



Static Point, spol. s r.o.

PLZEŇSKÁ 2562/166, 150 00 PRAHA 5 - SMÍCHOV

GSM: + 420 725 507 361

E-MAIL: KAREL.KOSEK@STATICPOINT.CZ

POŘADOVÉ ČÍSLO: 21009_HRAD

POČET STRAN: 20 + přílohy

DATUM: 22.11.2022

Dokumentace pro vydání stavebního povolení

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.2 a) Technická zpráva

D.1.2.c) Statické posouzení

Stavba:

Tvrz Hradenín

Oprava fasády věže tvrze v Hradeníně – SO4

Investor: Regionální muzeum v Kolíně
Karlovo náměstí 8
280 02 Kolín

Objednatel: IH Arch s.r.o.
Nad Údolím 351/70
147 00 Praha 4

Zpracovatel: Static Point, spol. s r.o.
Plzeňská 2562/166
150 00 Praha 5 - Smíchov

Zodpovědný projektant: Ing. Karel Košek (ČKAIT 0008742)





1 Obsah

1	Obsah.....	3
2	Soubor použitých norem a literatury	4
2.1	Řada norem ČSN.....	4
2.2	Zákony a vyhlášky	4
3	Použité podklady a literatura	5
4	Použité programy	5
5	Charakteristika objektu	5
5.1	Charakteristika území	5
5.2	Stávající stav objektu.....	5
5.3	Schodiště do 1.NP.....	6
5.4	Přístavek v západním průčelí věže a schodiště do 2.NP.....	6
6	Použité materiály.....	6
6.1	Rostlé dřevo podle ČSN EN 338.....	6
6.2	Zdivo z kamene dle ČSN EN 771-6.....	7
7	Zatěžovací stavy a jejich kombinace.....	7
7.1	Kombinace podle metodiky EN 1990:2004	7
7.2	Zatěžovací stavy.....	9
7.3	Zatížení sněhem.....	10
7.4	Zatížení větrem.....	11
8	Výpočetní aparát - FEM výpočty	14
8.1	Program RENEX3D.....	14
8.1.1	Charakteristika programu.....	14
8.1.2	Použité prvky	14
8.1.3	Použití programu	15
8.1.4	Dělení na konečné prvky	15
8.1.5	Souřadnicové systémy.....	15
8.1.6	Zatížení a jejich kombinace	18
8.2	Programy FINE EC.....	18
8.3	Program SCIA ENGINEER	18
9	Závěr	19
10	Seznam příloh.....	20
11	Seznam obrázků	20



2 Soubor použitých norem a literatury

2.1 Řada norem ČSN

ČSN 73 0038:2014	Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN EN 338	Konstrukční dřevo. Třídy pevnosti
ČSN EN 771-6	Specifikace zdících prvků – Část 6: Zdíci prvky z přírodního kamene
ČSN EN 1194	Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo - Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot
ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed. 2
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru - oprava 1, 2, 3; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – oprava 1; změny Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1,3.3; změny Z1,Z2,Z3; ed. 2, NA ed. A, změna A1
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou – oprava 1,2; změny Z1,Z2; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-6	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění – oprava 1,2; změny Z1,Z2,Z3,Z4; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-7	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení – oprava 1; změny Z1; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změna A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed.2 - oprava 1, změna A1
ČSN EN 1993-1-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla: Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-3	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-3: Obecná pravidla: Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily – oprava 1; změny Z1; NA ed. A
ČSN EN 1995-1-1	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – změna A1; NA ed. A
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce – NA ed.A
ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A; ed.2
ČSN EN 1996-2	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí – oprava 1; NA ed. A
ČSN ISO 2394	Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí.
ČSN ISO 13822:2014	Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

2.2 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění

Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb v platném znění



3 Použité podklady a literatura

[1] Stavebně architektonické řešení, IH Arch s.r.o., Dipl.Arch. Irena Hrabincová, 11/2022

4 Použité programy

Programy RENEX - © FEM consulting Brno s.r.o.

Preprocesory a postprocesory RENEX - © RECO, spol. s r.o.,

FIN - © FINE s.r.o.

Tabulkové procesory Excel, © Static Point, spol. s r.o.

SCIA ENGINEER, Nemetschek Scia s.r.o., 2013

Hilti Profis Anchor - © HILTI s.r.o.

5 Charakteristika objektu

5.1 Charakteristika území

Areál tvrze se nachází na návsi obce Hradenín, obec Plaňany, 13 km západně od Kolína. Tvoří východní hranu návsi. Objekt SO04 - věž gotické tvrze ze 13. stol., zahrnující čtyři nadzemní podlaží a jedno podzemní, byla nevyužita a zanedbána převážnou část 20. století, původně jako soukromý majetek, kdy sloužila jako součást hospodářské usedlosti, následně od r. 1950 jako majetek zemědělského družstva a od r. 1960 v majetku státu. Původní mansardová střecha byla poškozena vichřicí v r. 1955 a následně shořela při požáru v polovině 70. let. Věž následně dále chátrala do r. 1985, kdy byl proveden pokus o zajištění a vystavěno provizorní zastřešení věže. Stavební činnost ukončilo navrácení areálu rodině původních majitelů v roce 1993. V roce 2015 proběhlo statické zajištění věže a zhotoveno její nové zastřešení. V roce 2019 byl staticky zajištěn a zastřešen objekt sousední bašty. Během podzimu 2022 probíhá statické zajištění a zastřešení severního křídla tvrze.

Tvrz je registrována v Ústředním seznamu nemovitých kulturních památek pod č. ÚSKP 45394/2-725. Celková plocha areálu činí ca. 6,5ha a sestává z parcel č.8/1, 8/2, 35, 31 a 33/1, jež jsou zapsány na LV 1243 v katastrálním území Hradenín (721379)

5.2 Stávající stav objektu

V roce 2015 byl provedeno zajištění stability objektu ocelovými táhly, zakončenými ocelovými roznášecími deskami, patrnými na fasádě objektu. Stavební otvory objektu byly zaklopeny prkny. Na fasádě jsou patrné trhliny, nevykazující v současné době další činnost. Na severní, a zejména na jižní fasádě objektu se nacházejí zbytky historické omítky, které byly součástí vnitřní omítky přístaveb, nacházejících se u paty věže. Rovněž byly na jižní straně nalezeny stopy předpokládaného vzorku provedení omítky, které budou využity jako vzor pro omítnutí celého objektu (viz fotografická dokumentace níže). Ostění oken a dveří jsou poškozená, nesoudržná, případně chybějící. Některá ostění jsou doplněna o novodobá ostění historizujícího charakteru z bílého pískovce. Část záklenků byla druhotně zaklenuta cihelným zdivem. Chybí či je poškozena i část nárožních kamenů. Na úrovni přízemí jsou v nároží patrné stopy pravděpodobného zavázání jiných stavebních objektů (severozápadní a jihovýchodní roh věže).

Při rekonstrukci v letech 1989-1990 byla do obou okenních nik 4.NP osazeny rekonstrukční kopie původních ostění provedených z pevného bílého pískovce (viz Stavebně-historický průzkum). Plocha stěn kolem oken byla dozděna původním kamenným materiálem, přičemž byly odstraněny cihelné vysprávky. Stejným způsobem bylo pískovcovými kvádry nově opatřeno severozápadní a jihozápadní nároží v úrovni posledního podlaží. Naopak severovýchodní nároží objektu degraduje.

5.3 Schodiště do 1.NP

Koruna zdi původní brány bude staticky zajištěna zpevněním zdiva a tam, kde to bude nutné, jeho přezděním za použití stávajících kamenů do malty z hydraulického vápna. Budou přezděny či nově vyzděny záklenky oken a dveřní portál. Prostor mezi východní částí objektu a věží bude vyplněn. Dle historických fotografií a plánů bude vystavěno nové schodiště do prostoru 1NP, nacházející se u jižního průčelí věže. Schodiště bude vyzděno z kamene, přednostně z kamene nalezeného v areálu tvrže, případně kamene shodné barvy a struktury. Nebude užita opuka. Bude zděno do vápenné malty způsobem odpovídajícím obvodovému zdivu věže. V místě pod schodištěm bude opatrně odkopána zemina a schodiště bude v případě nalezení původního základu založeno na tomto základu, doplněném tak, aby byla zajištěna jeho stabilita. Objekt schodiště bude vyspárován vápennou maltou s kamenivem do roviny zdiva.

5.4 Přístavek v západním průčelí věže a schodiště do 2.NP

Na základě dochovaných dobových fotografií a rztn byl navržen válcovitý objem věže, skrývající točité kamenné schodiště do prostoru 2.NP. Objekt bude vystavěn z plochých kamenů (obdobných jako jsou použity v okolních historických objektech areálu) ložených do vápenné malty za užití hydraulického vápna.

Točité kamenné schodiště bude tvořeno 20 jednotlivými kamennými stupni, kotvenými na svém vnějším líci do obvodových stěn věže, a tvořících středové vřeteno ve své vertikální ose.

Střecha objektu bude tvořena dřevěným krovem s přitesávaných a ručně hoblovaných smrkových trámů, osazených na z exteriéru viditelnou dřevěnou pozednicí. Krov bude zastřešen krytinou z ručně štípaného modřínového šindele, kladeného ve dvou vrstvách.

Na zděný objekt bude navazovat dřevěná pavlač z ručně hoblovaných a přitesávaných (hraněných) trámů, podepřená dvěma dřevěnými sloupy osazenými do kamenné patky na zděném kamenném základu. Pochozí plocha pavlače bude z dřevěných fošen. Pavlač bude zastřešena pultovou střechou z ručně štípaného modřínového šindele ve dvojím kladení.

Nadpraží oken bude vytvořeno cihelnými plochými záklenky, zevnitř mírně klenutými, kopírujícími podobu stavebních otvorů v baště a severním křídle věže.

6 Použité materiály

6.1 Rostlé dřevo podle ČSN EN 338

Konstrukční třída	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [GPa]	ρ [kg/m ³]
Jehličnaté C 24 (S10)	24	14	21	4,0	11	350



6.2 Zdivo z kamene dle ČSN EN 771-6

Druh horniny	Objemová hmotnost ρ	Pevnost		Modul pružnosti E	Teplotní součinitel délkové roztažnosti α	Pórovitost	Nasákavost	Obrusnost podle Böhma	Součinitel mrázuvzdornosti
		v tlaku R_{sc}	v tahu za ohybu R_{sif}						
	kg · m ⁻³	MPa		GPa	(°C) ⁻¹	% objemu	% hmotnosti	mm	-
Granit	2660	160	16	70	10x10 ⁻⁶	1,10	0,30	1,6	0,89
Granodiorit									
Syenit									
Diorit	2900	160	20	90	10x10 ⁻⁶	1,00	0,20	1,6	0,92
Gabro									
Andezit	2500	160	15	23	10x10 ⁻⁶	2,00	1,50	2,0	0,90
Trachyt	2350	95	8	-	9x10 ⁻⁶	10,00	2,70	4,5	0,85
Ryolit									
Pískovce hutné (Droby)	2630	120	14	23	11x10 ⁻⁶	5,00	1,00	3,0	0,75
Pískovce pórovité, Opuka	2100	50	6	20	8x10 ⁻⁶	17,00	8,00	5,6	0,65
Travertin									
Vápence pórovité	2450	60	7	-	7x10 ⁻⁶	15,00	1,50	6,0	0,75
Vápence krystal., (Mramory)									
Vápence hutné (Mramory)	2670	105	10	60	6x10 ⁻⁶	2,00	0,25	5,5	0,86
Serpentinit (Hadec)									
	2600	165	18	90	10x10 ⁻⁶	3,00	0,80	3,0	0,85

7 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

7.1 Kombinace podle metodiky EN 1990:2004

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v trvalých a dočasných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.4 a 2.5:

Pozn.:

Složené závorky „{ }“ představují výběrovou množinu, z níž je do kombinace vybírán vždy nejvíce nepříznivý účinek požadované veličiny.

- a) EQU – ztráta statické rovnováhy konstrukce - tab. A1.2(A)(CZ)

$$1,1G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$0,9G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

- b) STR – porucha, o níž rozhoduje pevnost konstrukčního materiálu - tab. A1.2(B)(CZ) -1 (bez geotechnických zatížení)

$$1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

$$1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

$$1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

- c) GEO – porucha, o níž rozhoduje odolnost základové půdy - tab. A1.2(B)(CZ), A1.2(C)(CZ) (obsahuje geotechnická zatížení)

$$1,00G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{1,3Q_{k,1}; 0\} + \{1,3y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5y_{0,1}Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

$$1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

$$1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5y_{0,i}Q_{k,i}; 0\}$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v seizmických návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{g_I A_{Ek}; A_{Ed}\} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.12a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v mimořádných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + A_d + \{y_{1,1}; y_{2,1}\} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.11a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů použitelnosti dle ČSN EN 1990 čl. A1.4, tabulka A1.4:

- d) Charakteristická

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + Q_{k,1} + y_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.14})$$

- e) Častá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + y_{1,1} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.15})$$

- f) Kvazistálá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + y_{2,1} Q_{k,1} + y_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.16})$$

Zatížení je ve smyslu ČSN EN podle proměnnosti v čase klasifikováno takto:

- G – stálá zatížení,
- S – geotechnická stálá,
- P – zatížení od předpětí (stálá)
- Q – proměnná zatížení
- A – mimořádná zatížení



- $G_{k,j,sup}$ – horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
 $G_{k,j,inf}$ – dolní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (5% kvantil)
 $Q_{k,1}$ – charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 $Q_{k,i}$ – charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
 y_0 – součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
 y_1 – součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
 y_2 – součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení	y_0	y_1	y_2
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy; tíha vozidla $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy; $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem, stavby umístění $H > 1000\text{m n. m.}$	0,7	0,5	0,2
Zatížení sněhem, stavby umístění $H \leq 1000\text{m n. m.}$	0,5	0,2	0
Zatížení větrem	0,6	0,2	0
Zatížení teplotou (ne od požáru)	0,6	0,5	0

7.2 Zatěžovací stavy

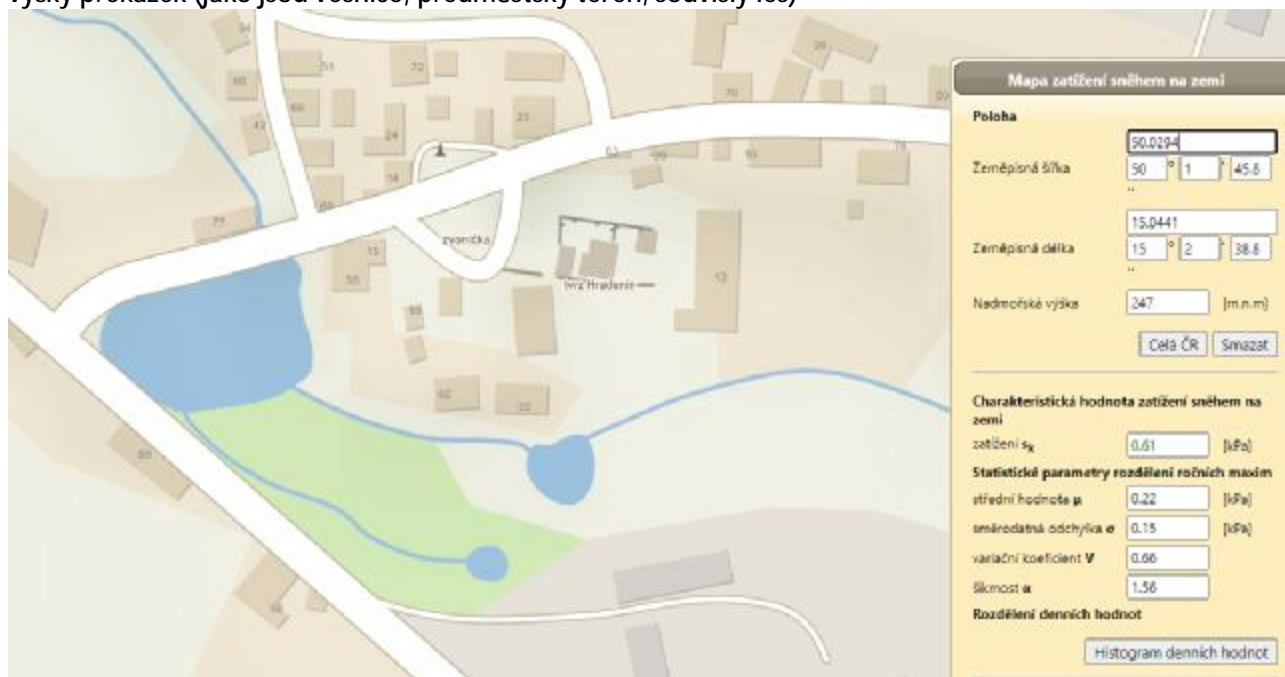
Zatížení jsou uvažována podle podkladů převzatých z podkladů a z příslušných norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7. Stálá zatížení byla vypočtena podle podkladu [1]. Užité zatížení byla převzata normovými hodnotami z Tabulky 6.2(CZ), 6.8(CZ) a 6.10(CZ) ČSN EN 1991-1-1.

