p>	<p>Parametry klopení Součinitele uložení konců: $k_y = -$ $k_z = 0.5$ $k_w = 1.0$</p> <p>$l_{z1} = 6,500 \text{ m}$ M_y: Tvar č.2 $l_{y1} = 6,500 \text{ m}$ M_z: Tvar č.2</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Dílec č.9 - Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3; Třída průřezu: 1</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_z: $88,620 \text{ kN} < 643,789 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_y: $0,001 \text{ kN} < 1379,160 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Vnitřní síly: $N = -153,877 \text{ kN}$; $M_y = 360,323 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek nejnejpříznivější kombinace prostého tlaku a ohybu: Únosnosti: $N_R = -3352,717 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 439,215 \text{ kNm}$ $0,046 + 0,820 + 0,000 = 0,866 < 1$ Vyhovuje Únosnosti: $N_R = -1704,273 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 439,215 \text{ kNm}$ $0,090 + 0,820 + 0,000 = 0,911 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 102,9</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Obrázek 5.2.3.: Posouzení sloupu pomocí software Ocel

5.3 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ - TRUBKA TK 133X5

Posouzení zavětrování bude provedeno pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku. Materiálově je zavětrování navrženo profilem TK 133x5 z oceli s mezí kluzu 235 MPa. Posouzení bude provedeno pro nejvíce namáhanou trubku v konstrukci haly.



Obrázek 5.3.1.: Geometrie průřezu TK 133x5

Tabulka 5.3.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky TK 133x5

$A = 2\,010\text{ mm}^2$
$E = 210\,000\text{ MPa}$
$G = 81\,000\text{ MPa}$
$I_y = I_z = 4,12 \cdot 10^6\text{ mm}^4$
$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 82 \cdot 10^3\text{ mm}^3$
$i_z = i_y = 45,3\text{ mm}$

A) VNITŘNÍ SÍLY

Nejvíce namáhaná trubka - dílec č. 46

Tabulka 5.3.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy

Vnitřní síly	Hodnota
Normálová síla	71,981 kN
Ohybový moment - y	1,68 kNm
Ohybový moment - z	2,26 kNm

ZATŘÍDĚNÍ PRO NAMÁHÁNÍ TLAKEM A OHYBEM

$$d/t \leq 50 * \varepsilon^2 \quad (58)$$

$$133/5 \leq 50$$

$$26,6 \leq 50$$

Závěr: Průřez je třídy 1.

OHYB A VZPĚRNÝ TLAK

Vzpěrné délky:

$$L_{cr} = l * \beta = 6000 * 1 = 6000 \text{ mm} \quad (59)$$

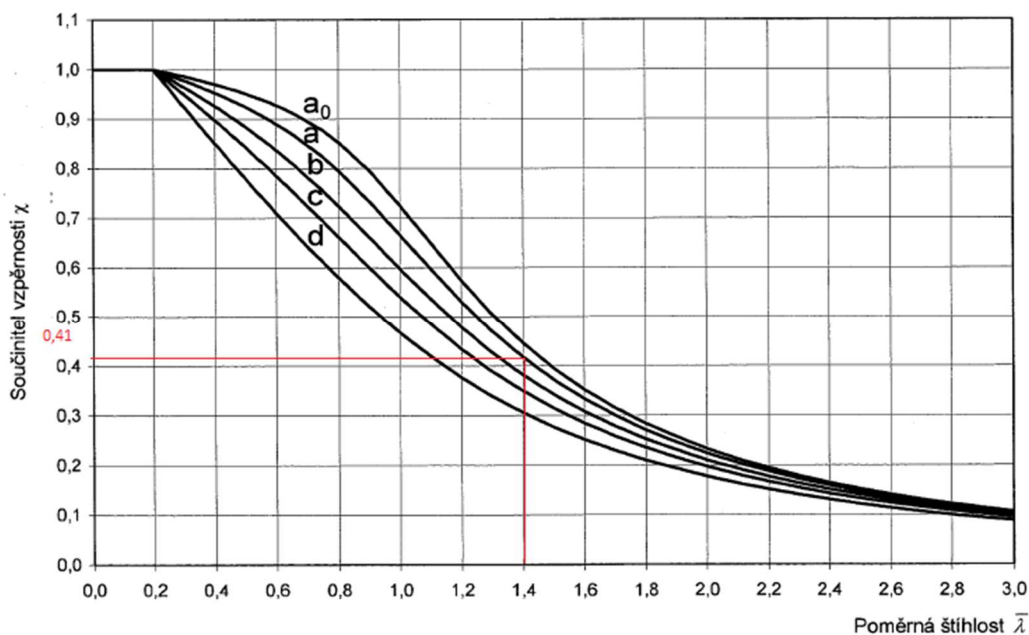
$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6000}{45,3} = 132,45 \quad (60)$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{235/f_y} = 93,9 \quad (61)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} * \sqrt{\beta} = \frac{132,45}{93,9} = 1,41 \quad (62)$$

Součinitele vzpěrnosti (z křivek): a

$$\chi = 0,41$$



Obrázek 5.3.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5]

Podmínka pro kombinaci ohyb + tlak:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} * A * f_{yd}} + \frac{M_{ysd}}{W_{pl,y} * f_{yd}} + \frac{M_{zsd}}{W_{pl,z} * f_{yd}} \leq 1 \quad (63)$$

$$\frac{70\,981}{0,41 * 2010 * 235} + \frac{1,682 * 10^6}{82 * 10^3 * 235} + \frac{2,262 * 10^6}{82 * 10^3 * 235} \leq 1$$

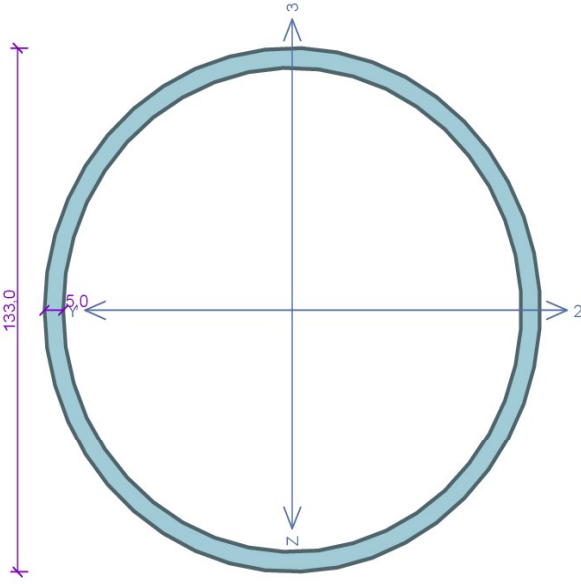
$$0,57 \leq 1 \quad - \text{vyhovuje}$$

Závěr: Profil TK 133x5 vyhovuje pro kombinaci vzpěrného tlaku a ohybu.

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ METODOU SBRA A ČSN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV

JAKUB MICEK

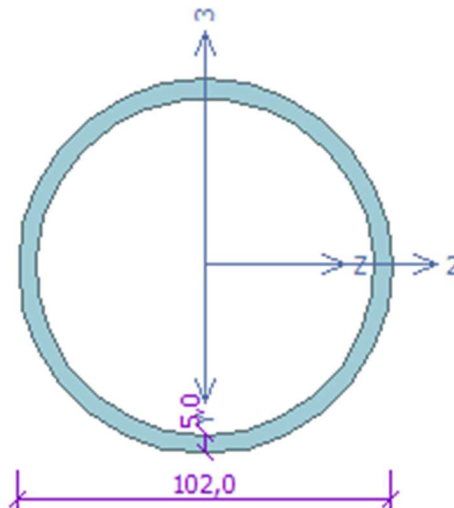
Ověření pomocí software Ocel – FINE EC

Kritický řez dílce "82:DD - 37" - průřez 1 (6,000m)											
	<p>Norma EN 1993-1-1/Standardní EC.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez TK 133 x 5 Průřezová plocha: $A = 2,011E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 66,5 \text{ mm}$ $z_T = 66,5 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 4,124E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,124E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -6,202E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 6,202E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 6,202E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -6,202E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 8,248E06 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 8,196E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 8,196E04 \text{ mm}^3$</p> <p>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</p>										
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>$N = -71,981 \text{ kN}$</td> <td>$M_y = 1,682 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_z = -0,140 \text{ kN}$</td> <td>$M_z = -2,262 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_y = -1,508 \text{ kN}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$T_t = 0,395 \text{ kNm}$</td> <td>$B = 0,000 \text{ kNm}^2$</td> </tr> <tr> <td>$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$</td> <td></td> </tr> </table>	$N = -71,981 \text{ kN}$	$M_y = 1,682 \text{ kNm}$	$V_z = -0,140 \text{ kN}$	$M_z = -2,262 \text{ kNm}$	$V_y = -1,508 \text{ kN}$		$T_t = 0,395 \text{ kNm}$	$B = 0,000 \text{ kNm}^2$	$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$		
$N = -71,981 \text{ kN}$	$M_y = 1,682 \text{ kNm}$										
$V_z = -0,140 \text{ kN}$	$M_z = -2,262 \text{ kNm}$										
$V_y = -1,508 \text{ kN}$											
$T_t = 0,395 \text{ kNm}$	$B = 0,000 \text{ kNm}^2$										
$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$											
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 6,000 m</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>$L_z = 6,000 \text{ m}$</td> <td>$k_z = 1,000$</td> <td>$L_{cr,z} = 6,000 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>$L_y = 6,000 \text{ m}$</td> <td>$k_y = 1,000$</td> <td>$L_{cr,y} = 6,000 \text{ m}$</td> </tr> </table>	$L_z = 6,000 \text{ m}$	$k_z = 1,000$	$L_{cr,z} = 6,000 \text{ m}$	$L_y = 6,000 \text{ m}$	$k_y = 1,000$	$L_{cr,y} = 6,000 \text{ m}$					
$L_z = 6,000 \text{ m}$	$k_z = 1,000$	$L_{cr,z} = 6,000 \text{ m}$									
$L_y = 6,000 \text{ m}$	$k_y = 1,000$	$L_{cr,y} = 6,000 \text{ m}$									
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3; Třída průřezu: 1</p> <p>Posudek smyku od kroucení: Napětí: $\tau_t = 3,071 \text{ MPa}$; $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$ Pevnost: $\tau_{Rd} = 135,677 \text{ MPa}$ $3,071 + 0,000 < 135,677$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_z: $0,140 \text{ kN} < 133,310 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_y: $1,508 \text{ kN} < 133,310 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Vnitřní síly: $N = -71,981 \text{ kN}$; $M_y = 1,682 \text{ kNm}$; $M_z = -2,262 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tlaku a ohybu: Únosnosti: $N_R = -195,009 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 21,900 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -31,171 \text{ kNm}$ $0,369 + 0,077 + 0,073 = 0,518 < 1$ Vyhovuje Únosnosti: $N_R = -195,009 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 36,501 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -18,703 \text{ kNm}$ $0,369 + 0,046 + 0,121 = 0,536 < 1$ Vyhovuje Střihlost dílce: 132,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>											
VYHOVUJE											

Obrázek 5.3.3.: Posouzení trubky pomocí software Ocel

5.4 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ - TRUBKA TK 102X5

Posouzení zavětrování bude provedeno pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku. Materiálově je zavětrování navrženo profilem TK 102x5 z oceli s mezí kluzu 235 MPa. Posouzení bude provedeno pro nejvíce namáhanou trubku v konstrukci haly.



Obrázek 5.4.1.: Geometrie průřezu TK 102x5

Tabulka 5.4.1.: Průřezové a fyzikální charakteristiky TK 102x5

$A = 1\,520\text{ mm}^2$
$E = 210\,000\text{ MPa}$
$G = 81\,000\text{ MPa}$
$I_y = I_z = 1,8 * 10^6\text{ mm}^4$
$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 47,1 * 10^3\text{ mm}^3$
$i_z = i_y = 34,3\text{ mm}$

A) VNITŘNÍ SÍLY

Nejvíce namáhaná trubka - dílec č. 116

Tabulka 5.4.2.: Vnitřní síly na nosníku střechy

Vnitřní síly	Hodnota
Normálová síla	96,044 kN
Ohybový moment - y	0,131 kNm
Ohybový moment - z	0,809 kNm

ZATŘÍDĚNÍ PRO NAMÁHÁNÍ TLAKEM A OHYBEM

$$d/t \leq 50 * \varepsilon^2 \quad (64)$$

$$102/5 \leq 50$$

$$20,4 \leq 50$$

Závěr: Průřez je třídy 1.

OHYB A VZPĚRNÝ TLAK

Vzpěrné délky:

$$L_{cr} = l * \beta = 4145 * 1 = 4145 \text{ mm} \quad (65)$$

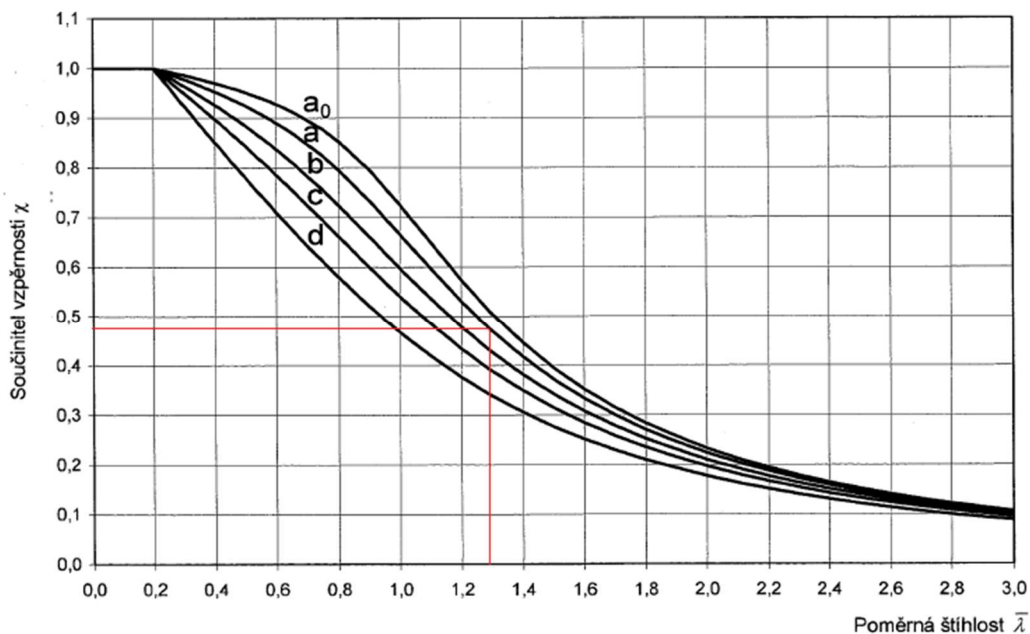
$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4145}{34,3} = 120,99 \quad (66)$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{235/f_y} = 93,9 \quad (67)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} * \sqrt{\beta} = \frac{120,99}{93,9} = 1,29 \quad (68)$$

Součinitele vzpěrnosti (z křivek): a

$$\chi = 0,48$$



Obrázek 5.3.2.: Křivky vzpěrné pevnosti [5]

Podmínka pro kombinaci ohyb + tlak:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} * A * f_{yd}} + \frac{M_{ysd}}{W_{pl,y} * f_{yd}} + \frac{M_{zsd}}{W_{pl,z} * f_{yd}} \leq 1 \quad (69)$$

$$\frac{96\,044}{0,48 * 1520 * 235} + \frac{0,131 * 10^6}{47,1 * 10^3 * 235} + \frac{0,809 * 10^6}{47,1 * 10^3 * 235} \leq 1$$

$$0,645 \leq 1 \quad - \text{vyhovuje}$$

Závěr: Profil TK 102x5 vyhovuje pro kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku.

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ METODOU SBRA A ČSN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV
 JAKUB MICEK

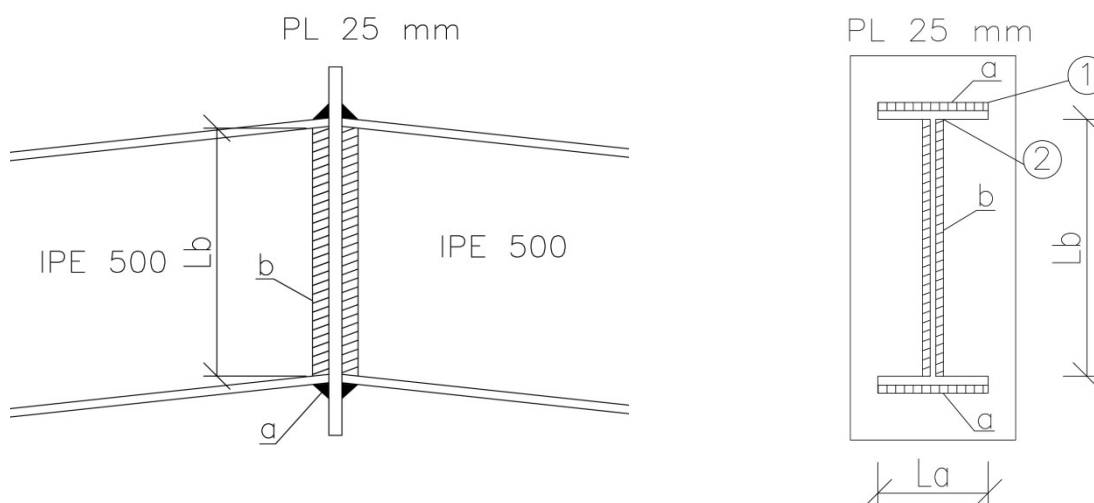
Ověření pomocí software Ocel – FINE EC

Kritický řez dílce "40:DD - 103" - průřez 1 (4,145m)											
	<p>Norma EN 1993-1-1/Standardní EC.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez TK 102 x 5 Průřezová plocha: $A = 1,524E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 51,0 \text{ mm}$ $z_T = 51,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,797E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,797E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -3,523E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,523E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 3,523E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,523E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 3,594E06 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 4,709E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 4,709E04 \text{ mm}^3$</p> <p>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</p>										
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3</p> <table border="0"> <tr> <td>$N = -96,044 \text{ kN}$</td> <td>$M_y = -0,131 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_z = 0,003 \text{ kN}$</td> <td>$M_z = 0,809 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_y = 0,390 \text{ kN}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$T_t = -0,150 \text{ kNm}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$</td> <td>$B = 0,000 \text{ kNm}^2$</td> </tr> </table>	$N = -96,044 \text{ kN}$	$M_y = -0,131 \text{ kNm}$	$V_z = 0,003 \text{ kN}$	$M_z = 0,809 \text{ kNm}$	$V_y = 0,390 \text{ kN}$		$T_t = -0,150 \text{ kNm}$		$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$	$B = 0,000 \text{ kNm}^2$	
$N = -96,044 \text{ kN}$	$M_y = -0,131 \text{ kNm}$										
$V_z = 0,003 \text{ kN}$	$M_z = 0,809 \text{ kNm}$										
$V_y = 0,390 \text{ kN}$											
$T_t = -0,150 \text{ kNm}$											
$T_\omega = 0,000 \text{ kNm}$	$B = 0,000 \text{ kNm}^2$										
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 4,145 m</p> <table border="0"> <tr> <td>$L_z = 4,145 \text{ m}$</td> <td>$k_z = 1,000$</td> <td>$L_{cr,z} = 4,145 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>$L_y = 4,145 \text{ m}$</td> <td>$k_y = 1,000$</td> <td>$L_{cr,y} = 4,145 \text{ m}$</td> </tr> </table>	$L_z = 4,145 \text{ m}$	$k_z = 1,000$	$L_{cr,z} = 4,145 \text{ m}$	$L_y = 4,145 \text{ m}$	$k_y = 1,000$	$L_{cr,y} = 4,145 \text{ m}$					
$L_z = 4,145 \text{ m}$	$k_z = 1,000$	$L_{cr,z} = 4,145 \text{ m}$									
$L_y = 4,145 \text{ m}$	$k_y = 1,000$	$L_{cr,y} = 4,145 \text{ m}$									
<p>Výsledek posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Kombinace č.2 - Q12:G1+G2+G3; Třída průřezu: 1</p> <p>Posudek smyku od kroucení: Napětí: $\tau_t = 2,025 \text{ MPa}$; $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$ Pevnost: $\tau_{Rd} = 135,677 \text{ MPa}$ $2,025 + 0,000 < 135,677$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_z: $0,003 \text{ kN} < 101,821 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_y: $0,390 \text{ kN} < 101,821 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Vnitřní síly: $N = -96,044 \text{ kN}$; $M_y = -0,131 \text{ kNm}$; $M_z = 0,809 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tlaku a ohybu: Únosnosti: $N_R = -171,396 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -9,221 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 12,473 \text{ kNm}$ $0,560 + 0,014 + 0,065 = 0,639 < 1$ Vyhovuje Únosnosti: $N_R = -171,396 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -15,369 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 7,484 \text{ kNm}$ $0,560 + 0,008 + 0,108 = 0,677 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 120,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>											
VYHOVUJE											

Obrázek 5.4.3.: Posouzení trubky pomocí software Ocel

5.5 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU V HŘEBENI

Připojení příčle v hřebenu je řešeno přes pomocný ocelový plech tl. 25 mm, z obou stran do něj bude přivařen střešní nosník profilu IPE 500 viz, obrázek 5.5.1.. Posouzení svaru proběhne ve dvou bodech, kde v bodě 1 bude posouzen svar pásnice a v bodě 2 svar stojiny. Je předpokládáno, že svar je namáhán smykem a ohybem. Návrh svaru na pásnici je o účinné tloušťce 8 mm a stojiny 6 mm.



