ERBY – STATIKA STAVIEB, s.r.o.
zapísaná na Okr. súde Košice I, oddiel: Sro, Vložka číslo:16825/V
Tel./fax: 055/6257559
E-mail: erby@statikastavieb.sk
IČO: 36 595 551, IČ DPH: SK2022046653
č.ú.:2620717802/1100

Názov stavby / Akcia:

Statický posudok

Zásobné Silo na Nebezpečný odpad



Miesto Stavby:	ZEVO Bratislava, Vlčie hrdlo 72, 821 07 Bratislava
Investor / Stavebník:	OLO a.s., Ivanská cesta 22, 821 04 Bratislava
Spracovateľ:	Ing. Marián Erby, Ľubor Pikula
Dátum spracovania:	10. 2020

OBSAH

A. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE ZHOTOVITEĽA POSUDKU 3
B. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE SILA ODPADU 3
C. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY 5
D. CHARAKTERISTIKA ZAŤAŽENÍ PÔSOBIACICH NA KONŠTRUKCIU 5
E. NÁVRH MATERIÁLOV 5
F. INŽINIERSKO-GEOLOGICKÉ POMERY STAVENISKA 5
G. POSUDOK - TEXTOVÁ ČASŤ 6
G.1. ÚVOD 6
G.2. PREDMET, ÚČEL A ROZSAH POSÚDENIA / NÁVRHU 6
G.3. POPIS KONŠTRUKCIE 6
G.4. SÚČASNÝ STAV – PORUCHY PLÁŠŤA 9
G.5. MERANIE HRÚBKY A SKLADBY PLÁŠŤA 9
H. POSUDOK - VÝPOČTOVÁ ČASŤ 12
H.1. ZAŤAŽENIE 12
H.2. VÝPOČET NAPÄTÍ 21
H.3. POROVNÁVACÍ VÝPOČET POMOCOU MKP MODELU 26
H.4. NÁVRH SANÁCIE KONŠTRUKCIE 37
I. ZÁVER A ZHODNOTENIE 43

PRÍLOHA 1 – FOTODOKUMENTÁCIA Z OBHLIADKY

A. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE ZHOTOVITEĽA POSUDKU

Erby Statika stavieb, .s.r.o.
Matuškova 8, 040 11 Košice

zapísaná na Okr. súde Košice I, oddiel: Sro, Vložka číslo:16825/V

IČO: 36595551
DIČ: 2022046653

Zodp.projektant: Ing. Marián Erby, autorizovaný stavebný inžinier
Projektant: Ing. Ľubor Pikula, autorizovaný stavebný inžinier

B. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE SILA ODPADU

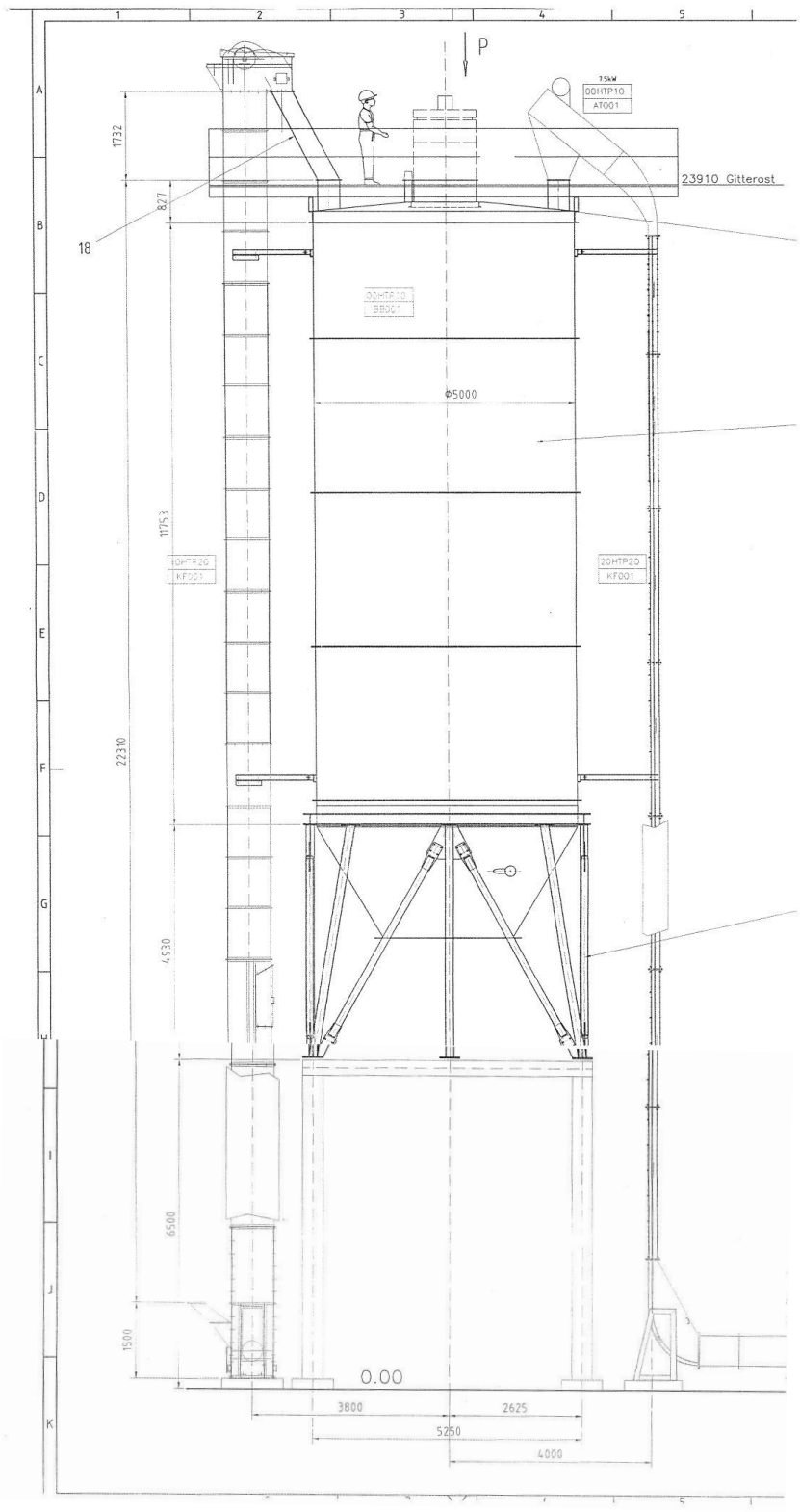
Zásobné silo na nebezpečný odpad (ďalej iba „silo“)

Celkový objem sila:	250 m3
Priemer valcovej časti:	5 m
Výška valcovej časti:	cca 12 m
Výška kužeľovej výsypky:	2,32 m
Vrcholový uhol kužeľa výsypky:	60°
Výšková úroveň podpornej konštrukcie:	+6,5 m
Výšková úroveň kontrolnej plošiny:	+23,91 m
Materiál plášťa:	oceľ S235 – hrúbka 5 až 10 mm
Izolácia – minerálna vlna	120 mm
Ochrana izolácie – oplechovanie	pozink. plech
Merná hmotnosť skladovaného materiálu:	500 kg/m3 (údaj podľa zadávacích podmienok)
Celková hmotnosť náplne:	125 t
Merná hmotnosť skladovaného materiálu:	800 kg/m3 (údaj podľa pôvodného výpočtu)
Celková hmotnosť náplne:	200 t

Zariadenia na strope sila:

Zdvíhacie zariadenie	300 kg
Dopravníky	5000 kg
Filter	400 kg

Silo – Schéma (pôvodná projektová dokumentácia)



C. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Pôvodná projektová dokumentácia

  IDO KLEIN s.r.o – 04/2001
  1-IDO-820 Silogehause
  1-IDO-821 Silo 250 m3
  0-IDO-075 Dachsilo
  2-IDO-1389/A Unerstutzung des Silo
  Statický posudok – Ing. Rontšinský - č.005/2001

- Normy

STN EN 1990	Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1991-1-1	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
STN EN 1991-1-4	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom
STN EN 1991-4	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 4: Silá a nádrže
STN EN 1993-4-1	Eurokód 3. Navrhovanie oceľových konštrukcií. Časť 4-1: Silá

D. CHARAKTERISTIKA ZAŤAŽENÍ PÔSOBIACICH NA KONŠTRUKCIU

Viď bod H.1

E. NÁVRH MATERIÁLOV

Materiály v konštrukcii sú uvažované podľa pôvodnej projektovej dokumentácie.
Všetky časti sila sú realizované z ocele triedy S235 (11375, 11373, 11353).

F. INŽINIERSKO-GEOLOGICKÉ POMERY STAVENISKA

Predpokladá sa že podporná konštrukcia vrátane základových konštrukcií bola realizovaná v zmysle pôvodnej dokumentácie pre zaťaženie vyplývajúce z pôvodného statického výpočtu. Konštrukcia nevykazuje poruchy ktoré sú charakteristické pre nevhodné alebo porúchané zakladanie.

Posúdenie zakladania konštrukcie nie je súčasťou posudku.
Rozsah posudku je uvedený v bode G.2.

G. POSUDOK - TEXTOVÁ ČASŤ

G.1. ÚVOD

Predmetom statického posúdenia je stanovenie mechanickej odolnosti a stability stavby v zmysle § 43, ods.1, písm. a, Zákona č. 50/1976 Zb. v znení neskorších predpisov a spoľahlivosti (t.j. bezpečnosti, použiteľnosti a trvanlivosti) predmetnej stavby v zmysle STN 73 0002 Navrhovanie nosných konštrukcií stavieb – Základné ustanovenia.

G.2. PREDMET, ÚČEL A ROZSAH POSÚDENIA / NÁVRHU

Predmetom tohto posúdenia je nosná konštrukcia plášťa existujúceho sila nebezpečného odpadu prevádzkovaného v spaľovni odpadov firmy OLO Bratislava. Účelom posúdenia je stanovenie únosnosti skorodovaného plášťa sila a stanovenie spôsobu jeho sanácie.

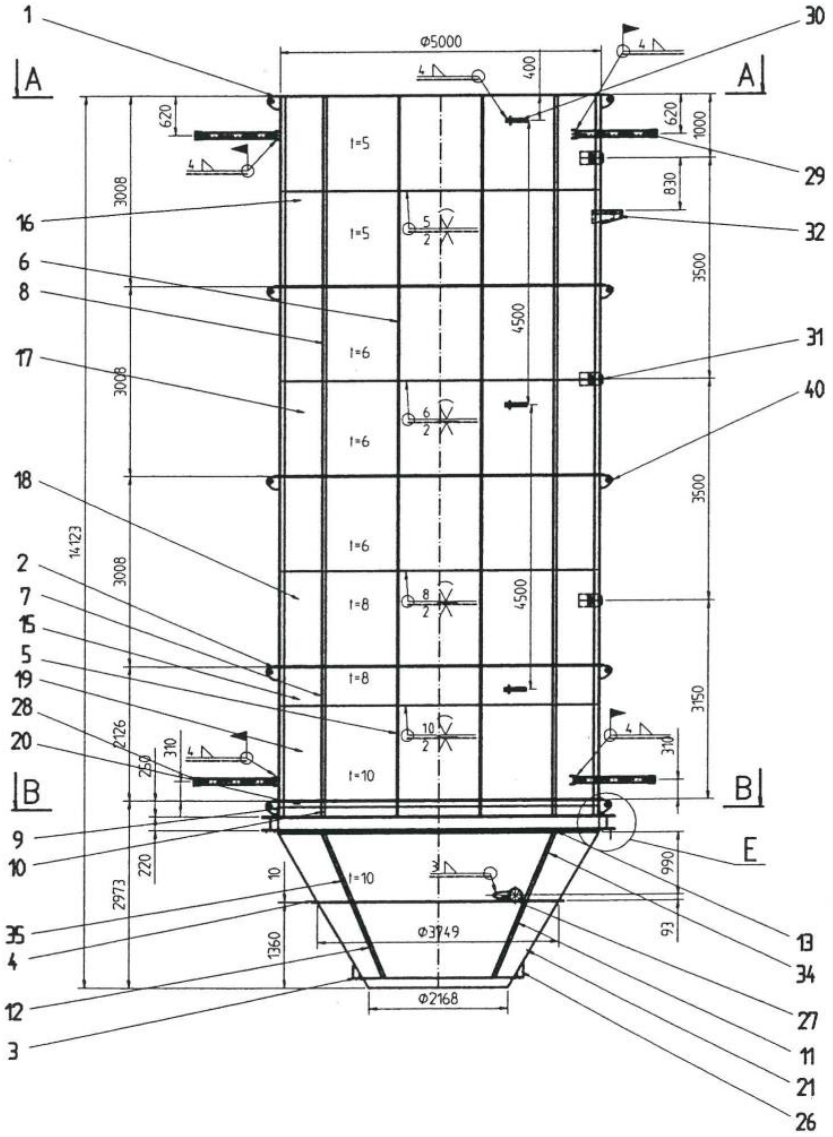
G.3. POPIS KONŠTRUKCIE

Konštrukcia sila je realizovaná ako membránová valcová konštrukcia priemeru 5 m, výšky 11,8 m, pozostávajúca z prstencov s odstupňovanou hrúbkou plechu od 5 mm v hornej časti po 10 mm v spodnej časti. Jednotlivé prstence boli v rámci zjednodušenia montáže združené do segmentov výšky max. 3m, ktoré boli opatrené prírubami s prepojovacími skrutkami. Každý prstenec bol navyše pôdorysne rozdelený na 3 časti. Tieto časti boli taktiež opatrené prírubami s prepojovacími VP skrutkami. Celá konštrukcia sa po zostavení navzájom zoskrutkovala a prevarila (taktiež prírubové skrutkové spoje). Súčasťou plášťa sú taktiež zvislé výstuhy pravidelne rozmiestnené v rastri 30 stupňov. Všetky príruby a výstuhy sú realizované z plechu hrúbky 8 resp. 10 mm, výšky 80 mm.

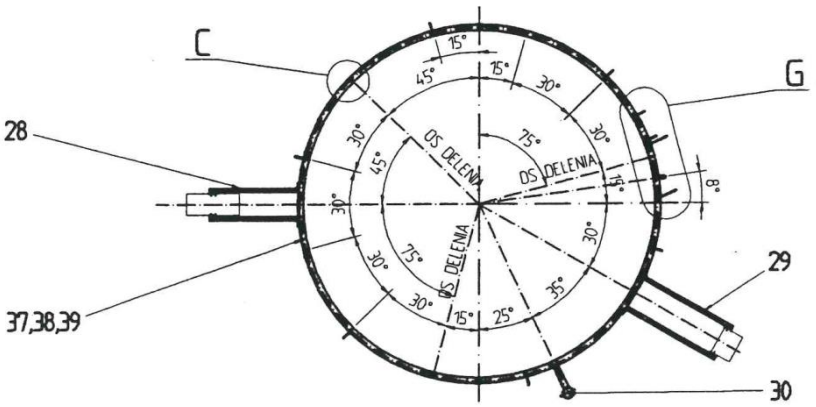
V spodnej časti je realizovaná kužeľová výsypka s hrúbkou plechu 10 mm. Na rozhraní valcovej časti a výsypky je zrealizovaný zváraný úložný prah ktorý je ekvivalentom nosníka HEB 200. Tento je privarený priebežným kútovým zvarom cez výstužný prstenec hrúbky 8 mm na plášť valcovej časti. Úložný prah je podopieraný v ôsmich bodoch oceľovými stĺpmi kruhového prierezu d=159/8 mm. Oceľové stĺpy sú podpierané v úrovni +6,5 m mohutným oceľovým rámom (nie je súčasťou posudku).

Strecha sila je realizovaná ako membránová s plechom hrúbky 3 mm, ktorý je podopieraný sústavou nosníkov U100 a obvodovým stužujúcim prstencom tvoreným prierezom U 220. Na streche je realizovaná pracovná plošina s pororoštom a osadenou technológiou.