Tabulka 6.2(CZ) – Užité zatížení stropních konstrukcí, balkónů a schodišť pozemních staveb

Kategorie zatěžovaných ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5	2,0
– schodiště	3,0	2,0
– balkóny	3,0	2,0
kategorie B	2,5	4,0
kategorie C		
– C1	3,0	3,0
– C2	4,0	4,0
– C3	5,0	4,0
– C4	5,0	7,0
– C5	5,0	4,5
kategorie D		
– D1	5,0	5,0
– D2	5,0	7,0

Zatížení a jejich kombinace byly generovány dle platných norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991:

- Stálé zatížení představuje vlastní tíha konstrukce automaticky generovaná programem z průřezových charakteristik a z průměrné objemové hmotnosti použitého materiálu.
- Klimatická zatížení
 Zatížení sněhem – $s_k = 0,61$ kPa (I. Sněhová oblast)
 Zatížení větrem – $v_{b,0} = 25$ m/s (II. Větrová oblast), kategorie terénu III - Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)



Obrázek 1 - Sněhová mapa

- Proměnná zatížení užitná:
 - Užitné zatížení na konstrukce pavlače a na schodiště – $3,0$ kN/m²

7.3 Zatížení sněhem

podle: **ČSN EN 1991-1-3, Z1, Z2 a Z3**

sněhová oblast:

$$s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

součinitel expozice:

$$C_e = 1,0$$

Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

sklon střechy:

$$a_1 = 50,00^\circ \quad m_1(a_1) = 0,27 \quad m_2(a_1) = 1,60$$

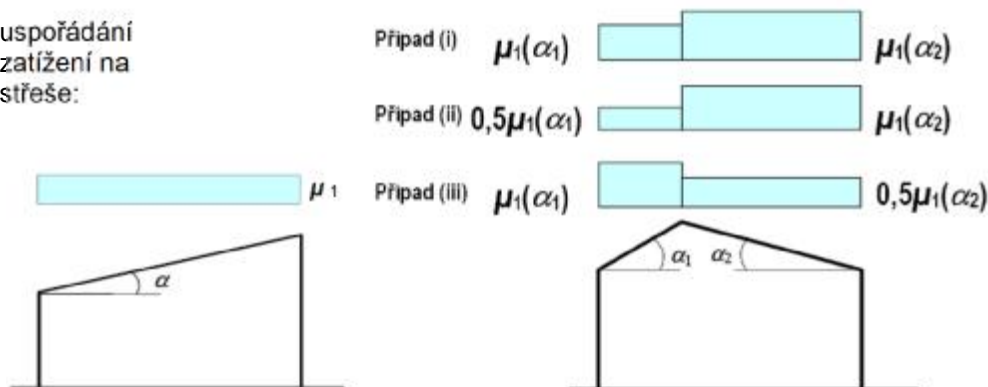


$$\begin{aligned}
 a_2 &= 50,00^\circ & m_1(a_2) &= 0,27 & m_2(a_2) &= 1,60 \\
 a_{12} &= 0,00^\circ & & & m_2(a_{12}) &= 0,80
 \end{aligned}$$

zatížení sněhem na střechu:

$$\begin{aligned}
 s_i &= \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k & \alpha_{12} &= \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2} \\
 s_1(a_1) &= 0,187 \text{ kN/m}^2 & s_2(a_1) &= 1,120 \text{ kN/m}^2 \\
 s_1(a_2) &= 0,187 \text{ kN/m}^2 & s_2(a_2) &= 1,120 \text{ kN/m}^2 \\
 s_2(a_{12}) &= 0,560 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

uspořádání
zatížení na
střeše:



Pultová střecha

Sedlová střecha

7.4 Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru

$$v_{b,0} = 25 \text{ [m/s]} \text{ pro oblast II}$$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \text{ [m/s]}$$

Kategorie terénu

III

Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)

$$z_0 = 0,3 \text{ [m]}$$

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

$$c_0(z) = 1,0$$

$$r = 1,25 \text{ [kg/m}^3]$$

$$k_l = 1,0$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ [m]}$$

$$z_{max} = 200 \text{ [m]}$$

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$



Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,2154$$

Součinitel drsnosti terénu Intenzita turbulence

$$c_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad l_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad l_v(z) = l_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] l / 2 r v_m^2(z)$$

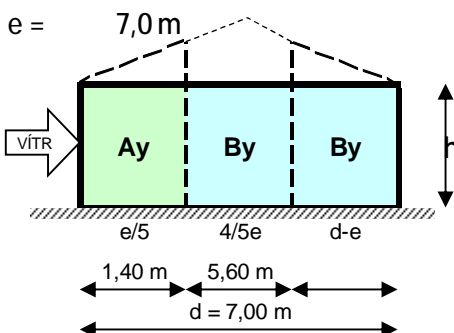
ROZMĚRY BUDOVY

Výška budovy	$h =$	15,0	[m]
Šířka budovy	$b =$	7,0	[m]
Délka budovy	$d =$	7,0	[m]

Podlaží	Výška objektu	Výška pro výpočet	Intenzita turbulence	Souč. drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Max. dynamický tlak
		z	$l_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$
1	[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m ²]
	15	15	0,2556	0,8426	21,07	0,774

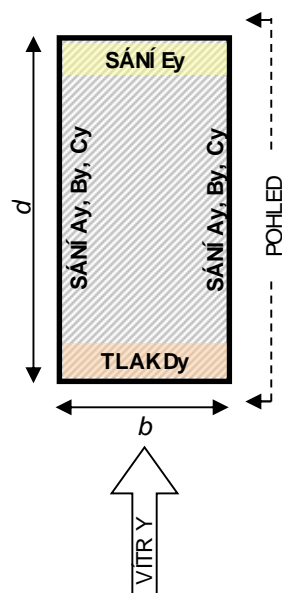
TLAK VĚTRU NA STĚNY - VÍTR Y

POHLED NA STĚNU



$h/d = 2,1 \text{ m}$

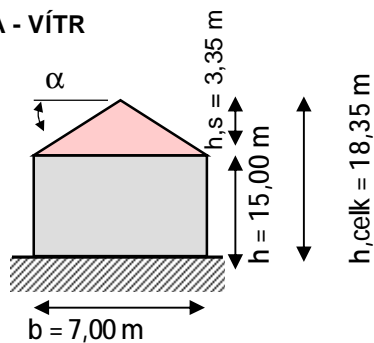
Součinitel vnějšího tlaku na stěny $c_{pe,10}$				
Ay	By	Cy	Dy	Ey
-1,20	-0,80	-0,50	0,80	-0,56



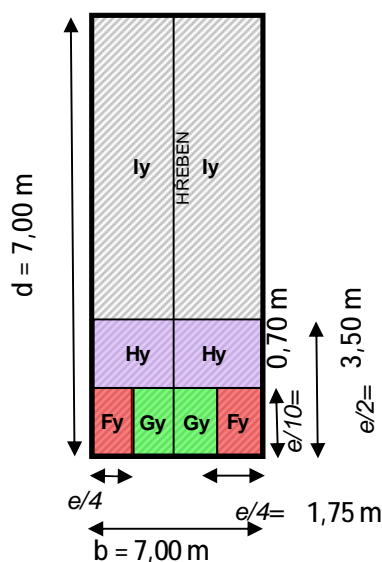


STĚNY - VÍTR Y												
Výšk a lin. zat	Podlaží	Výška podlaží	Výška z pro výpočet tlaku	Intenzit a turbolen ce	Součinit el drsnosti terénu	Střední rychlost větru	Maximá lní dynamí cký tlak	Tlak působící na příslušnou oblast stěny				
								Ay	By	Cy	Dy	Ey
			z	$I_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$	$w_{e,Ay}(z)$	$w_{e,By}(z)$	$w_{e,Cy}(z)$	$w_{e,Dy}(z)$	$w_{e,Ey}(z)$
[m]		[m]	[m]	[-]	[-]	[km/h]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]
15	1	15	15	0,2556	0,8426	21,07	0,774	-0,928	-0,619	-0,387	0,619	-0,431
0			0	0,0000	0,0000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR

 $h_s = 3,35 \text{ m}$ $\alpha = 43,75^\circ$ $h_{\text{celk}} = 18,35 \text{ m}$ 

SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR Y

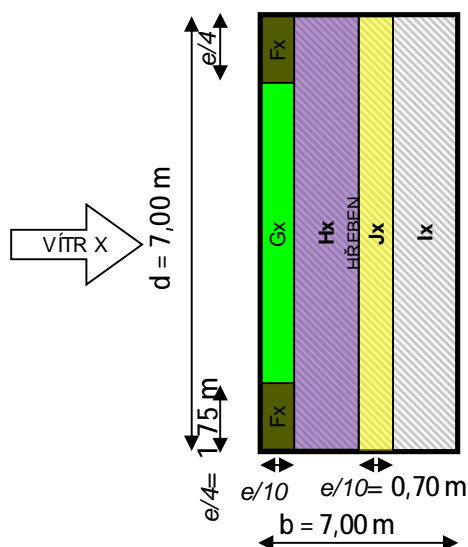
 $e = 7,0 \text{ m}$ 

Tlak působící na příslušnou oblast			
Fy	Gy	Hy	ly
$w_{e,Fy}(z)$	$w_{e,Gy}(z)$	$w_{e,Hy}(z)$	$w_{e,ly}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-1,234	-1,645	-0,744	-0,414

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají
zatížení větrem směrem dolů

SEDLOVÁ STŘECHA - VÍTR X

$e = 7,0 \text{ m}$



Tlak působící na příslušnou oblast střechy				
Fx	Gx	Hx	lx	Jx
$w_{e,Fy}(z)$	$w_{e,Gy}(z)$	$w_{e,Hy}(z)$	$w_{e,ly}(z)$	$w_{e,lj}(z)$
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-0,102	-0,093	-0,014	-0,180	-0,262
0,580	0,580	0,483	0,000	0,000

Pozn. Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů

8 Výpočetní aparát - FEM výpočty

8.1 Program RENEX3D

8.1.1 Charakteristika programu

Konstrukce jako celek, její dílčí části nebo části dané postupem výstavby jsou řešeny metodou konečných prvků, konkrétně programem RENEX3D. Program RENEX3D používá řešiče a matematický aparát vyvinutý Prof. Dr. Ing. Vladimírem Kolářem DrSc., doc. Ing. Ivanem Němcem CSc. a řadou dalších statiků a matematiků v Dopravoprojektu Brno jako programy řady NEXX. Jeho vývoj v současné době pokračuje ve firmě FEM Consulting Brno. Řešiče jsou použity i v programech řady NEXIS, ESA a Dlubal Software. Vyznačují se značnou robustností a obrovskou numerickou stabilitou. Obstojí i ve srovnání s programy jako je ANSYS, DIANA a MARC, v lecčem je dokonce předčí. Metoda konečných prvků umožňuje řešení velkých a složitých konstrukcí s prakticky libovolnými okrajovými podmínkami mj. svoji stabilitou a robustností použitých řešičů. Model používá konečné prvky v deformační variantě. Obecně lze říci, že MKP je zobecněná Ritz-Galerkinova variační metoda, užívající básových funkcí s malým kompaktním nosičem, úzce spjatým se zvoleným rozdělením řešené oblasti na konečné prvky.

Ve výpočtu jsou použity plošné 2D prvky, které v sobě zahrnují membránový a ohybový stav namáhání. Použitý model umožňuje libovolnou kombinaci popsanych 2D prvků s prvky jednorozměrnými, ale i prostorovými. Jednorozměrné, tedy prutové prvky, mohou být připojovány excentricky k střednicové rovině plošného prvku. Dále jdou použity i prvky prostorové, tzv. bricky.

8.1.2 Použité prvky

Pro systém NEXX byl nejprve vyvinut vlastní trojúhelníkový prvek s maticí tuhosti řádu 27, mající v každém vrcholu všech 6 stupňů volnosti bodu Cosseratova 2D kontinua a ve středech stran po třech stupních volnosti. Průběhy rotací jsou podél stran linearizovány. K tomuto prvku byl vyvinut plně kompatibilní 1D prvek s maticí tuhosti řádu 15, což je přirozený důsledek 6 parametrů na obou koncích a 3 parametrů ve středu prvku. Lze je klasifikovat jako statické řešení Cosseratovského modelu plošné a prutové konstrukce. V dalším vývoji byly trojúhelníkové 2D prvky nahrazeny praktičtějšími čtyřúhelníkovými při zachování šíře básových funkcí. V určitých oblastech (určité okrajové podmínky, zahušťování sítě) jsou používány oba typy prvků. Systém NEXX pracuje s deformační variantou MKP a využívá výhradně kompatibilní elementy. Pro ohyb



plošných i prutových prvků je možno použít jak Kirchhoffovu tak Mindlinovu teorii. Prvky byly v poslední době doplněny o analogický prostorový prvek – brick, který je s popsanými 1D a 2D prvky plně kompatibilní.

Z hlediska fyzikálních vlastností materiálů modelovaných prvků jsou úlohy řešeny jako finitní, pomocí členů matice fyzikálních konstant lze vystihnout vazby mezi napětími a deformacemi (ortotropie apod).

Pro modelování předpínací výztuže jsou použity speciální prutové prvky, které jsou k navazujícím plošným prvkům připojovány s excentricitami vyplývajícími z vertikálního trasování jednotlivých kabelů. Předpínací síla je vnášena jako poměrné přetvoření kabelu po odečtení krátkodobých ztrát (ztráty třením, pokluzem v kotvě a relaxací lana). Jsou automaticky generovány dva stavy, jeden po vnesení předpětí do konstrukce a druhý na konci uvažované životnosti konstrukce. Tím, že jsou tyto prvky pevně spjaty se zbytkem konstrukce, reagují na její deformace zvyšováním resp. snižováním napětí v lanech. Dlouhodobé ztráty, zejména ztráty dotvarováním betonu, jsou automaticky řešeny v nelineárních modulech zohledňujících nelineární pracovní diagramy betonu a oceli a vznik a rozvoj trhlin v betonu.

8.1.3 Použití programu

Program RENEX3D je použit pro veškeré lineární i nelineární (fyzikálně i geometricky) výpočty, dále pak pro dimenzování potřebných ploch výztuže pro 2D prvky, výpočet šířky trhliny atd. V případě použití předpínací výztuže jsou doplňkové (staticky neurčité) síly, které předpjetí na konstrukci vyvozuje, přenášeny přímo z grafických programů jako samostatné zatěžovací stavy. Byl implementován samostatný prutový prvek s excentrickým připojením, který pomocí poměrného přetvoření umožňuje řešit přesně spolupůsobení betonové konstrukce s přepínací výztuží. V případě nelineárního výpočtu i včetně ztrát přetvořením konstrukce, dotvarováním atd.

Kromě výpočtů lineárních umožňuje i lineární a fyzikálně nelineární analýzu, dynamické a stabilitní výpočty. Do systému byl implementován modul vyvinutý v RECOC, který umožňuje řešení železobetonových skořepin s uvažováním fyzikálně nelineárního chování betonového průřezu včetně vlivu dotvarování. Dále byly implementovány prvky pro výpočet sendvičových konstrukcí včetně vzdušného bricku (modelování dvojskel apod.) a prvky pro modelování cihelného zdiva.