Obrázek 5.5.1.: Schéma svarů v hřebeni

A) VNITŘNÍ SÍLY

Tabulka 5.5.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v hřebeni při nejhorší kombinaci zatížení

Vnitřní účinek	Hodnota	Jednotky
N	108,41	kN
V	13,01	kN
M	291,65	kNm

MOMENT SETRVAČNOSTI

Návrh svaru - $a = 8 \text{ mm}$, $b = 6 \text{ mm}$

Vnější

$$I_y = 1/12 * b * h^3 \quad (70)$$

$$I_y = 1/12 * 200 * 516^3 - 2 * 1/12 * 88,9 * 452^3$$

$$I_y = 921,5 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Vnitřní

$$I_y = 1/12 * 200 * 500^3 - 2 * 1/12 * 94,9 * 468^3$$

$$I_y = 462,07 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Celkový moment setrvačnosti

$$I_{we} = I_{y,vně} - I_{y,vni} = 921,5 * 10^6 - 462,07 * 10^6 = 459,43 * 10^6 \text{ mm}^4$$

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 1

$$\sqrt{\sigma_{\perp 1}^2 + 3 * (\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{\parallel 1}^2)} \leq f_u / \beta_w * \gamma_{m2} \quad (71)$$

$$\sigma_{\perp 1} = \tau_{\perp 1} = 1 / \sqrt{2} * M_{sd} / I_{we} * z_1 \quad (72)$$

$$\sigma_{\perp 1} = \tau_{\perp 1} = 1 / \sqrt{2} * 291,65 * 10^6 / 459,5 * 10^6 * 258 = 115,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{115,8^2 + 3 * (115,8^2 + 0)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$

$$231,6 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (73)$$

$$115,8 \text{ MPa} \leq 259,9 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 1 vyhovuje - využití 64%

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 2

$$\sigma_{\perp 2} = \tau_{\perp 2} = 1 / \sqrt{2} * 291,65 * 10^6 / 459,5 * 10^6 * 234 = 105,47 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel 2} = V_{sd} / 2 * b_w * L_b = 13 \text{ } 100 / 2 * 6 * 452 = 2,41 \text{ MPa} \quad (74)$$

$$\sqrt{105,47^2 + 3 * (105,47^2 + 2,41^2)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$

$$211 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (75)$$

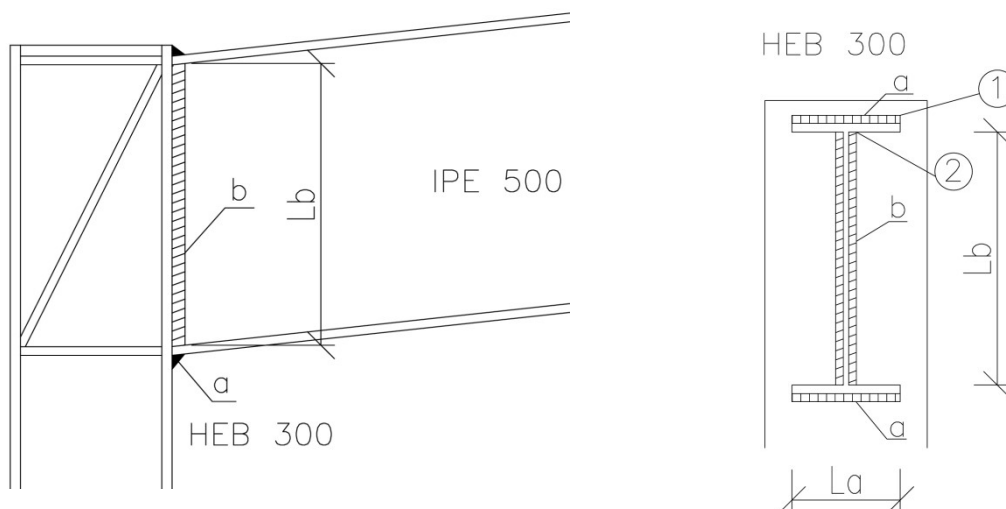
$$105,47 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 2 vyhovuje - využití 58%

Závěr: Svar v hřebeni vyhovuje.

5.6 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU V RÁMOVÉM ROHU

Připojení příčle na sloup bude řešeno přímo, tzn. že střešní nosník o profilu IPE 500 bude přivařen na pásnici sloupu o profilu HEB 300 viz. obrázek 5.6.1.. Posouzení svaru proběhne ve dvou bodech, kde v bodě 1 bude posouzen svar pásnice a v bodě 2 svar stojiny. Je předpokládáno, že svar je namáhán smykem a ohybem. Návrh svaru na pásnici je o účinné tloušťce 8 mm a stojiny 6 mm.



Obrázek 5.6.1.: Schéma svarů v rámovém rohu

A) VNITŘNÍ SÍLY

Tabulka 5.6.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v rámovém rohu při nejhorší kombinaci zatížení

Vnitřní účinek	Hodnota	Jednotky
N	108,67	kN
V	143,11	kN
M	369,66	kNm

MOMENT SETRVAČNOSTI

Návrh svaru - a = 8 mm, b = 6 mm

Vnější

$$I_y = 1/12 * b * h^3 \quad (76)$$

$$I_y = 1/12 * 200 * 516^3 - 2 * 1/12 * 88,9 * 452^3$$

$$I_y = 921,5 * 10^6 mm^4$$

Vnitřní

$$I_y = 1/12 * 200 * 500^3 - 2 * 1/12 * 94,9 * 468^3$$

$$I_y = 462,07 * 10^6 mm^4$$

Celkový moment setrvačnosti

$$I_{we} = I_{y,vně} - I_{y,vni} = 921,5 * 10^6 - 462,07 * 10^6 = 459,5 * 10^6 mm^4$$

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 1

$$\sqrt{\sigma_{11}^2 + 3 * (\tau_{11}^2 + \tau_{\parallel 1}^2)} \leq f_u / \beta_w * \gamma_{m2} \quad (77)$$

$$\sigma_{11} = \tau_{11} = 1/\sqrt{2} * M_{sd} / I_{we} * z_1 \quad (78)$$

$$\sigma_{11} = \tau_{11} = 1/\sqrt{2} * 369,66 * 10^6 / 459,5 * 10^6 * 258 = 146,76 MPa$$

$$\sqrt{129,81^2 + 3 * (129,81^2 + 0)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$
$$293,52 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (79)$$
$$146,76 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 1 vyhovuje - využití 81,5%

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 2

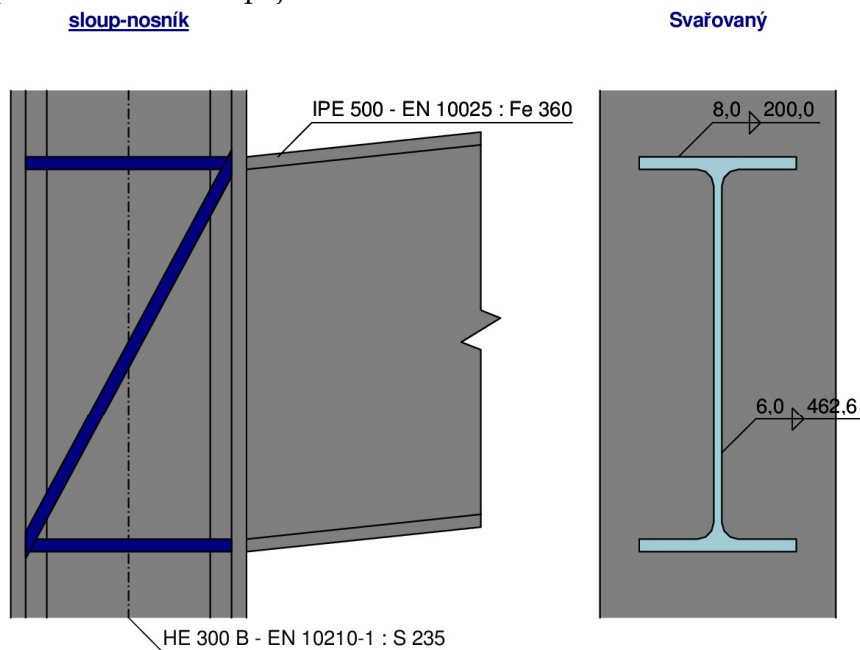
$$\sigma_{\perp 2} = \tau_{\perp 2} = 1 / \sqrt{2} * 369,66 * 10^6 / 459,5 * 10^6 * 234 = 133,1 \text{ MPa}$$
$$\tau_{\parallel 2} = V_{sd} / 2 * b_w * L_b = 143 \ 110 / 2 * 6 * 452 = 26,4 \text{ MPa} \quad (80)$$

$$\sqrt{133,1^2 + 3 * (133,1^2 + 26,4^2)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$
$$270 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{\perp 2} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (81)$$
$$133,1 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 2 vyhovuje - využití 75%

Závěr: Svar v rámovém rohu vyhovuje.

Ověření pomocí - Ocelové spoje- FINE EC



1.2 Rekapitulace dat

1.2.1 Sloup

Profil

Průřez: HE 300 B

výška průřezu : $h = 300,0$ mm

šířka průřezu : $b = 300,0$ mm

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Mez kluzu : $f_y = 235,0$ MPa

Geometrie

délka sloupu : $L = 10000,0$ mm

tloušťka stojiny : $t_w = 11,0$ mm

tloušťka pásnice : $t_f = 19,0$ mm

Mez pevnosti v tahu : $f_u = 360,0$ MPa

srovnávací rovina : $L_{sr} = 6500,0$ mm

1.2.2 Přípoj na pravé straně styčnicku - Svařovaný

Poloha přípoje

svislé natočení : $\alpha = 6,00^\circ$

vzdálenost od srovnávací roviny : $L_z = 0,0$ mm

vodorovné natočení : $\beta = 0,00^\circ$

Profil

Průřez: IPE 500

výška průřezu : $h = 500,0$ mm

šířka průřezu : $b = 200,0$ mm

tloušťka stojiny : $t_w = 10,2$ mm

tloušťka pásnice : $t_f = 16,0$ mm

Materiál: EN 10025 : Fe 360

Mez kluzu : $f_y = 235,0$ MPa

Mez pevnosti v tahu : $f_u = 360,0$ MPa

Přivaření nosníku - koutový dokola

výška svaru na stojině : $a_{w,w} = 6,0$ mm

výška svaru na pásnici : $a_{w,f} = 8,0$ mm

1.3 Výsledky

1.3.1 Přípoj na pravé straně styčnicku - Svařovaný

Momentová únosnost

Rozhodující komponenta : Pásnice nosníku v tlaku

Posouzení : $M_{y,Rd} = 515,59$ kNm $>$ $M_{y,Ed} = 369,66$ kNm **VYHOVUJE**

Smyková únosnost

Rozhodující komponenta : Stěna nosníku ve smyku

Posouzení : $V_{z,Rd} = 812,06$ kN $>$ $V_{z,Ed} = 153,62$ kN **VYHOVUJE**

Únosnost svarů

Kritický bod : Spodní pásnice

Maximální využití : (82,82%)

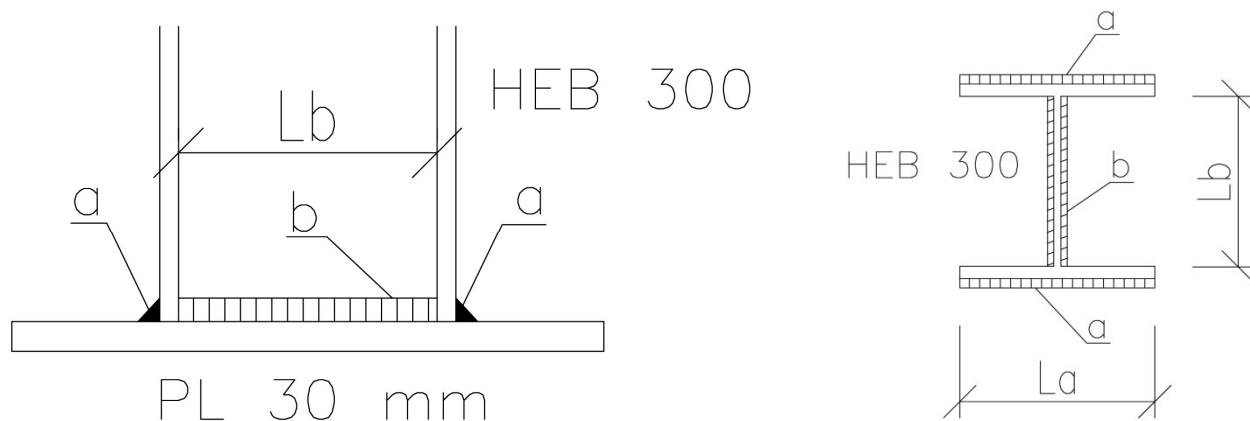
Ohybová tuhost

Klasifikace : vetknutý

Obrázek 5.6.2.: Posouzení rámového rohu pomocí programu Ocelové spoje

5.7 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU PATĚ SLOUPU

Kotvení sloupu do základové patky proběhne pomocí patního ocelového plechu tl. 30 mm, který bude do základové desky vetknut pomocí závitových tyčí. Připojení sloupu o profilu HEB 300 k patnímu plechu proběhne pomocí svarů na viz. obrázek 5.6.1.. Posouzení svaru proběhne ve dvou bodech, kde v bodě 1 bude posouzen svar pásnice a v bodě 2 svar stojiny. Je předpokládáno, že svar je namáhán smykem a ohybem. Návrh svaru na pásnici je o účinné tloušťce 8 mm a stojiny 6 mm.



Obrázek 5.7.1.: Schéma svarů v patě sloupu

A) VNITŘNÍ SÍLY

Tabulka 5.7.1.: Návrhové hodnoty vnitřních sil v patě sloupu při nejhorší kombinaci zatížení

Vnitřní účinek	Hodnota	Jednotky
N	174,80	kN
V	90,82	kN
M	222,31	kNm

MOMENT SETRVAČNOSTI

Návrh svaru - a = 6 mm, b = 6 mm

Vnější

$$I_y = 1/12 * b * h^3 \quad (82)$$

$$I_y = 1/12 * 300 * 312^3 - 2 * 1/12 * 138,5 * 250^3$$

$$I_y = 398,6 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Vnitřní

$$I_y = 1/12 * 300 * 300^3 - 2 * 1/12 * 144,5 * 262^3$$

$$I_y = 241,86 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Celkový moment setrvačnosti

$$I_{we} = I_{y,vně} - I_{y,vni} = 398,6 * 10^6 - 241,89 * 10^6 = 156,71 * 10^6 \text{ mm}^4$$

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 1

$$\sqrt{\sigma_{\perp 1}^2 + 3 * (\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{\parallel 1}^2)} \leq f_u / \beta_w * \gamma_{m2} \quad (83)$$

$$\sigma_{\perp 1} = \tau_{\perp 1} = 1 / \sqrt{2} * M_{sd} / I_{we} * z_1 \quad (84)$$

$$\sigma_{\perp 1} = \tau_{\perp 1} = 1 / \sqrt{2} * 222,31 * 10^6 / 156,71 * 10^6 * 156 = 156,48 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{129,81^2 + 3 * (129,81^2 + 0)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$

$$313 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (85)$$

$$156,5 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 1 vyhovuje - využití 87%

POSOUZENÍ SVARU V BODĚ 2

$$\sigma_{\perp 2} = \tau_{\perp 2} = 1 / \sqrt{2} * 222,31 * 10^6 / 156,71 * 10^6 * 125 = 125,38 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel 2} = V_{sd} / 2 * b_w * L_b = 90\,820 / 2 * 6 * 262 = 28,88 \text{ MPa} \quad (86)$$

$$\sqrt{125,38^2 + 3 * (125,38^2 + 28,8^2)} \leq 360 / 0,8 * 1,25$$

$$255,7 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} \leq 0,9 * f_u / \gamma_{m2} \quad (87)$$

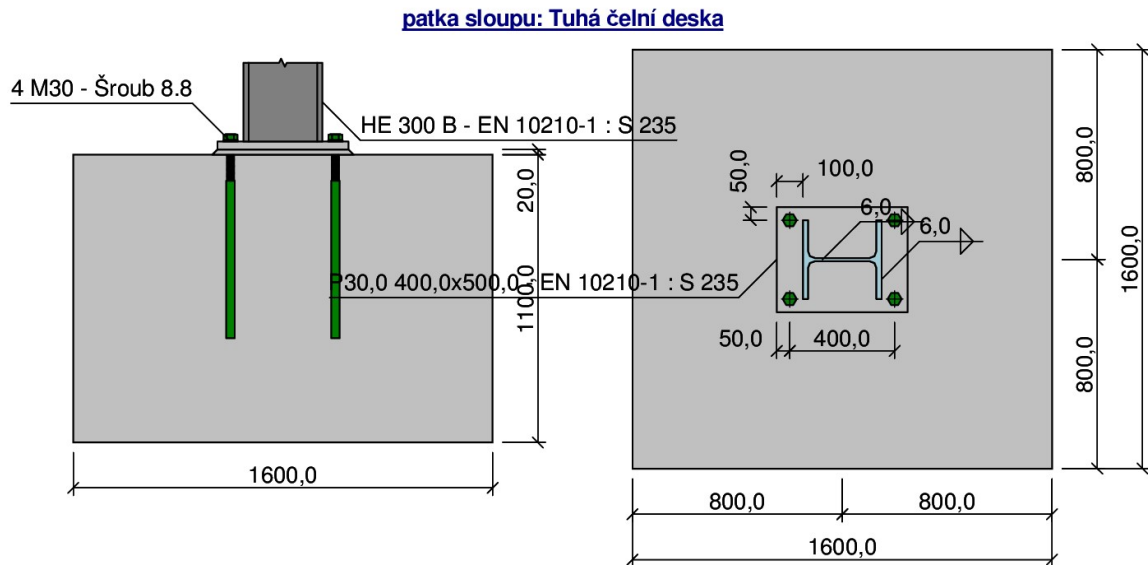
$$125,38 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

Svar v bodě 2 vyhovuje - využití 71%

Závěr: Svar na patním plechu vyhovuje.

Ověření pomocí software Ocelové spoje – FINE EC:

1.1 Schéma patky



1.2 Rekapitulace dat

Patka sloupu:

Materiál: C 30/37
 pevnost v tlaku : $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$

Geometrie

půdorysná šířka : $b_b = 1600,0 \text{ mm}$
 svislá výška : $h_b = 1100,0 \text{ mm}$

půdorysná výška : $a_b = 1600,0 \text{ mm}$

Podlití:

Materiál: C 30/37
 pevnost v tlaku : $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$

Geometrie

tloušťka : $t_g = 20,0 \text{ mm}$

1.2.1 Přípoj na patce sloupu - Tuhá čelní deska

Poloha přípoje

poloha sloupu na patce : $L_x = 0,0 \text{ mm}$

natočení sloupu kolem měkké osy : $\alpha = 0,00^\circ$

poloha sloupu na patce : $L_y = 0,0 \text{ mm}$

Profil

Průřez: HE 300 B
 výška průřezu : $h = 300,0 \text{ mm}$

tloušťka stojiny : $t_w = 11,0 \text{ mm}$

šířka průřezu : $b = 300,0 \text{ mm}$

tloušťka pásnice : $t_f = 19,0 \text{ mm}$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Mez kluzu : $f_y = 235,0 \text{ MPa}$

Mez pevnosti v tahu : $f_u = 360,0 \text{ MPa}$

Obrázek 5.7.1.: Posouzení patního plechu včetně svarů část 1.

Přivaření sloupu - koutový dokola

výška svaru na stojně : $a_{w,w} = 6,0$ mm výška svaru na pásnici : $a_{w,f} = 6,0$ mm

Šrouby

Typ: Šrouby lepené ve vrtaných kanálech (M30)

délka díku : $L = 700,0$ mm délka závitu : $L_b = 100,0$ mm

podložky jsou uvažovány

Materiál: Šroub 8.8

Mez kluzu : $f_{yb} = 640,0$ MPa Mez pevnosti v tahu : $f_{ub} = 800,0$ MPa

Čelní deska:

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Mez kluzu : $f_y = 235,0$ MPa Mez pevnosti v tahu : $f_u = 360,0$ MPa

Rozměry

tloušťka : $t_p = 30,0$ mm šířka : $b_p = 400,0$ mm

výška : $h_p = 500,0$ mm poloha nosníku : $a_1 = -100,0$ mm

Rozmístění šroubů: jednořadé vrtání

$w_1 = 50,0$ mm, $e = [50,0$ mm; $400,0$ mm]

1.3 Výsledky

1.3.1 Přípoj na patce sloupu - Tuhá čelní deska

Momentová únosnost

Rozhodující komponenta : Patní plech v ohybu

Posouzení : $M_{y,Rd} = 264,78$ kNm $>$ $M_{y,Ed} = 222,31$ kNm **VYHOVUJE**

Únosnost svarů

Kritický bod : Spodní pásnice

Maximální využití : (92,08%)

Ohybová tuhost

Počáteční tuhost : $S_{j,ini} = 80043,60$ kNm/rad

Sečná tuhost : $S_{j,Ed} = 4493624470175,25$ kNm/rad

Klasifikace : polotuhý

Obrázek 5.7.3.: Posouzení patního plechu včetně svarů část 2.