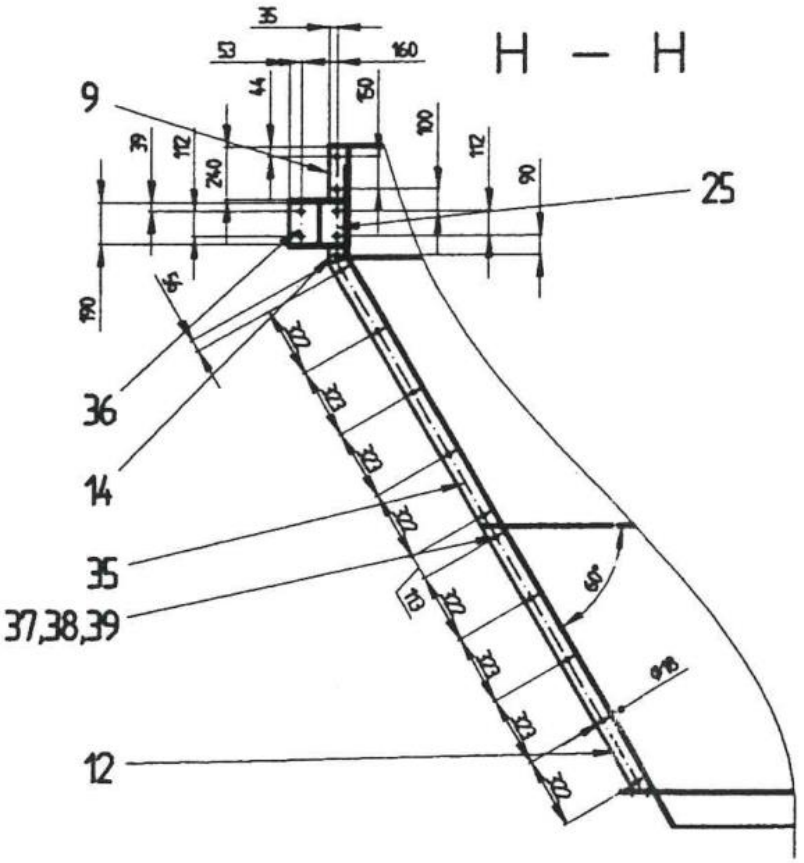
Silo – Nosná konštrukcia plášťa (pôvodná projektová dokumentácia)

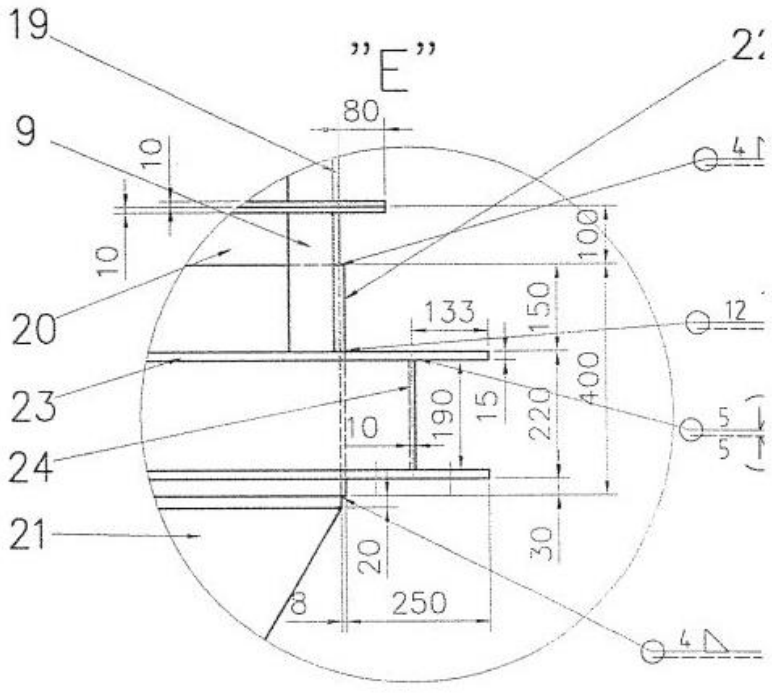


A – A



Silo – Výsypka a napojenie na úložný prah (pôvodná projektová dokumentácia)



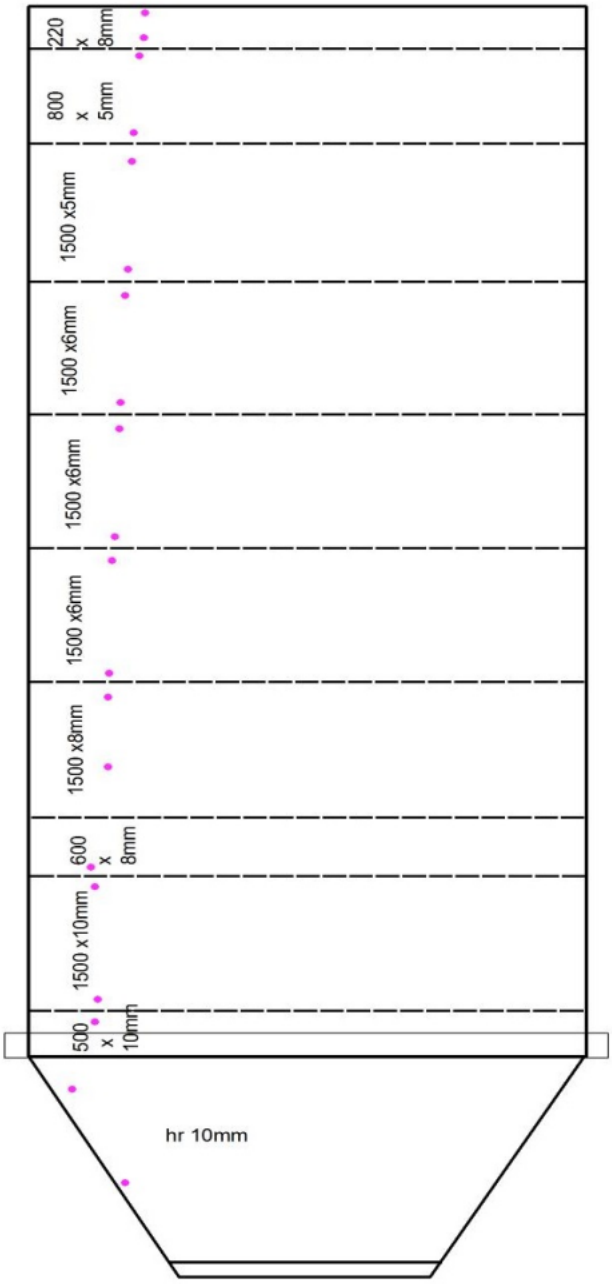


G.4. SÚČASNÝ STAV – PORUCHY PLÁŠŤA

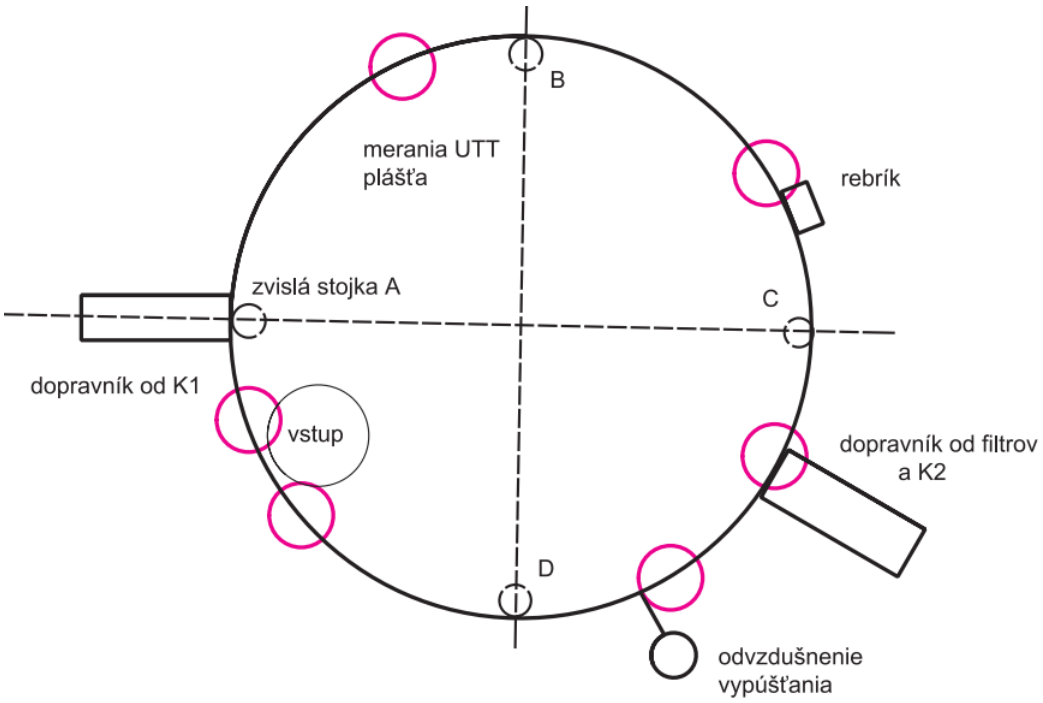
Konštrukcia sila je z vonkajšej časti chránená voči poveternostným vplyvom tepelnou izoláciou s oplechovaním. Vplyv náročnej prevádzky sa prejavil koróziou plášťa a to najmä v spodnej časti sila, kde došlo k veľmi nerovnomernej – jamkovej korózii. Korozívne úbytky sa prejavujú jednak vo výsypke a taktiež vo valcovej časti do výšky cca 3,2 (až 3,5) m nad spodnou hranou valca.

Fotodokumentácia – viď príloha 1

G.5. MERANIE HRÚBKY A SKLADBY PLÁŠŤA



Situačný pôdorys

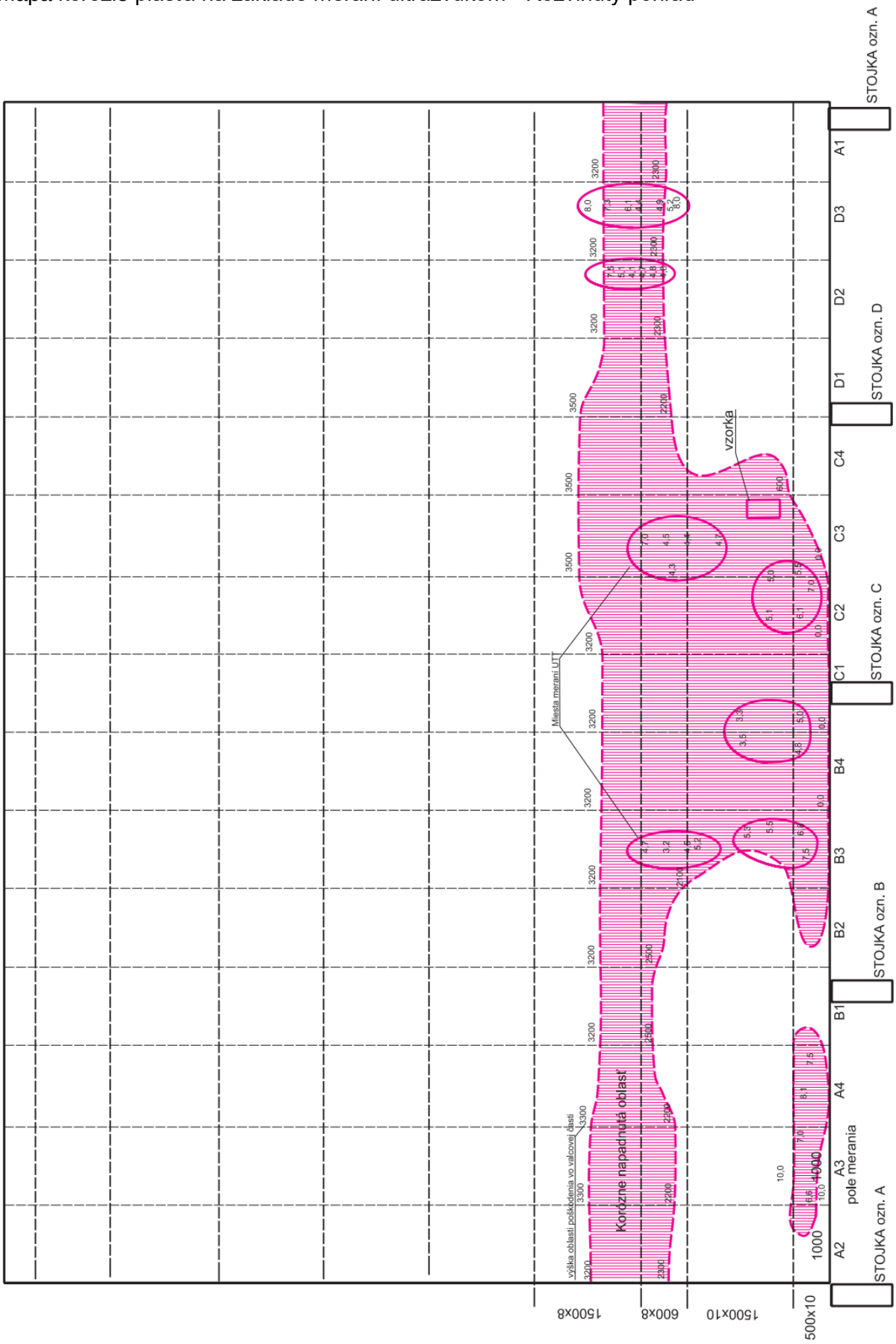


Namerané hodnoty hrúbky plášťa v spodnej časti sila

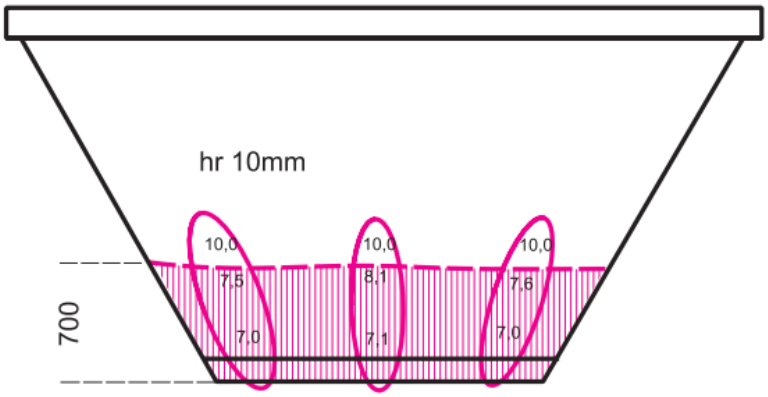
	pole merania									
	A3	A4	B3	B4	C1	C2	C3	D2	D3	pôvodná hr.
3300									8,0	8,0
3000								7,5	7,3	8,0
2900								5,1		8,0
2800								4,1	6,1	8,0
2700								4,7	4,4	8,0
2500			4,7				7,0	4,8	4,9	8,0
2300			3,2				4,5	5,2	5,2	8,0
2100			4,5			4,3	4,4		8,0	8,0
1800			5,2				4,7			10,0
1200			5,3	3,5	3,3					10,0
700	10,0	10,0	5,5			5,1	5,0			10,0
400	7,0	8,1	6,8	4,8	5,0	6,1	5,5			10,0
300	6,6	7,5	7,5			7,0				10,0

výška merania vo valcovej časti

Mapa korózie plášťa na základe meraní ultrazvukom - Rozvinutý pohľad



Oblasť korózie vo výsypke



H. POSUDOK - VÝPOČTOVÁ ČASŤ

Pre stanovenie účinkov zaťaženia na silo bol zrealizovaný kontrolný statický výpočet skladajúci sa jednak z tabuľového výpočtu a jednak z podrobného modelu s použitím metódy konečných prvkov.