8.1.4 Dělení na konečné prvky

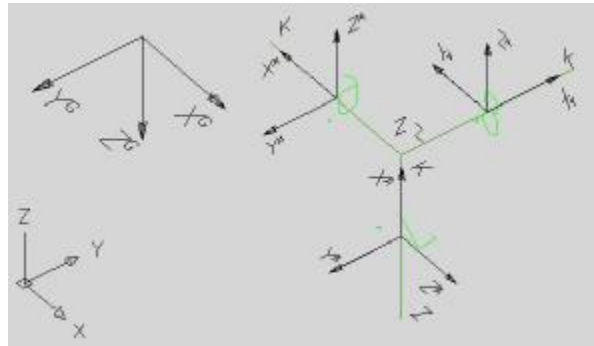
Dělení na konečné prvky se provádí automaticky generátorem. Ve výpočtech celků konstrukcí nebo jejich částí daných postupem výpočtu je základní velikost prvku jeden metr. V místech anomálií konstrukce program automaticky prvky přizpůsobuje geometrii, v místech předpokládanych lokálních zvýšení namáhání konstrukce jsou prvky zahuštěny.

Ve výpočtech subkonstrukcí a zejména konstrukcí dimenzovaných nebo řešených s ohledem na mezní stavy použitelnosti, odpovídá velikost dělení jedno až dvojnásobku tloušťky dotčených prvků. Stropní desky jsou dimenzovány na patrovém výseku. Vertikální nosné konstrukce pod i nad deskou jsou redukovány na polovinu jejich výšky a opatřeny na koncích kloubovými podporami. Jedná se pochopitelně o určité zjednodušení, ale ve většině praktických příkladů vnáší do výpočtu minimální chybu. Konstrukce, u nichž toto zjednodušení nelze použít, jsou řešeny na celkovém modelu s patřičně zjemnělou sítí konečných prvků. U patrových výseků jsou sloupy modelovány buďto pomocí bricků, nebo je do desky vložen deskový prvek půdorysných rozměrů rovných průřezu sloupu s výrazně zvýšenou tuhostí, tak aby byla potlačena teoretická konvergence vnitřních sil k nekonečnu v lomových bodech. Tyto makroprvky neprobíhají procesem dimenzování.

Pro odladění hustoty dělení byla firmou RECOC provedena celá řada kontrolních výpočtů.

8.1.5 Souřadnicové systémy

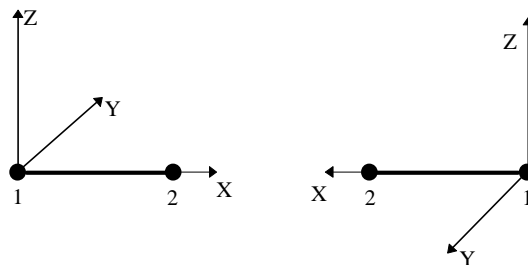
Konstrukce je modelována v globálním souřadnicovém systému – X^G , Y^G , Z^G .



Obrázek 2 - Globální souřadný systém

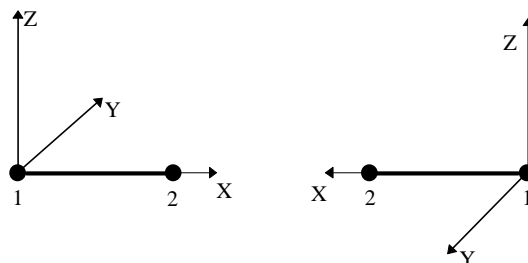
Pro každý prutový prvek je zaveden lokální souřadný systém – X^l , Y^l , Z^l . Ty jsou definovány následovně:

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou X:



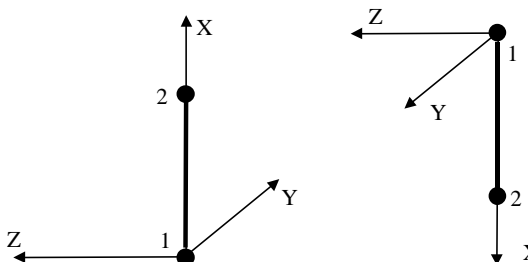
Obrázek 3 - Axiální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



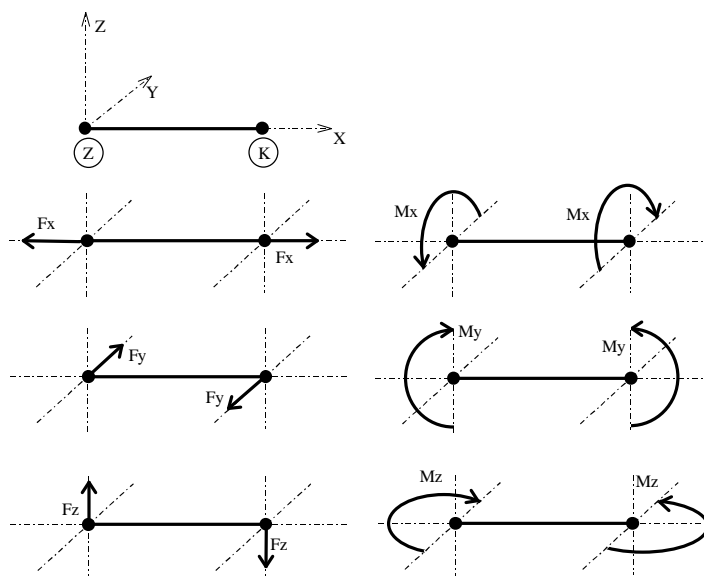
Obrázek 4 - Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



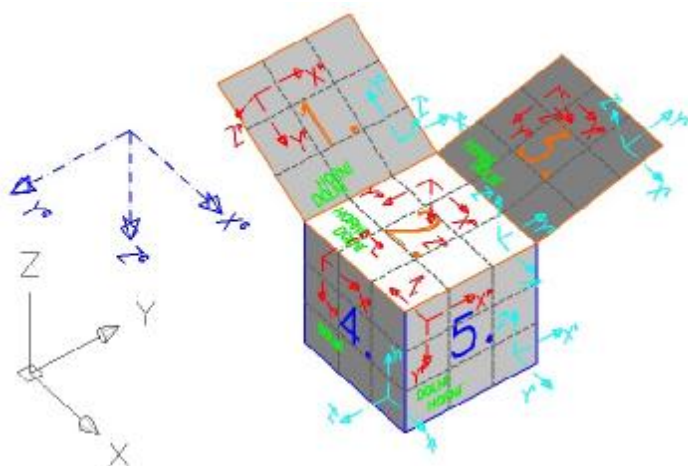
Obrázek 5 - Axiální souřadný systém prutů

Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



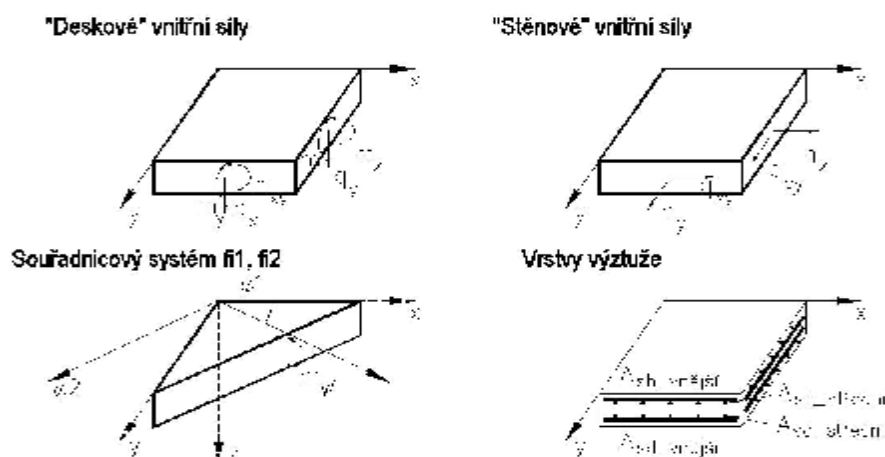
Obrázek 6 - Konvence vnitřních sil na prutech

Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém - planární – X^p , Y^p , Z^p , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.



Obrázek 7 - Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

Znaménková konvence a značení vnitřních sil a poloh výztuže je tato:



Obrázek 8 - Konvence vnitřních sil na plošných prvcích

8.1.6 Zatížení a jejich kombinace

Zatížení je buďto generováno automaticky – vlastní tíha konstrukce - (v provozních hodnotách) nebo zadáváno (v provozních nebo extrémních hodnotách). Hodnoty stálých zatížení jsou počítány v tabulkovém procesoru Excel, užitná nepodkrajují příslušné normové hodnoty, jejich skutečná hodnota se řídí požadavky klienta a technologů. Zatížení je možné zadávat silové plošné konstantní velikosti nebo s lineárním nárůstem, liniové a bodové silové nebo momentové a zatížení poměrnými přetvořeními.

V patrových výsecích jsou z celoplošného užitého zatížení automaticky generovány dva systémy šachovnicového zatížení a čtyři systémy zatížení v pruzích.

Kombinace (obalové plochy zatěžovacích stavů) vystihují nejnepríznivější kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů na konstrukci nebo její části podle účelu příslušného výpočtu.

Dimenzovací programy pracují obecně s obalovou plochou kombinací.

Program umožňuje automatické generování kombinací zatěžovacích stavů definovaných symbolickými rovnicemi v EC. V ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6.9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Bližší viz samostatná kapitola Zatěžovací stavy a jejich kombinace.

8.2 Programy FINE EC

Programový systém FINE je soubor programů určených pro statické a dynamické výpočty rovinných či prostorových prutových konstrukcí a jejich dimenzování. Řada programů řeší problémy analyticky, část metodou konečných prvků. Veškeré posudky jsou prováděny v souladu s platnými ČSN EN.

8.3 Program SCIA ENGINEER

Scia Engineer je nástupce výpočetního systému ESA.PT, NEXIS a FEAT. Je to softwarový systém pro statickou a dynamickou analýzu konstrukcí a jejich návrh podle příslušných norem. Je založen na metodě konečných prvků. Scia Engineer uživatelsky nepracuje přímo s konečnými prvky, ale využívá konstrukčních prvků, na kterých je před výpočtem automaticky generována síť konečných prvků. Systém lze použít na výpočty a posouzení konstrukcí z prutů a rovinných prvků jako jsou stěny, desky a skořepiny. Scia Engineer obsahuje výpočetní moduly pro lineárně statické výpočty, včetně některých nelineárních vlastností a moduly pro geometricky nelineární výpočty. Kromě vlastního výpočtu systém umožňuje také provádění posudku výsledného návrhu konstrukce podle odpovídajících technických norem. Knihovna norem obsahuje skupinu národních technických norem pro různé typy materiálu, zvláště pro ocel a beton.



9 Závěr

Statický výpočet prokázal, že konstrukce, tak jak jsou navrženy, vyhovují ustanovení platných norem jak z hlediska mezních stavů únosnosti, tak z hlediska mezních stavů použitelnosti. Současně jsou navrženy s ohledem na maximální možnou hospodárnost a z toho vyplývajícího vlivu na životní prostředí.

V Praze dne 22.11.2022

Ing. Karel Košek
Autorizovaný inženýr
pro statiku a dynamiku
ČKAIT 0008742



10 Seznam příloh

Příloha 1	FEM výpočet konstrukce
Příloha 2	Posouzení dřevěných prvků

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Sněhová mapa	10
Obrázek 2 - Globální souřadný systém.....	16
Obrázek 3 - Axiální souřadný systém prutů	16
Obrázek 4 - Axiální souřadný systém prutů	16
Obrázek 5 - Axiální souřadný systém prutů	16
Obrázek 6 - Konvence vnitřních sil na prutech	17
Obrázek 7 - Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků	17
Obrázek 8 - Konvence vnitřních sil na plošných prvcích	18



Dokumentace pro vydání stavebního povolení

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.2. c) Statické posouzení

Stavba:

Tvrz Hradenín – Statický výpočet

Oprava fasády věže tvrze v Hradeníně – SO4

Příloha č. 1 – FEM výpočet nosné konstrukce



STRANA OBSAH

1/2

- 1 Obsah přílohy
- 2 Obsah přílohy
- 3 Výpis zatěžovacích stavů a kombinací
Výpis zatěžovacích stavů:
- 4 Zatížení
Zadané zatížení: "G00 VLASTNÍ TÍHA" – F_z [kN/m²]
Zadané zatížení: "Q01C_" – F_z [kN/m²]
- 5 Zatížení a profily
Zadané zatížení: "Q01S_" – F_z [kN/m²]
Fyzikální vlastnosti: PRŮŘEZ [–]
- 6 Deformace
Kombinace: "CH_____00_" – MIN – UzG [mm]
Kombinace: "CH_____00_" – MAX – UzG [mm]
- 7 Deformace
Kombinace: "CH_____00_" – MIN UzG [mm]
Kombinace: "CH_____00_" – MAX UzG [mm]
- 8 Napětí v obvodových stěnách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig1(d)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig1(d)$ [MPa]
- 9 Napětí v obvodových stěnách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig2(d)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig2(d)$ [MPa]
- 10 Napětí v obvodových stěnách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig1(h)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig1(h)$ [MPa]
- 11 Napětí v obvodových stěnách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig2(h)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig2(h)$ [MPa]
- 12 Napětí ve stupních
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig1(d)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig1(d)$ [MPa]
- 13 Napětí ve stupních
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig2(d)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig2(d)$ [MPa]
- 14 Napětí ve stupních
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig1(h)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig1(h)$ [MPa]
- 15 Napětí ve stupních
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN – $Sig2(h)$ [MPa]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MAX – $Sig2(h)$ [MPa]
- 16 Vnitřní síly ve sloupech
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX N_x [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_y [kN]
- 17 Vnitřní síly ve sloupech
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_z [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_x [kNm]
- 18 Vnitřní síly ve sloupech
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_y [kNm]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_z [kNm]
- 19 Vnitřní síly v páskách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX N_x [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_y [kN]
- 20 Vnitřní síly v páskách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_z [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_x [kNm]
- 21 Vnitřní síly v páskách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_y [kNm]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_z [kNm]
- 22 Vnitřní síly v mostovkách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX N_x [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_y [kN]
- 23 Vnitřní síly v mostovkách
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_z [kN]
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_x [kNm]



STRANA OBSAH

2/2

- 24 Vnitřní síly v mostovkách
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX My [kNm]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mz [kNm]
- 25 Vnitřní síly ve vaznicích
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Nx [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vy [kN]
- 26 Vnitřní síly ve vaznicích
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vz [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mx [kNm]
- 27 Vnitřní síly ve vaznicích
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX My [kNm]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mz [kNm]
- 28 Vnitřní síly v krokách
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Nx [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vy [kN]
- 29 Vnitřní síly v krokách
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vz [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mx [kNm]
- 30 Vnitřní síly v krokách
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX My [kNm]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mz [kNm]
- 31 Vnitřní síly v krovu věže
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Nx [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vy [kN]
- 32 Vnitřní síly v krovu věže
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vz [kN]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mx [kNm]
- 33 Vnitřní síly v krovu věže
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX My [kNm]
 - Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mz [kNm]



Výpis zatěžovacích stavů:
G00 VLASTNÍ TÍHA
Q01C_
Q01S_

ZATĚŽOVACÍ STAVY

NÁZEV	TYP ZATÍŽENÍ	KATEGORIE ZATÍŽENÍ
G00 VLASTNÍ TÍHA	VLASTNÍ TÍHA	
Q01C_	PROMĚNNÉ	C – SHROMAŽĎOVACÍ PROSTORY
Q01S_	PROMĚNNÉ	S – SNÍH

KOMBINACE

NÁZEV	MS	KOMBINACE	ROVNICE	PATRA	NAD
CH_____00_(Q01C)	MSP	CHARAKTERISTICKÁ	6.14	0	
NÁZEV	PSI				
G00 VLASTNÍ TÍHA					
Q01C_					
Q01S_	0.5				

NÁZEV	MS	KOMBINACE	ROVNICE	PATRA	NAD
CH_____00_(Q01S)	MSP	CHARAKTERISTICKÁ	6.14	0	
NÁZEV	PSI				
G00 VLASTNÍ TÍHA					
Q01C_	0.7				
Q01S_					