5.8 POSOUZENÍ ZÁKLADOVÉ PATKY

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Nastavení

Standardní - bez redukce

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)

Omezení deformační zóny : procentem Sigma,Or

Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

Patky

Výpočet pro odvodněné podmínky : standardní postup

Posouzení tažené patky : standardní postup





Dovolená excentricita : 0,333

Metodika posouzení : mezní stavy

Součinitele redukce parametrů zemin			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_{m\phi} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce soudržnosti :	$\gamma_{mc} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy základu :	$\gamma_{m\gamma} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy nadloží :	$\gamma_{m\gamma} =$	1,00	[-]

Součinitele celkové stability			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :	$\gamma_{RV} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce zemního odporu :	$\gamma_{mR} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :	$\gamma_{RH} =$	1,00	[-]

Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	středně plastická, jílovitá hlína, ojediněle s drobnými křemennými valounky, tuhé až pevné konzistence		20,00	8,00	20,00	10,00	
2	eluvialně rozložené skalní podloží arkozového pískovce, charakteru ulehých, jemnozrných až středně zrnitých písků		31,00	0,00	17,50	7,50	
3	silně zvětralé skalní podloží jemnozrného až střednězrnitého akozového pískovce		29,00	0,00	20,00	10,00	
4	slabě hlinitý, středně zrnitý až hrubozrný písek, středně ulehlý		29,50	0,00	17,50	7,50	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemin

středně plastická, jílovitá hlína, ojediněle s drobnými křemennými valounky, tuhé až pevné konzistence

Objemová tíha :	γ	=	20,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	20,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	8,00 kPa
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	5,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,40
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m ³

eluviálně rozložené skalní podloží arkozového pískovce, charakteru ulehých, jemnozrných až středně zrnitých písků

Objemová tíha :	γ	=	17,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	31,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	23,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	17,50 kN/m ³

silně zvětralé skalní podloží jemnozrného až střednězrnitého arkozového pískovce

Objemová tíha :	γ	=	20,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	29,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	30,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,35
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m ³

slabě hlinitý , středně zrnitý až hrubozrný písek, středně ulehlý

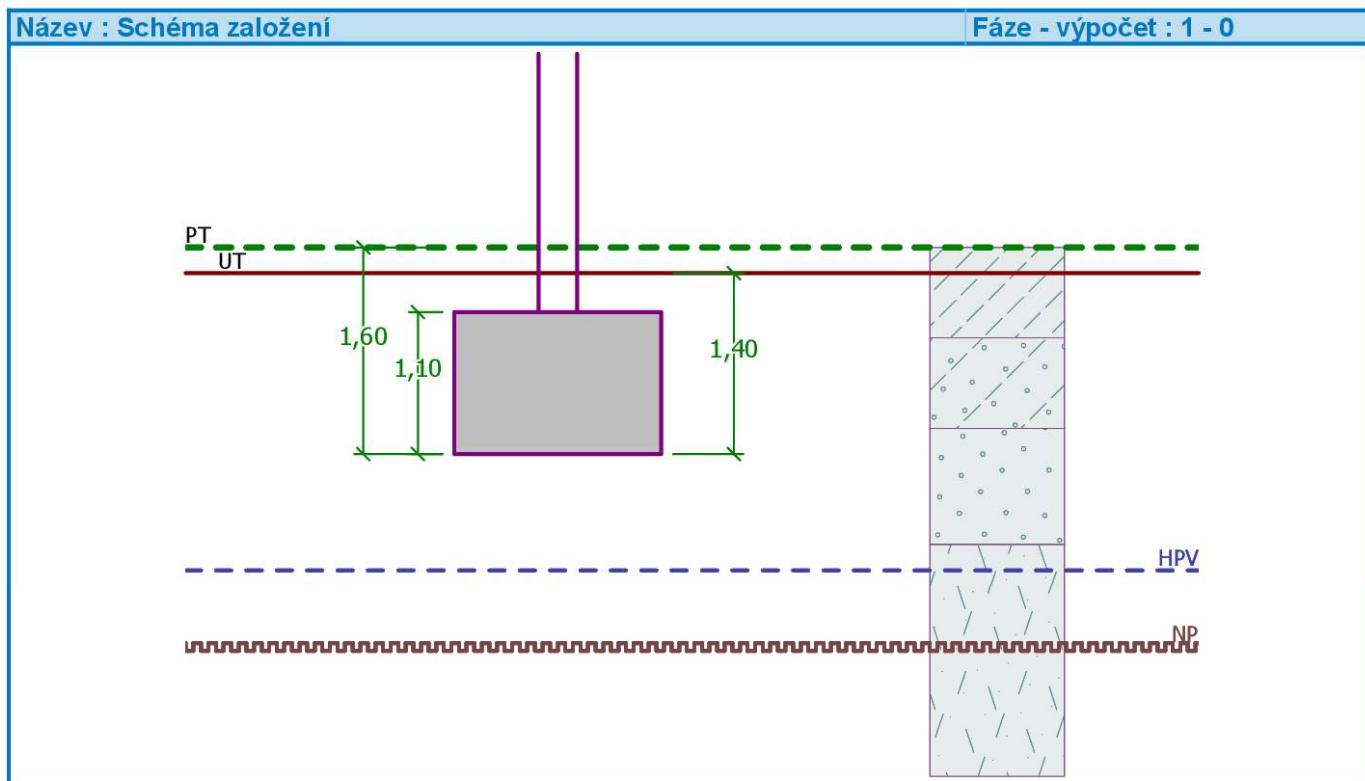
Objemová tíha :	γ	=	17,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	29,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	15,50 MPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	17,50 kN/m ³

Založení

Typ základu: centrická patka

Hloubka od původního terénu	h_z	=	1,60 m
Hloubka základové spáry	d	=	1,40 m
Tloušťka základu	t	=	1,10 m
Sklon upraveného terénu	s_1	=	0,00 °
Sklon základové spáry	s_2	=	0,00 °

Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³



Geometrie konstrukce

Typ základu: centrická patka

Délka patky $x = 1,60$ m
 Šířka patky $y = 1,60$ m
 Šířka sloupu ve směru x $c_x = 0,30$ m
 Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0,30$ m
 Objem patky $= 2,82$ m³

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³
 Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00$ MPa
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90$ MPa
 Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00$ MPa

Ocel podélná : B500



Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,70	středně plastická, jílovitá hlína, ojediněle s drobnými křemennými valounky, tuhé až pevné konzistence	
2	0,70	slabě hlinitý, středně zrnitý až hrubozrný písek, středně ulehlý	

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
3	0,90	eluviálně rozložené skalní podloží arkozového pískovce, charakteru ulehých, jemnozrných až středně zrnitých písků	
4	-	silně zvětralé skalní podloží jemnozrného až střednězrnitého arkozového pískovce	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	174,80	1,60	222,31	93,00	3,50
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	145,67	1,33	185,26	77,50	2,92

Plošná přitížení v okolí základu

Číslo	Přítížení		Název	x _s	y _s	x	y	q	α	h
	nové	změna		[m]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[°]	[m]
1	Ano		Přítížení č. 1	0,00	0,00	1,60	1,60	8,10	0,00	0,00

HPV + nestlačitelné podloží

Hladina podzemní vody je v hloubce 2,50 m od původního terénu.
 Nestlačitelné podloží je v hloubce 3,10 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	-0,47	-0,02	248,85	268,61	92,65	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky G = 64,77 kN
 Spočtená tíha nadloží Z = 14,82 kN

Posouzení svíslé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obecný
 Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:
 Hloubka smykové plochy z_{sp} = 2,49 m
 Dosah smykové plochy l_{sp} = 7,45 m

Výpočtová únosnost zákl. půdy R_d = 268,61 kPa
 Extrémní kontaktní napětí σ = 248,85 kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,295 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,013 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,295 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: pasivní

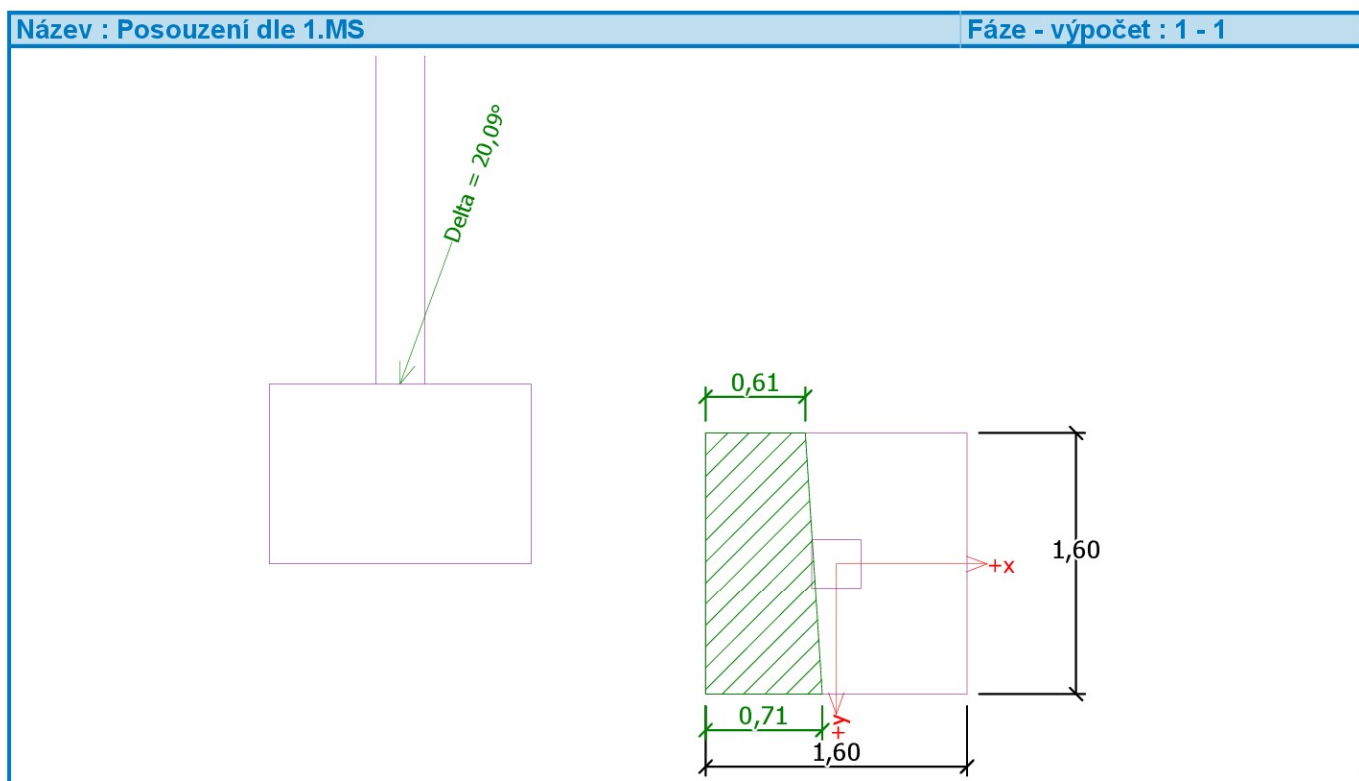
Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 89,63 \text{ kN}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 242,48 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 93,07 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE



Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_2 (vliv nestlačitelného podloží).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 64,77 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 14,82 \text{ kN}$

Výpočet proveden za vyloučení tahu.

Rozměry patky po vyloučení tažených okrajů:

Délka patky (x) = 1,07 m

Šířka patky (y) = 1,60 m

Sednutí středu hrany x - 1 = 1,9 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 1,8 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 3,2 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = 0,1 mm

Sednutí středu základu = 3,4 mm

Sednutí charakterist. bodu = 2,4 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 25,76$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=416,29$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=416,29$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,277 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,013 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,278 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

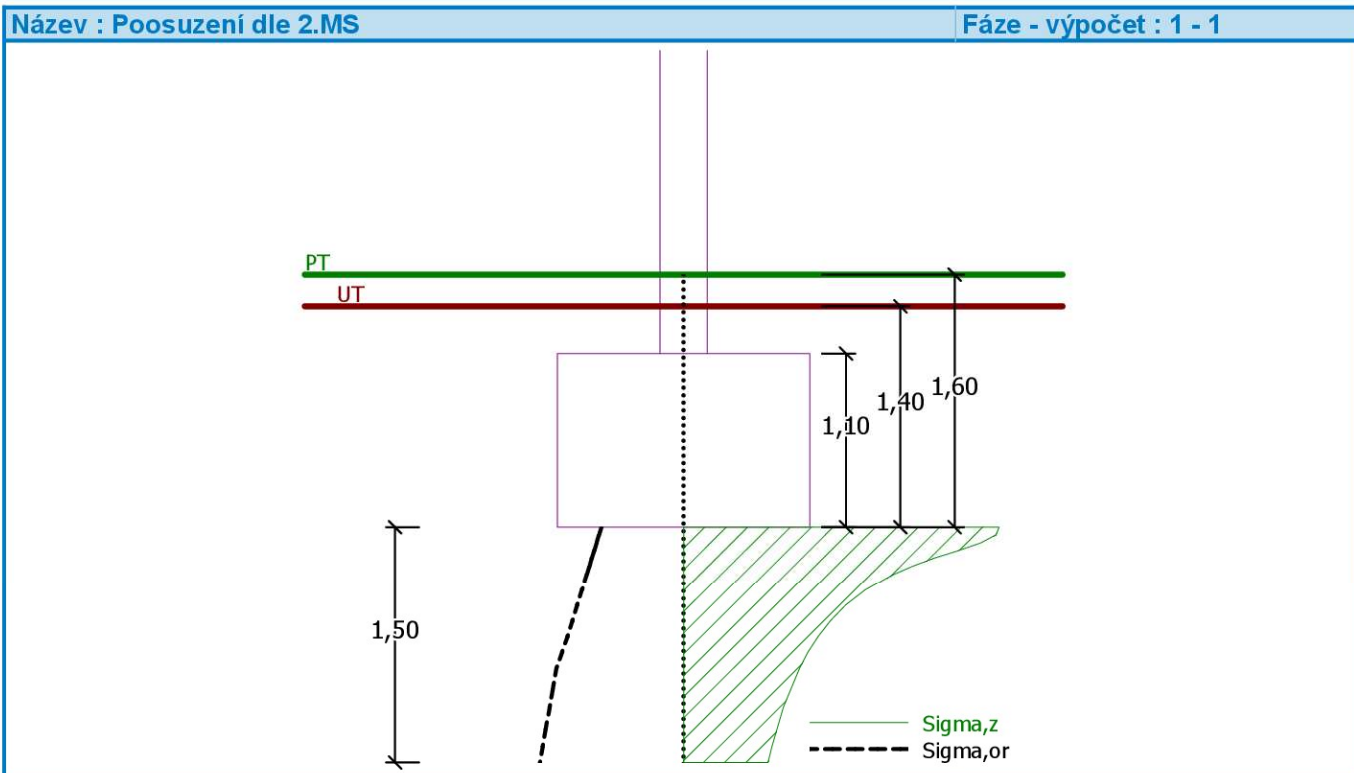
Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 2,4 mm

Hloubka deformační zóny = 1,50 m

Natočení ve směru x = 1,952 ($\tan \cdot 1000$); ($1,1E-01$ °)

Natočení ve směru y = 0,084 ($\tan \cdot 1000$); ($4,8E-03$ °)



Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

10 ks profil 20,0 mm, krytí 50,0 mm
 Šířka průřezu = 1,60 m
 Výška průřezu = 1,10 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,19 \% > 0,15 \% = \rho_{min}$
 Poloha neutrálné osy $x = 0,05 \text{ m} < 0,64 \text{ m} = x_{max}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1391,39 \text{ kNm} > 63,46 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

10 ks profil 20,0 mm, krytí 50,0 mm
 Šířka průřezu = 1,60 m
 Výška průřezu = 1,10 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,19 \% > 0,15 \% = \rho_{min}$
 Poloha neutrálné osy $x = 0,05 \text{ m} < 0,64 \text{ m} = x_{max}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1391,39 \text{ kNm} > 26,50 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 174,80 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 6,15 kN
 Síla přenášená smykovou pevností patky = 168,65 kN

POROVNÁNÍ OCELOVÝCH PRVKŮ METODOU SBRA A ČSN 1993 PRO PLASTICKÝ STAV
 JAKUB MICEK

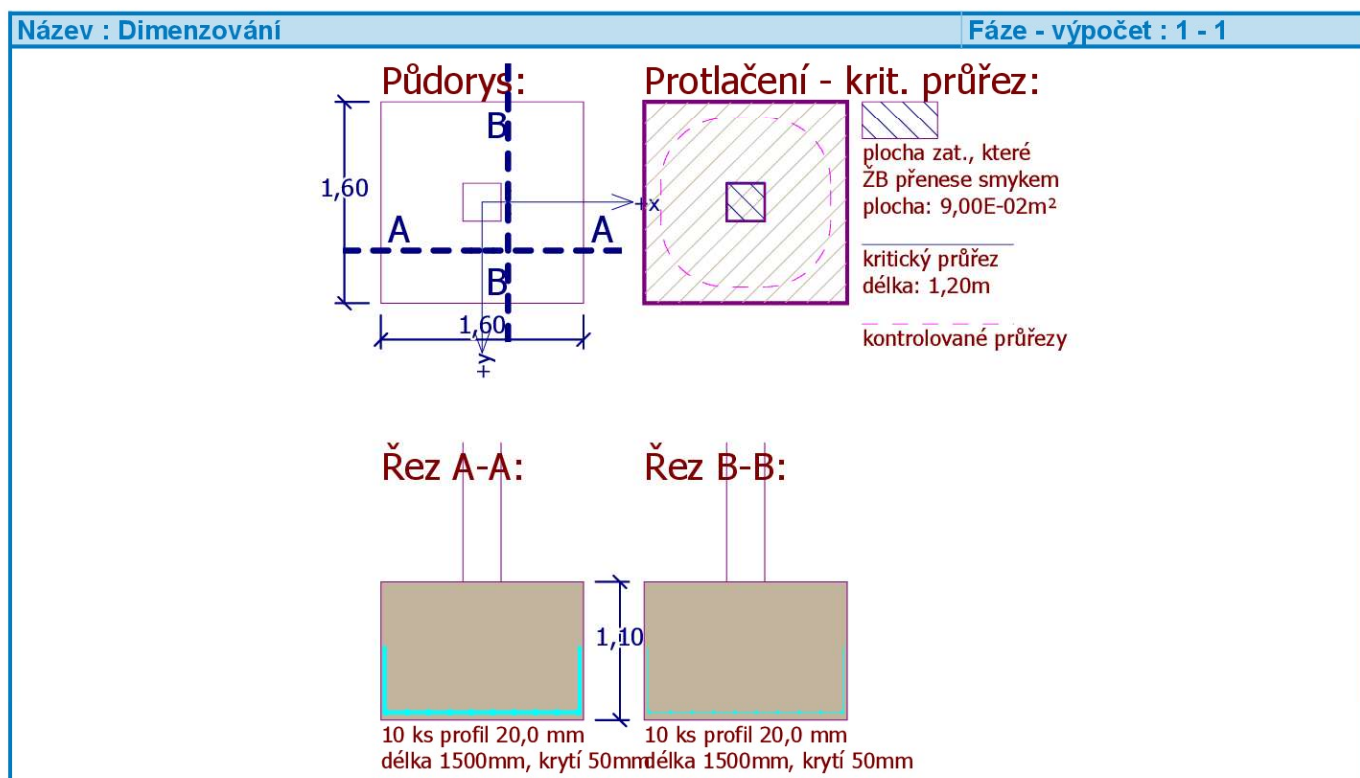
Uvažovaný obvod sloupu	u_0	=	1,20 m
Smykové napětí na obvodu sloupu	$v_{Ed,max}$	=	1,09 MPa
Únosnost na obvodu sloupu	$v_{Rd,max}$	=	4,22 MPa

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy	=	106,73 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky	=	68,07 kN
Vzdálenost průřezu od sloupu	=	0,52 m
Délka průřezu	u	= 4,47 m
Smykové napětí na průřezu	v_{Ed}	= 0,08 MPa
Únosnost nevyztuženého průřezu	$v_{Rd,c}$	= 1,32 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE



Obrázek 5.8.: Posouzení základové patky v programu GEO - Patka

6 POSOUZENÍ PRVKŮ POMOCÍ METODY SBRA

Metody dle Eurokódů, které využívají metody dílčích součinitelů, využívají jako vstupní údaje do projektu pouze jednočíslnou hodnotu vstupu a s tou uvažují celý výpočet, tyto hodnoty bývají pětiprocentním kvantilem Gaussova rozdělení dané veličiny či součinitele. Metoda SBRA je plně pravděpodobnostní, používá jako vstupní údaje neparametrické histogramy, kde poté pomocí simulací dojde k více výsledným hodnotám. Kritériem spolehlivost je vyjádřeno:

$$P_f < P_d \quad (88)$$

kde P_f je pravděpodobnost poruchy a P_d je návrhová pravděpodobnost, která se udává v normách

Použitím histogramů jednotlivých veličin, či použití histogramu na tyto veličiny je možné dostat přesnější chování konstrukce, jelikož přesný matematický popis vlastností materiálů, namáhání konstrukce, geometrických tvarů prvků, atd. je nemožný.

Metoda SBRA využívá simulační techniku Monte Carlo, která se užívá pro výpočty integrálů hustoty pravděpodobnosti spojitých náhodných veličin a je založena na provádění náhodných experimentů s modelem systému a jeho výsledného hodnocení. Konečným řešením bývá pravděpodobnost určitého jevu. [8]

V této kapitole bude provedeno posouzení vybraných prvků pomocí metody SBRA. Budou posouzeny tyto prvky:

- Příčel – střešní nosník – IPE 500
- Sloup – HEB 300
- Zavětrování střechy – TK 133x5 a TK 102x5
- Svary – hřeben, rámový roh a patní plech

Pro každý prvek je vytvořen samostatný výpočetní model, který je totožný s výpočetním postupem dle EC. Vnitřní účinky na tyto prvky jsou převzaty z výpočetní modelu haly, který byl vytvořen v programu FIN 3D. Některé údaje, které vstupují do projektu, jsou řešeny pomocí histogramů. Tyto histogramy budou vysvětleny v další kapitole. Pro každý posuzovaný prvek bude provedeno porovnání výsledných hodnot oproti výsledkům získaných výpočtem pomocí metod Eurokódů.

6.1 POUŽITÉ HISTOGRAMY

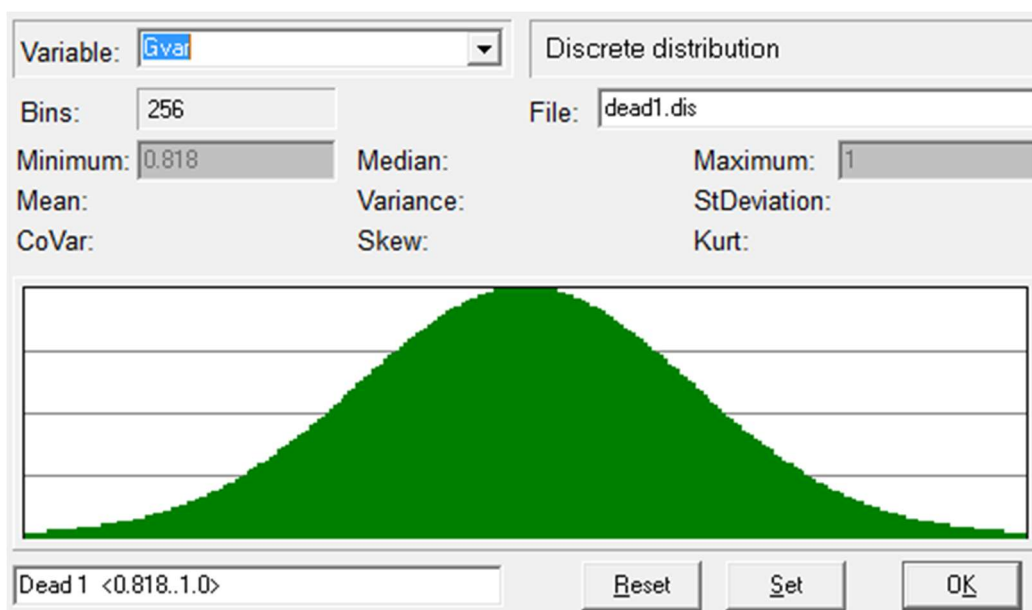
A) ZATÍŽENÍ

Dle metody dílčích součinitelů jsou různá zatížení vyjádřena pomocí reprezentativních hodnot zatížení F_{rep} . Jako hlavní hodnota tohoto zatížení se používá hodnota charakteristického zatížení F_k . Mezi další patří hodnoty kvazistálé, kombinační a častá. Při ověřování se používá hodnota návrhová. Pro návrhovou hodnotu jsou určeny dílčí součinitele zatížení podle normy.