H.1. ZAŤAŽENIE

Zaťažovacie stavy

1) Vl. tiaž konštrukcie
   Objemovou hmotnosť ocele 7850 kN/m3
   Plošná tiaž pre jednotlivé hrúbky plechov

5 mm	0,39 kN/m2
6 mm	0,47 kN/m2
8 mm	0,63 kN/m2
10 mm	0,785 kN/m2

2) Tiaž technológie umiestnenej na streche

Zdvíhacie zariadenie	300 kg
Dopravníky	5000 kg
Filter	400 kg
Spolu	5700 kg = 57 kN

Zaťaženie pôsobí po obvode na dĺžke cca 8,8 m
Líniové zaťaženie q = 57 / 8,8 = 6,5 kN/m

3) Tiaž izolácie a oplechovania

Predpoklad – plošné zaťaženie v celej ploche p = 0,15 kN/m2

4) Zaťaženie od náplne

a) valcová časť

Merná hmotnosť skladovaného materiálu: 500 kg/m3
(údaj podľa zadávacích podmienok)

Merná hmotnosť skladovaného materiálu: 800 kg/m3
(údaj podľa pôvodného výpočtu)

Vo výpočte bude zohľadnená vyššia hodnota zaťaženia: γ = 8,0 kN/m3

Iné charakteristiky skladovaného materiálu nie sú známe, preto bude použitý postup so všeobecným materiálom podľa STN EN 1991-4 – tab.E.1

Stredná hodnota uhla vnútorného trenia		ϕm = 35°
Prevodný súčiniteľ uhla vnút. trenia		aϕ=1,3
Stredná hodnota pomeru tlakov		Km = 0,5
Prevodný súčiniteľ pomeru tlakov		ak = 1,5
Súčiniteľ trenia	- typ steny D2	μm = 0,39
	-typ steny D3	μm = 0,50
Prevodný súčiniteľ trenia		aμ = 1,4

Horná a dolná medza

Uhol vnútorného trenia
ϕmax = ϕm * aϕ = 35 * 1,3 = 45,5°
ϕmin = ϕm / aϕ = 35 / 1,3 = 26,9°

Pomer tlakov
Kmax = Km * ak = 0,5 * 1,5 = 0,75
Kmin = Km / ak = 0,5 * 1,5 = 0,33

Súčiniteľ trenia
μmax = μm * aμ = 0,5 * 1,4 = 0,70
μmin = μm / aμ = 0,39 / 1,4 = 0,28

Súčiniteľ vodorovného tlaku pri vyprázdnení	Ch = 1,15
Súčiniteľ trecej sily pri vyprázdnení	Cw = 1,10

Priebehy zaťaženia na plášť sila od tlaku náplne

GEOMETRIA SILA

d_c priemer kruhového sila (resp. ekvivalentný priemer)

r polomer sila

t hrúbka steny sila

h_b celková výška sila

h_h výška sila od hrotu po prechod

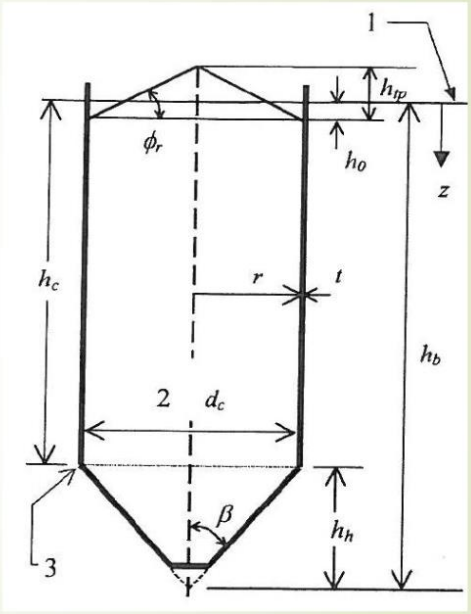
h_c výška segmentu sila so zvislými stenami

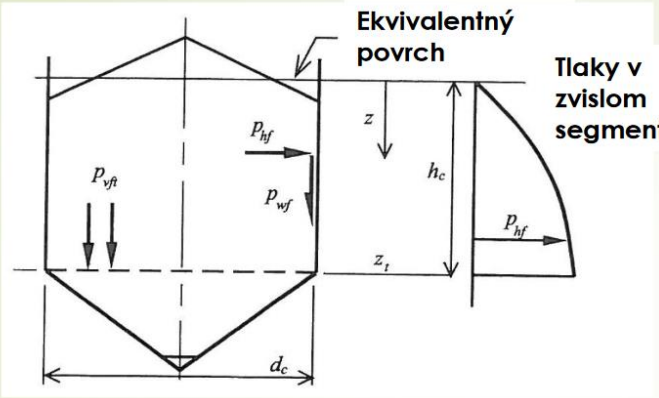
h_{tp} výška vrcholovej haldy

β uhol odklonu steny výsypky

1 ekvivalentný povrch

3 prechod





Tlaky v zvislom segmente

vodorovný tlak

$$p_{hf}(z) = p_{ho} \cdot Y_j(z)$$

trecia trakcia

$$p_{wf}(z) = \mu \cdot p_{ho} \cdot Y_j(z)$$

zvislý tlak

$$p_{vf}(z) = \frac{p_{ho}}{K} \cdot Y_j(z)$$

$$p_{ho} = \gamma \cdot K \cdot z_o \qquad z_o = \frac{1}{K \cdot \mu} \cdot \frac{A}{U} \qquad Y_j = 1 - e^{-z/z_o}$$ (Janssen)

γ charakteristická hodnota objemovej tiaže materiálu

μ charakteristická hodnota súčiniteľa trenia

K charakteristická hodnota pomeru tlakov

$$n_{zSk} = \int_0^z p_{wt}(z)dz = \mu . p_{ho} . \left[z - z_0 . Y_{j(z)} \right]$$

výsledná charakteristická hodnota tlakovej sily na stene sila

Prípad 1 - Max vertikálny tlak Pv (kN/m2) – rozloženie po výške sila

Priemer sila	D	5000	mm
Výška valcovej časti	Hc	11800	mm
Výška výsypky	Hh	2325	mm
Objemová tiaž materiálu	γ	8	kN/m3
Uhol vnútorného trenia	ϕ	35	
Súčiniteľ trenia o stenu	μ	0.278	
Pomer tlakov	K	0.33	
Vnútorný obvod	U	15.708	m
Plocha prierezu sila	A	19.635	m2
Charakteristická hĺbka	z0	13.625	m
Asymp. Tlak	ph0	35.97	KN/m2

hĺbka (z)	Y(z)	Pvf(z)	Phf(z)	Pwf(z)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.07	7.71	2.55	0.71
1.5	0.10	11.36	3.75	1.04
2	0.14	14.88	4.91	1.37
3	0.20	21.54	7.11	1.98
4	0.25	27.73	9.15	2.54
4.5	0.28	30.66	10.12	2.81
5	0.31	33.48	11.05	3.07
6	0.36	38.83	12.81	3.56
7	0.40	43.79	14.45	4.02
7.5	0.42	46.14	15.23	4.23
8	0.44	48.41	15.97	4.44
9	0.48	52.69	17.39	4.83
9.6	0.51	55.12	18.19	5.06
10	0.52	56.68	18.70	5.20
11	0.55	60.38	19.93	5.54
11.1	0.56	60.74	20.04	5.57
11.6	0.57	62.48	20.62	5.73

Prípad 2 - Max horizontálny tlak Ph (kN/m2) – rozloženie po výške sila

Priemer sila	D	5000	mm
Výška valcovej časti	Hc	11800	mm
Výška výsypky	Hh	2325	mm
Objemová tiaž materiálu	γ	8	kN/m3
Uhol vnútorného trenia	ϕ	35	
Súčiniteľ trenia o stenu	μ	0.28	
Pomer tlakov	K	0.75	
Vnútorný obvod	U	15.708	m
Plocha prierezu sila	A	19.635	m2
Charakteristická hĺbka	z0	5.952	m
Asymp. Tlak	ph0	35.71	KN/m2

hĺbka (z)	Y(z)	Pvf(z)	Phf(z)	Pwf(z)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.15	7.36	5.52	1.55
1.5	0.22	10.61	7.96	2.23
2	0.29	13.59	10.19	2.85
3	0.40	18.85	14.14	3.96
4	0.49	23.30	17.48	4.89
4.5	0.53	25.26	18.94	5.30
5	0.57	27.06	20.30	5.68
6	0.64	30.24	22.68	6.35
7	0.69	32.93	24.70	6.91
7.5	0.72	34.11	25.58	7.16
8	0.74	35.20	26.40	7.39
9	0.78	37.12	27.84	7.80
9.6	0.80	38.13	28.60	8.01
10	0.81	38.74	29.06	8.14
11	0.84	40.12	30.09	8.42
11.1	0.85	40.24	30.18	8.45
11.6	0.86	40.84	30.63	8.58

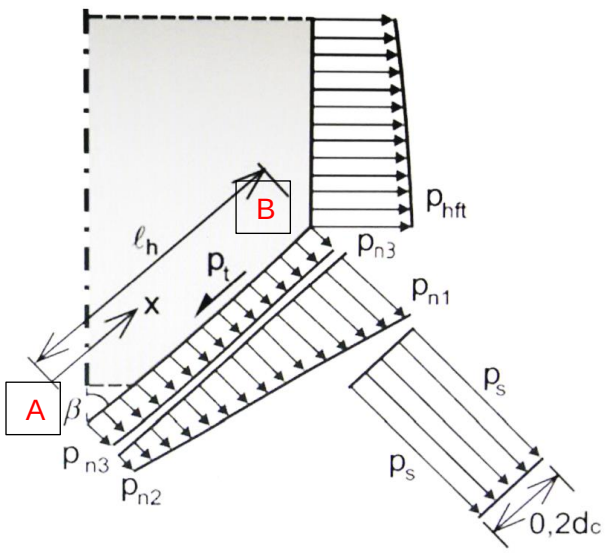
Prípad 3 - Max trecia sila Pw (kN/m2) – rozloženie po výške sila

Priemer sila	D	5000	mm
Výška valcovej časti	Hc	12000	mm
Výška výsypky	Hh	2325	mm
Objemová tiaž materiálu	γ	8	kN/m3
Uhol vnútorného trenia	ϕ	35	
Súčiniteľ trenia o stenu	μ	0.7	
Pomer tlakov	K	0.75	
Vnútorný obvod	U	15.708	m
Plocha prierezu sila	A	19.635	m2
Charakteristická hĺbka	z0	2.381	m
Asymp. Tlak	ph0	14.29	KN/m2

hĺbka (z)	Y(z)	Pvf(z)	Phf(z)	Pwf(z)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.34	6.53	4.90	3.43
1.5	0.47	8.90	6.68	4.67
2	0.57	10.82	8.12	5.68
3	0.72	13.64	10.23	7.16
4	0.81	15.50	11.62	8.14
4.5	0.85	16.17	12.13	8.49
5	0.88	16.72	12.54	8.78
6	0.92	17.52	13.14	9.20
7	0.95	18.04	13.53	9.47
7.5	0.96	18.23	13.67	9.57
8	0.97	18.39	13.79	9.65
9	0.98	18.61	13.96	9.77
9.6	0.98	18.71	14.03	9.82
10	0.99	18.76	14.07	9.85
11	0.99	18.86	14.14	9.90
11.1	0.99	18.87	14.15	9.91
11.6	0.99	18.90	14.18	9.92

b) výsypka

podľa STN EN 1991-4 – Príloha G



Obrázok G.1 – Alternatívne pravidlo pre zaťaženia výsypky

Prípad 1

Zvislý tlak na úrovni prechodu	Pvft	62.48	kN/m2
Zväčšujúci súčiniteľ	Cb	1.6	
odklon výsypky od zvislice	β	30	deg
trenie o stenu výsypky	μh	0.580	
Vnútorný obvod	U	15.71	m
Plocha prierezu sila	A	19.63	m2
Pomer tlakov	K	0.33	
Objemová tiaž materiálu	γ	8.00	kN/m3
tlak od zvislého tlaku materálu	pn1	71.85	kN/m2
	pn2	24.99	kN/m2
tlak od materiálu vo výsypke	pn3	9.75	kN/m2
výsledný tlak dole	pnA	34.74	kN/m2
výsledný tlak hore	pnB	81.60	kN/m2
trenie	ptA	20.16	kN/m2
	ptB	47.34	kN/m2

Prípad 2

Zvislý tlak na úrovni prechodu	Pvft	40.84	kN/m2
Zväčšujúci súčiniteľ	Cb	1.6	
odklon výsypky od zvislice	β	30	deg
trenie o stenu výsypky	μh	0.217	
Vnútorný obvod	U	15.71	m
Plocha prierezu sila	A	19.63	m2
Pomer tlakov	K	0.75	
Objemová tiaž materiálu	γ	8.00	kN/m3
tlak od zvislého tlaku materálu	pn1	46.96	kN/m2
	pn2	16.33	kN/m2
tlak od materiálu vo výsypke	pn3	36.27	kN/m2
výsledný tlak dole	pnA	52.60	kN/m2
výsledný tlak hore	pnB	83.23	kN/m2
trenie	ptA	11.39	kN/m2
	ptB	18.02	kN/m2

Prípad 3

Zvislý tlak na úrovni prechodu	Pvft	18.90	kN/m2
Zväčšujúci súčiniteľ	Cb	1.6	
odklon výsypky od zvislice	β	30	deg
trenie o stenu výsypky	μh	0.217	
Vnútorný obvod	U	15.71	m
Plocha prierezu sila	A	19.63	m2
Pomer tlakov	K	0.75	
Objemová tiaž materiálu	γ	8.00	kN/m3
tlak od zvislého tlaku materálu	pn1	21.74	kN/m2
	pn2	7.56	kN/m2
tlak od materiálu vo výsypke	pn3	36.27	kN/m2
výsledný tlak dole	pnA	43.83	kN/m2
výsledný tlak hore	pnB	58.00	kN/m2
trenie	ptA	9.49	kN/m2
	ptB	12.56	kN/m2

5) Zaťaženie vetrom

Lokalita je zaradená do vetrovej oblasti 2 so základnou rýchlosťou vetra vb = 26 m/s

Reference velocity (EN1991-1-4, §4.2)
vbo=26.00 m/s, Slovakia STN EN, Zone: 2
vb= Cdir·Cseason·Vbo = 26.00 m/s

Terrain effects (EN1991-1-4, §4.3.2, Annex A)

Terrain category : III (EN1991-1-4, Tab.4.1)
Area with regular cover of vegetation or buildings (villages, suburban terrain, forest)
Roughness factor Cr(z) (EN1991-1-4, §4.3.2)
Terrain category:III, z=24.000m, zo=0.300m, zmin=5m, zmax:=200m, zoII=0.050m
kr=0.19·(0.300/0.05) ^0.07=0.215
Cr(z)=kr·ln(z/zo)=0.215xln(24.000/0.300)=0.944
Orography factor Co(z) (EN1991-1-4, §4.3.3)
H/Lu=50/600=0.08, 0.05<H/Lu=0.08<=0.30, Le=600.00 m (EN1991-1-4, Tab.A.2)
z=50.00 m, X/Le=500/600=0.83, z/Le=50/600=0.10, s=0.396 (eq.A.7,...A.10)
Co(z)=1+2x0.396x0.083=1.066 (eq.A.2)
Turbulence factor Kt (EN1991-1-4, §4.4)
Kt=1.000
Exposure factor Ce(z) (EN1991-1-4, §4.5)
Terrain category: III (EN1991-1-4, Tab.4.1)
z=24.00 m, kr=0.215, lv(z)=0.214, Ce(z)= 2.529 (EC1 EN1991-1-4:2005, eq.A. 4.8,4.7,4.4,4.3)
q(z)=Ce(z)·(½ρ)·Vb²=[0.001]x2.529x0.625x26.00²=1.069 kN/m²
Wind peak velocity pressure q(z)=Ce(z)·qb =Ce(z)·(0.625)·Vb² (EN1991-1-4, §4.5)

Vb=26.00m/sec, z=24.000m, Cr(z)=0.944, Co(z)=1.066, Kt=1.000, Ce(z)=2.529
q(z)=Ce(z)·(½ρ)·Vb²=[0.001]x2.529x0.625x26.00²=1.069 kN/m²

Vo výpočte je uvažovaný konštantný tlak po celej výške sila so súčiniteľom tvaru Cf=1,20

Parciálny súčiniteľ pre medzný stav únosnosti (ULS) - γf = 1,35 pre všetky zaťažovacie stavy.

H.2. VÝPOČET NAPÄTÍ

1) Max zvislé napätie v plášti

Hĺbka (vzdialenosť od vrchu plášťa)	Náplň	Plášť		Vietor			Strecha	Celkové zaťaženie	Napätie v plášti		Hodnota max napätia pre stabilnú škrupinu bez výstuh	Status
	Kumulatívna trecia sila	Nominálna Hrúbka plášťa	Skorodovaná Hrúbka plášťa	Kumulatíva tiaž plášťa	Kumulatívna vodorovná sila	Kumulatívny ohybový moment	Prepočet na zvislé líniové zaťaženie		so zohľadnením súčiniteľa pri vyprázdnení Ch	Nominálna hrúbka	Skorodovaný plášť		
m	kN/m	mm		kN/m	kN	kNm/m	kN/m	kN/m	kN/m	MPa	MPa	MPa	-
1	3.43	5	5	0.393	6.86	3.43	0.17	6.5	11.01	2.20	2.20	24.83	OK
1.5	5.77	5	5	0.589	10.30	7.72	0.39	6.5	14.11	2.82	2.82	24.83	OK
2	8.61	5	5	0.785	13.73	13.73	0.70	6.5	17.88	3.58	3.58	24.83	OK
3	15.77	5	5	1.178	20.59	30.89	1.57	6.5	27.39	5.48	5.48	24.83	OK
4	23.91	6	6	1.649	27.46	54.91	2.80	6.5	38.44	6.41	6.41	29.79	OK
4.5	28.15	6	6	1.884	30.89	69.50	3.54	6.5	44.30	7.38	7.38	29.79	OK
5	32.54	6	6	2.120	34.32	85.80	4.37	6.5	50.41	8.40	8.40	29.79	OK
6	41.74	6	6	2.591	41.18	123.55	6.29	6.5	63.38	10.56	10.56	29.79	OK
7	51.21	6	6	3.062	48.05	168.17	8.56	6.5	77.01	12.84	12.84	29.79	OK
7.5	55.99	6	8	3.297	51.48	193.05	9.83	6.5	84.02	14.00	10.50	39.72	OK
8	60.82	8	7.5	3.611	54.91	219.65	11.18	6.5	91.24	11.40	12.16	37.24	OK
9	70.59	8	4.4	4.239	61.78	277.99	14.16	6.5	106.07	13.26	24.11	21.85	nevyhovuje
9.6	76.48	8	3.2	4.616	65.89	316.29	16.11	6.5	115.18	14.40	35.99	15.89	nevyhovuje
10	80.42	10	3.3	4.930	68.64	343.20	17.48	6.5	121.39	12.14	36.79	16.39	nevyhovuje
11	90.33	10	5	5.715	75.50	415.27	21.15	6.5	137.24	13.72	27.45	24.83	nevyhovuje
11.1	91.32	10	4.8	5.793	76.19	422.86	21.53	6.5	138.84	13.88	28.92	23.83	nevyhovuje
11.6	96.28	10	5	6.186	79.62	461.81	23.52	6.5	146.92	14.69	29.38	24.83	nevyhovuje

Tabuľka na predchádzajúcej strane porovnáva charakteristické zvislé tlakové napätie od celkového namáhania s max. dovoleným tlakovým napätím pre nevystužené škrupiny podľa API 620. Z údajov vyplýva že pôvodná neskorodovaná konštrukcia bola stabilná aj bez výstuh. Po zohľadnení korózie by nevystužená škrupina stratila v spodnej časti stabilitu. Vzhľadom na to že škrupina je vystužená zvislými výstuhami je tento údaj iba informatívny.