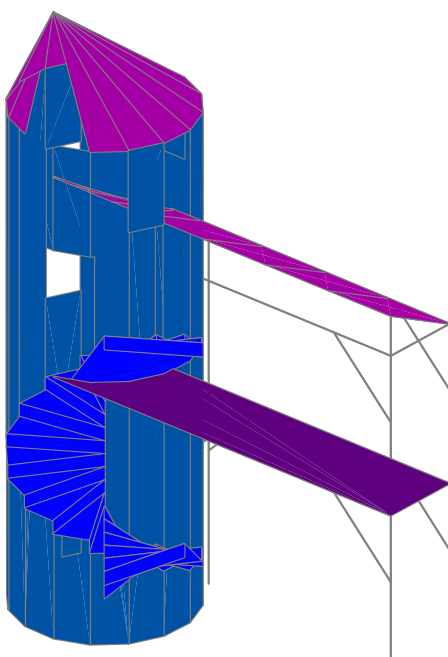
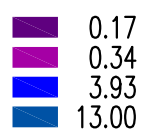
NÁZEV	MS	SITUACE	PŘÍPAD	ROVNICE	PATRA	NAD
TDSTR2N_00_	MSÚ	TRVALÁ A DOČASNÁ	STR	6.10a,6.10b	0	
NÁZEV	GAMA f	PSI				
G00 VLASTNÍ TÍHA	1.35					
Q01C_	1.5	0.7				
Q01S_	1.5	0.5				

NÁZEV	MS	SITUACE	PŘÍPAD	ROVNICE	PATRA	NAD
TDSTR3N_00_(Q01C)	MSÚ	TRVALÁ A DOČASNÁ	STR	6.10a,6.10b	0	
NÁZEV	GAMA f	PSI				
G00 VLASTNÍ TÍHA	1.1475					
Q01C_	1.5					
Q01S_	1.5	0.5				

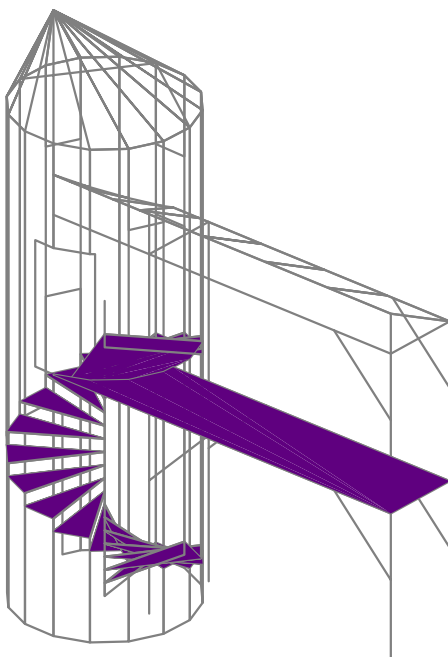
NÁZEV	MS	SITUACE	PŘÍPAD	ROVNICE	PATRA	NAD
TDSTR3N_00_(Q01S)	MSÚ	TRVALÁ A DOČASNÁ	STR	6.10a,6.10b	0	
NÁZEV	GAMA f	PSI				
G00 VLASTNÍ TÍHA	1.1475					
Q01C_	1.5	0.7				
Q01S_	1.5					



Zadané zatížení: "G00 VLASTNÍ TÍHA" – F_z [kN/m²]



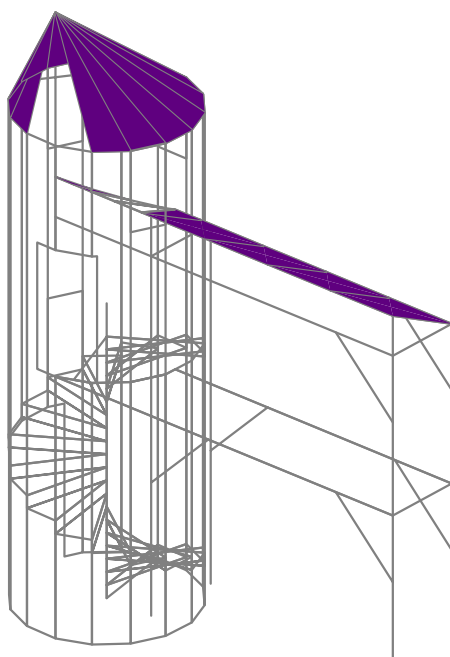
Zadané zatížení: "Q01C_" – F_z [kN/m²]





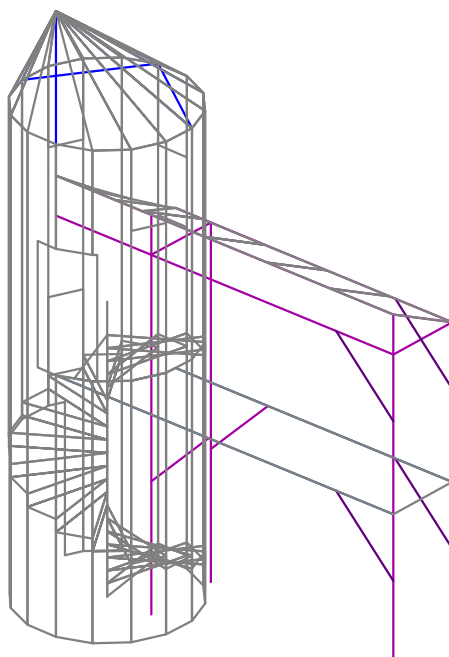
Zadané zatížení: "Q01S_" – F_z [kN/m^2]

■ 0.56



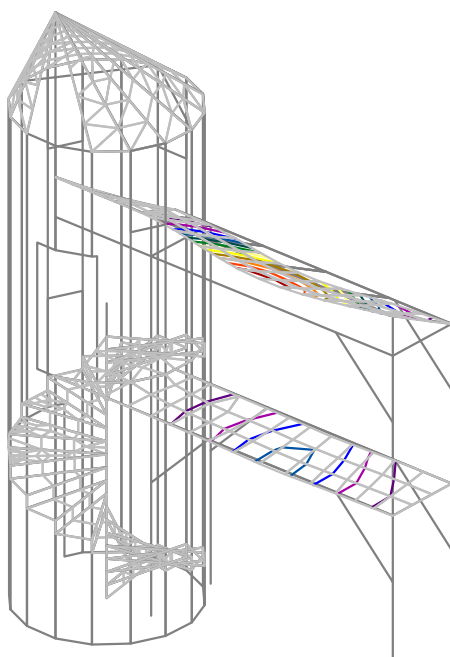
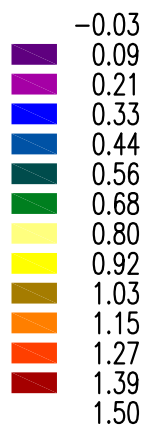
Fyzikální vlastnosti: PRŮŘEZ [–]

■ OBDELNIK 100/120
■ OBDELNIK 120/120
■ OBDELNIK 160/160
■ OBDELNIK 160/200

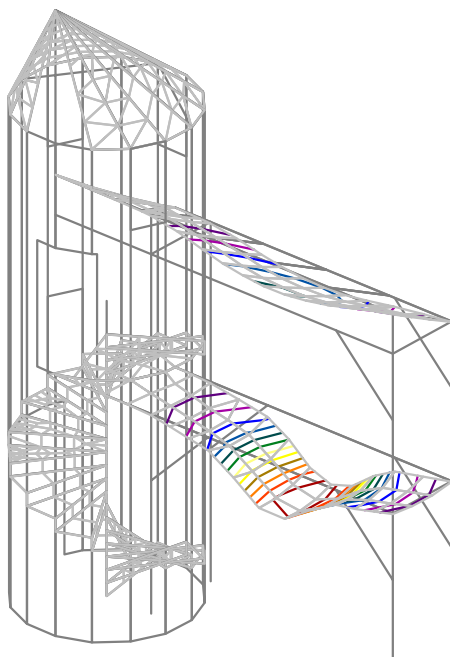
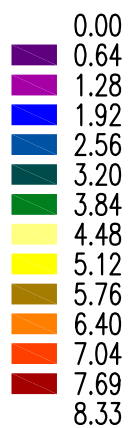




Kombinace: "CH_____00_" - MIN - UzG [mm]

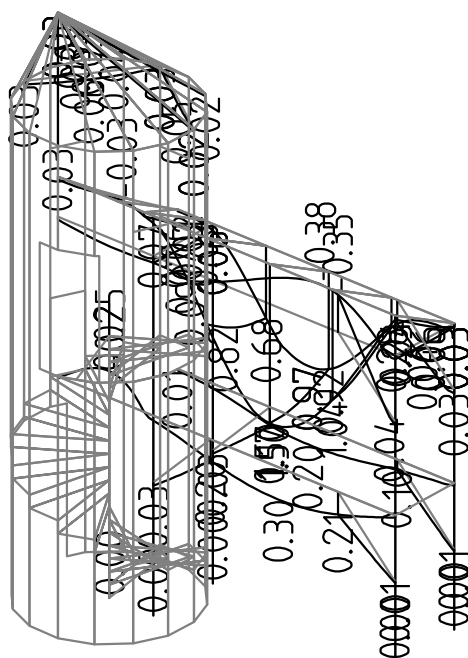


Kombinace: "CH_____00_" - MAX - UzG [mm]

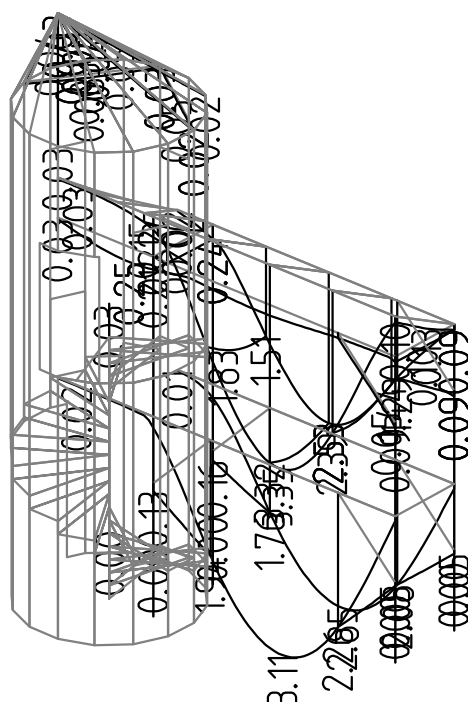




Kombinace: "CH_____00_" - MIN UzG [mm]
UzG Min: -0.38, Max: 1.50

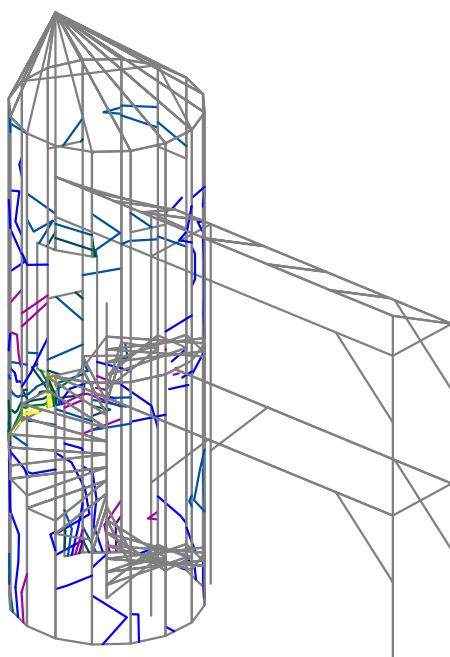
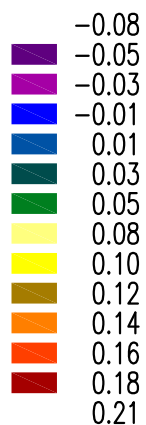


Kombinace: "CH_____00_" - MAX UzG [mm]
UzG Min: 0.00, Max: 3.35

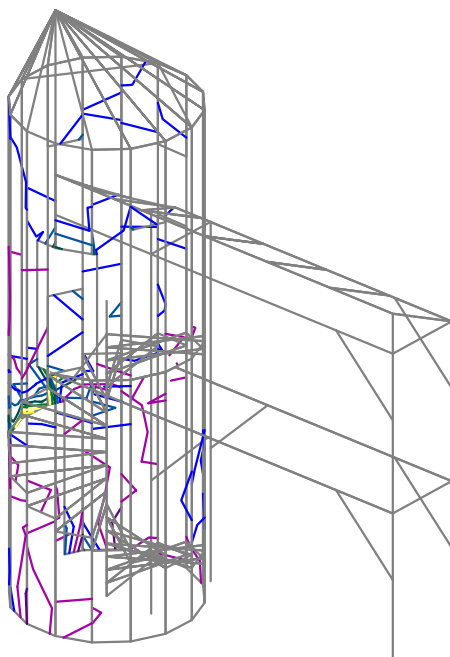
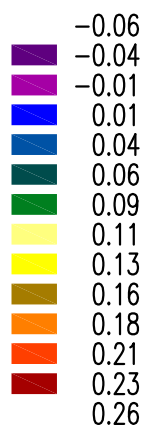




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig1(d) [MPa]

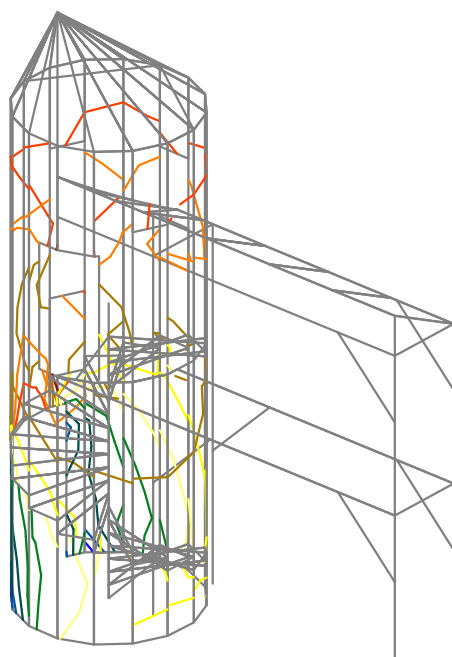
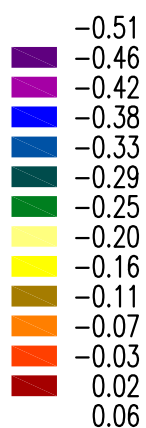


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig1(d) [MPa]

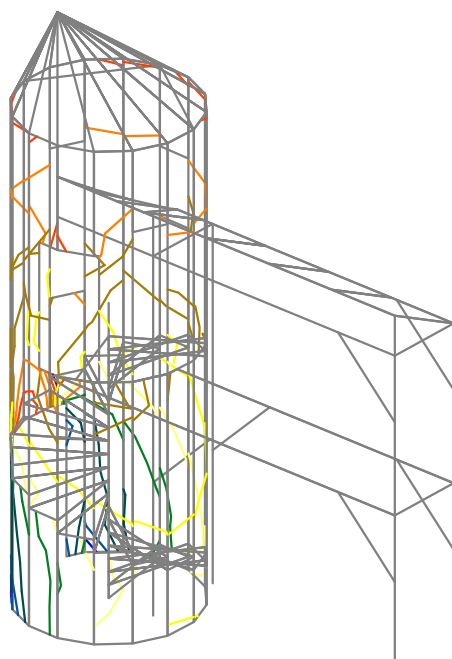
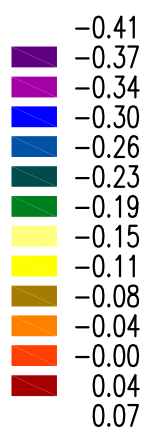




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig2(d) [MPa]