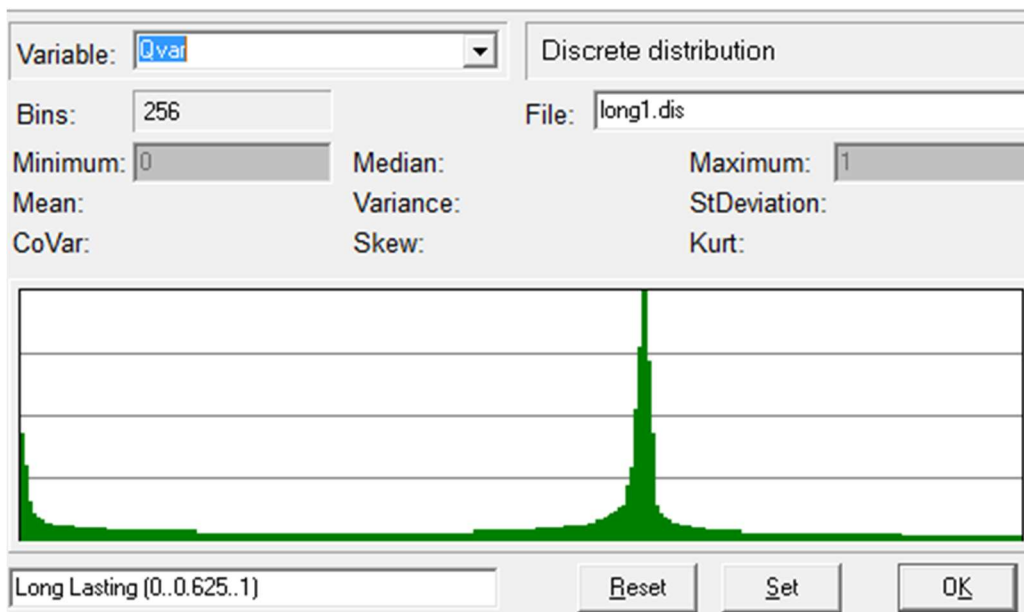
$$F_d = \gamma_F * F_k \quad (89)$$

Pro různé kombinace zatížení je nutné využít kombinační vzorce.

V metodě SBRA je zatížení řešeno pomocí nahodilé proměnné funkcí hustoty pravděpodobnosti či příslušnou funkcí. Křivky hustoty pravděpodobnosti některých zatížení, jako je třeba užité nebo sněhem, neodpovídají žádnému známému parametrickému rozdělení hustoty pravděpodobnosti. Více parametrických rozdělení není ukončena na hraničních hodnotách, a tak do analýzy vstupují nereálné hodnoty, tyto problémy řeší metoda SBRA pomocí křivek trvání zatížení. Tyto křivky jsou vytvořeny výzkumem nebo odhadem. [9]

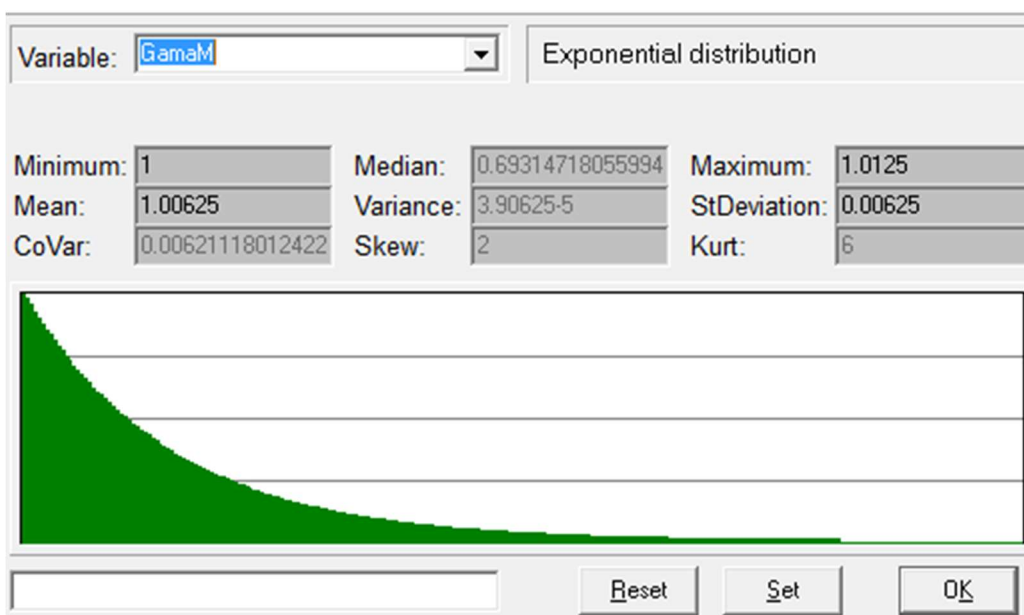


Obrázek 6.1.1.: Rozdělení G_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické účinky stálého zatížení



Obrázek 6.1.2.: Rozdělení Q_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické účinky užitého zatížení

B) DÍLČÍ SOUČINITELE MATERIÁLU - OCEL

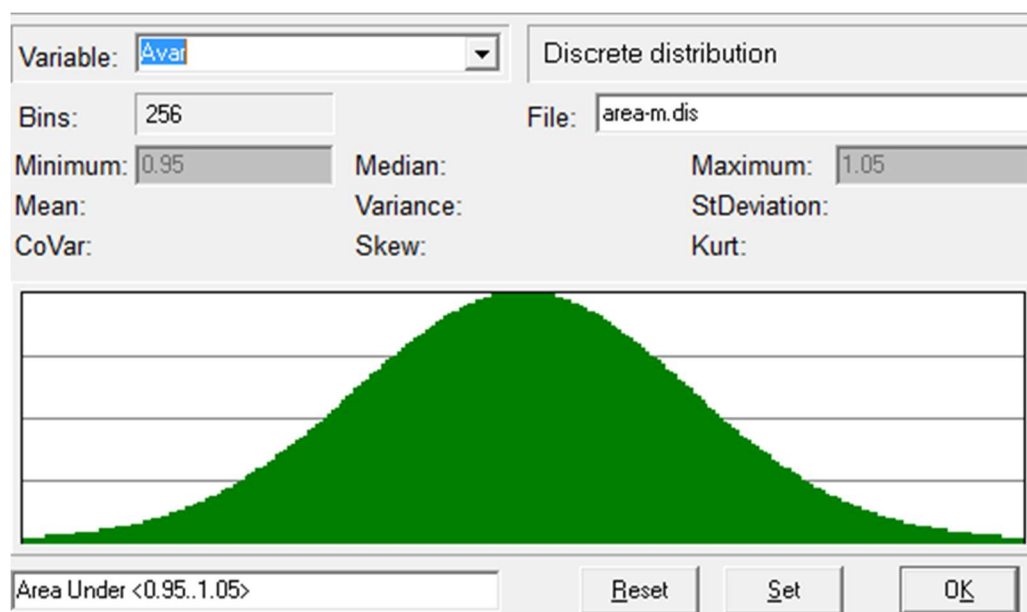


Obrázek 6.1.3.: Rozdělení Γ_{M} - exponenciální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické hodnoty součinitele

C) IMPERFEKCE

Do analýzy konstrukce je třeba použít rezervy, které pokryjí imperfektní účinky. Tyto účinky se mohou vyskytovat v podobě geometrických změn, zbytkových napětí, různých odchylek svislости, rovinnosti, přímosti či excentrického uložení.

Vhodně zvolené imperfekce pomocí nahodile proměnných veličin do globální analýzy konstrukce jsou základem provedení stabilní konstrukce. Třeba při řešení rámových konstrukcí je důležité řešení koncepce vzpěru prvků dokáže metoda SBRA velmi efektivně aplikovat geometrické imperfekce.



Obrázek 6.1.3.: Rozdělení A_{var} - normální rozdělení pravděpodobnosti - teoretické rezervy

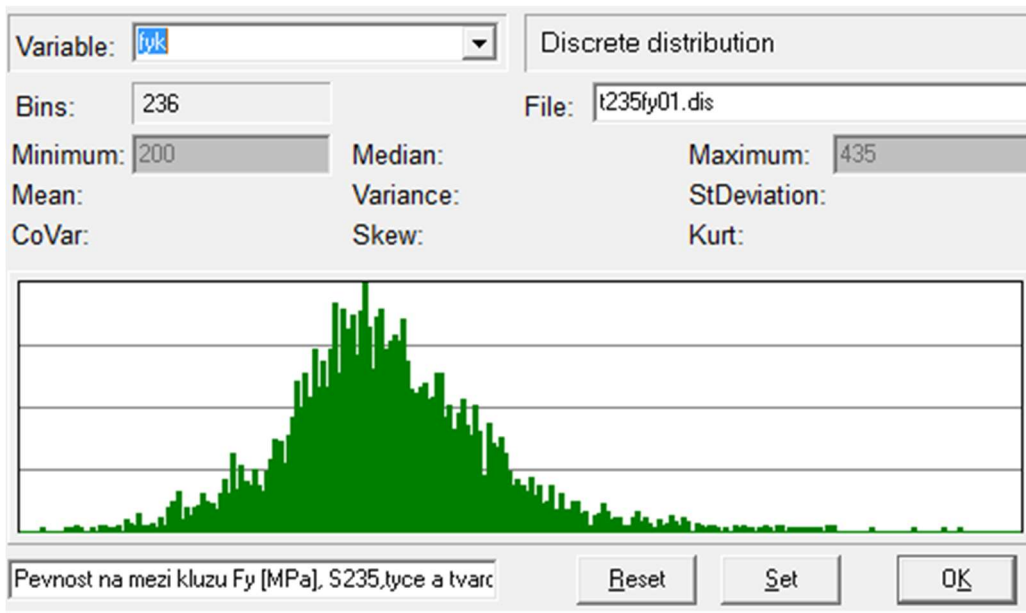
D) MEZ KLUZU OCELI

Mez kluzu je nejdůležitější charakteristika materiálu konstrukčních ocelí. V normách jsou meze kluzu zapsány jako jmenovité hodnoty f_y , kde jsou určeny přímo z vlastností výrobku nebo častěji jednoduše pomocí tabulek pro danou pevnost oceli. Pro navrhování a posuzování se využívá návrhová hodnota meze kluzu f_{yd} a ta je rovna podílu jmenovité hodnoty f_y a součinitele materiálu.

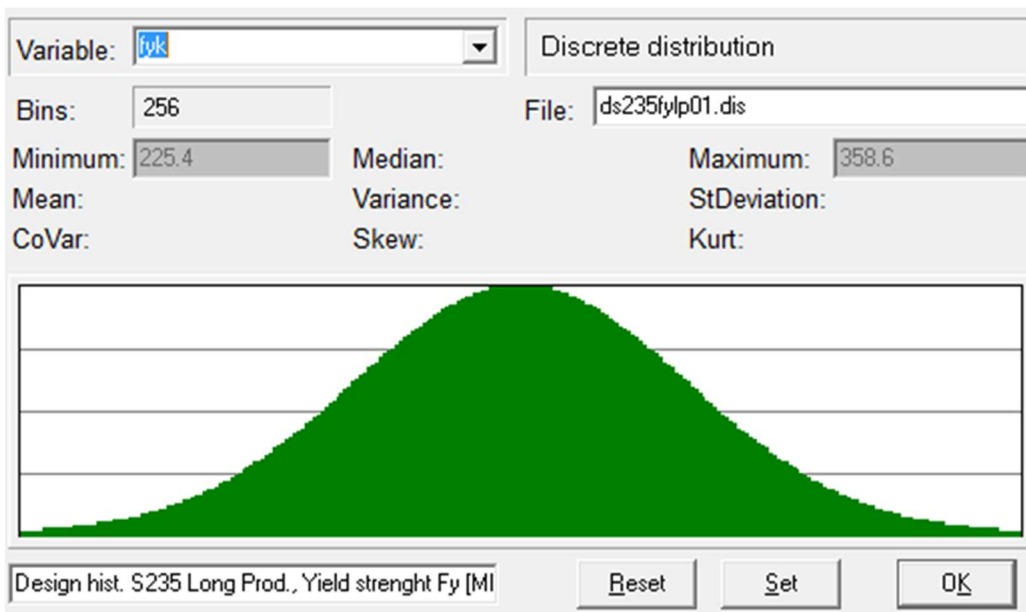
$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (90)$$

Hodnota součinitele materiálu je podle nové evropské normy rovna číslu 1, protože pevnostní charakteristiky ocelí jsou v současnosti vyšší než nominální tabulkové hodnoty.

V pravděpodobnostní analýze je mez kluzu na vstupu vyjádřena nahodile proměnnou veličinou. Tato veličina je určena z mnoholetého výzkumu o ocelových profilech typu IPE, UPE a L.



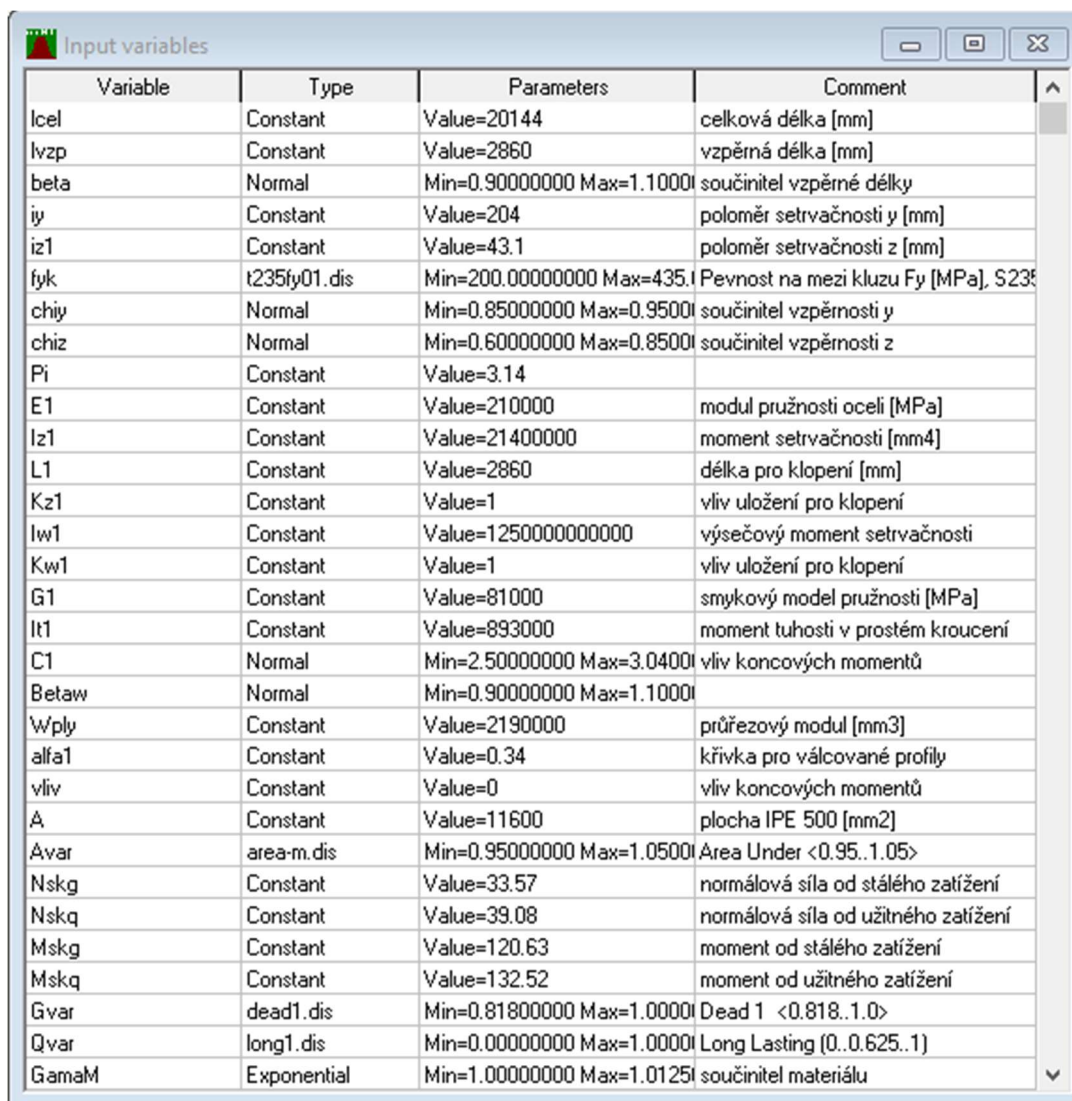
Obrázek 6.1.4.: Rozdělení f_{yk} – charakteristická mez kluzu oceli



Obrázek 6.1.5.: Rozdělení f_{yk} – charakteristická mez kluzu oceli

6.2 POSOUZENÍ PŘÍČLE

Posouzení střešního nosníku je provedeno na kombinaci ohybu, tlaku a klopení. Posouzení je provedeno v bodě rámového rohu. Nejnepriznivější kombinací na příčel je kombinace č.2, která obsahuje stálé zatížení od vlastní tíhy, stálé zatížení od střechy a technologie a užité zatížení na střechu, které je jako hlavní proměnné zatížení. Profil příčle je dle návrhu a posouzení podle ČSN IPE 500, materiál S 235.



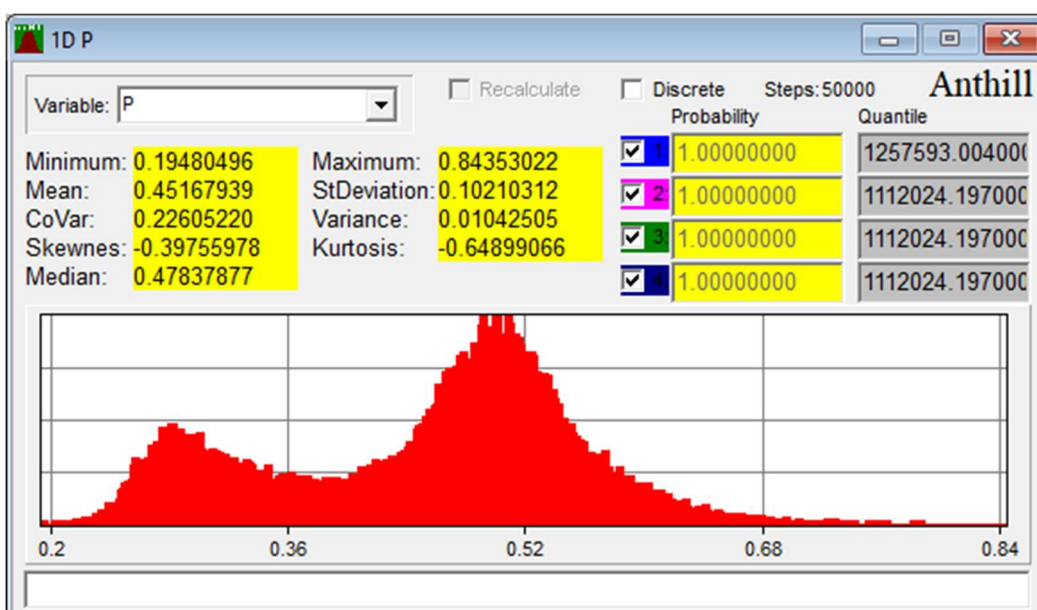
Variable	Type	Parameters	Comment
lcel	Constant	Value=20144	celková délka [mm]
lvzp	Constant	Value=2860	vzpěrná délka [mm]
beta	Normal	Min=0.90000000 Max=1.1000	součinitel vzpěrné délky
iy	Constant	Value=204	poloměr setrvačnosti y [mm]
iz1	Constant	Value=43.1	poloměr setrvačnosti z [mm]
fyk	t235fy01.dis	Min=200.00000000 Max=435.1	Pevnost na mezi kluzu Fy [MPa], S235
chiy	Normal	Min=0.85000000 Max=0.9500	součinitel vzpěrnosti y
chiz	Normal	Min=0.60000000 Max=0.8500	součinitel vzpěrnosti z
Pi	Constant	Value=3.14	
E1	Constant	Value=210000	modul pružnosti oceli [MPa]
Iz1	Constant	Value=21400000	moment setrvačnosti [mm ⁴]
L1	Constant	Value=2860	délka pro klopení [mm]
Kz1	Constant	Value=1	vliv uložení pro klopení
Iw1	Constant	Value=1250000000000	výsečový moment setrvačnosti
Kw1	Constant	Value=1	vliv uložení pro klopení
G1	Constant	Value=81000	smykový modul pružnosti [MPa]
It1	Constant	Value=893000	moment tuhosti v prostém kroucení
C1	Normal	Min=2.50000000 Max=3.0400	vliv koncových momentů
Betaw	Normal	Min=0.90000000 Max=1.1000	
Wply	Constant	Value=2190000	průřezový modul [mm ³]
alfa1	Constant	Value=0.34	křivka pro válcované profily
vliv	Constant	Value=0	vliv koncových momentů
A	Constant	Value=11600	plocha IPE 500 [mm ²]
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.0500	Area Under <0.95..1.05>
Nskg	Constant	Value=33.57	normálová síla od stálého zatížení
Nskq	Constant	Value=39.08	normálová síla od užitého zatížení
Mskg	Constant	Value=120.63	moment od stálého zatížení
Mskq	Constant	Value=132.52	moment od užitého zatížení
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.0000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.0000	Long Lasting (0..0.625..1)
GamaM	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.0125	součinitel materiálu