Výpočet a posúdenie vystuženej škrupiny na zvislé tlakové namáhanie
Predpokladáme že časť škrupiny sa vplyvom tlaku bude vydúvať, pričom zvislé zaťaženie prisúdime T prierezu tvoreného skorodovanou škrupinou a zvislou výstuhou.

Počet zvislých výstuh: n = 12
Obvod plášťa: o = p * D = p * 5 = 15,71 m
Zaťažovacia šírka: beff = o / n = 15,71 / 12 = 1,31 m
Zaťaženie na jednu výstuhu: Nmax * beff = 146,92 * 1,31 = 19246 kN

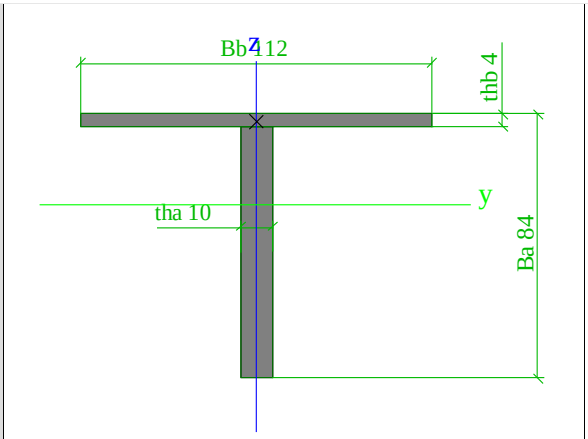
Vzperná dĺžka = vzdialenosť výstužných prstencov (spodný segment) = 2,1 m

Účinný prierez so zohľadnením korózie plášťa
Predpokladaná priemerná hrúbka plášťa 4 mm
Efektívna šírka pásnice 14*t = 56 mm * 2 (na obe strany od stojiny) = 112 mm
Stojina = Výstuha 80/10 mm

Prierezy

CS1		
Typ	Tw	
Detailný	84; 10; 112; 4	
Kód tvaru	6 - T prierez	
Typ tvaru	Tenkostenný	
Materiálová položka	S 235	
Výroba	zvarovaný	
Farba		
Rovinný vzper y-y, Rovinný vzper z-z	c	c
A [m^2]	1,2480e-03	
A_y [m^2], A_z [m^2]	4,6496e-04	7,3358e-04
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	3,9200e-01	3,9200e-01
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	56	55
\f1 alfa [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	9,3385e-07	4,7498e-07
i_y [mm], i_z [mm]	27	20
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	1,6955e-05	8,4817e-06
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	2,9798e-05	1,4544e-05
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	7,00e+03	7,00e+03
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	3,42e+03	3,42e+03
d_y [mm], d_z [mm]	0	27
I_t [m^4], I_w [m^6]	2,9723e-08	8,5567e-42
β_y [mm], β_z [mm]	-54	0

Obrázok



Osamelé zaťaženie v uzle

Názov	Uzol	Zaťažovací stav	Systém	Smer	Typ	Hodnota - F [kN]
F1	N2	LC1 - Plné zaťaženie	GSS	Z	Sila	-146,92

Kombinácie

Názov	Popis	Typ	Zaťažovacie stavy	Súč. [-]
CO1.1		Obálka - únosnosť	LC1 - Plné zaťaženie	1,35
CO1.2		Obálka - únosnosť	LC1 - Plné zaťaženie	1,00

Posudok oceľových prvkov na MSÚ EC-EN 1993

Lineárny výpočet
Kombinácia: CO1
Súradný systém: Hlavné
Extrém 1D: Globálny
Výber: Všetko

Posudok EN 1993-1-1
Národná príloha: Štandardná EN

Prvok B1	**0,000 / 2,100 m**	**Tw (84; 10; 112; 4)**	**S 235**	**CO1**	**1,04 -**

Kľúč kombinácií
CO1 / 1.35*LC1

Parciálne súčinitele spoľahlivosti	
γ_{M0} pre odolnosť prierezov	1,00
γ_{M1} pre odolnosť pri strate stability	1,00
γ_{M2} pre odolnosť ťahaných prierezov	1,25

Materiál		
Medza klzu f_y	235,0	MPa
Medzná pevnosť f_u	360,0	MPa
Výroba	Zvarované	

...::POSUDOK ODOLNOSTI::...

Kritický posudok je na pozícii0,000 m

Vnútorné sily	Vypočítané	Jednotka
N_{Ed}	-198,34	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
T_{Ed}	0,00	kNm

Vnútorné sily	Vypočítané	Jednotka
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikácia pre návrh prierezu
Klasifikácia podľa EN 1993-1-1 článku 5.5.2
Klasifikácia vnútorných a prečnievajúcich častí podľa EN 1993-1-1 Tab. 5.2 List 1 a 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Trieda 1 Limit [-]	Trieda 2 Limit [-]	Trieda 3 Limit [-]	Trieda
1	SO	51	4	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	12,75	9,00	10,00	14,00	3
3	SO	51	4	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	12,75	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	80	10	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	8,00	9,00	10,00	14,00	1

Poznámka: Limity klasifikácie boli nastavené podľa Semi-Comp+.
Prierez je klasifikovaný ako trieda 3

Posudok na tlak
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,2480e-03	m^2
$N_{c,Rd}$	293,28	kN
Jednotkový posudok	0,68	-

Prvok spĺňa podmienky posudku prierezu.

...::POSUDOK STABILITY::...

Klasifikácia pre návrh vzperu prvku
Rozhodujúca poloha pre klasifikáciu stability: 0,000 m
Klasifikácia podľa EN 1993-1-1 článku 5.5.2
Klasifikácia vnútorných a prečnievajúcich častí podľa EN 1993-1-1 Tab. 5.2 List 1 a 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Trieda 1 Limit [-]	Trieda 2 Limit [-]	Trieda 3 Limit [-]	Trieda
1	SO	51	4	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	12,75	9,00	10,00	14,00	3
3	SO	51	4	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	12,75	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	80	10	1,589e+05	1,589e+05	1,00	0,43	1,00	8,00	9,00	10,00	14,00	1

Poznámka: Limity klasifikácie boli nastavené podľa Semi-Comp+.
Prierez je klasifikovaný ako trieda 3

Posudok rovinného vzperu
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametre vzperu	yy	zz	
Typ posuvných styčníkov	posuvné	neposuvné	
Systémová dĺžka L	2,100	2,100	m
Súčiniteľ vzperu k	1,00	0,10	
Vzperná dĺžka L_{cr}	2,100	0,210	m
Kritické Eulerovo zaťaženie N_{cr}	438,89	22322,98	kN
Štíhlosť λ	76,77	10,76	
Relatívna štíhlosť λ_{rel}	0,82	0,11	
Medzná štíhlosť $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzper. krivka	c	c	
Imperfekcie \f1 alfa	0,49	0,49	
Redukčný súčiniteľ χ	0,65	1,00	
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	190,98	293,28	kN

Overenie rovinného vzperu		
Prierezová plocha A	1,2480e-03	m^2
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	190,98	kN
Jednotkový posudok	**1,04**	-

Posudok priestorového vzperu
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzperná dĺžka pre priestorový vzper L_{cr}	2,100	m
Pružné kritické zaťaženie $N_{cr,T}$	1310,51	kN
Pružné kritické zaťaženie $N_{cr,TF}$	438,89	kN
Relatívna štíhlosť $\lambda_{rel,T}$	0,82	
Medzná štíhlosť $\lambda_{rel,0}$	0,20	
Vzper. krivka	c	
Imperfekcie \f1 alfa	0,49	
Redukčný súčiniteľ χ	0,65	
Prierezová plocha A	1,2480e-03	m^2
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	190,98	kN
Jednotkový posudok	**1,04**	-

Prvok nespĺňa podmienky stabilitného posudku
Prvok nespĺňa podmienky stabilitného posudku.

Prierez Nevyhovuje

2) Max radiálne napätie v plášti

Predpokladáme skorodovaný plášť s hrúbkou 4 mm
Maximálny horizontálny tlak Ph = 30,6 kN/m2
Radiálne (Hoopovo) napätie σ = Ph * d / (2 * t) = 30600 * 5000 / (2 * 4) = 19,1 MPa

Ch = 1,15
γf = 1,35
Posúdenie

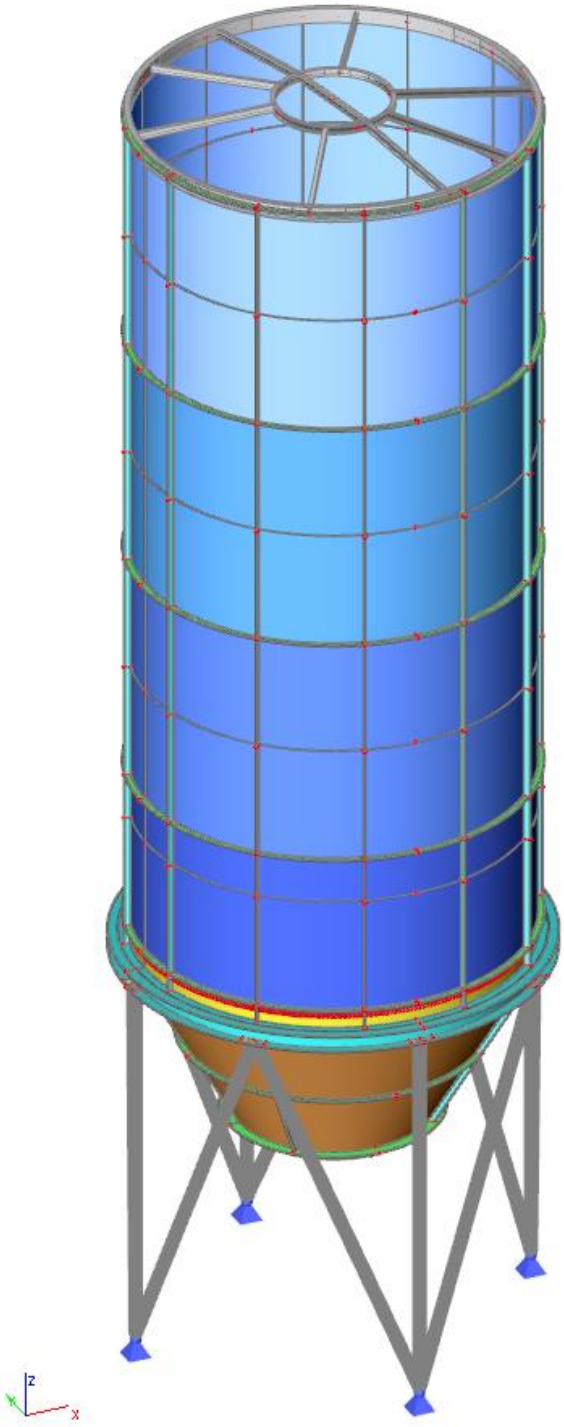
σd = σ * Ch * γf = 19,1 * 1,15 * 1,35 = 29,7 MPa << fy = 235 MPa

Vyhovuje

H.3. POROVNÁVACÍ VÝPOČET POMOCOU MKP MODELU

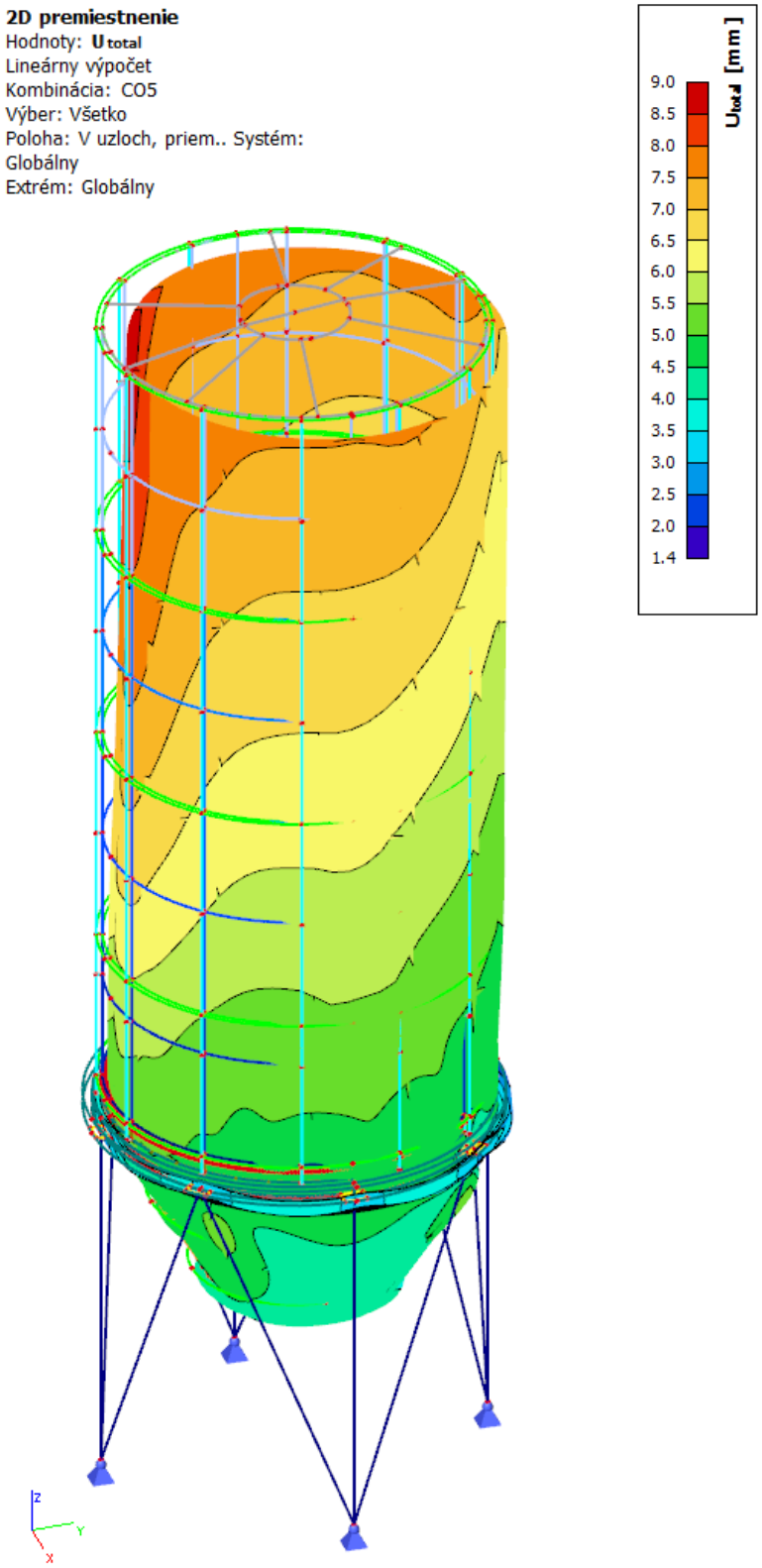
Pre overenie výsledkov výpočtu a pre celkové overenie správania sa konštrukcie bol zrealizovaný porovnávací výpočet s použitím výpočtového programu SCIA Engineer.