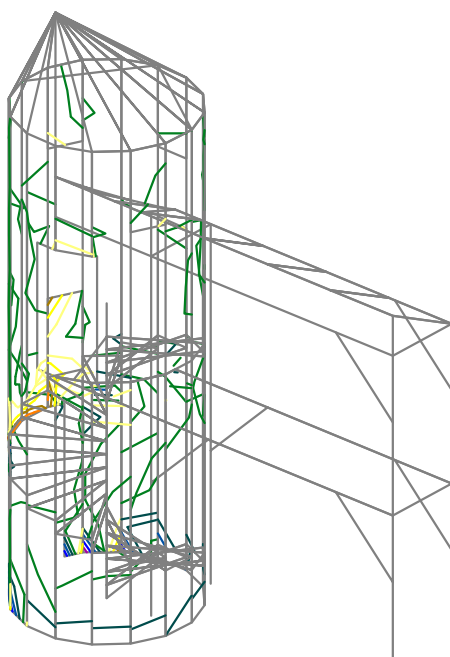
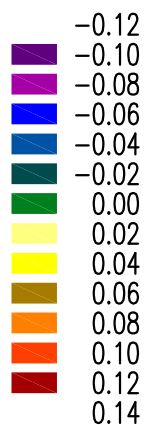


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig2(d) [MPa]

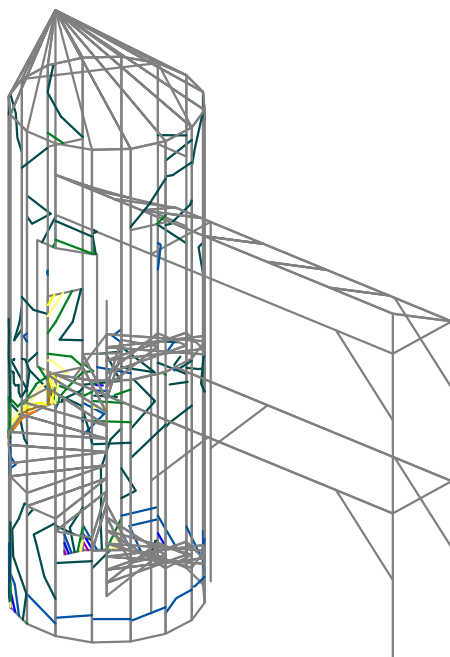
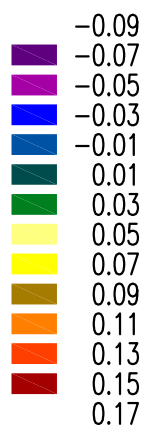




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig1(h) [MPa]

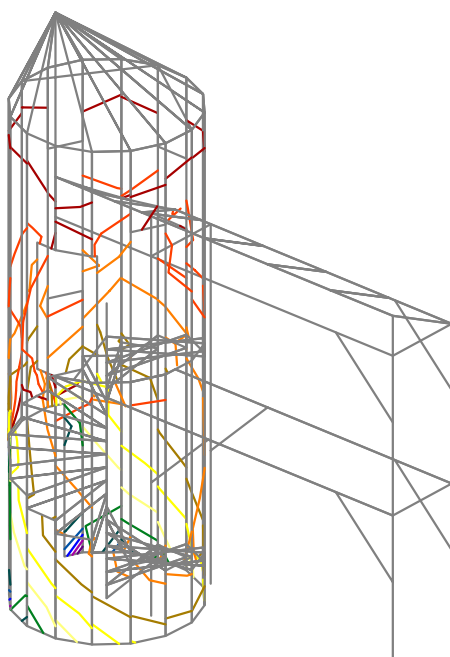
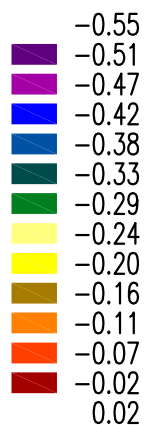


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig1(h) [MPa]

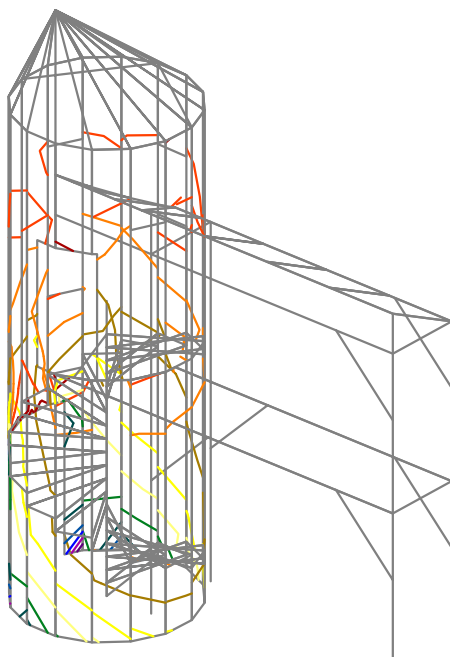
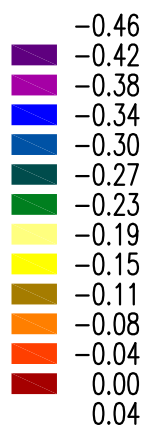




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig2(h) [MPa]

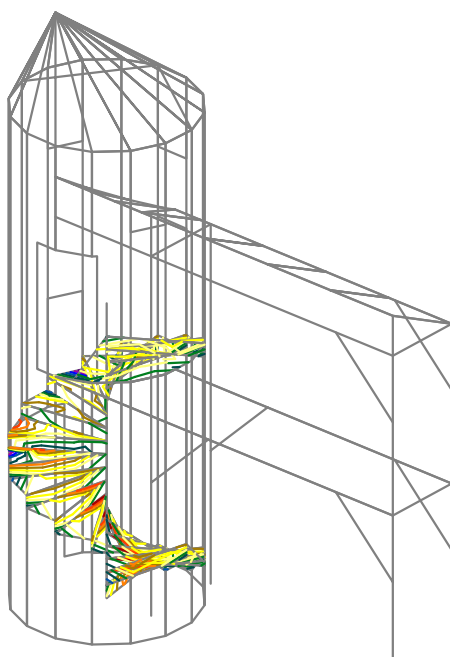
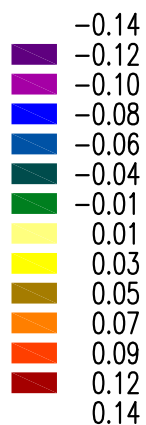


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig2(h) [MPa]

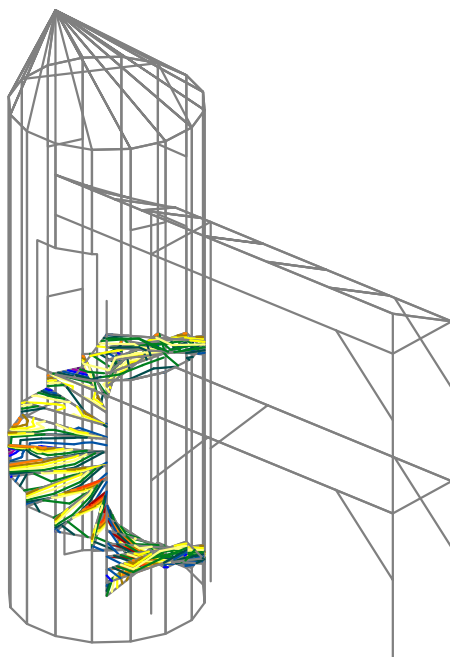
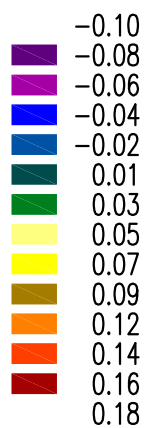




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig1(d) [MPa]

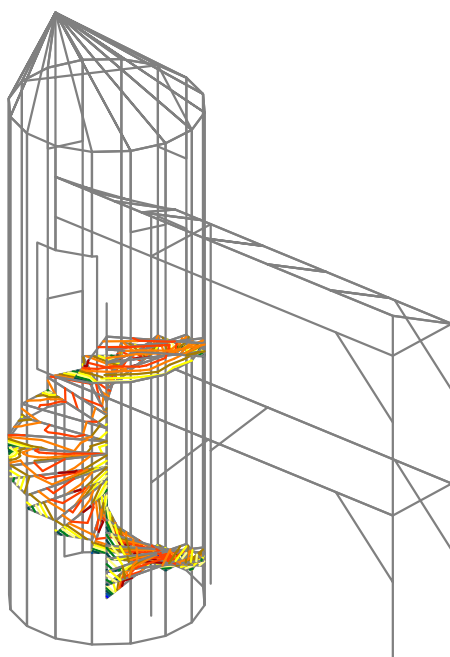
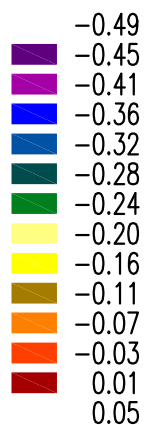


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig1(d) [MPa]

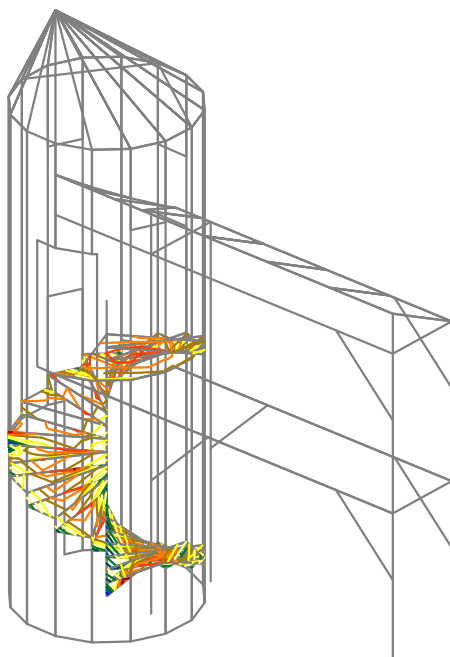
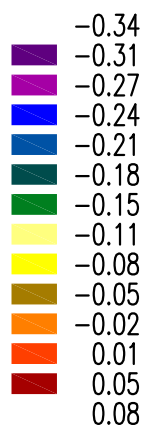




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig2(d) [MPa]

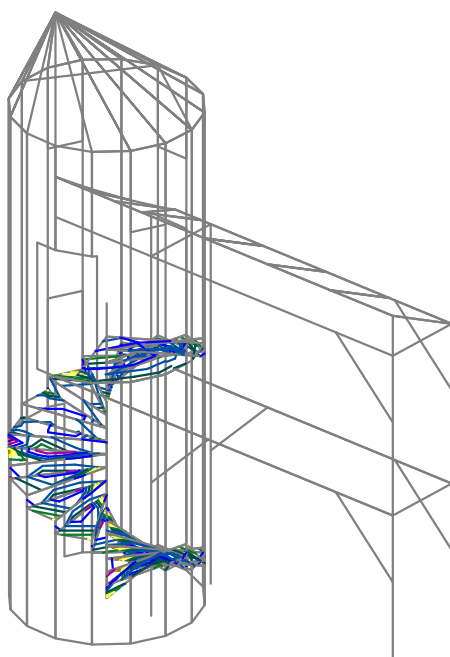
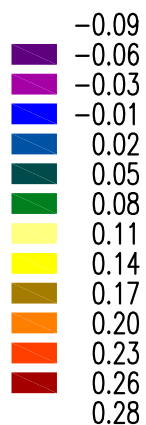


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig2(d) [MPa]

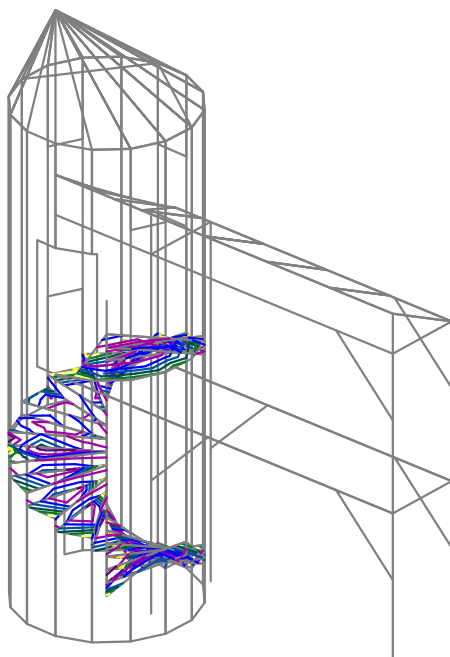
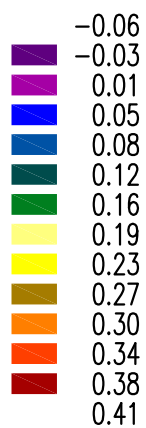




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig1(h) [MPa]

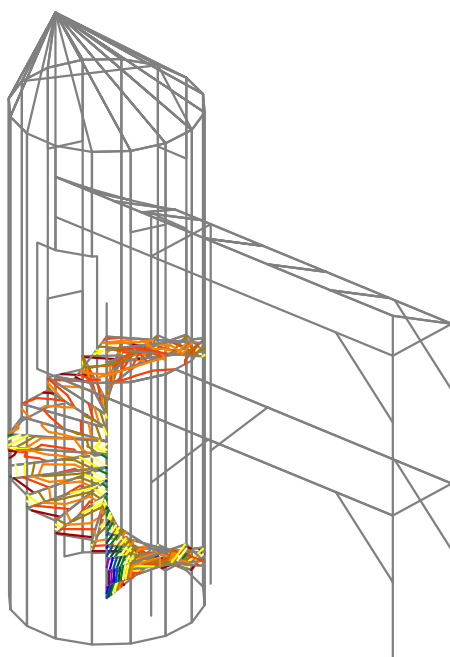
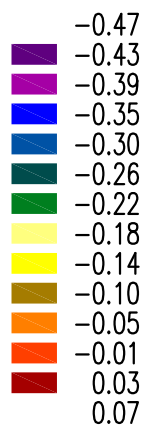


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig1(h) [MPa]

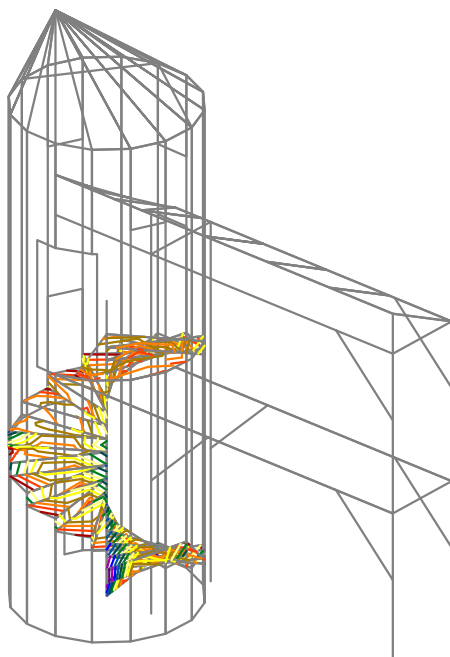
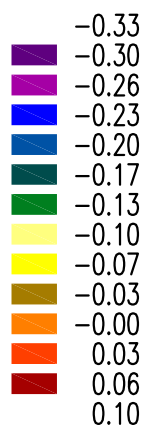




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN - Sig2(h) [MPa]

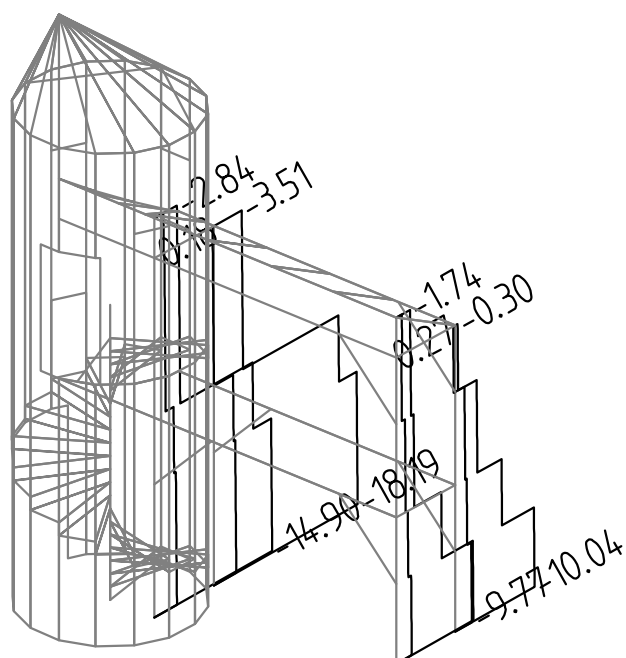


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MAX - Sig2(h) [MPa]