Obrázek 6.2.1.: Vstupní údaje pro výpočet příčle

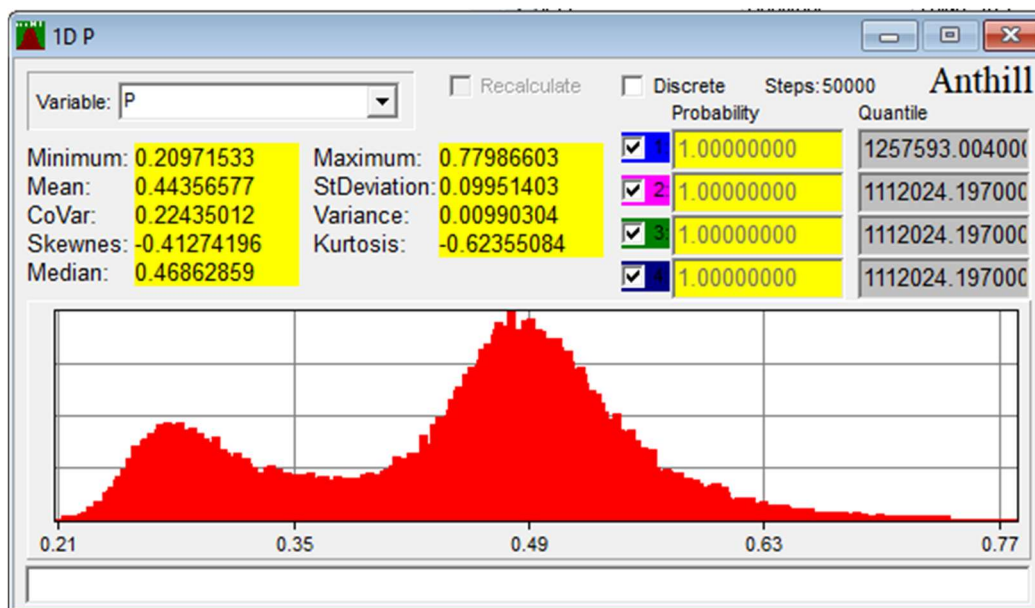
```

Equations
;Posouzení ohyb+tlak+klopení
P=Nsd/Nrd+Msd/Mrd
Nrd=chiz*A*Av*fy
Mrd=chiLT*Wply*Av*fy
;Vliv koncových momentů
KLT=1-(psiLT*Nsd)/(chiz*A*Av*fy)
psiLT=0.15*stihlostz*BetaMLT-0.15
BetaMLT=1.8-0.7*vliv
;Vnitřní účinky
Nsd=(1.35*Gvar*Nskg+1.5*Qvar*Nskq)*1000
Msd=(1.35*Gvar*Mskg+1.5*Qvar*Mskq)*1000000
;Součinitel vzpěrnosti při klopení
chiLT=1/(pom+((pom^2)-(stihlostLT^2))^(1/2))
pom=0.5*(1+alfa1*(stihlostLT-0.2)+(stihlostLT^2))
;Poměrná štíhlost
stihlostLT=((BetaW*Wply*fy)/Mcr)^(1/2)
;Ztráta stability vlivem klopení
Mcr=C1*(((PI^2)*E*Iz)/((L*Kz)^2))*(((Iw/Iz)*((Kz/Kw)^2)+(((L*Kz)^2)*G*I1)/((PI^2)*E*Iz))^(1/2)
;Součinitel vzpěrnosti - ze štíhlosti určený rozptyl dle křivek
;Štíhlosti
stihlosty=lambday/stihlost1
stihlostz=lambdaz/stihlost1
stihlost1=93.9*(235/fy)^(1/2)
lambday=Lcry/(iy*Av)
lambdaz=Lcrz/(iz1*Av)
;Vzpěrné délky
Lcry=0.5*lcel*beta*Av
Lcrz=lvzp*beta*Av
;Vstupní údaje
fy=fyk/GamaM
E=E1*Av
Iz=Iz1*Av
L=L1*Av
Kz=Kz1*Av
Iw=Iw1*Av
Kw=Kw1*Av
G=G1*Av
I1=I1*Av
    
```

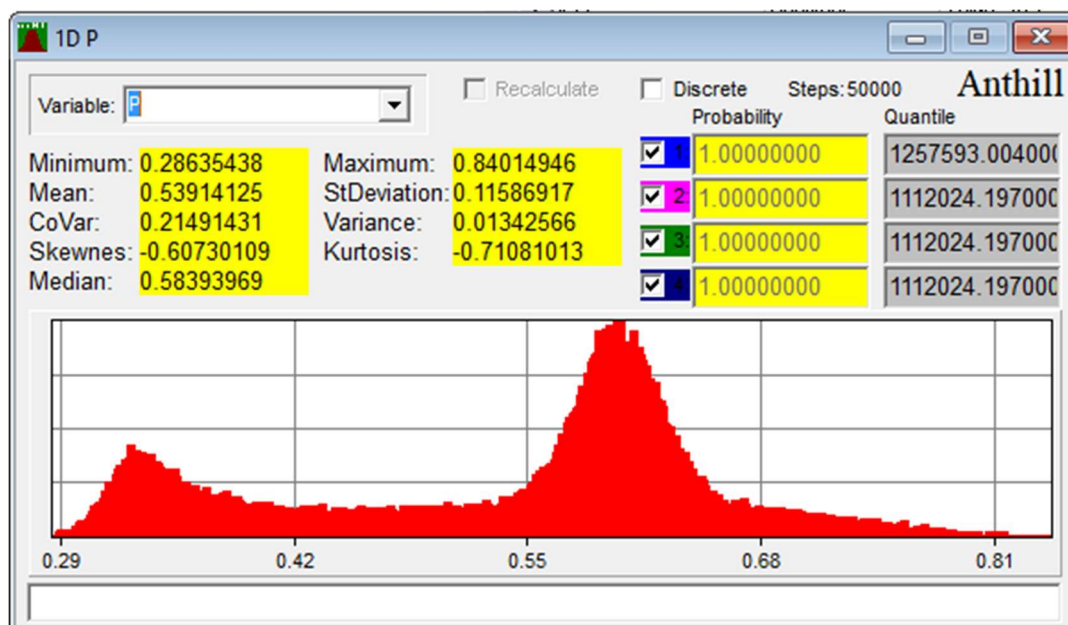
Obrázek 6.2.2.: Výpočtový model pro posouzení příčle



Obrázek 6.2.3.: Posouzení příčle - fyk - histogram t235fy01



Obrázek 6.2.4.: Posouzení přičle - fyk - histogram - ds235fylp01



Obrázek 6.2.5.: Posouzení přičle - fyk - hodnota 235 MPa s proměnou 5 %

Výsledky byly provedeny pro tři histogramy meze kluzu ocele, kde počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití profilu jsou zřejmé z posledních tří obrázků. Využití dle ČSN s vlivem klopení je 79% dle ručního výpočtu a 77% dle posouzení v programu FIN Ocel. Rozptyl posouzení dle metody SBRA je pozoruhodný, jelikož v jednom momentě se uvažuje vlivem imperfekcí větší průřez a vlivem křivek trvání zatížení menší zatížení se analýza dostala na procento využití pouze 20% a v opačném případě se dostala hodnota na podobné využití, které bylo provedeno pomocí ČSN. Pro porovnání výsledků budeme vycházet ze střední statistické hodnoty (Mean), která činí 45,2 % pro

histogram meze kluzu oceli t235fy01, dále pro histogram ds235fyp01 44,4% a pro mez kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5 % je hodnota rovna 53,9%.

6.3 POSOUZENÍ SLOUPU

Posouzení sloupu je provedeno na kombinaci ohybu, tlaku a klopení. Posouzení je provedeno v bodě rámového rohu. Nejnepříznivější kombinací na sloup je kombinace č.2, která obsahuje stálé zatížení od vlastní tíhy, stálé zatížení od střechy a technologie a užité zatížení na střechu, které je jako hlavní proměnné zatížení. Profil sloupu je dle návrhu a posouzení podle ČSN HEB 300, materiál S 235.

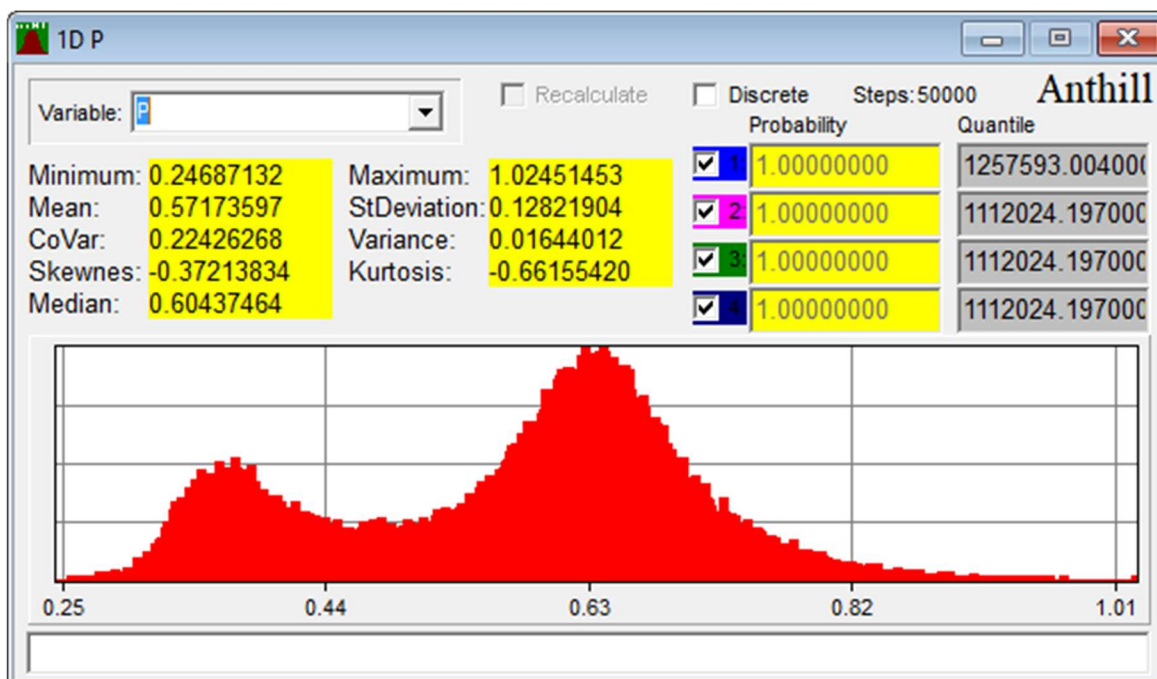
Variable	Type	Parameters	Comment
hcel	Constant	Value=3250	vzpěrná délka [mm]
hvzp	Constant	Value=6500	celková délka [mm]
beta	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.30000000	součinitel vzpěrné délky
iy	Constant	Value=130	poloměr setrvačnosti [mm]
iz1	Constant	Value=75.8	poloměr setrvačnosti [mm]
fyk	t235fy01.dis	Min=200.00000000 Max=435.00000000	Pevnost na mezi kluzu Fy [MPa], S235
chiy	Normal	Min=0.92000000 Max=0.98000000	součinitel vzpěrnosti y
chiz	Normal	Min=0.30000000 Max=0.55000000	součinitel vzpěrnosti z
Pi	Constant	Value=3.14	
E1	Constant	Value=210000	modul pružnosti oceli
Iz1	Constant	Value=85600000	moment setrvačnosti z [mm ⁴]
L1	Constant	Value=6500	délka pro klopení [mm]
Kz1	Constant	Value=0.5	uložení konců pro klopení
lw1	Constant	Value=1690000000000	výšečový moment setrvačnosti [mm ⁴]
Kw1	Constant	Value=1	uložení konců pro klopení
G1	Constant	Value=81000	smykový modul pružnosti [MPa]
It1	Constant	Value=1850000	moment tuhosti v prostém kroucení
C1	Normal	Min=0.90000000 Max=1.10000000	vliv koncových momentů
Betaw	Normal	Min=0.90000000 Max=1.10000000	
Wply	Constant	Value=1870000	průřezový modul [mm ³]
alfa1	Constant	Value=0.21	křivka pro válcované profily
vliv	Normal	Min=0.60000000 Max=1.00000000	vliv uložení
A	Constant	Value=14900	plocha HEB 300 [mm ²]
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Nskg	Constant	Value=65.71	normálová síla od stálého zatížení
Nskq	Constant	Value=56.38	normálová síla od užitého zatížení
Mskg	Constant	Value=120.63	moment od stálého zatížení
Mskq	Constant	Value=132.52	moment od užitého zatížení
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)
Gamam	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.01250000	součinitel materiálu

Obrázek 6.3.1.: Vstupní údaje do výpočtu sloupu

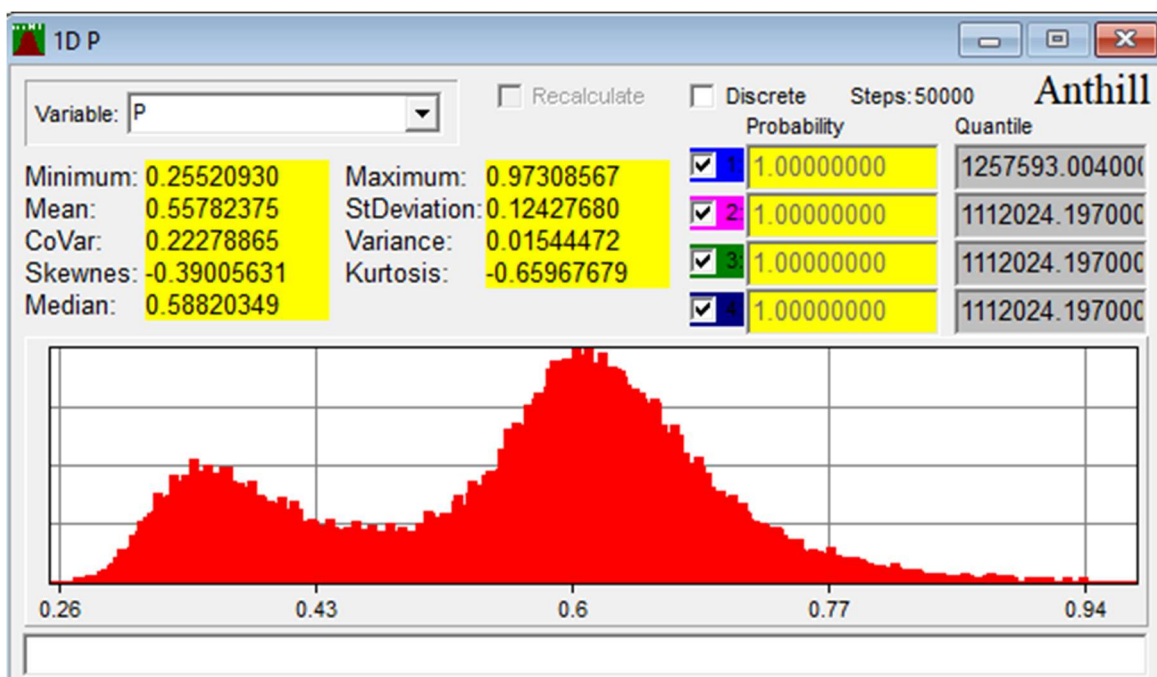

```

Equations
;Posouzení ohyb+tlak+klopení
P=Nsd/Nrd+Msd/Mrd
Nrd=chiz*A*Avar*fy
Mrd=chiLT*Wply*Avar*fy
;Vliv koncových momentů
KLT=1-(psiLT*Nsd)/(chiz*A*Avar*fy)
psiLT=0.15*stihlostz*BetaMLT-0.15
BetaMLT=1.8-0.7*vliv
;Vnitřní účinky
Nsd=(1.35*Gvar*Nskg+1.5*Qvar*Nskq)*1000
Msd=(1.35*Gvar*Mskg+1.5*Qvar*Msq)*1000000
;Součinitel vzpěrnosti při klopení
chiLT=1/(pom+((pom^2)-(stihlostLT^2))^(1/2))
pom=0.5*(1+alfa1*(stihlostLT-0.2)+(stihlostLT^2))
;Poměrná štíhlost
stihlostLT=((Betaw*Wply*fy)/Mcr)^(1/2)
;Ztráta stability vlivem klopení
Mcr=C1*(((Pi^2)*E*Iz)/((L*Kz)^2))*((Iw/Iz)*((Kz/Kw)^2)+(((L*Kz)^2)*G*It)/((Pi^2)*E*Iz))^(1/2)
;Součinitel vzpěrnosti - ze štíhlostí určený rozptyl dle křivek
;Štíhlosti
stihlosty=lambday/stihlost1
stihlostz=lambdaz/stihlost1
stihlost1=93.9*(235/fy)^(1/2)
lambday=Lcry/(iy*Avar)
lambdaz=Lcrz/(iz1*Avar)
;Vzpěrné délky
Lcry=hcel*beta*Avar
Lcrz=hvzp*beta*Avar
;Vstupní údaje
fy=fyk/GamaM
E=E1*Avar
Iz=Iz1*Avar
L=L1*Avar
Kz=Kz1*Avar
Iw=Iw1*Avar
Kw=Kw1*Avar
G=G1*Avar
It=It1*Avar
    
```

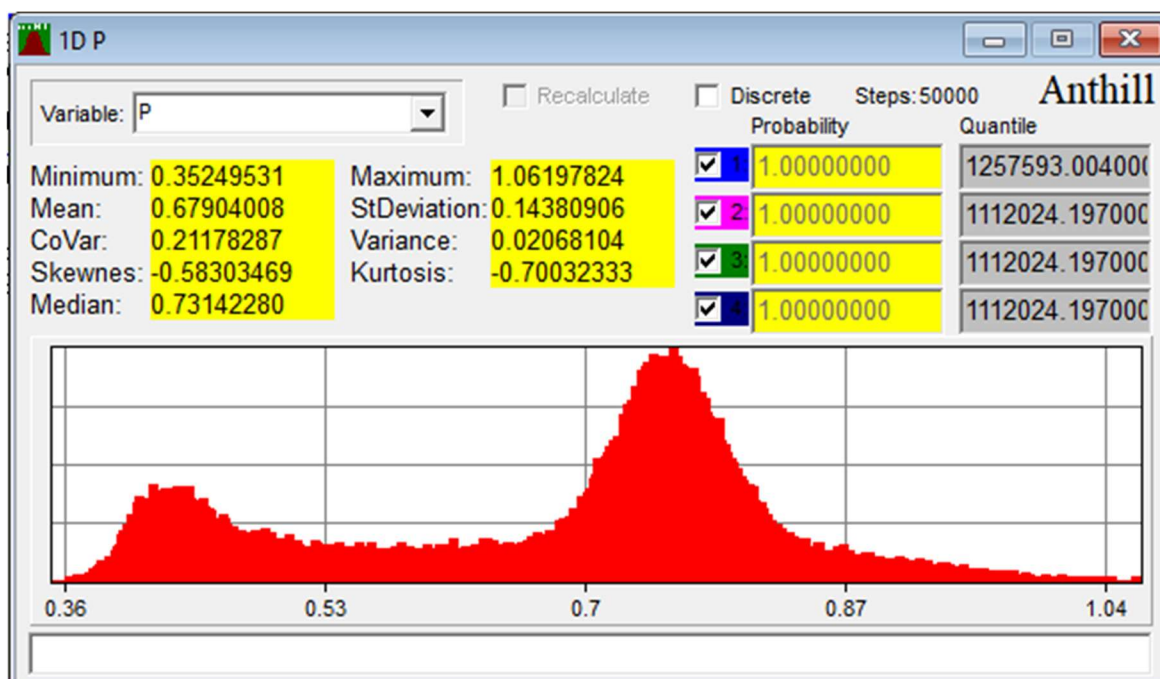
Obrázek 6.3.2.: Výpočetní model pro sloup HEB 300



Obrázek 6.2.3.: Posouzení sloupu - fyk - histogram t235fy01



Obrázek 6.3.4.: Posouzení sloupu - fyk - histogram ds235fyp01



Obrázek 6.3.5.: Posouzení sloupu – fyk – mez kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5 %

Výsledky byly provedeny pro tři histogramy meze kluzu ocele, kde počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití profilu jsou zřejmé z posledních tří obrázků. Využití dle ČSN s vlivem klopení je 95% dle ručního výpočtu a 91% dle posouzení v programu FIN Ocel. Rozptyl posouzení dle metody SBRA je pozoruhodný, jelikož v jednom momentě se uvažuje vlivem imperfekcí větší průřez a vlivem křivek trvání zatížení menší zatížení se analýza dostala na procento využití pouze 25% a v opačném případě se dostala hodnota na podobné využití, které bylo provedeno pomocí ČSN. Pro porovnání výsledků budeme vycházet ze střední statistické hodnoty (Mean), která činí 57,2 % pro histogram meze kluzu oceli t235fy01, dále pro histogram ds235fy01 55,8% a pro mez kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5 % je hodnota rovna 67,9%.

6.4 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ TK 133X5

Posouzení zavětrování trubky je provedeno na kombinaci ohybu a tlaku. Posouzení je provedeno na nejvíce namáhané trubce. Nejnepříznivější kombinací na trubku je kombinace č.130, která obsahuje stálé zatížení od vlastní tíhy, stálé zatížení od střechy a technologie a užité zatížení na střechu, které je jako hlavní proměnné zatížení. Profil zavětrování je dle návrhu a posouzení podle ČSN TK 133x5, materiál S 235.