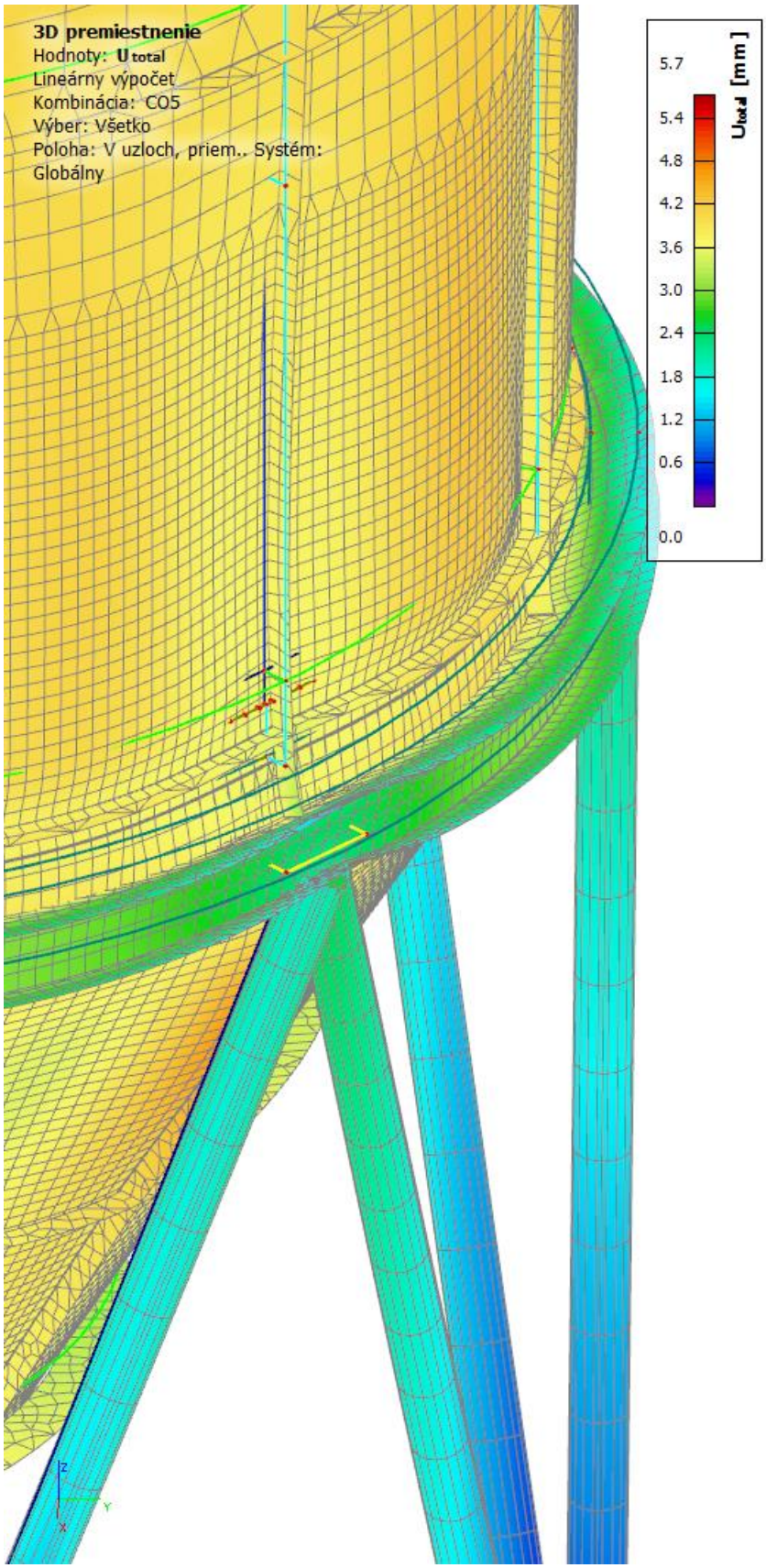
3D Model



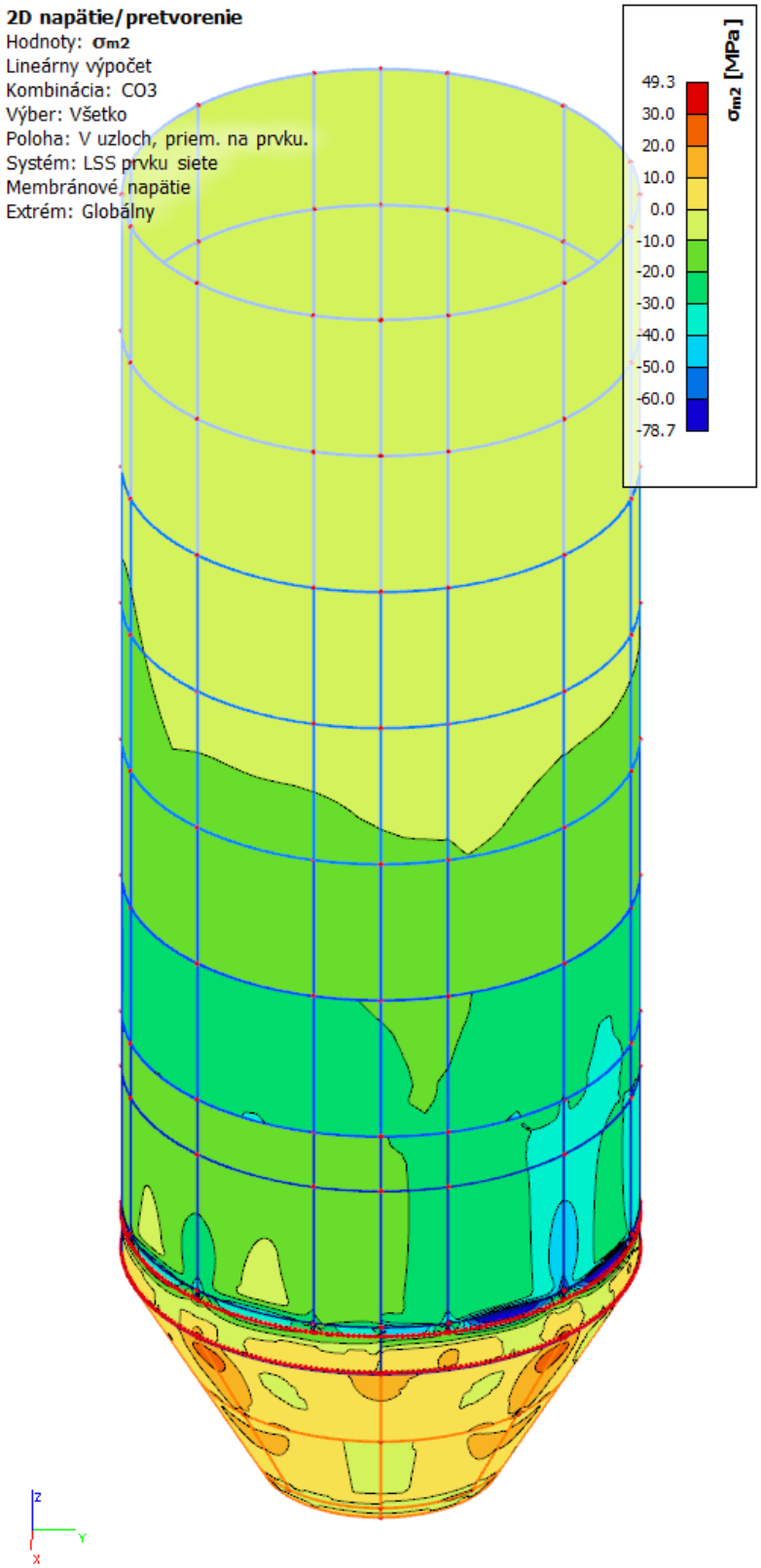
Výsledky so zohľadnením skorodovanej časti škrupiny

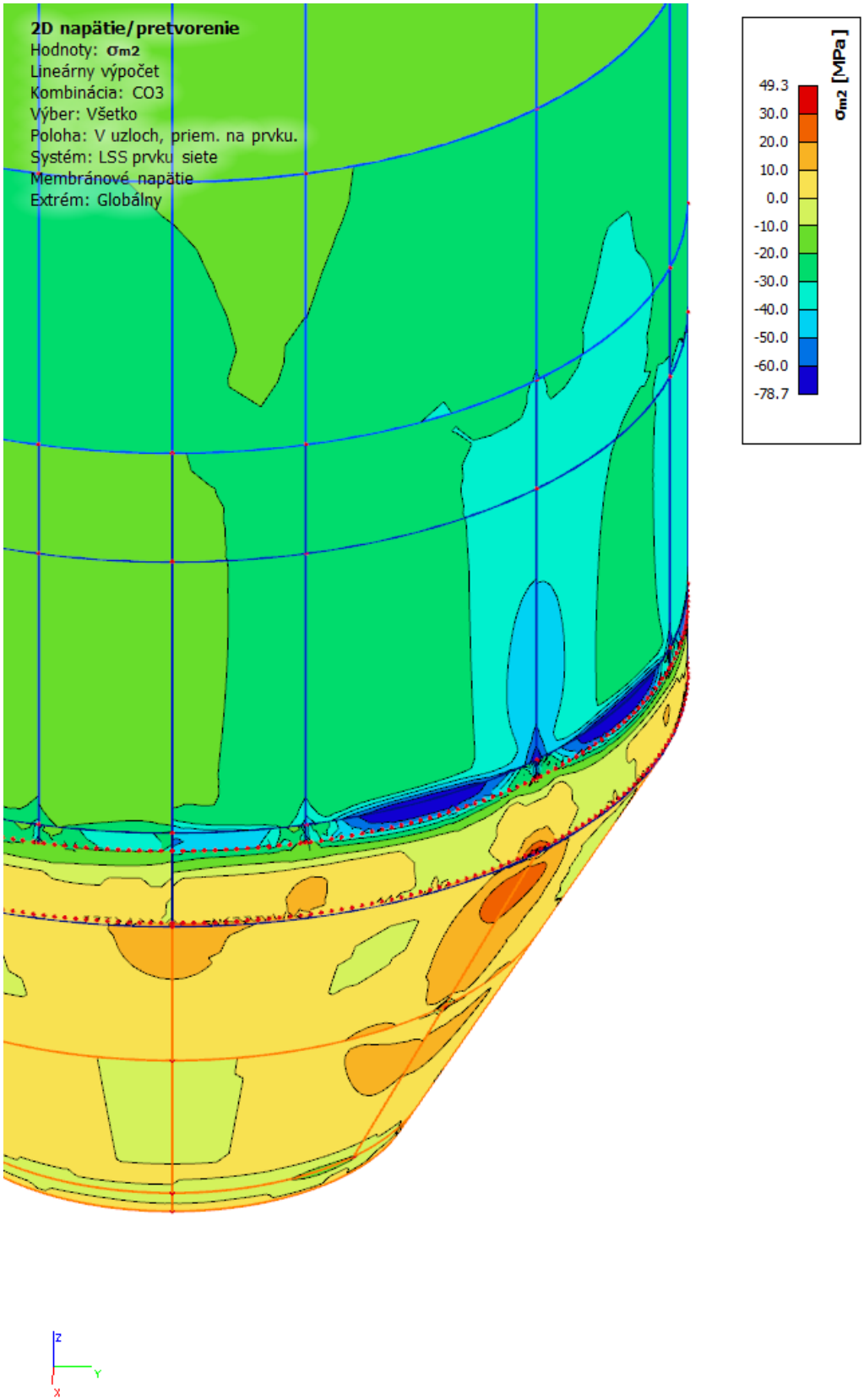
Max deformácia



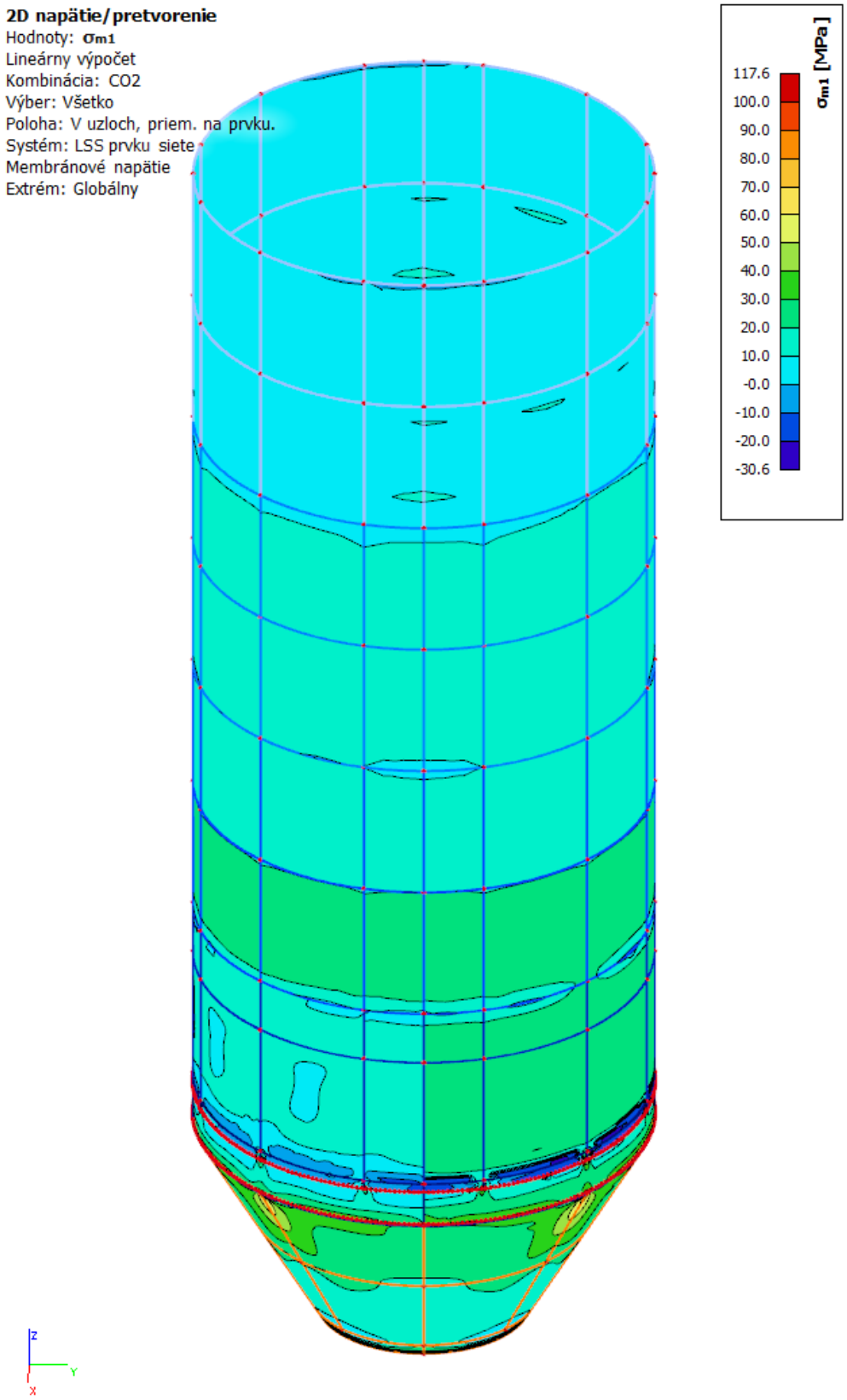

3D premiestnenie
Hodnoty: U total
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO5
Výber: Všetko
Poloha: V uzloch, priem.. Systém: Globálny
5.7
5.4
4.8
4.2
3.6
3.0
2.4
1.8
1.2
0.6
0.0
Utotal [mm]