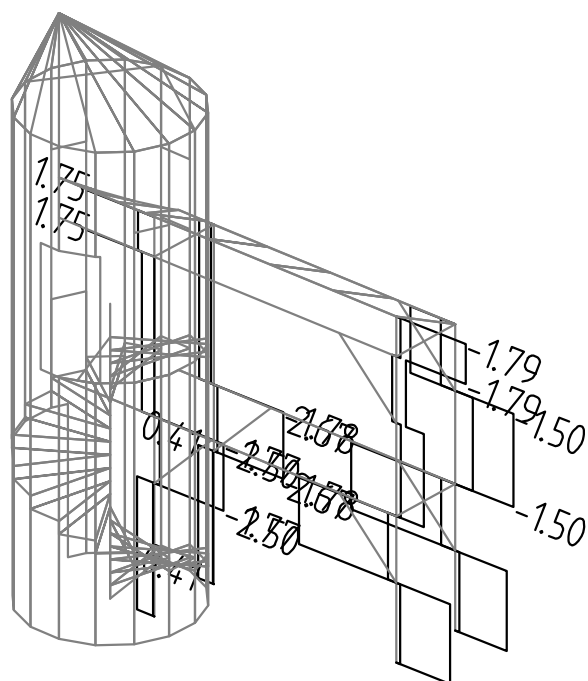




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX N_x [kN]
 N_x Min: -18.19, Max: 0.27

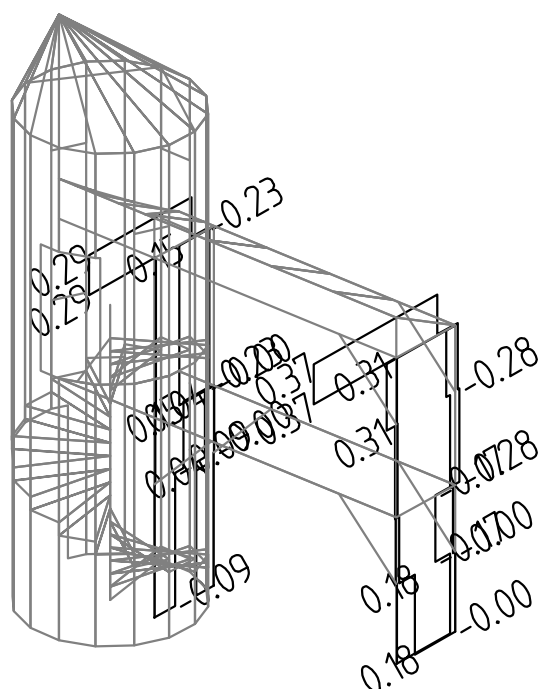


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX V_y [kN]
 V_y Min: -1.79, Max: 2.67

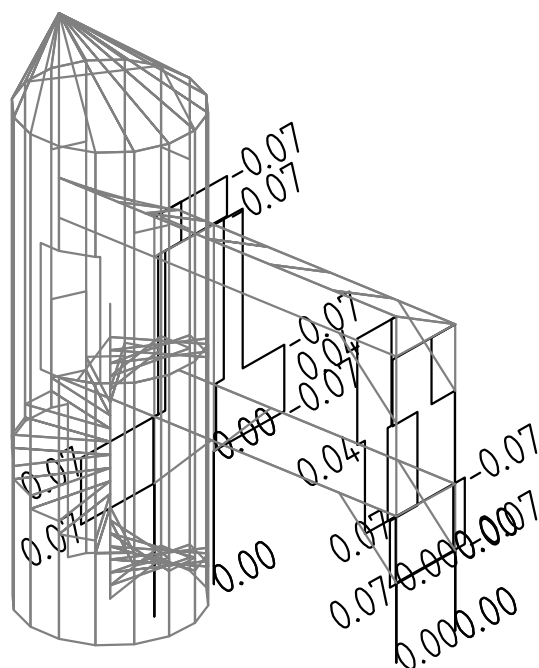




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Vz [kN]
 Vz Min: -0.28, Max: 0.37

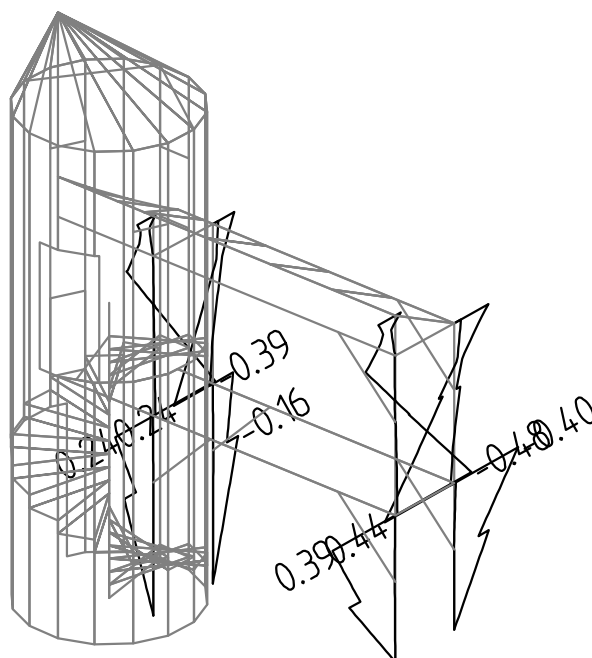


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Mx [kNm]
 Mx Min: -0.07, Max: 0.07

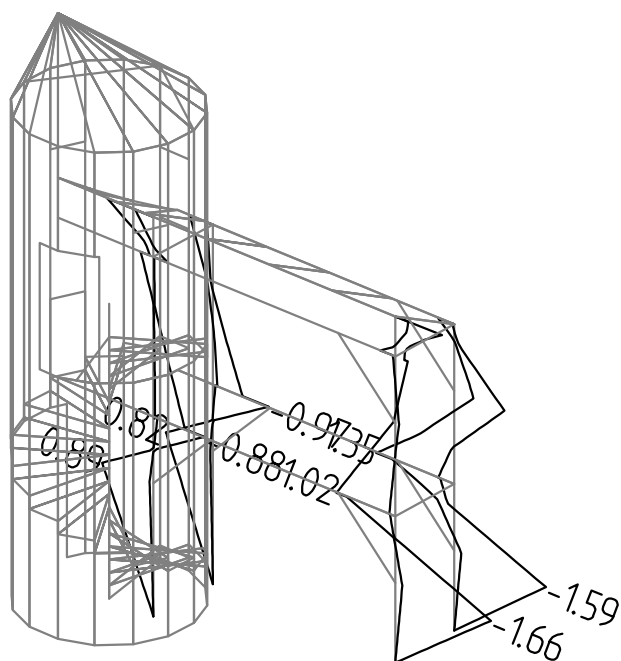




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: -0.48, Max: 0.44

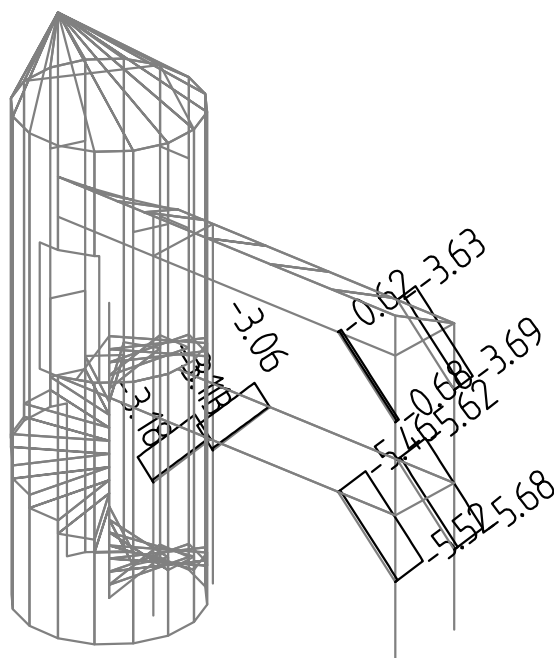


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: -1.66, Max: 1.35

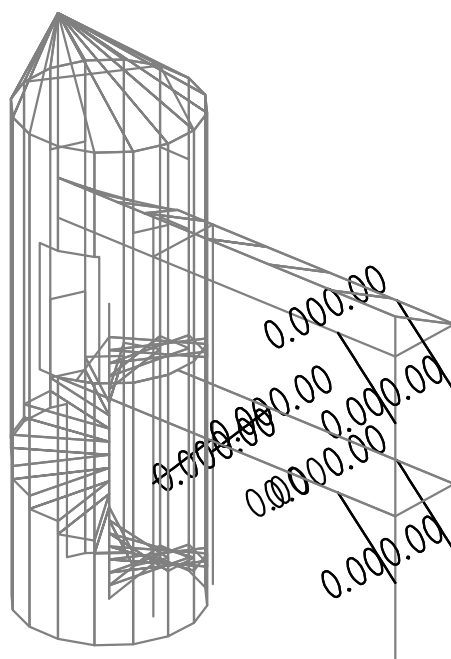




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX N_x [kN]
 N_x Min: -5.68, Max: -0.12



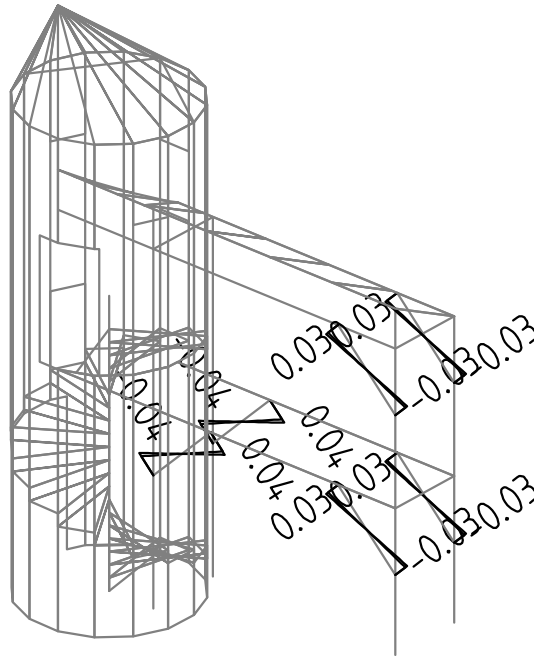
Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX V_y [kN]
 V_y Min: 0.00, Max: 0.00





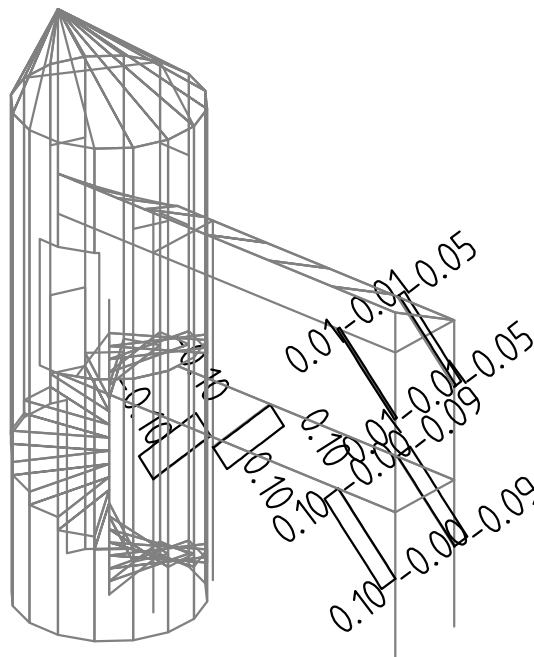
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vz [kN]

Vz Min: -0.04, Max: 0.04



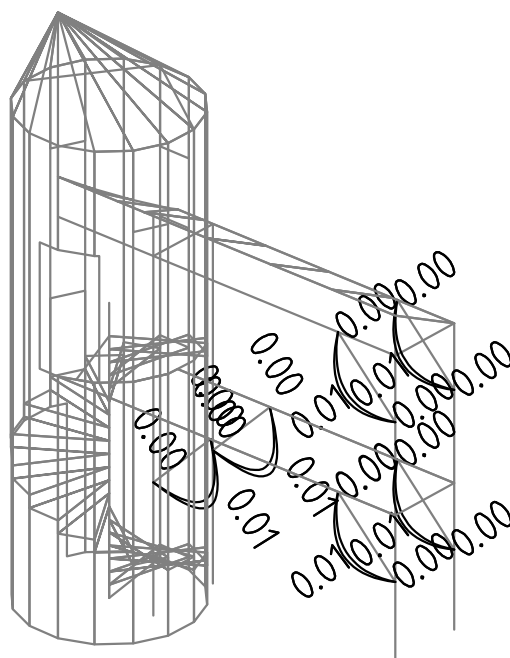
Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mx [kNm]

Mx Min: -0.10, Max: 0.10

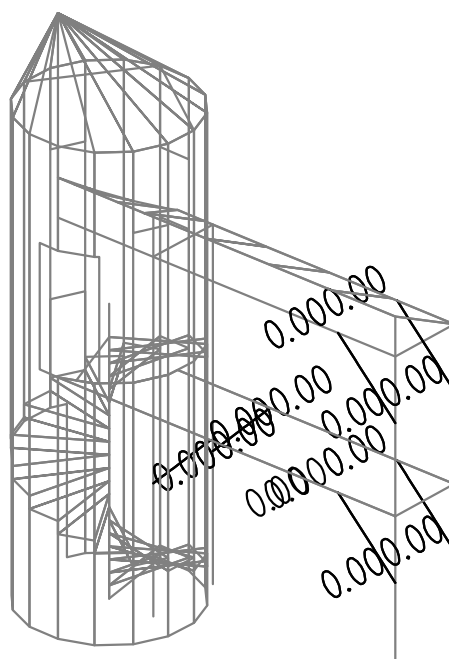




Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: 0.00, Max: 0.01

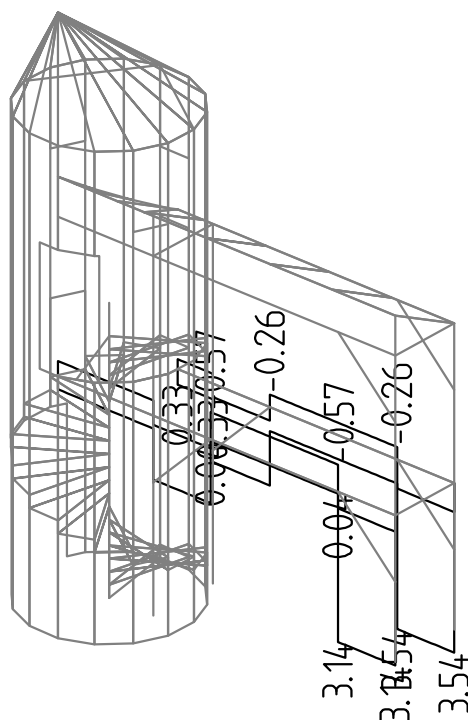


Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: 0.00, Max: 0.00

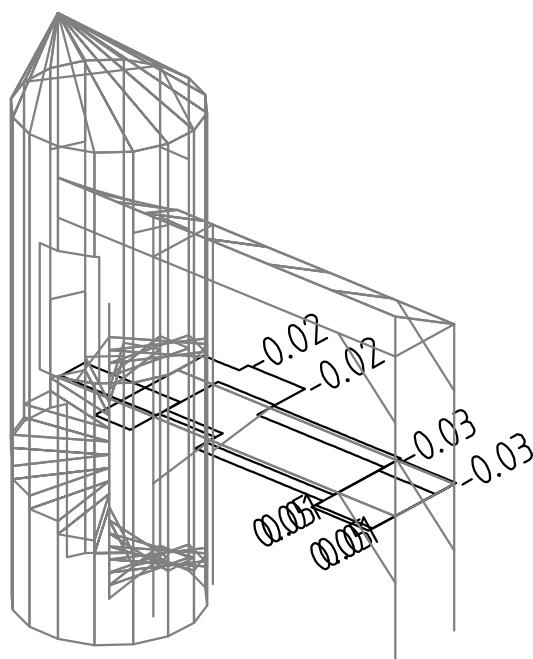




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX N_x [kN]
 N_x Min: -0.57, Max: 3.54