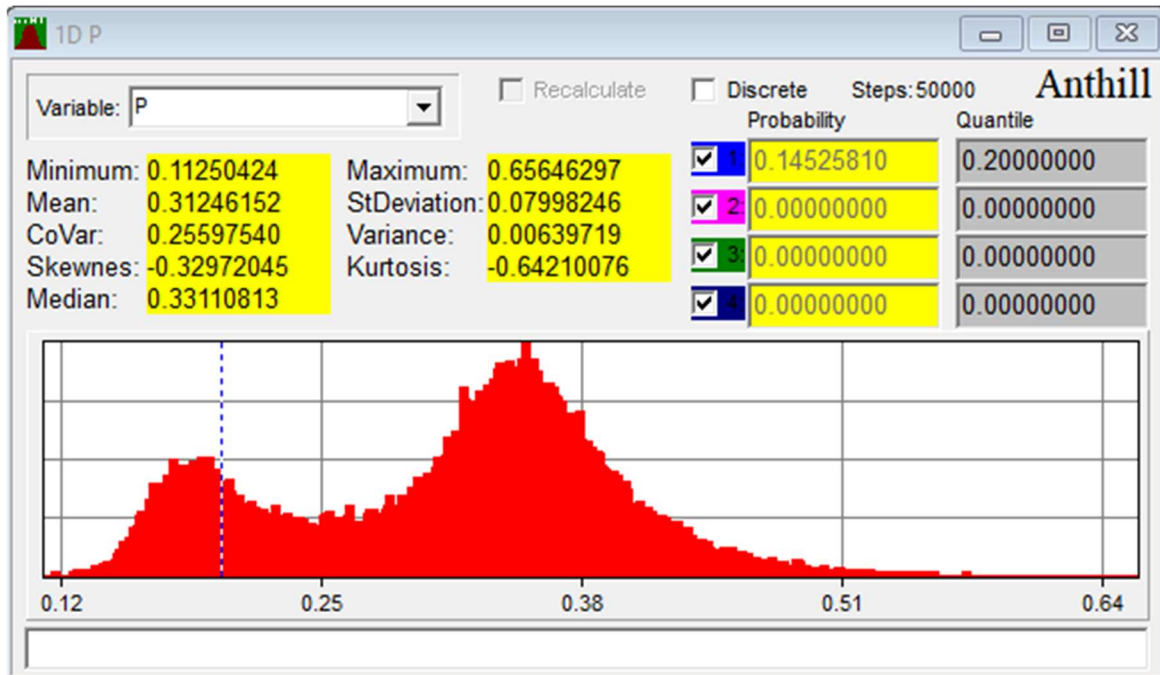
Variable	Type	Parameters	Comment
l	Constant	Value=6000	délka v mm
beta	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
i	Constant	Value=45.3	poloměr setrvačnosti
fyk	t235fy01.dis	Min=200.00000000 Max=435.00000000	Pevnost na mezi kluzu Fy [MPa]
vzp	Normal	Min=0.35000000 Max=0.45000000	křivka vzpěrnosti
A	Constant	Value=2010	plocha průřezu TK 133x5
Wpl	Constant	Value=82000	průřezový modul
GamaM	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.01250000	součinitel materiálu
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Nvlt	Constant	Value=7310	síla od vl. tíhy
Nstrecha	Constant	Value=11810	síla od zatížení střechy
Ntech	Constant	Value=5200	síla od zatížení technologie
Nuzitne	Constant	Value=26100	síla od užitneho
Myvlt	Constant	Value=-0.48	y - moment od vl tíhy
Mystrecha	Constant	Value=0.7	y - moment od strechy
Mytech	Constant	Value=-0.2	y- moment od tech
Myuzitne	Constant	Value=0.98	y-moment od užitneho
Mzvlt	Constant	Value=0.32	z - moment od vl tíhy
Mzstrecha	Constant	Value=0.35	z - moment od strechy
Mztech	Constant	Value=0.15	z - moment od techn
Mzuzitne	Constant	Value=0.77	z - moment od užitneho
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)

Obrázek 6.4.1.: Vstupní údaje do výpočtu zavětrování TK 133x5

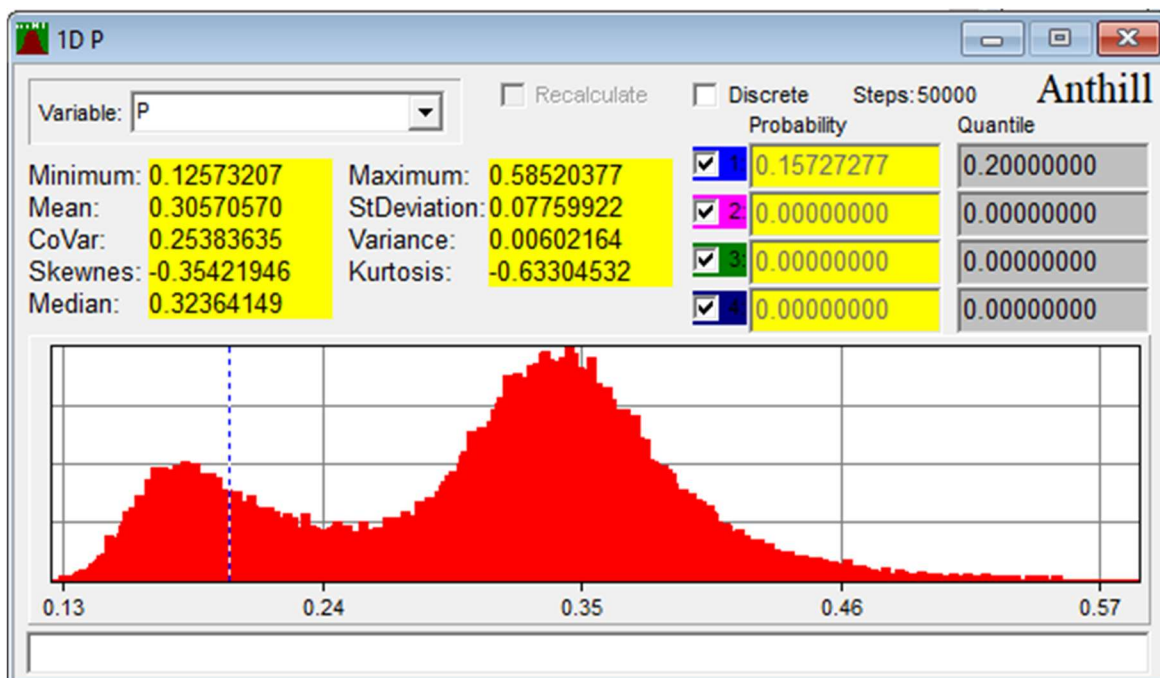
```

Podmínka pro kombinaci ohyb+tlak
P=Nsd/Nrd+(Myd*10^6)/Myrd+(Mzd*10^6)/Mzrd
Nrd=vzpernost*A*fyd
Myrd=(Wpl*Avar)*fyd
Mzrd=(Wpl*Avar)*fyd
;Vnitri ucinky
Nsd=1.35*Nvlt*Gvar+1.35*Nstrecha*Gvar+1.35*Ntech*Gvar+1.5*Nuzitne*Qvar
Myd=1.35*Myvlt*Gvar+1.35*Mystrecha*Gvar+1.35*Mytech*Gvar+1.5*Myuzitne*Qvar
Mzd=1.35*Mzvlt*Gvar+1.35*Mzstrecha*Gvar+1.35*Mztech*Gvar+1.5*Mzuzitne*Qvar
;Součinitel vzpěrnosti z křivky a
vzpernost=vzp
;Vzpěrné délky
stihlost=(lambda/lambda1)*(beta)^(1/2) ; odhad rozptylu křivky vzpěrnosti ( 0,35-0,45)
lambda1=93.9*(235/fyd)^(1/2)
lambda=Lcr/(i*Avar)
Lcr=(i*Avar)*beta
;Návrhová pevnost meze kluzu oceli
fyd=fyk/GamaM
    
```

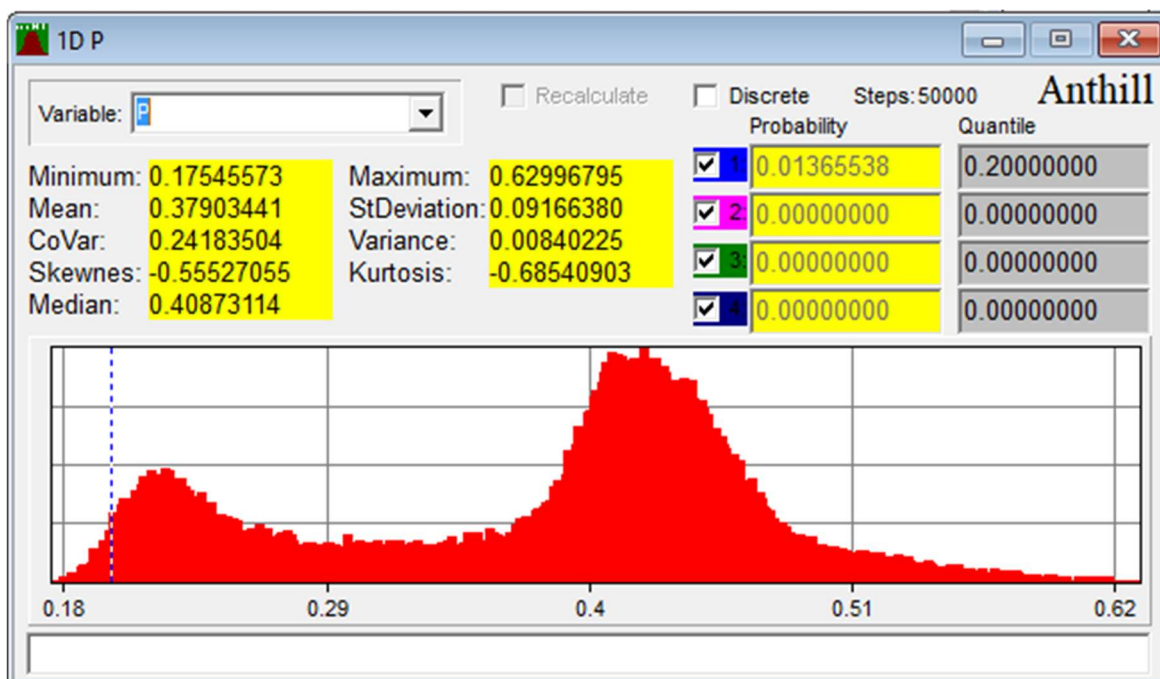
Obrázek 6.4.2.: Výpočetní model pro zavětrování TK 133x5



Obrázek 6.4.3.: Posouzení TR 133x5 – fyk – histogram t235fy01



Obrázek 6.4.4.: Posouzení TR 133x5 – fyk – histogram - ds235fy1p01



Obrázek 6.4.5.: Posouzení TR 133x5 -fyk- hodnota meze kluzu 235 MPa s proměnností 5%

Výsledky byly provedeny pro tři histogramy meze kluzu ocele, kde počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití profilu jsou zřejmé z posledních tří obrázků. Využití dle ČSN je 57,1% dle ručního výpočtu a 53,6% dle posouzení v programu FIN Ocel. Rozptyl posouzení dle metody SBRA je 53%. Pro porovnání výsledků budeme vycházet ze střední statistické hodnoty (Mean), která činí 31,2% využití pro histogram t235fy01, dále pro histogram ds235fy1p01 je hodnota rovna 30,5% využití a poslední histogram, kde mez kluzu je 235 MPa s proměnnou 5%, je využití 37,9%.

6.5 POSOUZENÍ ZAVĚTROVÁNÍ TK 102X5

Posouzení zavětrování trubky je provedeno na kombinaci ohybu a tlaku. Posouzení je provedeno na nejvíce namáhané trubce. Nejnepříznivější kombinací na trubku je kombinace č.130, která obsahuje stálé zatížení od vlastní tíhy, stálé zatížení od střechy a technologie a užitné zatížení na střechu, které je jako hlavní proměnné zatížení. Profil zavětrování je dle návrhu a posouzení podle ČSN TK 102x5, materiál S 235.

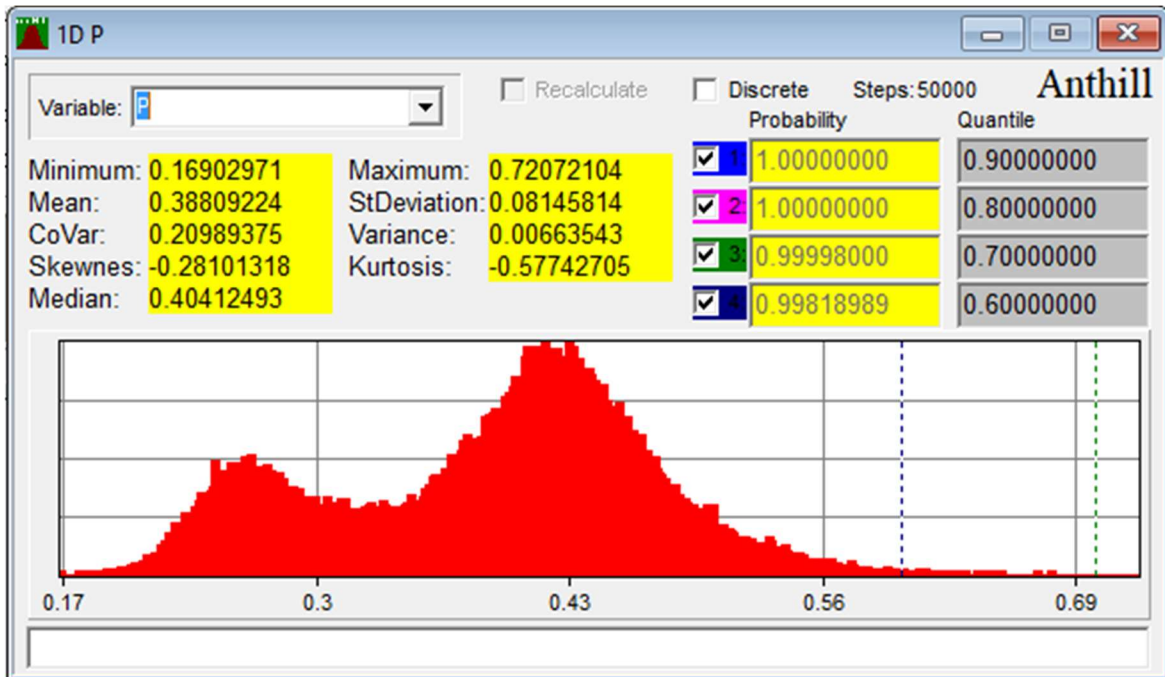
Variable	Type	Parameters	Comment
l	Constant	Value=4145	délka v mm
beta	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
i	Constant	Value=34.3	poloměr setrvačnosti
fyk	t235fy01.dis	Min=200.00000000 Max=435.10000000	Pevnost na mezi kluzu Fy [MPa]
vzp	Normal	Min=0.42000000 Max=0.50000000	křivka vzpěrnosti
A	Constant	Value=1520	plocha průřezu TK 102x5
Wpl	Constant	Value=47100	průřezový modul
GamaM	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.01250000	součinitel materiálu
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Nvlt	Constant	Value=9630	síla od vl. tíhy
Nstrecha	Constant	Value=15790	síla od zatížení střechy
Ntech	Constant	Value=6960	síla od zatížení technologie
Nuzitne	Constant	Value=34930	síla od užitného zatížení
Myvlt	Constant	Value=0.06	y - moment od vl. tíhy
Mystrecha	Constant	Value=0.02	y - moment od stálého zat
Mytech	Constant	Value=0.01	y - moment od techn
Myuzitne	Constant	Value=0.05	y-moment od užitného
Mzvlt	Constant	Value=0.4	z - moment od vl. tíhy
Mzstrecha	Constant	Value=0.05	z - moment od stálého zat
Mztech	Constant	Value=0.02	z - moment od tech
Mzuzitne	Constant	Value=0.1	z moment od užitného
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)

Obrázek 6.5.1.: Vstupní údaje do výpočtu zavětrování TK 102x5

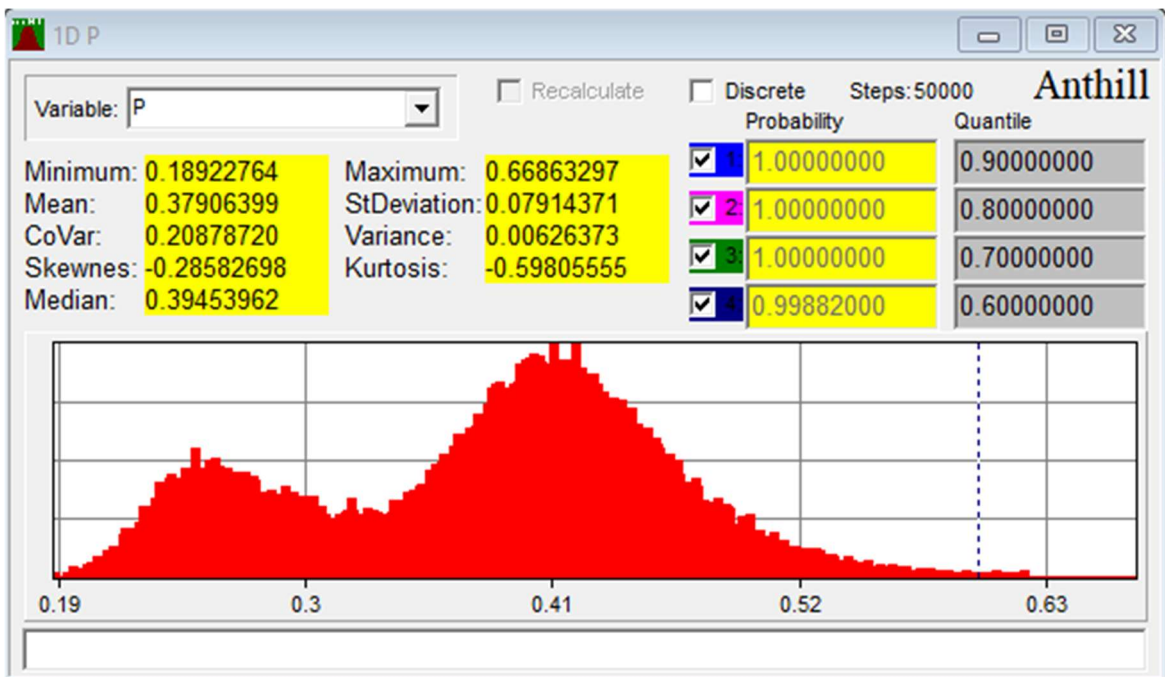
```

:Podmínka pro kombinaci ohyb+tlak
P= Nsd/Nrd+(Myd*10^6)/Myrd+(Mzd*10^6)/Mzrd
Nrd=vzpernost*A*fyd
Myrd=(Wpl*Avar)*fyd
Mzrd=(Wpl*Avar)*fyd
:Vnitřní účinky
Nsd=1.35*Nvlt*Gvar+1.35*Nstrecha*Gvar+1.35*Ntech*Gvar+1.5*Nuzitne*Qvar
Myd=1.35*Myvlt*Gvar+1.35*Mystrecha*Gvar+1.35*Mytech*Gvar+1.5*Myuzitne*Qvar
Mzd=1.35*Mzvlt*Gvar+1.35*Mzstrecha*Gvar+1.35*Mztech*Gvar+1.5*Mzuzitne*Qvar
:Součinitel vzpěrnosti z křivky a
vzpernost=vzp
:Vzpěrné délky
stihlost=(lambda/lambda1)*(beta)^(1/2) ; odhad rozptylu křivky vzpěrnosti ( 0,30-0,55)
lambda1=93.9*(235/fyd)^(1/2)
lambda=Lcr/(i*Avar)
Lcr=(i*Avar)*beta
:Návrhová pevnost meze kluzu oceli
fyd=fyk/GamaM
    
```

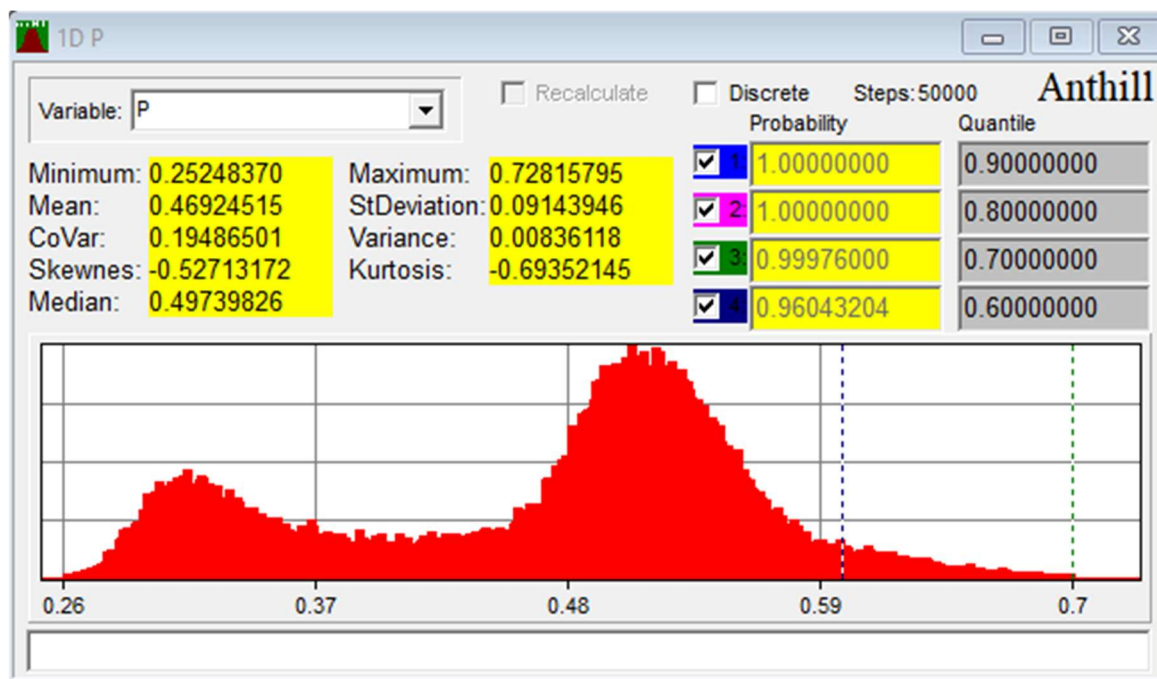
Obrázek 6.5.2.: Výpočetní model pro zavětrování TK 102x5



Obrázek 6.5.3.: Posouzení TR 102x5 – fyk – histogram t235fy01



Obrázek 6.5.4.: Posouzení TR 102x5 – fyk – histogram - ds235fy1p01



Obrázek 6.5.5.: Posouzení TR 102x5 – fyk – mez kluzu 235 MPa s proměnnou 5%

Výsledky byly provedeny pro tři histogramy meze kluzu ocele, kde počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití profilu jsou zřejmé z posledních tří obrázků. Využití dle ČSN je 64,5% dle ručního výpočtu a 67,7% dle posouzení v programu FIN Ocel. Pro porovnání výsledků budeme vycházet ze střední statistické hodnoty (Mean), kde hodnota pro histogram t235fy01 činí 38,8%, pro histogram ds235fyp01 je hodnota rovna 37,9% a pro mez kluzu s proměnností 5% je střední hodnota 46,9%

6.6 POSOUZENÍ VAZNIČKY

Vaznička je posouzena pouze ohyb. Posouzení je provedeno pro obě roviny namáhání. Nejnepříznivější kombinací na trubku je kombinace, která obsahuje stálé zatížení od vlastní tíhy, stálé zatížení od střechy, technologie, tlaku větru a užité, které je jako hlavní proměnné zatížení. Profil vazničky je 202 Z 23, materiál – ocel s mezí kluzu 450 MPa.