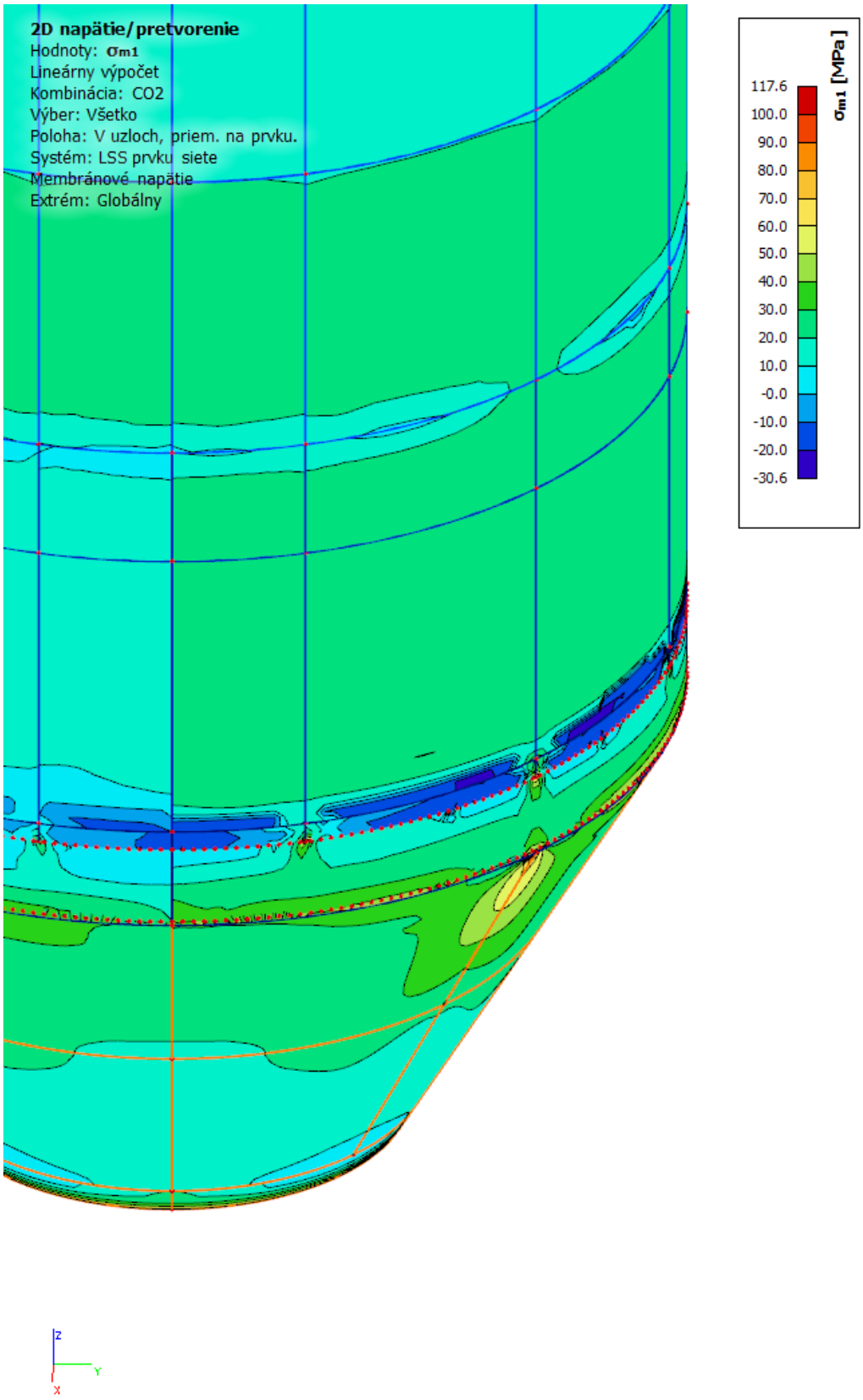
Max. zvislé napätie v plášti




2D napätie/pretvorenie
Hodnoty: σm2
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO3
Výber: Všetko
Poloha: V uzloch, priem. na prvku.
Systém: LSS prvku siete
Membránové napätie
Extrém: Globálny
σm2 [MPa]
49.3
30.0
20.0
10.0
0.0
-10.0
-20.0
-30.0
-40.0
-50.0
-60.0
-78.7
Z
Y
X

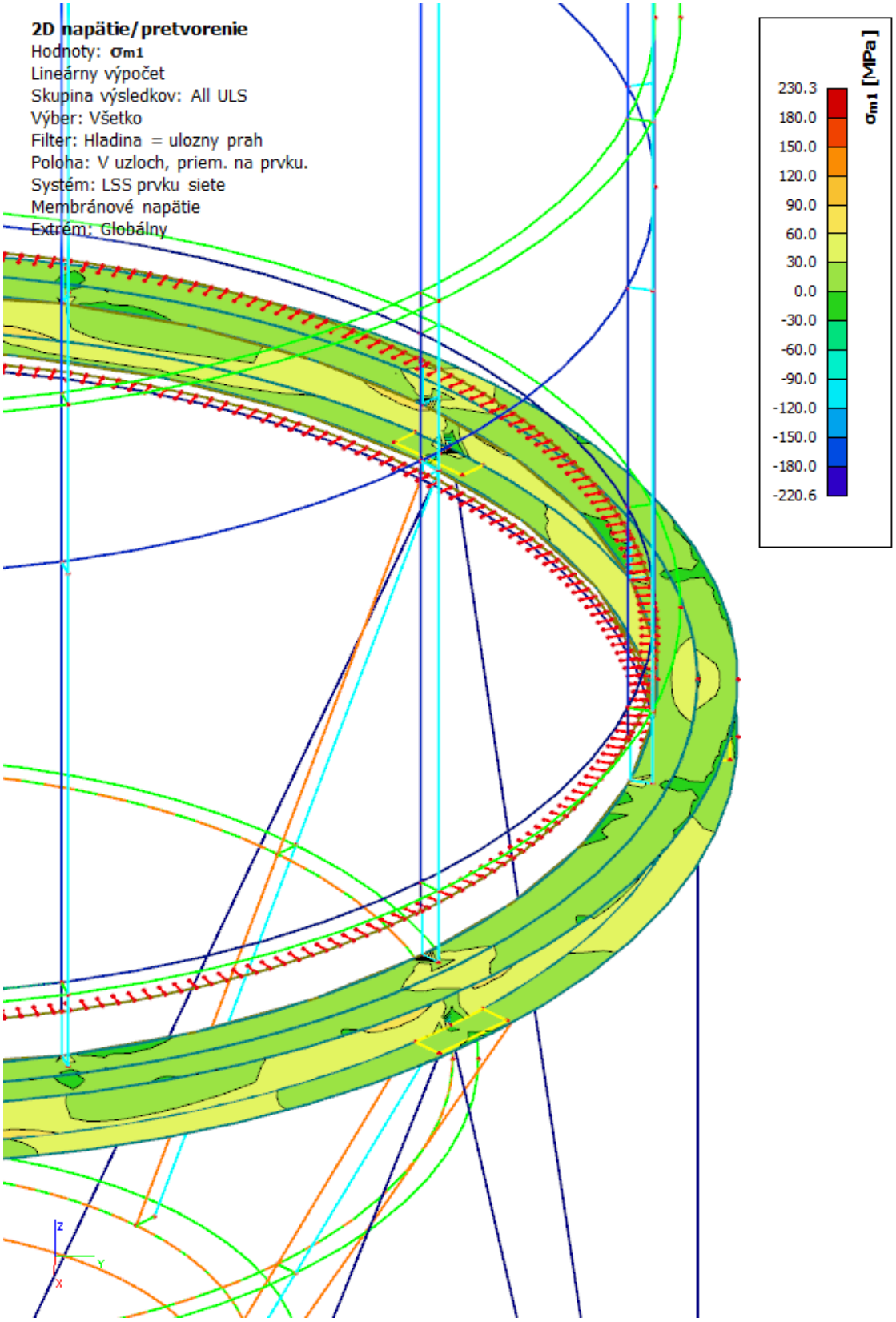
Max. radiálne napätie v plášti

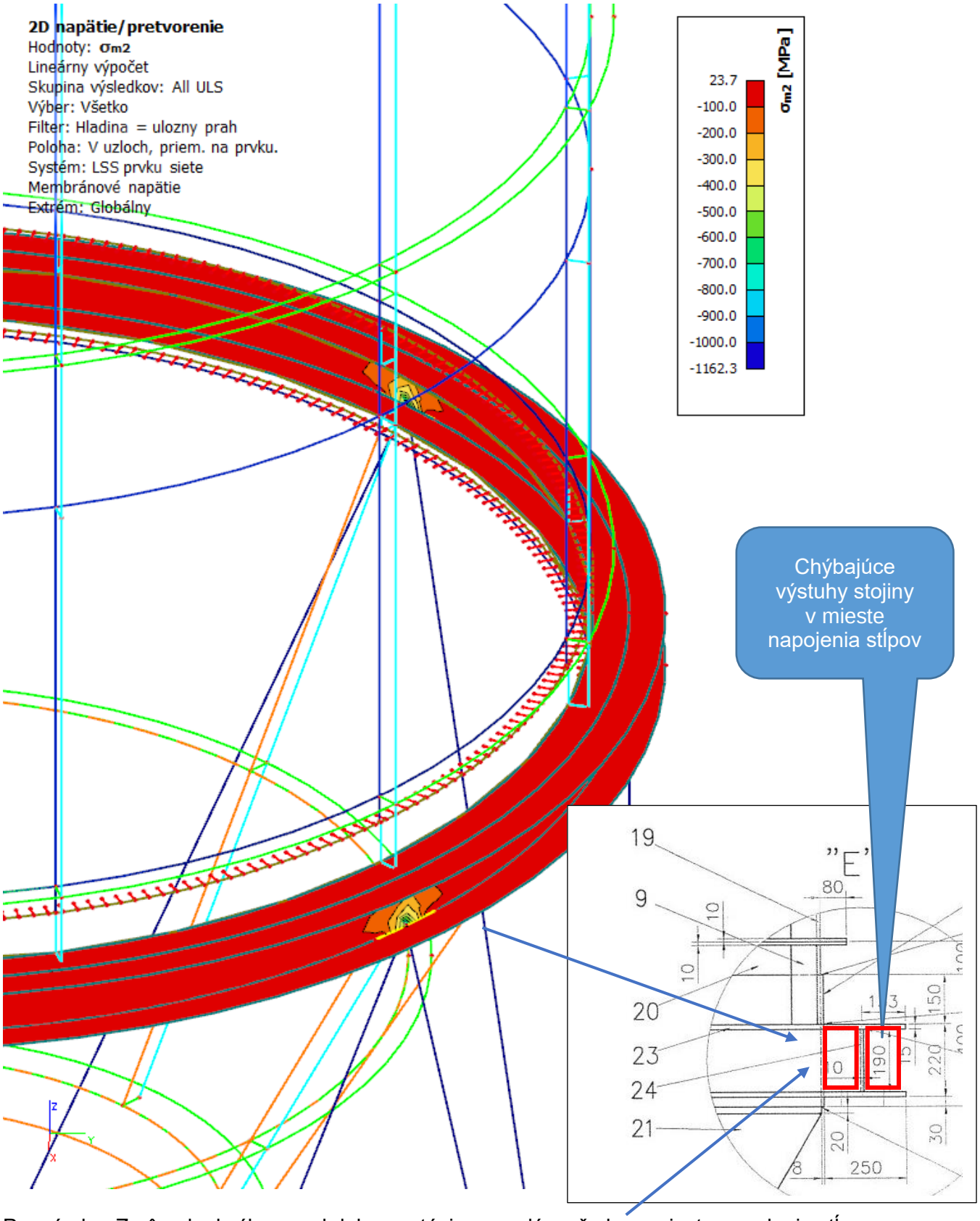




Výsledky napätí v plášti približne zodpovedajú tabuľkovému výpočtu.

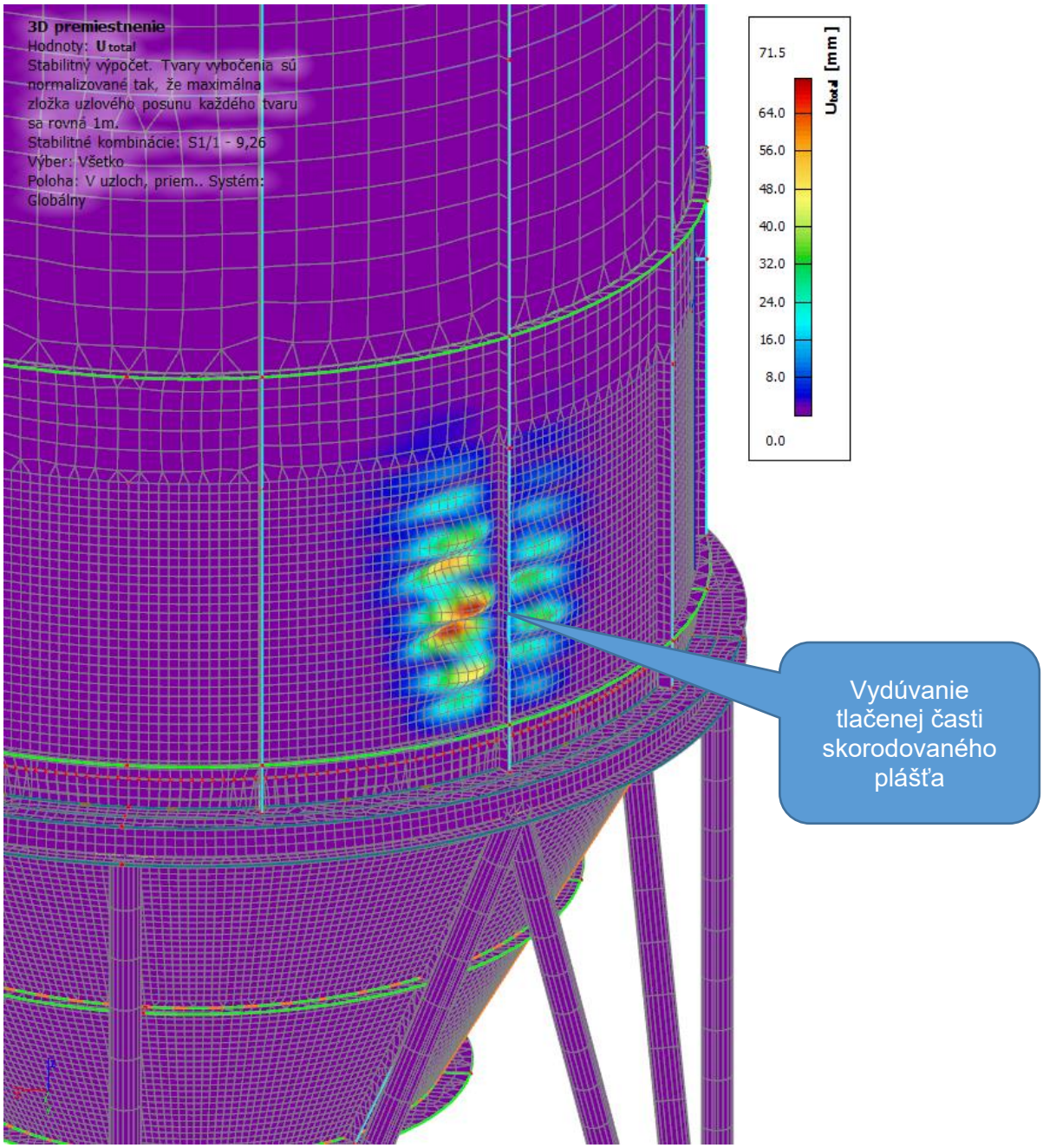
Napätia v úložnom prahu HEB 200





Poznámka: Z pôvodnej výkresovej dokumentácie nevyplýva, že by v mieste napojenia stĺpov na úložný prah boli použité výstuhy stojiny (v čase obhliadky túto skutočnosť nebolo možné overiť). To má za následok výrazné lokálne namáhanie stojiny úložného prahu. Túto skutočnosť považujeme za chybu v návrhu.

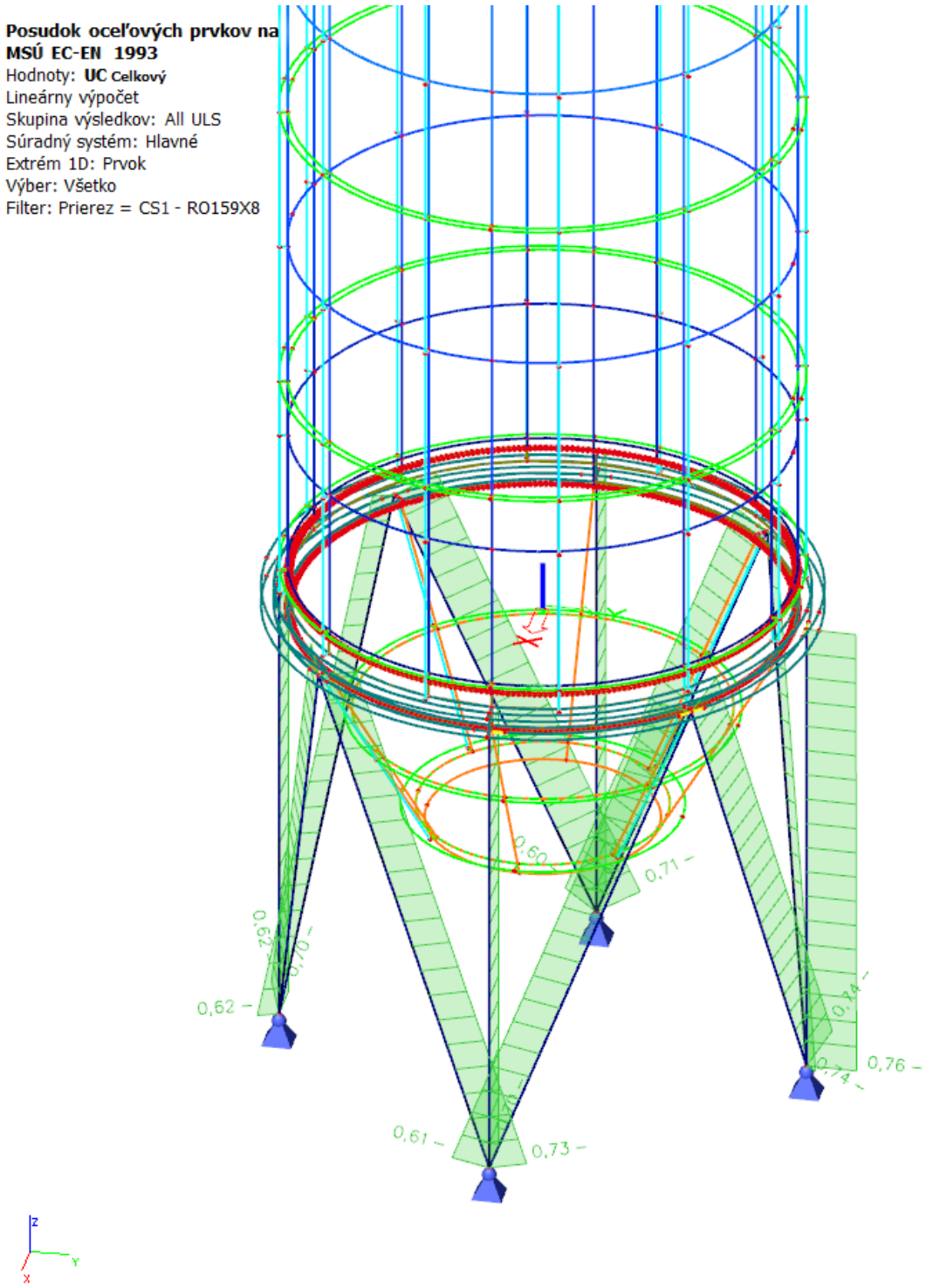
Stabilitný výpočet – tvar vybočenia / kritické zaťaženie (bez uváženia imperfekcií)