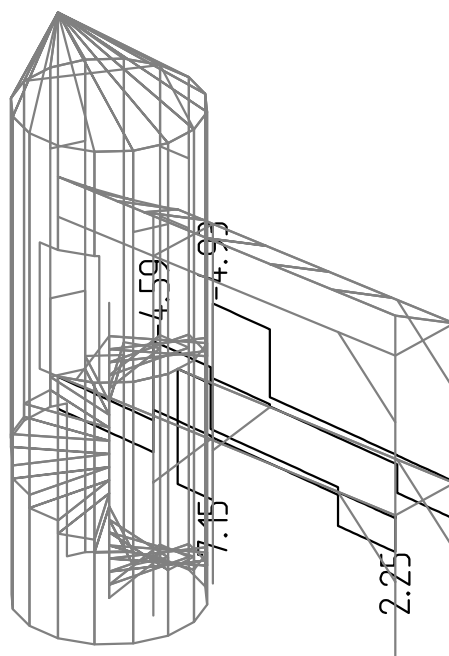


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX V_y [kN]
 V_y Min: -0.03, Max: 0.05

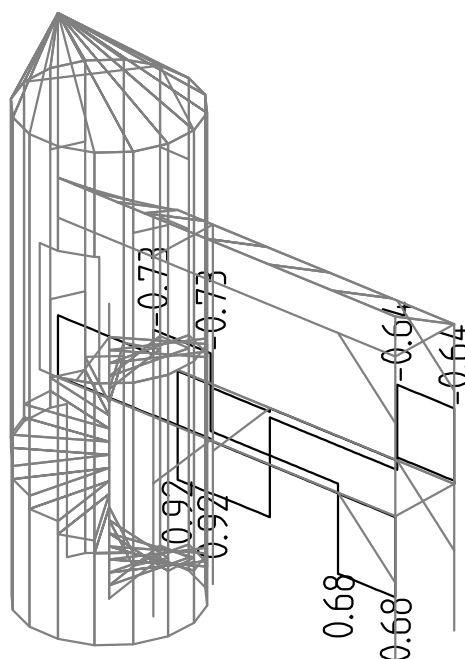




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Vz [kN]
Vz Min: -4.93, Max: 7.15

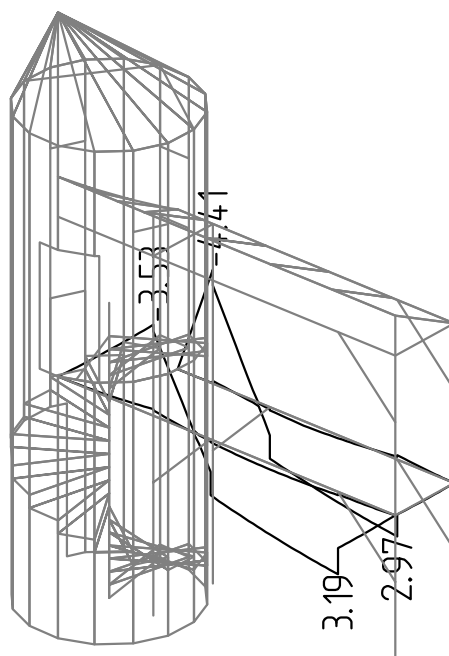


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Mx [kNm]
Mx Min: -0.73, Max: 0.92

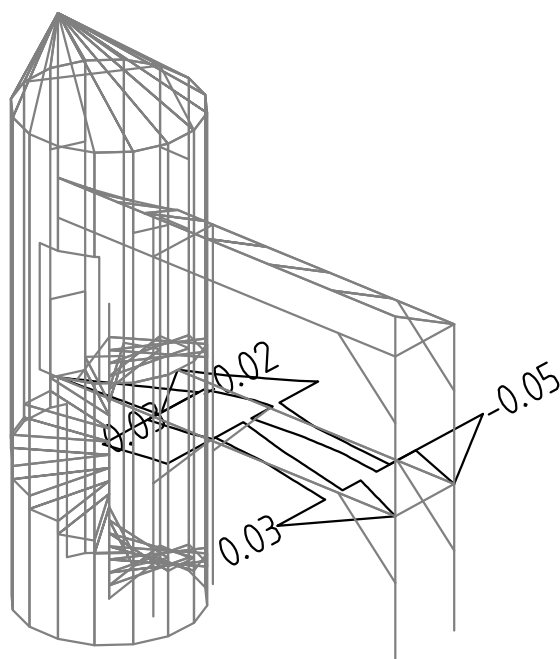




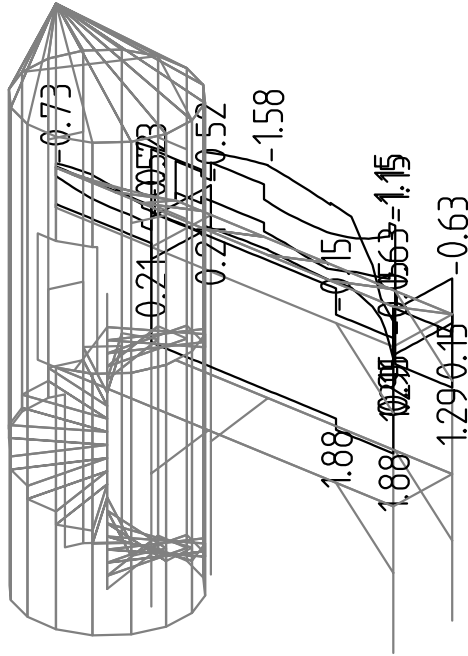
Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: -4.41, Max: 3.19



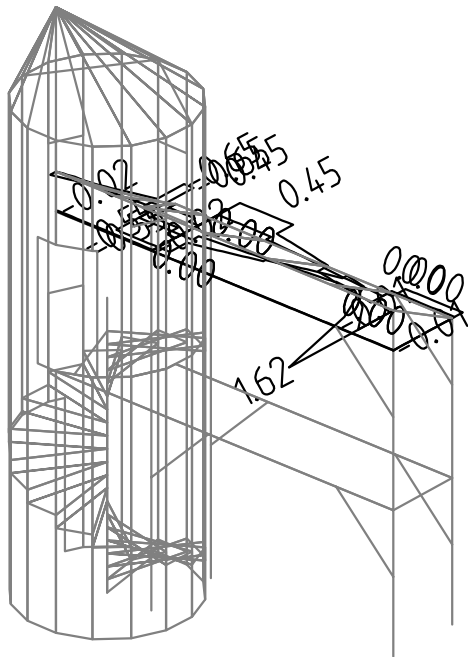
Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: -0.05, Max: 0.03



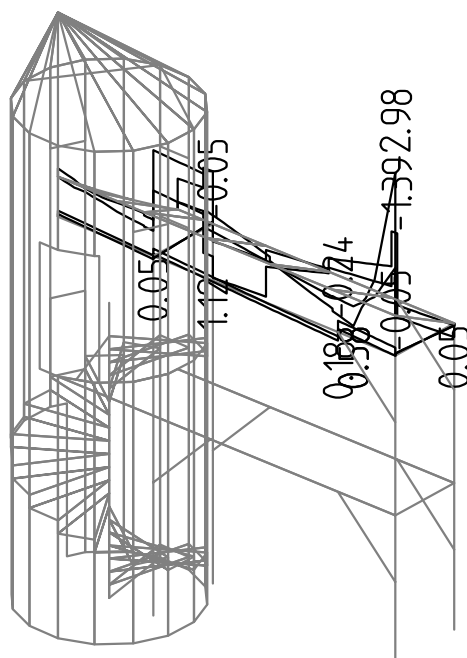
Nx Min: -1.58, Max: 1.88



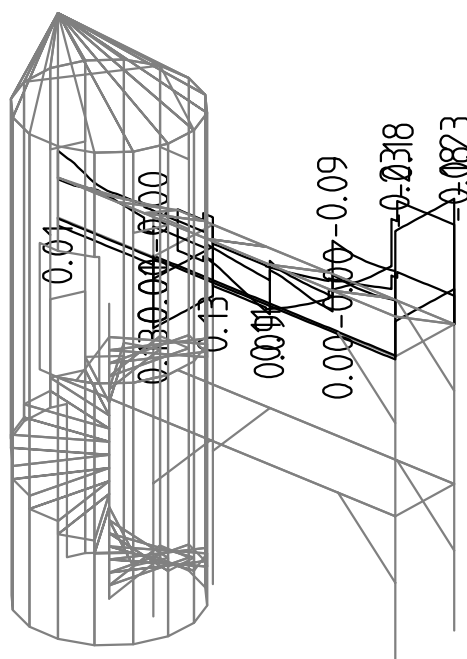
Vy Min: -0.65, Max: 1.62



Vz Min: -2.98, Max: 1.12

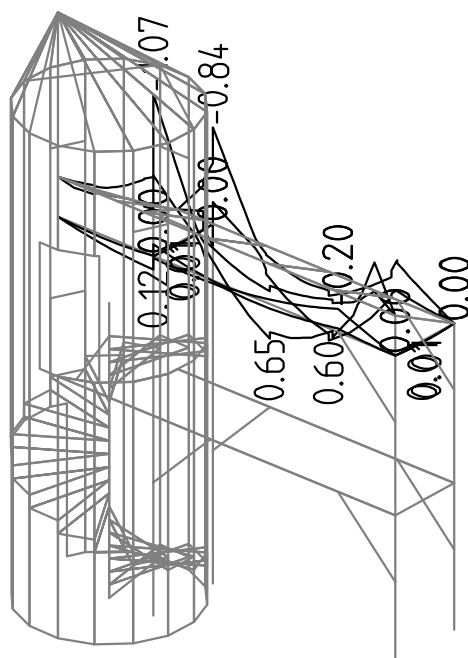


Mx Min: -0.23, Max: 0.13

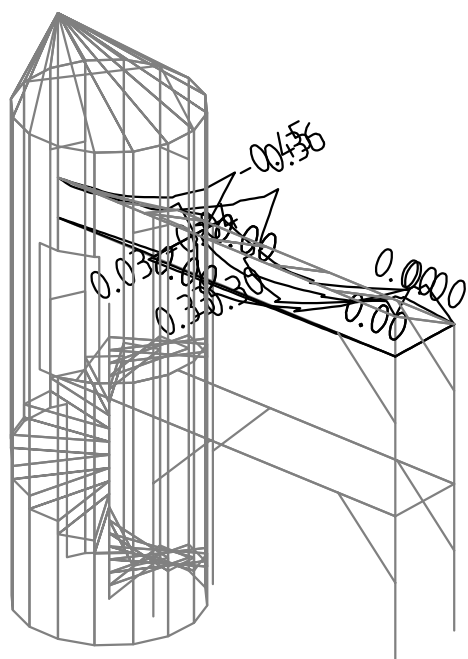




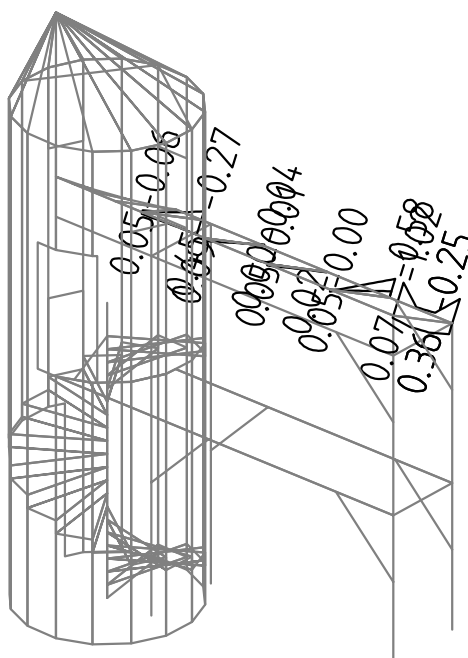
Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: -1.07, Max: 0.65



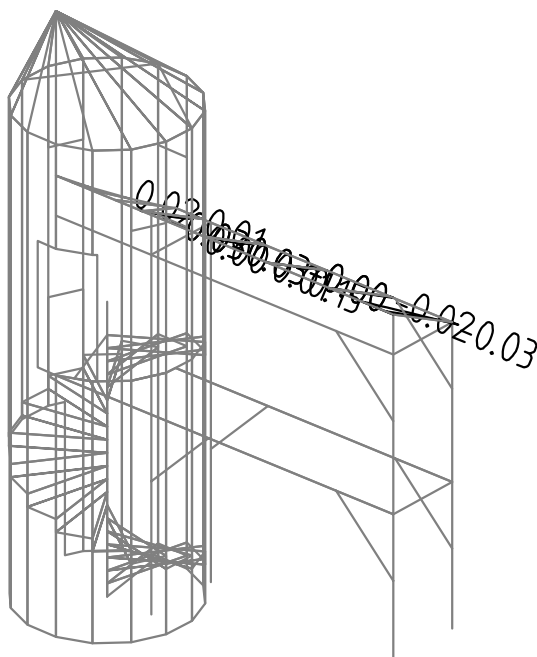
Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: -0.45, Max: 0.36



Nx Min: -1.02, Max: 0.45

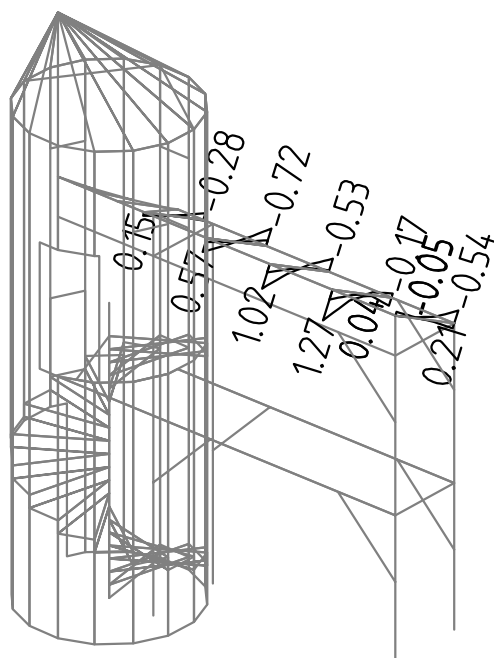


Vy Min: -0.03, Max: 0.15

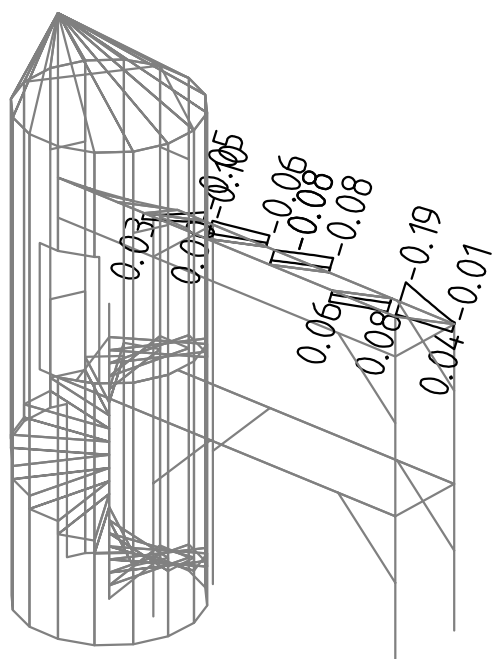




Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Vz [kN]
Vz Min: -0.72, Max: 1.27