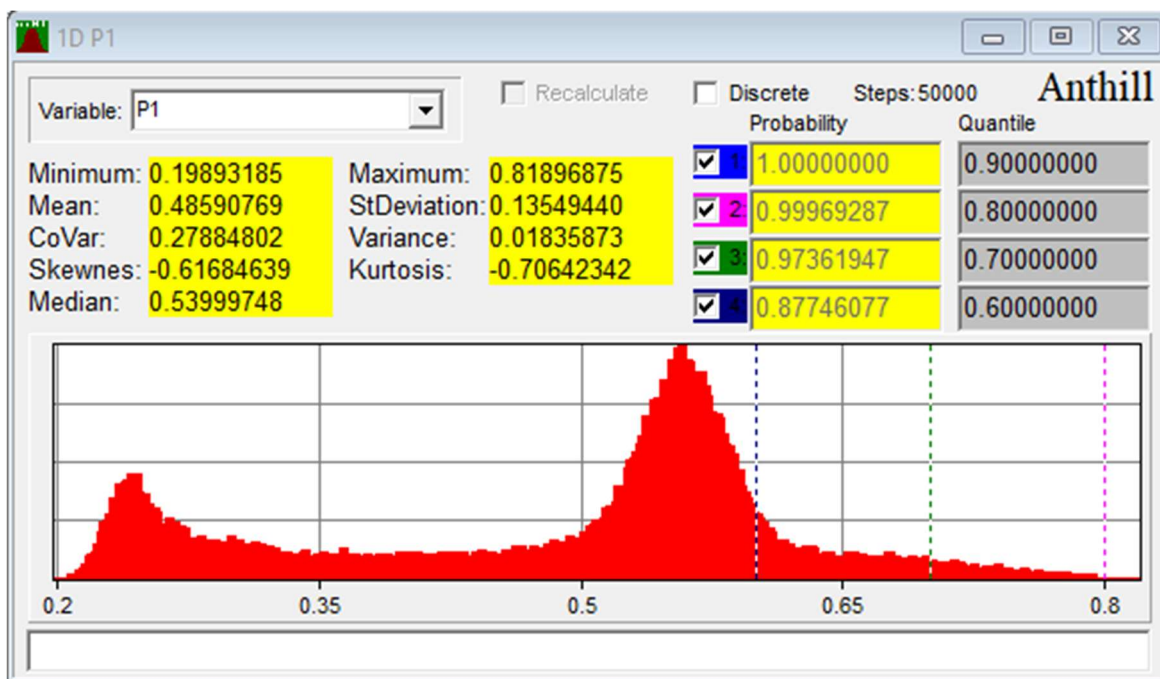
```

;Posouzení
P1=Medx/Mrdx
P2=Medy/Mrdy
;Únostnost vazničky 202 Z 23
Mrdy=fyd*(Wply*Avar)*10^(-3)
Mrdx=fyd*(Wplx*Avar)*10^(-3)
fyd=(fyk*Fyvar)/GamaM
;Vnitřní síly na vazničku - moment
Medy=(1/8)*gsdy*((l*Avar)^2)
Medx=(1/8)*gsdx*((l*Avar)^2)
;Zatizení a kombinace 6.10 - vaznička 202 Z 23 - rozdeleni do dvou rovin
gsd=gsd*sin(sklon*Avar)
gsdx=gsd*cos(sklon*Avar)
gsd=gsd1*bz+1.35*gkvltiha*Gvar
gsd1=1.35*gkstrecha*Gvar+1.35*gktechn*Gvar+1.5*qkuzitne*Qvar+1.5*qkvitr*Qvar ; m2
;Zatěžovací šířka
bz=1.25*b*Avar
    
```

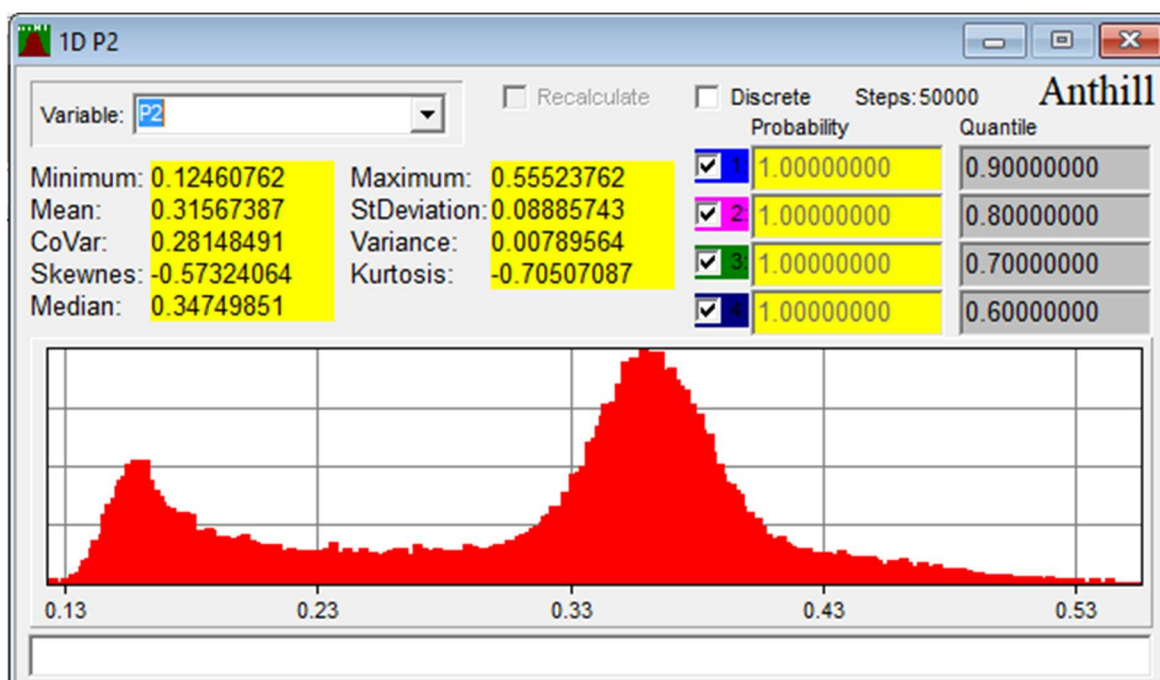
Obrázek 6.6.1.: Výpočetní model pro posouzení vazničky

Variable	Type	Parameters	Comment
b	Constant	Value=1.5	zatezovací sirka [m]
gkstrecha	Constant	Value=0.307	zatizeni od strechy [kNm]
gktechn	Constant	Value=0.15	zatizeni od technologie [kNm]
qkuzitne	Constant	Value=0.75	uzitne zatizeni [kNm]
qkvitr	Constant	Value=0.13	tlak vetru [kNm]
gkvltiha	Constant	Value=0.062	vlastni tiha vazničky [kNm]
sklon	Constant	Value=0.122	sklon strechy v radianech
l	Constant	Value=6	délka vazničky [m]
fyk	Constant	Value=450	mez kluzu oceli [MPa]
Wplx	Constant	Value=47.45	průřezový modul x [mm ³]
Wply	Constant	Value=8.96	průřezový modul y [mm ³]
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)
GamaM	Exponential	Min=1.00000000 Max=1.01250000	součinitel materiálu
Fyvar	Normal	Min=0.98000000 Max=1.02000000	Area Under <0.9..1.05>

Obrázek 6.6.2.: Vstupní údaje do výpočtu posouzení vazničky



Obrázek 6.6.3.: Posouzení vazničky v rovině x



Obrázek 6.6.4.: Posouzení vazničky v rovině y

Výsledky byly provedeny pro hodnotu meze kluzu oceli 450 MPa, která byla pronásobena histogramem F_{yvar} (2% změna). Počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití profilu jsou zřejmé z posledních dvou obrázků. Využití dle ČSN je 78,7% v rovině x a 50% v rovině y dle ručního výpočtu. Výsledky pomocí metody SBRA jsou v maximálních hodnotách podobné výpočtu dle ČSN. Pro porovnávání budou použity

střední hodnoty (Mean). V rovině x je tato hodnota rovna 48,5 % využití a v rovině y 32,5 % využití.

6.7 POSOUZENÍ SVARU V HŘEBENI

Posouzení proběhlo na kombinaci zatížení č.2, která je nejnepříznivější. Při výpočtu pomocí metody SBRA bylo využito proměnnosti geometrie svarů a profilů, časových křivek zatížení a proměnnosti meze pevnosti oceli, která činí 5%. Mez pevnosti má hodnotu 360 MPa. Posouzení svarů proběhlo ve dvou bodech, které jsou již zakresleny na schématech při výpočtu dle ČSN.

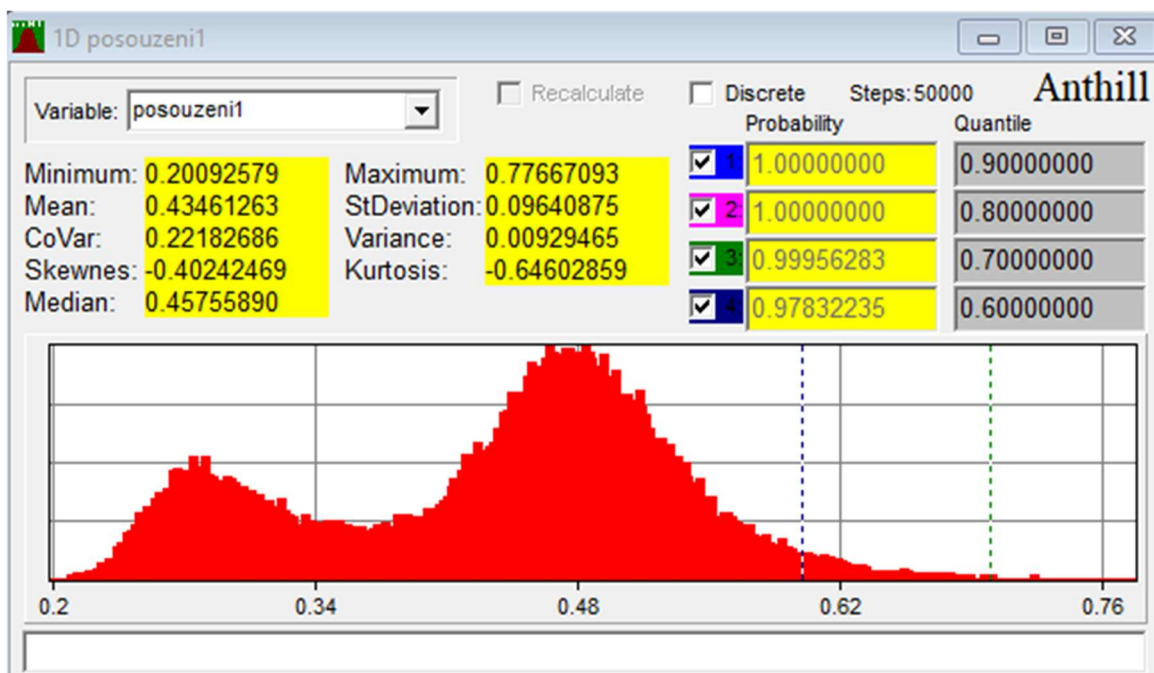
```

;Posouzení svaru v bodě 2
posouzeni2=napeti2/unosnost2
unosnost2=fu/(betaw*GamaM2)
napeti2=((Sigmak2^2)+3*((Tauk2^2)+(Taur2^2)))^(1/2)
Taur2=Vsd/(2*sv2*h1)
Tauk2=Sigmak2
Sigmak2=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z2
z2=(h/2)-tp
;Posouzení svaru v bodě 1
posouzeni1=napeti1/unosnost1
unosnost1=fu/(betaw*GamaM2)
napeti1=((Sigmak1^2)+3*((Tauk1^2)+(Taur1^2)))^(1/2)
Taur1=0
Tauk1=Sigmak1
Sigmak1=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z1
z1=h/2+sv1
;Vnitřní síly
Msd=(1.35*(Mkvl+Mkstrecha+Mktech)*Gvar+1.5*Mkuzitne*Qvar)*10^6
Vsd=(1.35*(Vkvl+Vkstrecha+Vktech)*Gvar+1.5*Vkuzitne*Qvar)*10^3
;Moment setrvačnosti - sv1=8 mm, sv2=6 mm
ly=lyvne-lyvni
;Vnější
lyvne=((1/12)*b*((h+2*sv1)^3))-2*((1/12)*ba1*(ha1^3))
ba1=(b-2*sv2-ts)/2
ha1=h-2*tp-2*sv1
;Vnitřní
lyvni=(1/12)*b*(h^3)-2*(1/12)*ba2*(ha2^3)
ba2=(b-ts)/2
ha2=h-2*tp
;Vstupní údaje
b=b1*Avlar
h=h1*Avlar
sv1=sv11*Avlar
sv2=sv21*Avlar
ts=ts1*Avlar
tp=tp1*Avlar
fu=fu1*Avlar
    
```

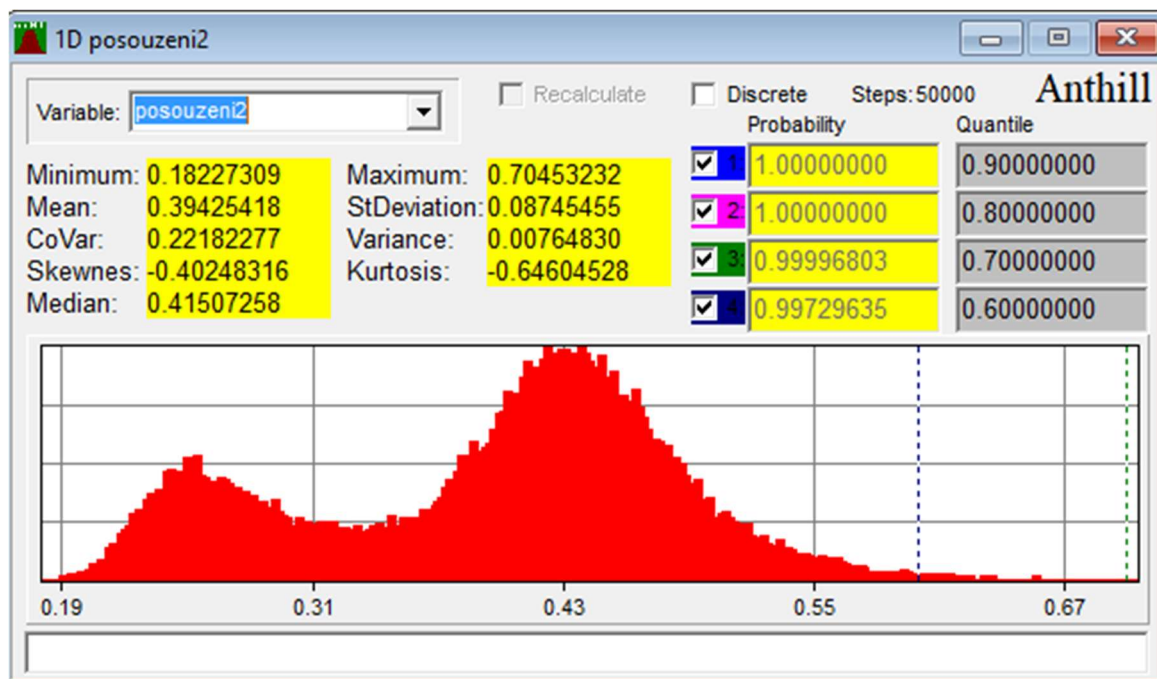
Obrázek 6.7.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru v hřebeni

Variable	Type	Parameters	Comment
b1	Constant	Value=200	šířka pásnice [mm]
h1	Constant	Value=500	výška IPE 500 [mm]
sv11	Constant	Value=8	svar pásnice [mm]
sv21	Constant	Value=6	svar stojny [mm]
ts1	Constant	Value=10.2	tloušťka stojny [mm]
tp1	Constant	Value=16	tloušťka pásnice [mm]
fu1	Constant	Value=360	mez pevnosti oceli [MPa]
betaw	Normal	Min=0.75000000 Max=0.85000000	součinitel pro oceli meze kluzu
GamaM2	Exponential	Min=1.20000000 Max=1.30000000	součinitel pro svary
Vkvl	Constant	Value=0.98	Posouvající síla od vlastní tíhy
Vkstrecha	Constant	Value=2.68	Posouvající síla od zat. střechy
Vktech	Constant	Value=1.08	Posouvající síla pd zat. techn
Vkuzitne	Constant	Value=5.01	Posouvající síla od užitého zat
Mkvl	Constant	Value=28.34	Moment od vl. tíhy
Mkstrecha	Constant	Value=49.92	Moment od zat. střechy
Mktech	Constant	Value=21.6	Moment od zat. technologie
Mkuzitne	Constant	Value=106.58	Moment od užitého zatížení
Ávar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)

Obrázek 6.7.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru v hřebeni



Obrázek 6.7.3.: Posouzení svaru v hřebeni v bodě 1



Obrázek 6.7.4.: Posouzení svaru v hřebeni v bodě 2

Počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití svaru jsou zřejmé z posledních dvou obrázků. Využití dle ČSN je v bodě 1 64% a v bode 2 je hodnota rovna číslu 58%. Pro porovnání výsledků bude využita statistická střední hodnota, která je v bodě 1 rovna 43,4% a v bode 2 39,4 %.

6.8 POSOUZENÍ SVARU V RÁMOVÉM ROHU

Posouzení proběhlo na kombinaci zatížení č.2, která je nejneprůzračnější. Při výpočtu pomocí metody SBRA bylo využito proměnnosti geometrie svarů a profilů, časových křivek zatížení a proměnnosti meze pevnosti oceli, která činí 5%. Mez pevnosti má hodnotu 360 MPa. Posouzení svarů proběhlo ve dvou bodech, které jsou již zakresleny na schématech při výpočtu dle ČSN.

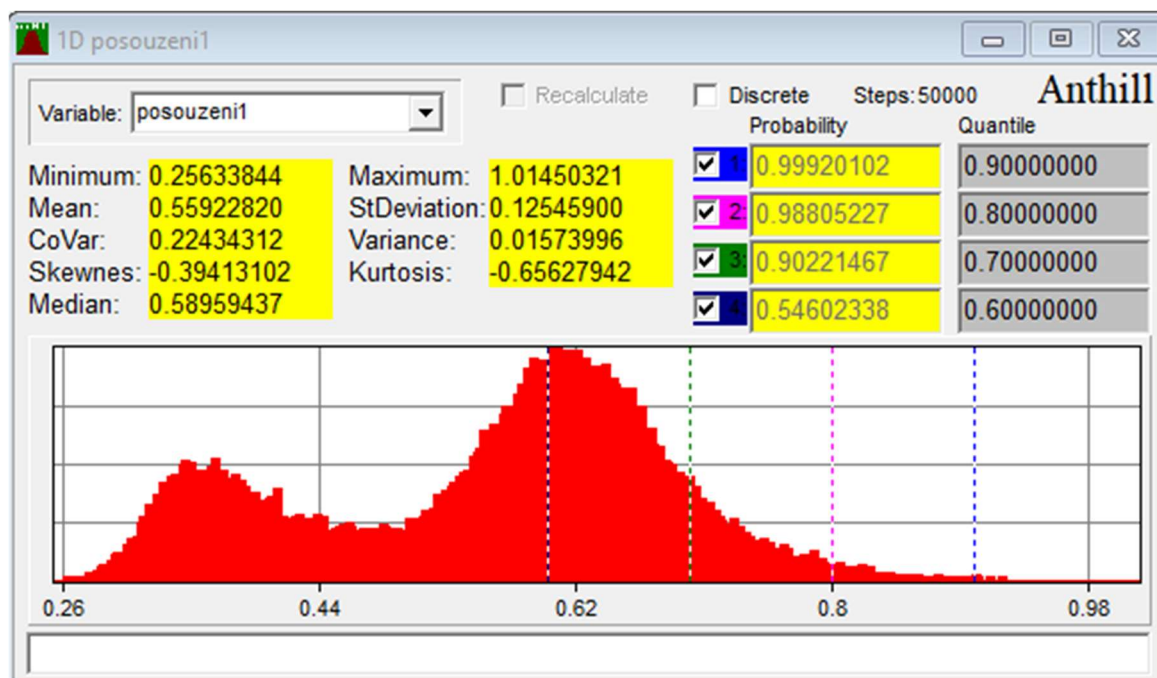
```

Equations
;Posouzení svaru v bodě 2
posouzeni2=napeti2/unosnost2
unosnost2=fu/([betaw*GamaM2]
napeti2=([Sigmak2^2]+3*([T auk2^2]+(T aur2^2)))^(1/2)
Taur2=Vsd/(2*sv2*h1)
T auk2=Sigmak2
Sigmak2=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z2
z2=(h/2)-tp
;Posouzení svaru v bodě 1
posouzeni1=napeti1/unosnost1
unosnost1=fu/([betaw*GamaM2]
napeti1=([Sigmak1^2]+3*([T auk1^2]+(T aur1^2)))^(1/2)
Taur1=0
T auk1=Sigmak1
Sigmak1=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z1
z1=h/2+sv1
;Vnitřní síly
Msd=(1.35*(Mkvl+Mkstrecha+Mktech)*Gvar+1.5*Mkuzitne*Qvar)*10^6
Vsd=(1.35*(Vkv1+Vkstrecha+Vktech)*Gvar+1.5*Vkuzitne*Qvar)*10^3
;Moment setrvačnosti - sv1=8 mm, sv2=6 mm
ly=lyvne-lyvni
;Vnější
lyvne=((1/12)*b*((h+2*sv1)^3))-2*((1/12)*ba1*(ha1^3))
ba1=(b-2*sv2-ts)/2
ha1=h-2*tp-2*sv1
;Vnitřní
lyvni=(1/12)*b*(h^3)-2*((1/12)*ba2*(ha2^3))
ba2=(b-ts)/2
ha2=h-2*tp
;Vstupní údaje
b=b1*Avar
h=h1*Avar
sv1=sv11*Avar
sv2=sv21*Avar
ts=ts1*Avar
tp=tp1*Avar
fu=fu1*Avar
    
```