Kritické koeficienty zaťaženia

N -	f []
Stabilitná kombinácia : S1	
1	9,26
2	9,28
3	9,40
4	9,43

Posúdenie stĺpov



Prierez vyhovuje

H.4. NÁVRH SANÁCIE KONŠTRUKCIE

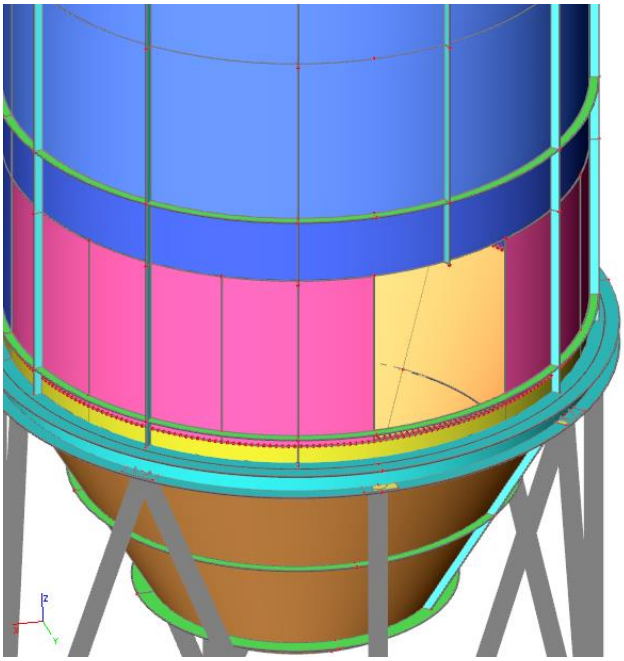
Výpočtom v časti H.2 bolo preukázané že súčasný stav plášťa je nevyhovujúci pre plné namáhanie konštrukcie. Samotný plášť má bohatú rezervu pre namáhanie vodorovným tlakom (radiálne napätie), avšak nedostatočnú stabilitu pre zvislé - tlakové namáhanie (zvislá zložka od trenia náplne pri vyprázdňovaní + vl. tiaž + stále zaťaženie + vietor). Z toho dôvodu je potrebné zabezpečiť zvýšenie stability škrupiny.

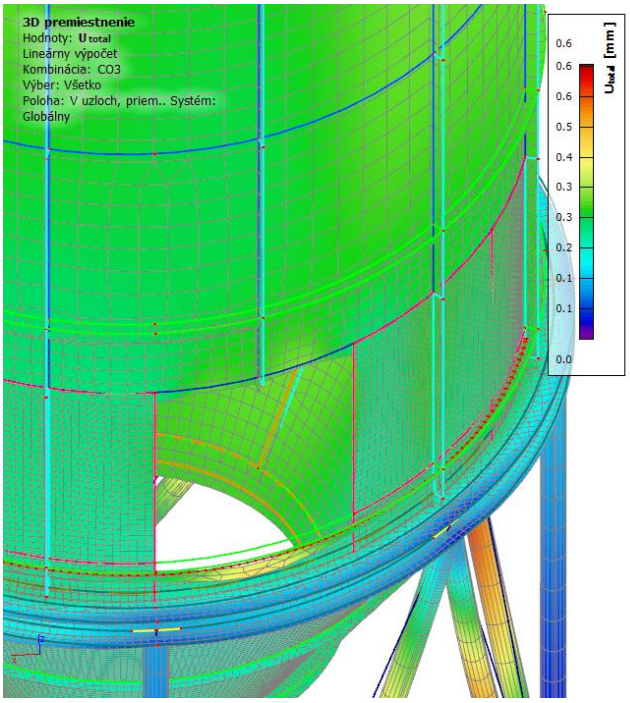
Pre sanáciu sila pripadajú dve základné riešenia:

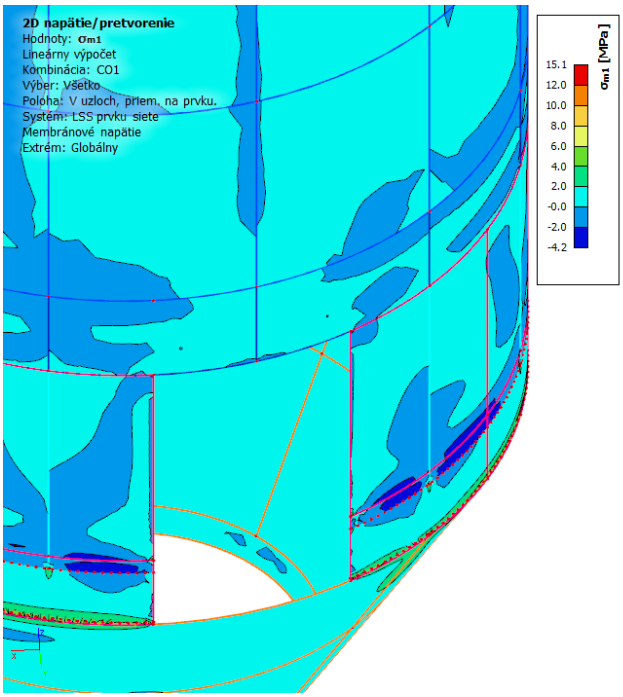
1) Výmena skorodovaných častí plášťa
2) Doplnenie výstuh pre zvýšenie stability

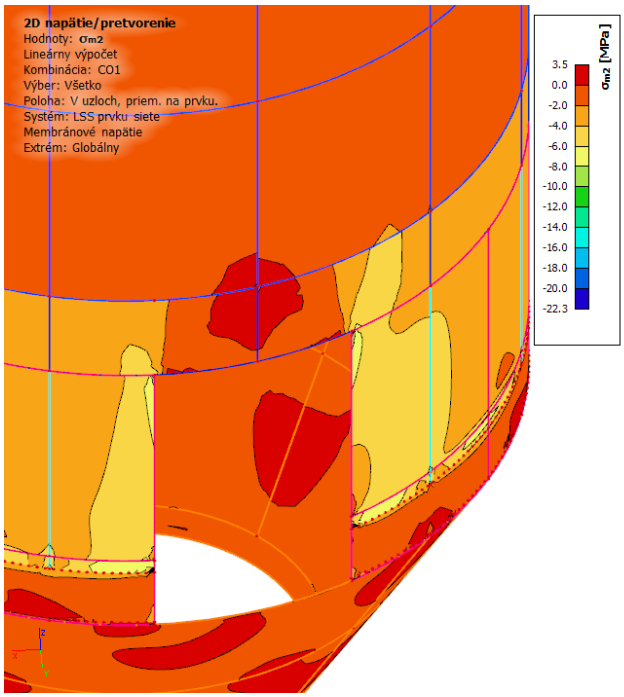
Riešenie č.1 pozostáva z postupného vyrezania jednotlivých segmentov po obvode sila a ich nahradením plechmi pôvodnej projektovanej hrúbky. Po každom vyrezaní jedného segmentu sa tento na mieste nahradí novým v rovnakej geometrii. Všetky zvary plášťa sú realizované s plným prievarom (V-zvar).
Pre určenie maximálnej veľkosti jedného segmentu ktorý je možné vyrezať bez toho aby nastala nadmerná deformácia alebo preťaženie plášťa v okolí výrezu bol realizovaný samostatný výpočet.

Model s vyrezaným segmentom 30° (L=1,3 m), výška 2 m:









Z výsledkov výpočtu vyplýva že segment o rozmeroch 1,3 m (šírka) x 2,0 m (výška) je možné vyrezať bez dodatočných opatrení.

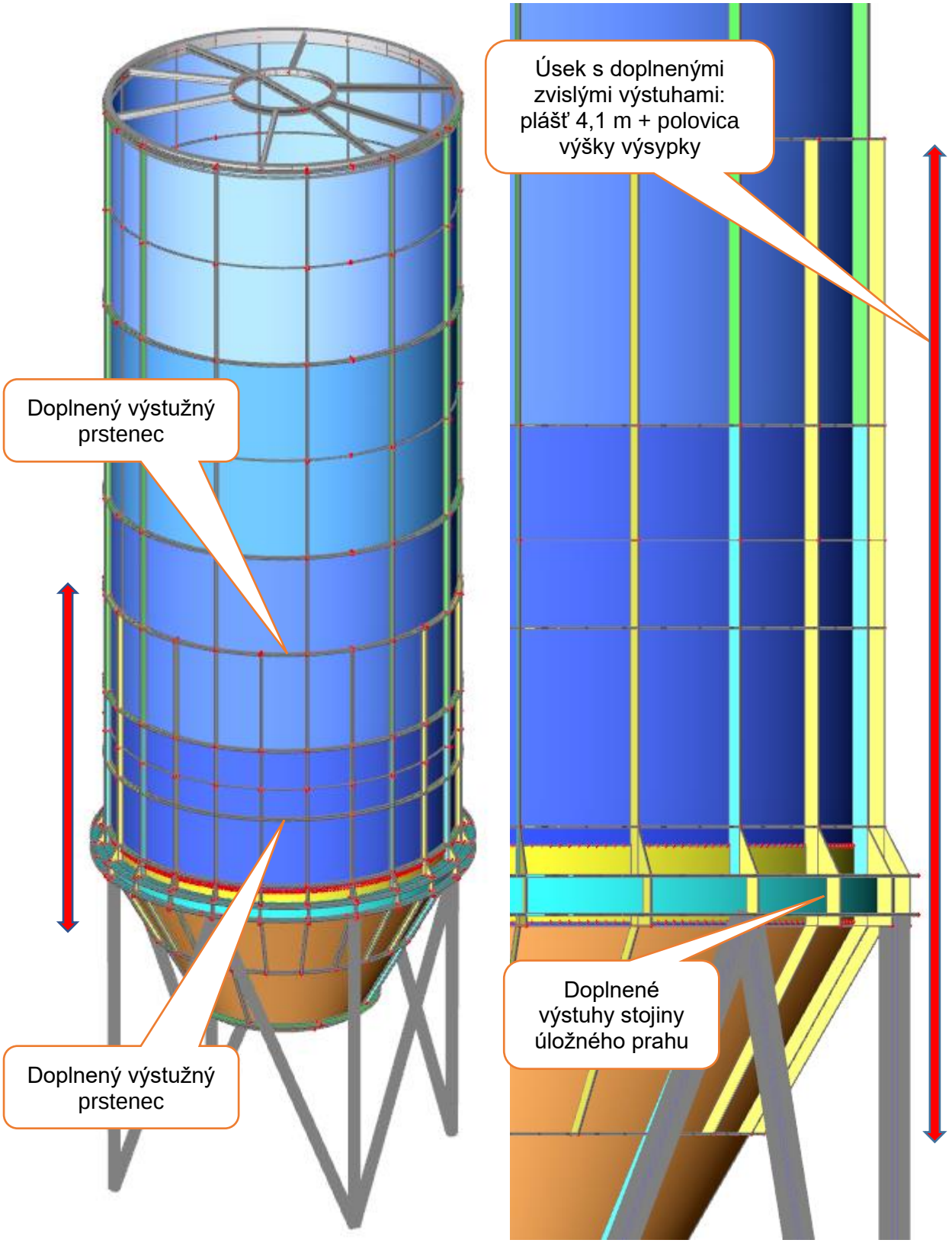
Z pohľadu ďalšieho dlhodobého využívania konštrukcie je tento spôsob sanácie najvhodnejší. Avšak z pohľadu realizácie je tento spôsob pomerne náročný, nakoľko je potrebné manipulovať so segmentmi o hmotnosti cca 200 kg, pričom tieto musia presne kopírovať pôvodnú geometriu. Súčasne je potrebné realizovať plný prievar (V-zvar) v miestach spojov.

Riešenie č.2 pozostáva z redukcie vzperných dĺžok vertikálnych výstuh a zmenšeniu ich zaťažovacej šírky. Redukcia vzpernej dĺžky vertikálnych výstuh sa dosiahne realizáciou dvojice dodatočných obvodových prstencov v strede prvého a druhého segmentu. Zmenšenie zaťažovacej šírky sa dosiahne realizáciou dodatočných vertikálnych výstuh v prvom a druhom segmente a taktiež v hornej časti výsypky. Všetky nové výstuhy budú realizované z plechu 80/10 mm. Počet nových zvislých výstuh bude 12, čím sa ich pôvodný počet 12 zahustí na 24, t.j. delenie po 15°.

Výhodou tohto riešenia je pomerne jednoduchá realizácia bez zásahu do plášťa sila. Manipulácia s výstuhami je jednoduchá (max hmotnosť prvku do 10 kg), výstuhy dobre kopírujú geometriu pôvodnej konštrukcie, prípojné zvary budú kútové.

Aby ďalej nepokračovala korózia vnútorného povrchu, tento sa po očistení opatrí ochranným náterom vhodným pre dané podmienky (abrázia + vysoká teplota).

Model s doplnenými výstuhami v spodnej (skorodovanej) časti

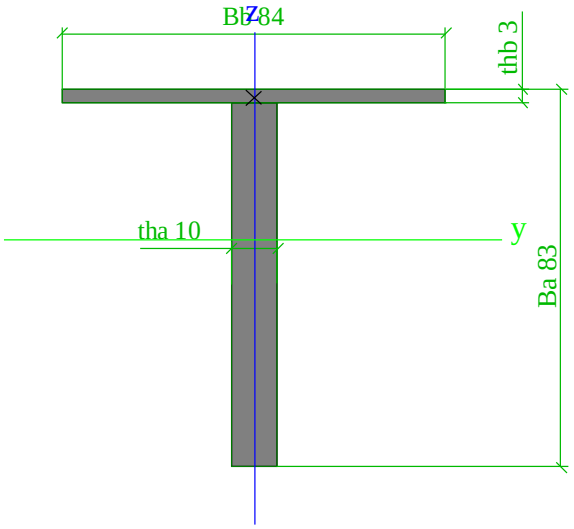


Posúdenie konštrukcie po realizácii doplňujúcich výstuh

Počet zvislých výstuh: n = 24
Obvod plášťa: o = p * D = p * 5 = 15,71 m
Zaťažovacia šírka: beff = o / n = 15,71 / 24 = 0,65 m
Zaťaženie na jednu výstuhu: Nmax * beff = 146,92 * 0,65 = 95,5 kN

Vzperná dĺžka = vzdialenosť výstužných prstencov = 1,05 m
Účinný prierez so zohľadnením korózie plášťa + dodatočnej korózie vplyvom ďalšej prevádzky
Predpokladaná priemerná hrúbka plášťa: 3 mm
Efektívna šírka pásnice 14*t = 42 mm * 2 (na obe strany od stojiny) = 84 mm
Stojina = Výstuha 80/10 mm

Prierezy

CS1	
Typ	Tw
Detailný	83; 10; 84; 3
Kód tvaru	6 - T prierez
Typ tvaru	Tenkostenný
Materiálová položka	S 235
Výroba	zvarovaný
Farba	
Obrázok	

Osamelé zaťaženie v uzle

Názov	Uzol	Zaťažovací stav	Systém	Smer	Typ	Hodnota - F [kN]
F1	N2	LC1 - Plné zaťaženie	GSS	Z	Sila	-95,50

Kombinácie

Názov	Popis	Typ	Zaťažovacie stavy	Súč. [-]
CO1.1		Obálka - únosnosť	LC1 - Plné zaťaženie	1,35
CO1.2		Obálka - únosnosť	LC1 - Plné zaťaženie	1,00

Posudok oceľových prvkov na MSÚ EC-EN 1993

Lineárny výpočet
Kombinácia: CO1

Súradný systém: Hlavné
Extrém 1D: Globálny
Výber: Všetko

Posudok EN 1993-1-1
Národná príloha: Štandardná EN

Prvok B1	**0,000 / 2,100 m**	**Tw (83; 10; 84; 3)**	**S 235**	**CO1**	**0,61 -**

Kľúč kombinácií
CO1 / 1.35*LC1

Parciálne súčinitele spoľahlivosti	
γ_{M0} pre odolnosť prierezov	1,00
γ_{M1} pre odolnosť pri strate stability	1,00
γ_{M2} pre odolnosť ťahaných prierezov	1,25

Materiál		
Medza klzu f_y	235,0	MPa
Medzná pevnosť f_u	360,0	MPa
Výroba	Zvarované	

...::POSUDOK ODOLNOSTI::...