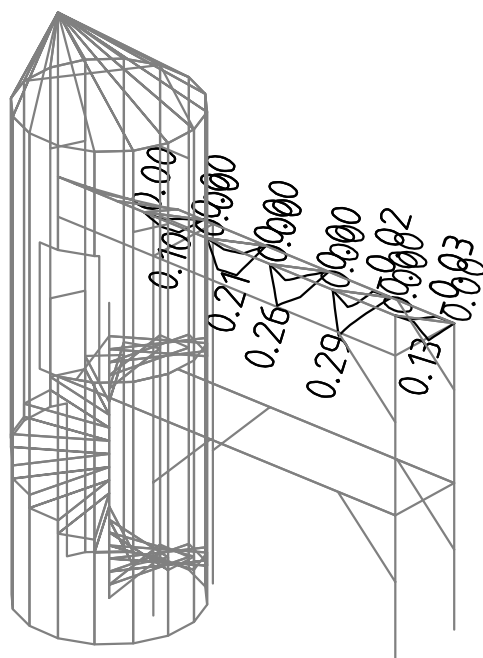


Kombinace: "TDSTR_N_00_" - MIN & MAX Mx [kNm]
Mx Min: -0.19, Max: 0.08

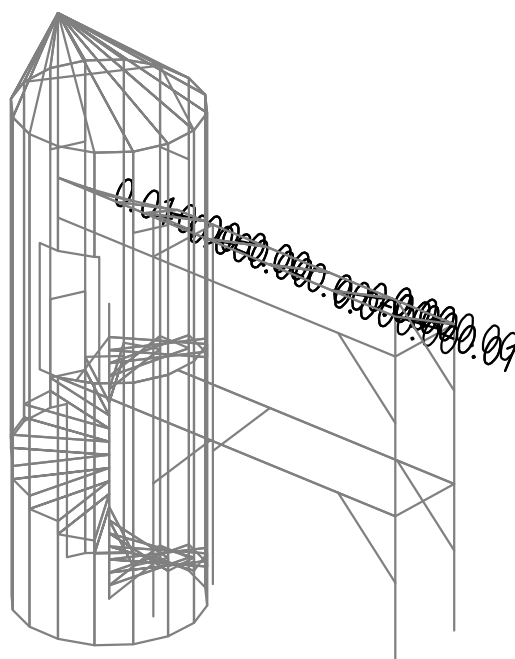




Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: -0.03, Max: 0.29

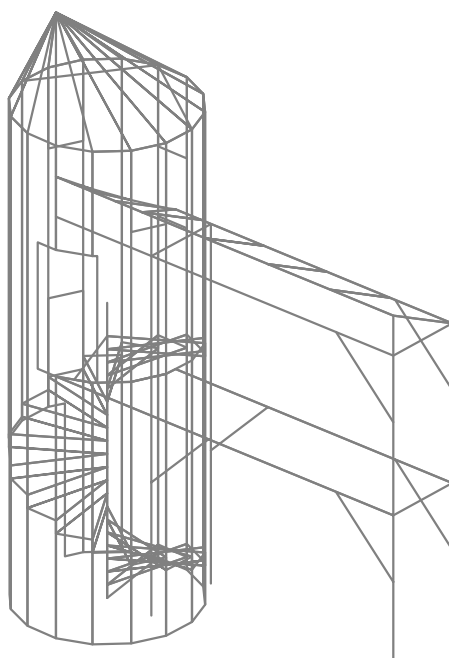


Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: -0.01, Max: 0.01

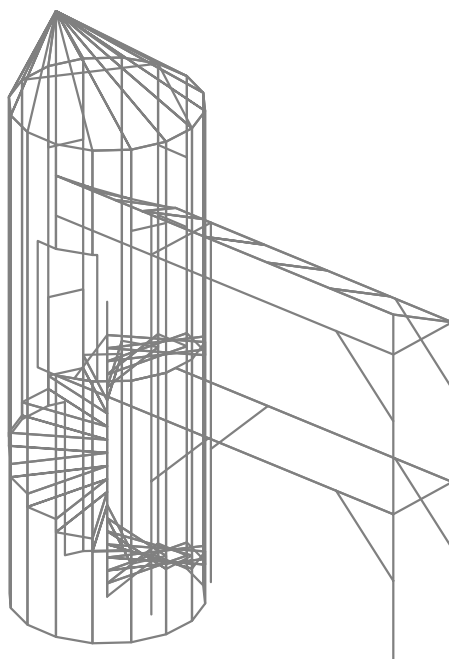




Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX N_x [kN]
Nx Min: 0.00, Max: 0.00

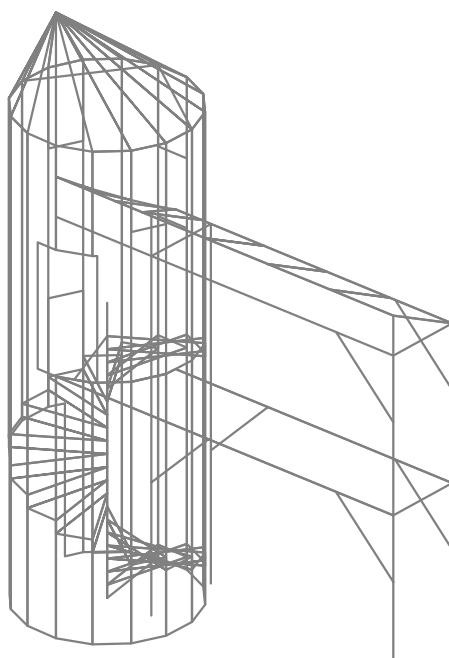


Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX V_y [kN]
Vy Min: 0.00, Max: 0.00

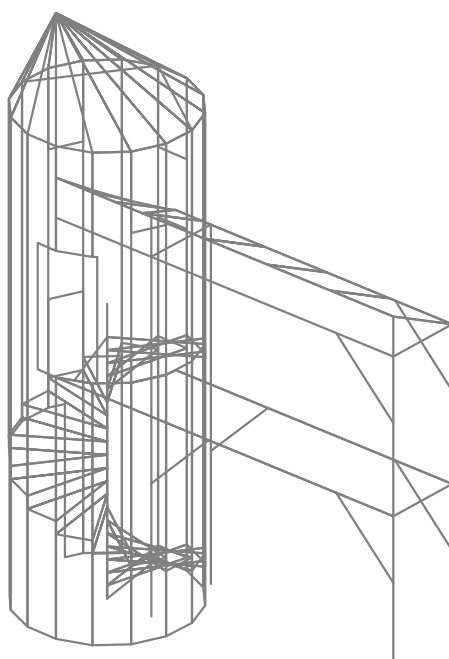




Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Vz [kN]
Vz Min: 0.00, Max: 0.00

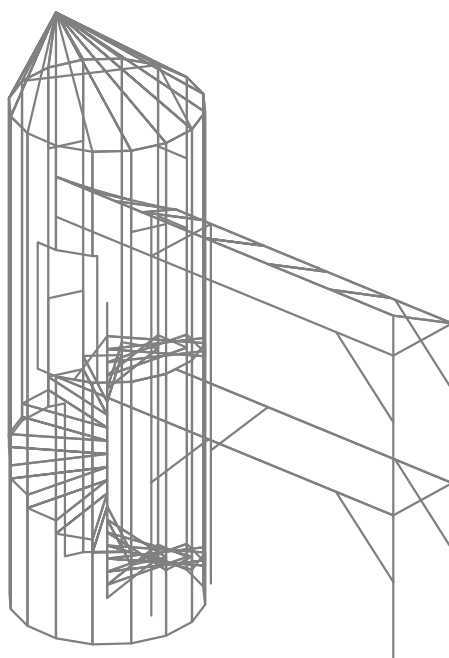


Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX Mx [kNm]
Mx Min: 0.00, Max: 0.00

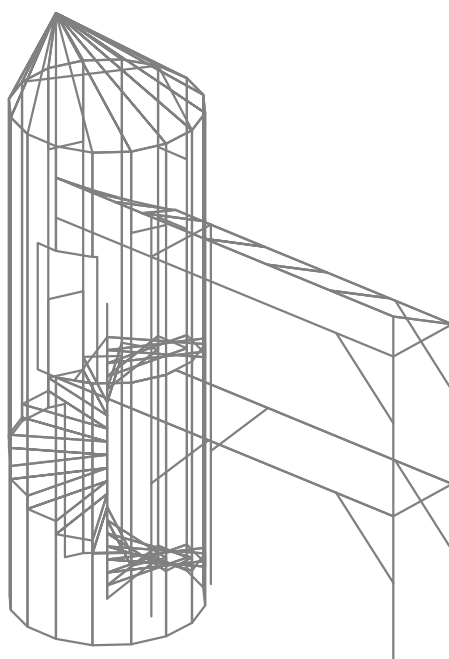




Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_y [kNm]
 M_y Min: 0.00, Max: 0.00



Kombinace: "TDSTR_N_00_" – MIN & MAX M_z [kNm]
 M_z Min: 0.00, Max: 0.00





Dokumentace pro vydání stavebního povolení

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.2. c) Statické posouzení

Stavba:

Tvrz Hradenín – Statický výpočet

Oprava fasády věže tvrze v Hradeníně – SO4

Příloha č. 2 –Posouzení dřevěných prvků



Norma

Norma EN 1995-1-1/Česko.

Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,3$
Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,25$
LVL, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,2$
Překlíčka, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,2$
OSB desky, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,2$
Třískové desky, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,3$
Vláknité desky, základní kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,3$
Mimořádná kombinace zatížení	: $\gamma_M = 1,0$

1 Sloupy pavlače

1.1 Vstupní data

Délka dílce: 3,000 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 120x120

obdélník 120x120	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 120,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 120,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,4E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 17,3E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 17,3E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 34,6 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6 \text{ mm}$

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$: 11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05}$: 7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
TDSTR_N_00__86_minFx	Stálé	-9,605	-0,308	0,370	-1,417	-1,701



Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 3,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,000$ m

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 3,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 3,000$ m

1.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__86_minFx

Vnitřní síly: $N = -9,605$ kN; $M_y = 0,370$ kNm; $M_z = 1,701$ kNm; $V_z = -0,308$ kN; $V_y = -1,417$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 54,910$ kN; $M_{y,R} = -4,765$ kNm; $M_{z,R} = -3,336$ kNm

$|-0,175 + -0,078 + -0,51| = |-0,763| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 11,874$ kN

$0,122 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 86,6

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 76,3 %

2 Pásky - pavlač

2.1 Vstupní data

Délka dílce: 1,410 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 120x120

obdélník 120x120	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 120,0$ mm
šířka průřezu	$b = 120,0$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,4E+03$ mm ²
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 60,0$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 60,0$ mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 17,3E+06$ mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 17,3E+06$ mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 34,6$ mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6$ mm

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$:	24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$:	14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$:	21,0 MPa



Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$:	4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$:	2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$:	0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$:	11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05}$:	7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	:	690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	:	350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
TDSTR_N_00__100_minFx	Stálé	-5,589	0,000	0,000	0,000	-0,035

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 1,410$ mSoučinitel vzpěrné délky $k_z = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,410$ mDélka úseku pro vzpěr $L_y = 1,410$ mSoučinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 1,410$ m

2.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__100_minFx

Vnitřní síly: $N = -5,589$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,035$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 123,020$ kN; $M_{z,R} = -3,336$ kNm $|-0,045 + 0,0 + -0,01| = |-0,056| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 40,7

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 5,6 %

3 Pavlač - mostovka

3.1 Vstupní data

Délka dílce: 4,000 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 160x200

obdélník 160x200	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 200,0$ mm
šířka průřezu	$b = 160,0$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 32,0E+03$ mm ²
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 80,0$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 100,0$ mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 107E+06$ mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 68,3E+06$ mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 57,7$ mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 46,2$ mm



Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$:	24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$:	14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$:	21,0 MPa
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$:	4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$:	2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$:	0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$:	11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0.05}$:	7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	:	690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	:	350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
TDSTR_N_00__99_minMy	Stálé	-0,554	7,128	-4,401	0,057	0,036

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 2,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 0,5$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,000$ m

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,000$ m

Klopení

Klopení M_y :

$I_{z1} = 4,000$ m

Typ nosníku a zatížení: Nosník zatížený koncovými momenty

Klopení M_z :

$I_{y1} =$ Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

3.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__99_minMy

Vnitřní síly: $N = -0,554$ kN; $M_y = -4,401$ kNm; $M_z = -0,036$ kNm; $V_z = 7,128$ kN; $V_y = 0,057$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 174,287$ kN; $M_{y,R} = 11,815$ kNm; $M_{z,R} = 13,503$ kNm

$|-0,003 + -0,372 + -0,003| = |-0,378| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 26,388$ kN

$0,27 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 69,3

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 37,8 %



4 Pavlač - vaznice

4.1 Vstupní data

Délka dílce: 4,000 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 120x120

obdélník 120x120	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 120,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 120,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,4\text{E}+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 17,3\text{E}+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 17,3\text{E}+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 34,6 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6 \text{ mm}$

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$:	24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$:	14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$:	21,0 MPa
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$:	4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$:	2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$:	0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$:	11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05}$:	7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	:	690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	:	350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
TDSTR_N_00__105_minFx	Stálé	-1,046	-1,495	-1,233	0,586	-0,527

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 4,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,000 \text{ m}$

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,000 \text{ m}$

4.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__105_minFx

Vnitřní síly: $N = -1,046 \text{ kN}$; $M_y = -1,233 \text{ kNm}$; $M_z = 0,527 \text{ kNm}$; $V_z = -1,495 \text{ kN}$; $V_y = 0,586 \text{ kN}$

Posudek kombinace tlaku a ohybu:



Únosnosti: $N_R = 32,710 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 3,336 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -4,765 \text{ kNm}$
 $|-0,032 + -0,37 + -0,111| = |-0,512| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 11,874 \text{ kN}$

$0,135 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 115,5

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 51,2 %

5 Pavlač - krokve

5.1 Vstupní data

Délka dílce: 1,400 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 120x120

obdélník 120x120	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 120,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 120,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 14,4E+03 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 60,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 17,3E+06 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 17,3E+06 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 34,6 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6 \text{ mm}$

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$:	24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$:	14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$:	21,0 MPa
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$:	4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$:	2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$:	0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$:	11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05}$:	7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	:	690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	:	350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V_3 [kN]	M_2 [kNm]	V_2 [kN]	M_3 [kNm]
TDSTR_N_00__112_maxMy	Stálé	-0,011	-0,300	0,262	-0,034	0,006

**Vzpěr**

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 1,400$ mSoučinitel vzpěrné délky $k_z = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,400$ mDélka úseku pro vzpěr $L_y = 1,400$ mSoučinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 1,400$ m

Klopení

Klopení M_y : $l_{z1} = 1,400$ m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahoře

Klopení M_z : $l_{y1} =$ Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

5.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__112_maxMy

Vnitřní síly: $N = -0,011$ kN; $M_y = 0,262$ kNm; $M_z = -0,006$ kNm; $V_z = -0,300$ kN; $V_y = -0,034$ kN

Posudek kombinace tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 123,325$ kN; $M_{y,R} = -3,336$ kNm; $M_{z,R} = 4,765$ kNm $|0,0 + -0,079 + -0,001| = |-0,08| < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 11,874$ kN $0,025 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 40,4

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 8,0 %

6 Věž - krov**6.1 Vstupní data**

Délka dílce: 2,500 m

Třída provozu: 2

Průřez

Název: obdélník 120x160

obdélník 120x160	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 160,0$ mm
šířka průřezu	$b = 120,0$ mm
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 19,2E+03$ mm ²
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 60,0$ mm
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 80,0$ mm
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 41,0E+06$ mm ⁴
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 23,0E+06$ mm ⁴
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 46,2$ mm
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 34,6$ mm

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté



Druh dřeva: rostlé

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

Materiálové charakteristiky:

Charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$:	24,0 MPa
Charakteristická pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$:	14,5 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$:	21,0 MPa
Charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$:	4,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$:	2,5 MPa
Charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$:	0,4 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve směru vláken	$E_{0,mean}$:	11000 MPa
5%-kvantil charakt. modulu pružnosti ve směru vláken	$E_{0,05}$:	7400 MPa
Střední charakteristický modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	:	690 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	:	350,0 kg/m ³

Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatížení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
TDSTR_N_00__97_maxMy	Stálé	0,070	0,005	0,062	0,000	0,000

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 2,500$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 2,500$ m

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 2,500$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,0$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 2,500$ m

Klopení

Klopení M_y :

$I_{z1} = 2,500$ m

Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením

Poloha zatížení: Nahoře

Klopení M_z :

$I_{y1} =$ Nezádáno

Typ nosníku a zatížení: Nezádáno

6.2 Výsledky

Celkové posouzení

Rozhodující zatěžovací případ: TDSTR_N_00__97_maxMy

Vnitřní síly: $N = 0,070$ kN; $M_y = 0,062$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,005$ kN; $V_y = 0,000$ kN

Posudek kombinace tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 128,492$ kN; $M_{y,R} = 5,671$ kNm

$0,001 + 0,011 + 0,0 = 0,012 < 1$ **Vyhovuje**

Posudek smyku od posouvajících sil:

Únosnost: $V_R = 15,833$ kN

$0,0 < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 72,2

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 1,2 %