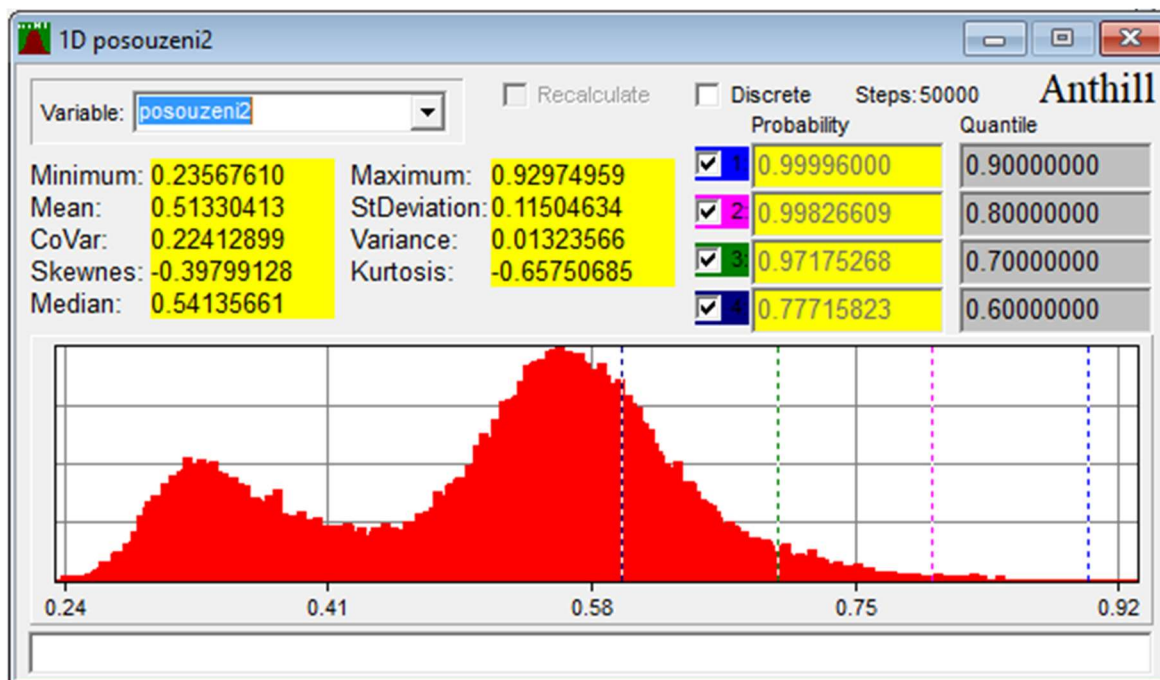
Obrázek 6.8.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru v rámovém rohu

Variable	Type	Parameters	Comment
b1	Constant	Value=200	šířka pásnice [mm]
h1	Constant	Value=500	výška IPE [mm]
sv11	Constant	Value=8	tloušťka svaru a [mm]
sv21	Constant	Value=6	tloušťka svaru b [mm]
ts1	Constant	Value=10.2	tloušťka stojny [mm]
tp1	Constant	Value=16	tloušťka pásnice [mm]
fu1	Constant	Value=360	mez pevnosti oceli [MPa]
betaw	Normal	Min=0.75000000 Max=0.85000000	součinitel materiálu pro svary
GamaM2	Exponential	Min=1.20000000 Max=1.30000000	součinitel materiálu pro svary
Vkvl	Constant	Value=13.85	posouvající síla od vlastní tíhy
Vkstrecha	Constant	Value=24.67	posouvající síla od zat. střechy
Vktech	Constant	Value=10.91	posouvající síla od zatizení techn.
Vkuzitne	Constant	Value=54.11	posouvající síla od užit. zat.
Mkvl	Constant	Value=35.35	moment od vl. tíhy
Mkstrecha	Constant	Value=62.89	moment od zat. střechy
Mktech	Constant	Value=29.41	moment od zat. techn.
Mkuzitne	Constant	Value=138.53	moment od užitného zat.
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting [0..0.625..1]

Obrázek 6.8.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru v rámovém rohu



Obrázek 6.8.3.: Posouzení svaru v rámovém rohu v bodě 1



Obrázek 6.7.4.: Posouzení svaru v rámovém rohu v bodě 2

Počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití svaru jsou zřejmé z posledních dvou obrázků. Využití dle ČSN je v bodě 1 81,5% a v bode 2 je hodnota rovna číslu 75%. Pro porovnání výsledků bude využita statistická střední hodnota, která je v bodě 1 rovna 55,9% a v bode 2 51,3 %.

6.9 POSOUZENÍ SVARU NA PATNÍM PLECHU

Posouzení proběhlo na kombinaci zatížení č.2, která je nejnepříznivější. Při výpočtu pomocí metody SBRA bylo využito proměnnosti geometrie svarů a profilů, časových křivek zatížení a proměnnosti meze pevnosti oceli, která činí 5%. Mez pevnosti má hodnotu 360 MPa. Posouzení svarů proběhlo ve dvou bodech, které jsou již zakresleny na schématech při výpočtu dle ČSN.

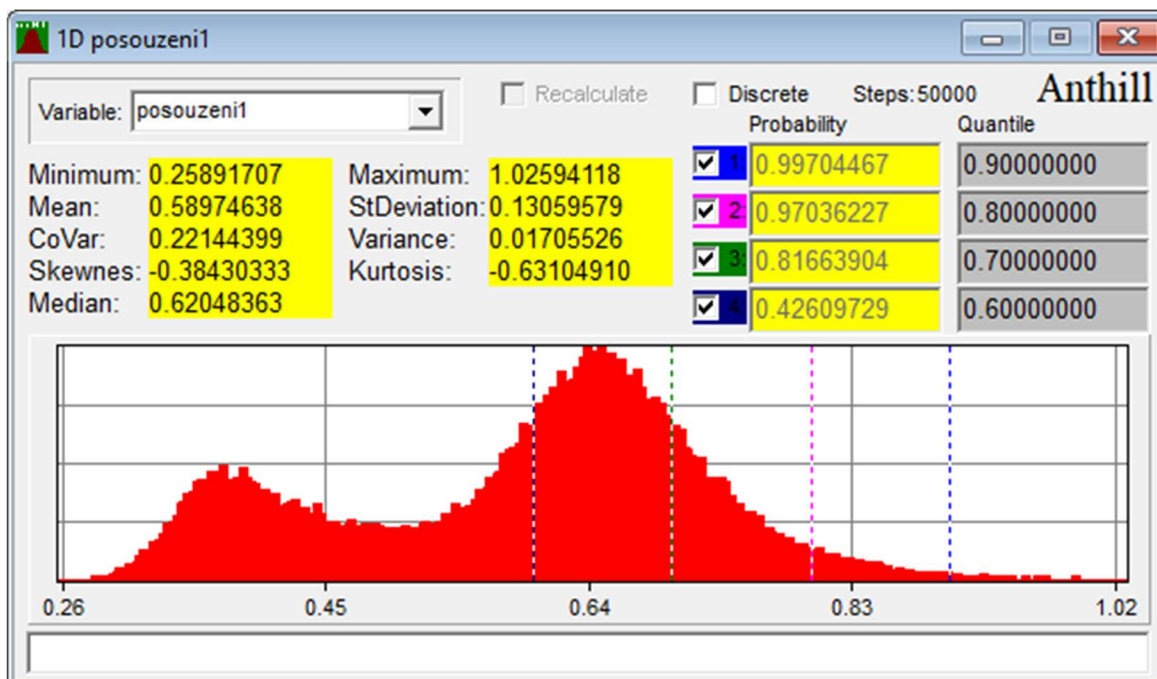
```

Equations
;Posouzení svaru v bodě 2
posouzeni2=napeti2/unosnost2
unosnost2=fu/(betaw*GamaM2)
napeti2=((Sigmak2^2)+3*((T auk2^2)+(T aur2^2)))^(1/2)
T aur2=Vsd/(2*sv2*h1)
T auk2=Sigmak2
Sigmak2=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z2
z2=(h/2)-tp
;Posouzení svaru v bodě 1
posouzeni1=napeti1/unosnost1
unosnost1=fu/(betaw*GamaM2)
napeti1=((Sigmak1^2)+3*((T auk1^2)+(T aur1^2)))^(1/2)
T aur1=0
T auk1=Sigmak1
Sigmak1=(1/(2^(1/2)))*(Msd/ly)*z1
z1=h/2+sv1
;Vnitřní síly
Msd=(1.35*(Mkvl+Mkstrecha+Mktech)*Gvar+1.5*Mkuzitne*Qvar)*10^6
Vsd=(1.35*(Vkvl+Vkstrecha+Vktech)*Gvar+1.5*Vkuzitne*Qvar)*10^3
;Moment setrvačnosti - sv1=8 mm, sv2=6 mm
ly=lyvne-lyvni
;Vnější
lyvne=((1/12)*b*((h+2*sv1)^3))-2*((1/12)*ba1*(ha1^3))
ba1=(b-2*sv2-ts)/2
ha1=h-2*tp-2*sv1
;Vnitřní
lyvni=(1/12)*b*(h^3)-2*((1/12)*ba2*(ha2^3))
ba2=(b-ts)/2
ha2=h-2*tp
;Vstupní údaje
b=b1*Avár
h=h1*Avár
sv1=sv11*Avár
sv2=sv21*Avár
ts=ts1*Avár
    
```

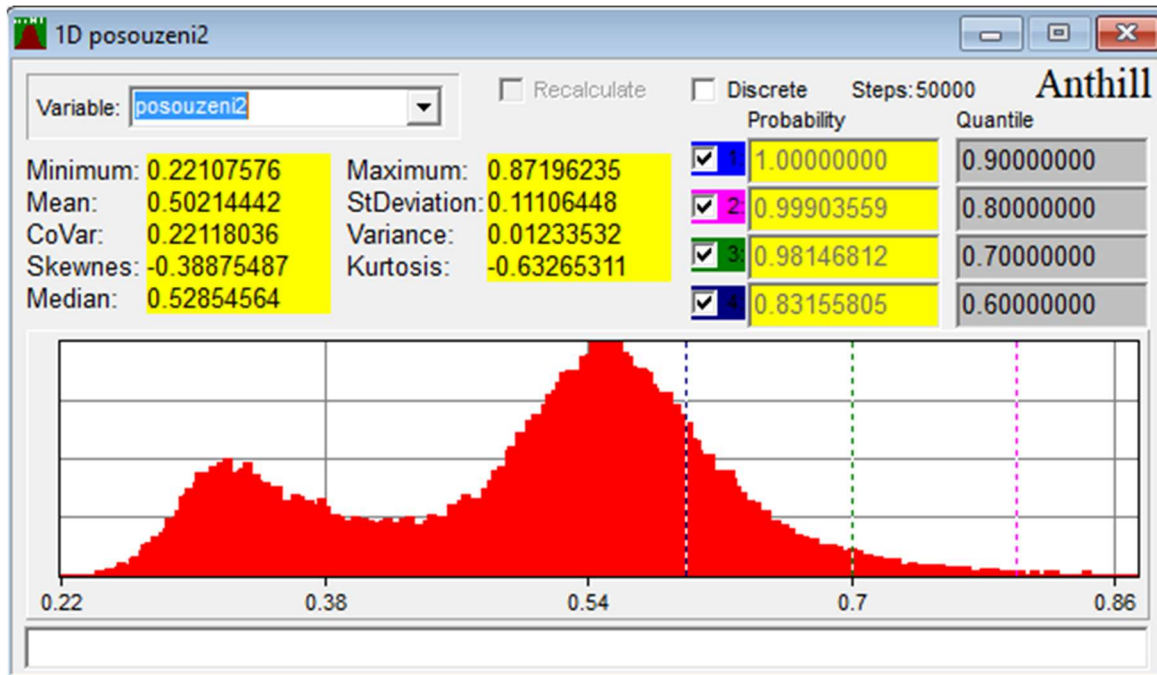
Obrázek 6.9.1.: Výpočtový model pro posouzení svaru na patním plechu

Variable	Type	Parameters	Comment
b1	Constant	Value=300	šířka pásnice [mm]
h1	Constant	Value=300	výška IPE [mm]
sv11	Constant	Value=6	tloušťka svaru a [mm]
sv21	Constant	Value=6	tloušťka svaru b [mm]
ts1	Constant	Value=11	tloušťka stojny [mm]
tp1	Constant	Value=19	tloušťka pásnice [mm]
fu1	Constant	Value=360	mez pevnosti oceli [MPa]
betaw	Normal	Min=0.75000000 Max=0.85000000	součinitel materiálu pro svary
GamaM2	Exponential	Min=1.20000000 Max=1.30000000	součinitel materiálu pro svary
Vkvl	Constant	Value=8.7	posouvající síla od vl. tíhy
Vkstrecha	Constant	Value=15.94	posouvající síla od zat. střechy
Vktech	Constant	Value=6.9	posouvající síla od zat. techn.
Vkuzitne	Constant	Value=33.61	posouvající síla od užitného zat.
Mkvl	Constant	Value=20.96	moment od vlastní tíhy
Mkstrecha	Constant	Value=38.85	moment od zat. střechy
Mktech	Constant	Value=16.81	moment od zatizení techn.
Mkuzitne	Constant	Value=81.31	moment od zatizení užitného
Ávar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.05000000	Area Under <0.95..1.05>
Gvar	dead1.dis	Min=0.81800000 Max=1.00000000	Dead 1 <0.818..1.0>
Qvar	long1.dis	Min=0.00000000 Max=1.00000000	Long Lasting (0..0.625..1)

Obrázek 6.9.2.: Vstupní údaje pro výpočet svaru na patním plechu



Obrázek 6.9.3.: Posouzení svaru na patním plechu v bodě 1



Obrázek 6.9.4.: Posouzení svaru na patním plechu v bodě 2

Počet simulací byl roven číslu 50 000. Výsledné hodnoty využití svaru jsou zřejmé z posledních dvou obrázků. Využití dle ČSN je v bodě 1 87% a v bode 2 je hodnota rovna číslu 71%. Pro porovnání výsledků bude využita statistická střední hodnota, která je v bodě 1 rovna 58,9% a v bode 2 50,2 %.

7 POROVNÁNÍ METOD - ČSN A SBRA

V celé práci se prozatím všechny výpočty týkaly výpočtů využitelnosti vybraných profilů ocelové haly. Tyto výpočty teď budou zhodnoceny jak z hlediska tedy řečené statiky, ale také zjednodušeně z hlediska ekonomiky a ekologie. Porovnání proběhne formou tabulek.

Tabulka 7.1.1.: Využití vybraných ocelových profilů dle vybraných metod

Prvek	Metoda ČSN	FINE OCEL	SBRA - histogram t235fy01	SBRA - histogram ds235fyp01	SBRA - 235 Mpa +-5%
Příčel	79%	75,7%	45,1%	44,3%	53,9%
Sloup	95%	91,1%	57,2%	55,8%	67,9%
Zavětrování TK 133x5	57%	53,6%	31,2%	30,5%	37,9%
Zavětrování TK 102x5	64,5%	67,7%	38,8%	37,9%	46,9%

Tabulka 7.1.2.: Využití tenkostěnné ocelové vazničky dle vybraných metod

Prvek	Metoda ČSN	SBRA
Vaznička - směr x	78,7%	48,5%
Vaznička - směr y	50%	31,5%

Porovnání prvků:

- Příčel, sloup a zavětrování TK 133x5 - hodnota rozdílu využitelnosti bude určena z využitelnosti vypočtené z metody ČSN a výsledné hodnoty z metody SBRA pro histogram meze kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5%
- Zavětrování TK 102x5 - hodnota rozdílu využitelnosti bude určena z využitelnosti vypočtené z programu FINE OCEL a výsledné hodnoty z metody SBRA pro histogram meze kluzu oceli 235 MPa s proměnností 5%
- Vaznička - hodnota rozdílu využitelnosti bude vyplývat ze směru, který bude mít nejmenší rozdíl hodnot využitelnosti

Tabulka 7.1.3.: Výsledné rozdíly mezi ČSN a SBRA

Prvek	Rozdíl
Příčel	25,1%
Sloup	27,1%
Zavětrování TK 133x5	19,%
Zavětrování TK 102x5	17,6%
Vaznička	18,5%

Tabulka 7.1.2. ukazuje rozdílnost obou metod. Z tabulky vyplývá že metoda SBRA je pro návrh ocelové haly řešené v této práci výhodnější. Pomocí výsledných rozdílů bude proveden zjednodušený rozbor ceny materiálu hlavní nosné konstrukce, kde bude uvažováno, že pomocí metody SBRA budou profily lehčí o rozdílové procento.

Použité ceny jsou převzaty z internetových obchodů předních českých prodejců hutního materiálu a střešních vaznic.

Tabulka 7.1.4.: Cena materiálu - metoda ČSN

Prvek	Hmotnost	Jedn. cena	Celkem
Příčel	9131,8 kg	25,9 Kč	236 669 Kč
Sloup	10037,29 kg	23,9 Kč	239 891,5 Kč
Zavětrování TK 133x5	4208,42 kg	23,25 Kč	97 845,8 Kč
Zavětrování TK 102x5	4574,97 kg	23,15 Kč	105 910,6 Kč
Vaznička	2073,2 kg	53,5 Kč	110 916,2 Kč
Celkem	30 025,7 kg		791 381,1 Kč

Tabulka 7.1.5.: Cena materiálu - metoda SBRA

Prvek	Hmotnost	Jedn. cena	Celkem
Příčel	6 839,72 kg	25,9 Kč	177 148,7 Kč
Sloup	7 317,2 kg	23,9 Kč	174 881,1 Kč
Zavětrování TK 133x5	3 408,8 kg	23,25 Kč	79 255,1 Kč
Zavětrování TK 102x5	3 769,8 kg	23,15 Kč	87 270,3 Kč
Vaznička	1 689,7 kg	53,5 Kč	90 396,7 Kč
Celkem	23 025,2 kg		608 951,9 Kč

Z tabulek vyplývá, že pomocí metody SBRA by teoretické náklady na materiál nosné konstrukce mohly být o 182 429,2 Kč levnější. Vzhledem k redukci celkové váhy konstrukce by se také zmenšovali rozměry základů, tím pádem by byli menší náklady také na zemní práce, co se týče výkopu, a také kubatury betonu betonových patek.

Z ekologického hlediska je redukce hmotnosti celé konstrukce zásadní. Při výrobě oceli v integrovaných hutích se celkové emise pohybují okolo 1,8 až 2,5 tuny oxidu uhličitého na jednu tunu oceli a u oceláren používajících technologii elektrických obloukových pecí se pohybují emise od 0,59 až 0,9 tuny oxidu uhličitého na každou vyrobenou tunu oceli. [10]

Použitím metody SBRA by se emise mohly snížit přibližně o 23%.

Tabulka 7.1.6.: Porovnání využitelnosti svarů dle vybraných metod

Prvek	Metoda ČSN	FINE OCEL	SBRA
Svar v hřebeni - bod 1	64%	-	43,4%
Svar v hřebeni - bod 2	58%	-	39,4%
Svar v rámovém rohu - bod 1	81,5%	82,8%	55,9%
Svar v rámovém rohu - bod 2	75%	-	51,3%
Svar na patním plechu - bod 1	87%	92,1%	58,9%
Svar na patním plechu - bod 2	71%	-	50,2%

Díky snížení využitelnosti svarů viz .tab. 7.1.6. je možné redukovat délky použitých svarů. Z hlediska ekonomického se jedná o menší náklady na montážní a dílenské práce.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo porovnání ocelových prvků pomocí dvou odlišných přístupů. Pro porovnání bylo použito dvou přístupů statického posouzení ocelové haly. Jedná se o přístup plně pravděpodobnostní SBRA (Simulation Based Reliability Assessment) a přístup polo pravděpodobnostní dle normy ČSN 1993.

Pro zjištění vnitřních účinků na vybrané ocelové prvky byl vypracován výpočetní model v programu FIN 3D.

Posouzení proběhlo pro prvky: příčle, sloupu, zavětrování a tři nejdůležitějších svarů konstrukce.

Metodou ČSN EN 1993 byl proveden ruční výpočet pro vybrané ocelové prvky. Výsledky dle této metody jsou ověřeny přídatným modulem programu FIN Ocel.

Výpočet pomocí metody SBRA obsahuje stejný postup výpočtu jako v metodě ČSN EN 1993, ale oproti této metodě jsou do výpočtu zavedeny histogramy pro meze kluzu, imperfekce a křivky trvání zatížení. Počet simulací v této metodě je pro každý prvek roven 50 000.

Výsledné posouzení těchto metod ukazuje, že metoda SBRA vykazuje statické rezervy ve využitelnosti v rozptylu 17 - 27% na vybraných ocelových prvcích. Použitím histogramů na geometrické a fyzikální vlastnosti prvků má za důsledek, těchto rezerv, ačkoliv je použito stejných pravidel výpočtů pro obě metody. V metodě SBRA je využit celý interval statistického rozložení veličiny, naproti tomu v metodě ČSN odpovídají použité hodnoty krajním kvantilům o hodnotách 5% a 95%.

Díky statické rezervě bylo možné vypracovat zjednodušenou ekonomickou studii na finanční úspory materiálu na ocelové hale, která byla použita pro výpočtový model. Tato finanční úspora činní 182 429 Kč pouze pro ocelové prvky konstrukce.

SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ

CITOVANÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990 (730002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 6. Česká republika: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. 4. Česká republika: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 5. Česká republika: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 5. Česká republika: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Česká republika: Český normalizační institut, 2006.
- [6] *Technický katalog Z a C profily* [online]. [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: http://www.voestalpine.com/profilform-cz/static/sites/profilform-cz/.downloads/cs/products/Technickyx_katalog_Z_a_C_profily-CZ.pdf
- [7] *Ocelář.cz* [online]. [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs/prurezchar.aspx>
- [8] *Prezentace: Téma 2 Simulační metody typu Monte Carlo*. Katedra stavební mechaniky - Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2017.
- [9] *Přednáška: Metodiky posuzování spolehlivosti stavebních konstrukcí, zejména ocelových*. Plzeň, 2014.
- [10] JAK VZNIKAJÍ SKLENÍKOVÉ EMISE V OCELÁŘSKÉM PRŮMYSLU. *Ocelarskaunie* [online]. 2018 [cit. 2018-12-13]. Dostupné z: <https://www.ocelarskaunie.cz/jak-vznikaji-sklenikove-emise-v-ocelarskem-prumyslu/>

OSTATNÍ POUŽITÉ ZDROJE A SOFTWARE

MS OFFICE 365

AutoCad 2012

FINE EC

FINE GEO

PDF Creator

Anthill

www.kingspan.com