Kritický posudok je na pozícii0,000 m

Vnútorné sily	**Vypočítané**	**Jednotka**
N_{Ed}	-128,93	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikácia pre návrh prierezu
Klasifikácia podľa EN 1993-1-1 článku 5.5.2
Klasifikácia vnútorných a prečnievajúcich častí podľa EN 1993-1-1 Tab. 5.2 List 1 a 2

Id	**Typ**	**c [mm]**	**t [mm]**	**σ_1 [kN/m^2]**	**σ_2 [kN/m^2]**	**Ψ [-]**	**k_σ [-]**	**α [-]**	**c/t [-]**	**Trieda 1 Limit [-]**	**Trieda 2 Limit [-]**	**Trieda 3 Limit [-]**	**Trieda**
1	SO	37	3	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	12,33	9,00	10,00	14,00	3
3	SO	37	3	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	12,33	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	80	10	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	8,00	9,00	10,00	14,00	1

Poznámka: Limity klasifikácie boli nastavené podľa Semi-Comp+.
Prierez je klasifikovaný ako trieda 3

Posudok na tlak
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,0520e-03	m^2
$N_{c,Rd}$	247,22	kN
Jednotkový posudok	0,52	-

Prvok spĺňa podmienky posudku prierezu.

...::POSUDOK STABILITY::...

Klasifikácia pre návrh vzperu prvku
Rozhodujúca poloha pre klasifikáciu stability: 0,000 m
Klasifikácia podľa EN 1993-1-1 článku 5.5.2
Klasifikácia vnútorných a prečnievajúcich častí podľa EN 1993-1-1 Tab. 5.2 List 1 a 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m^2]	σ_2 [kN/m^2]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Trieda 1 Limit [-]	Trieda 2 Limit [-]	Trieda 3 Limit [-]	Trieda
1	SO	37	3	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	12,33	9,00	10,00	14,00	3
3	SO	37	3	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	12,33	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	80	10	1,226e+05	1,226e+05	1,00	0,43	1,00	8,00	9,00	10,00	14,00	1

Poznámka: Limity klasifikácie boli nastavené podľa Semi-Comp+.
Prierez je klasifikovaný ako trieda 3

Posudok rovinného vzperu
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametre vzperu	yy	zz	
Typ posuvných styčníkov	posuvné	neposuvné	
Systémová dĺžka L	2,100	2,100	m
Súčiniteľ vzperu k	0,50	0,10	
Vzperná dĺžka L_{cr}	1,050	0,210	m
Kritické Eulerovo zaťaženie N_{cr}	1422,91	7277,31	kN
Štíhlosť λ	39,15	17,31	
Relatívna štíhlosť λ_{rel}	0,42	0,18	
Medzná štíhlosť $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzper. krivka	c	c	
Imperfekcie \f1 alfa	0,49	0,49	
Redukčný súčiniteľ χ	0,89	1,00	
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	219,63	247,22	kN

Overenie rovinného vzperu		
Prierezová plocha A	1,0520e-03	m^2
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	219,63	kN
Jednotkový posudok	0,59	-

Posudok priestorového vzperu
Podľa EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzperná dĺžka pre priestorový vzper L_{cr}	2,100	m
Pružné kritické zaťaženie $N_{cr,T}$	1228,71	kN
Pružné kritické zaťaženie $N_{cr,TF}$	1120,98	kN
Relatívna štíhlosť $\lambda_{rel,T}$	0,47	
Medzná štíhlosť $\lambda_{rel,0}$	0,20	
Vzper. krivka	c	
Imperfekcie \f1 alfa	0,49	
Redukčný súčiniteľ χ	0,86	
Prierezová plocha A	1,0520e-03	m^2
Vzperná odolnosť $N_{b,Rd}$	212,57	kN
Jednotkový posudok	0,61	-

Prvok spĺňa podmienky stabilitného posudku.

Prierez vyhovuje

I. ZÁVER A ZHODNOTENIE

Plášť sila je skorodovaný v spodnej časti - do úrovne cca 3,2 až 3,5 m nad výsypkou, s korozívnym úbytkom do 60 percent pôvodnej hrúbky. Korózia je výrazne nerovnomerná. Výpočtom sme preukázali, že v súčasnom stave silo nie je schopné prenášať plné zaťaženie na ktoré bolo projektované. Pre dosiahnutie plnej nosnosti sila je potrebné vykonať sanáciu. Možnosti sanácie sú popísané v kapitole H.4. Z hľadiska ľahkej realizovateľnosti navrhujeme použiť riešenie č.2 – s doplnením zvislých výstuh a dvojice horizontálnych prstencov. Súčasne navrhujeme vnútro sila očistiť a natrieť vhodným ochranným, oteruvzdorným náterom odolným voči vysokej teplote.

V ktoromkoľvek zvolenom riešení sanácie je potrebné realizovať zvislé výstuhy steny úložného prahu (podľa pôvodnej projektovej dokumentácie výstuhy neboli navrhnuté a v čase obhliadky nebolo možné zistiť či boli zrealizované).

Prípadné lokálne perforácie plášťa vplyvom korózie alebo prevádzky je možné sanovať lokálne – vyrezaním časti plechu a jeho nahradením novým plechom s nominálnou hrúbkou.

Prípadné zmeny stavu plášťa sila v čase sanácie oproti obhliadke vykonanej v októbri 2020 je potrebné premietnuť do realizačnej dokumentácie.

Sanované silo bude schopné ďalšej prevádzky pre plné zaťaženie.

v Košiciach 10.2020

Ing. Ľubor Pikula
autorizovaný stavebný inžinier

PRÍLOHA 1 – FOTODOKUMENTÁCIA Z OBHLIADKY (OKTÓBER 2020)













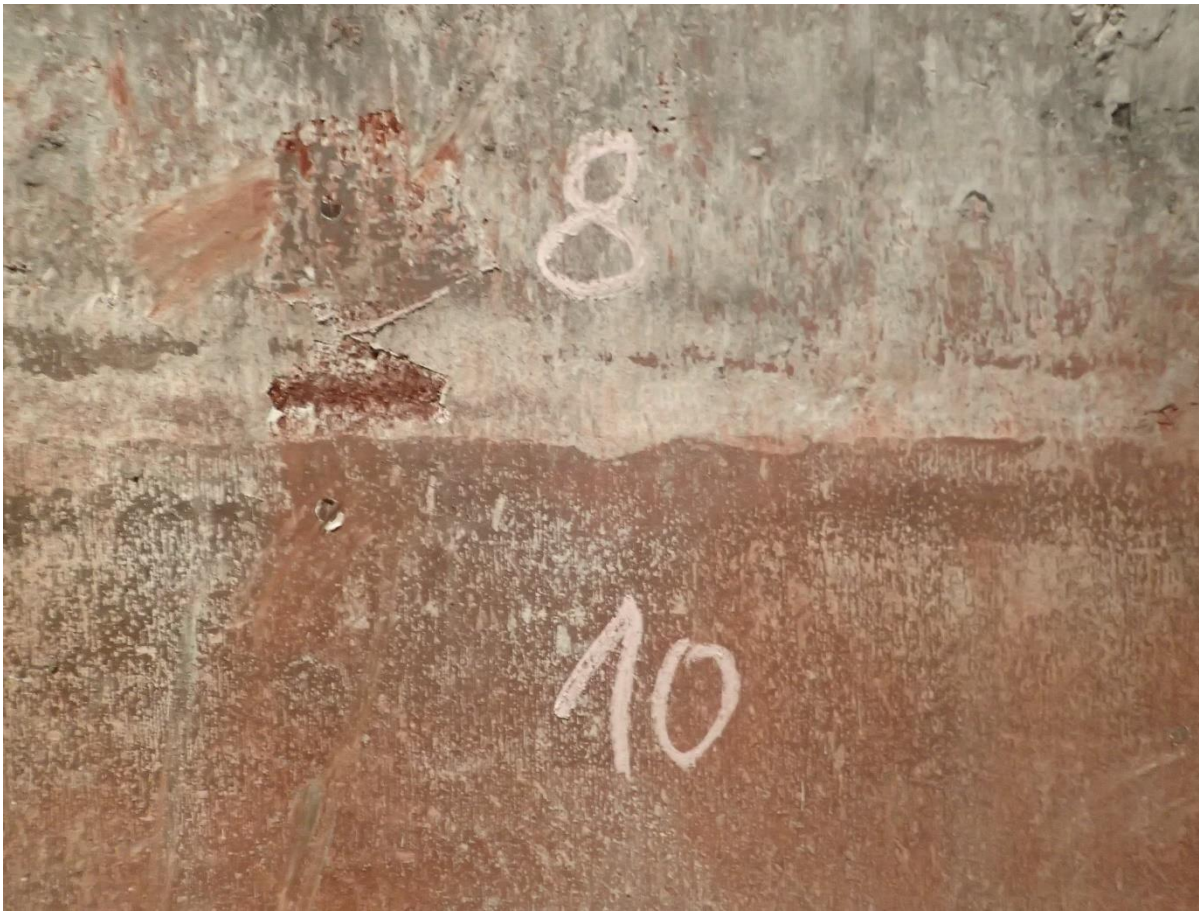




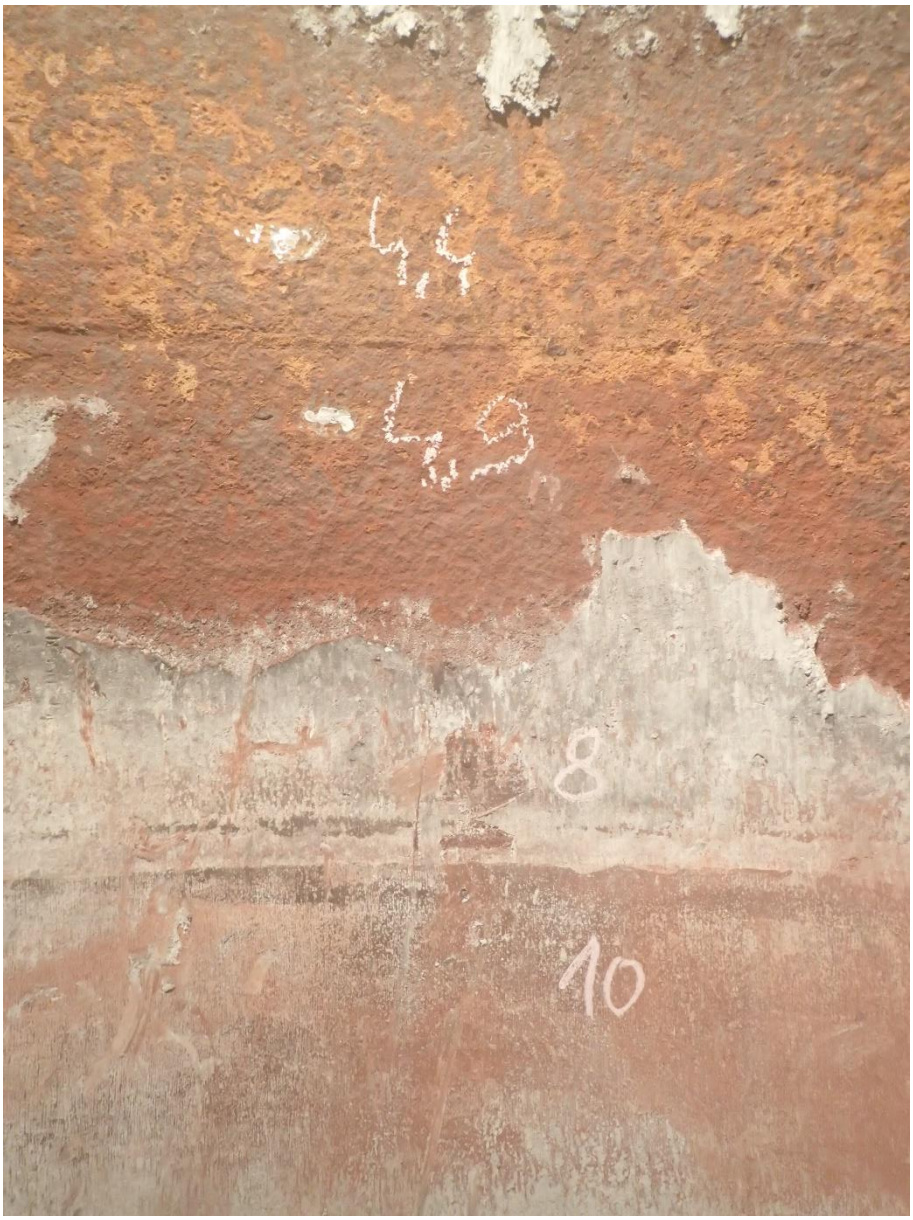

5
5

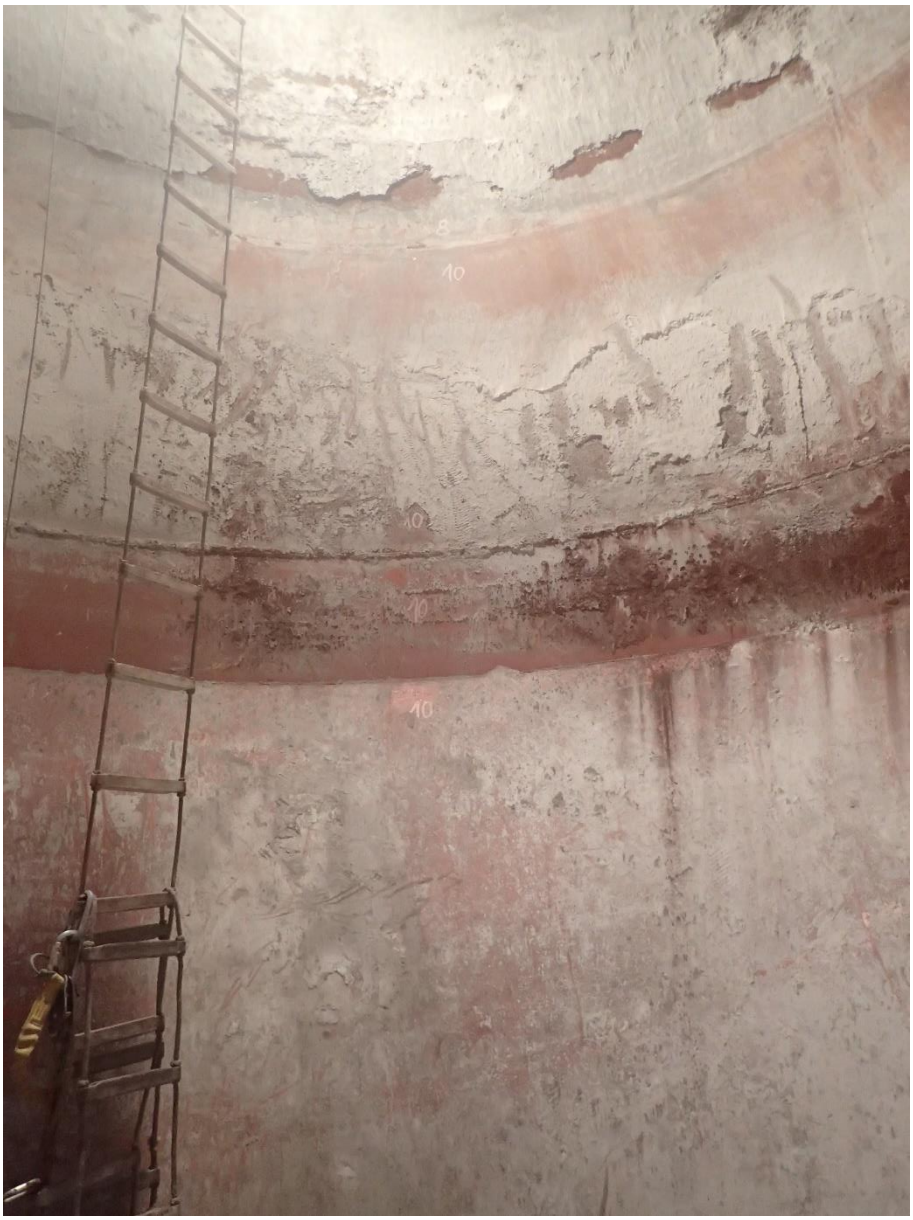

5
6




8
10


10
10


4,4
4,2
8
10


10
10
10

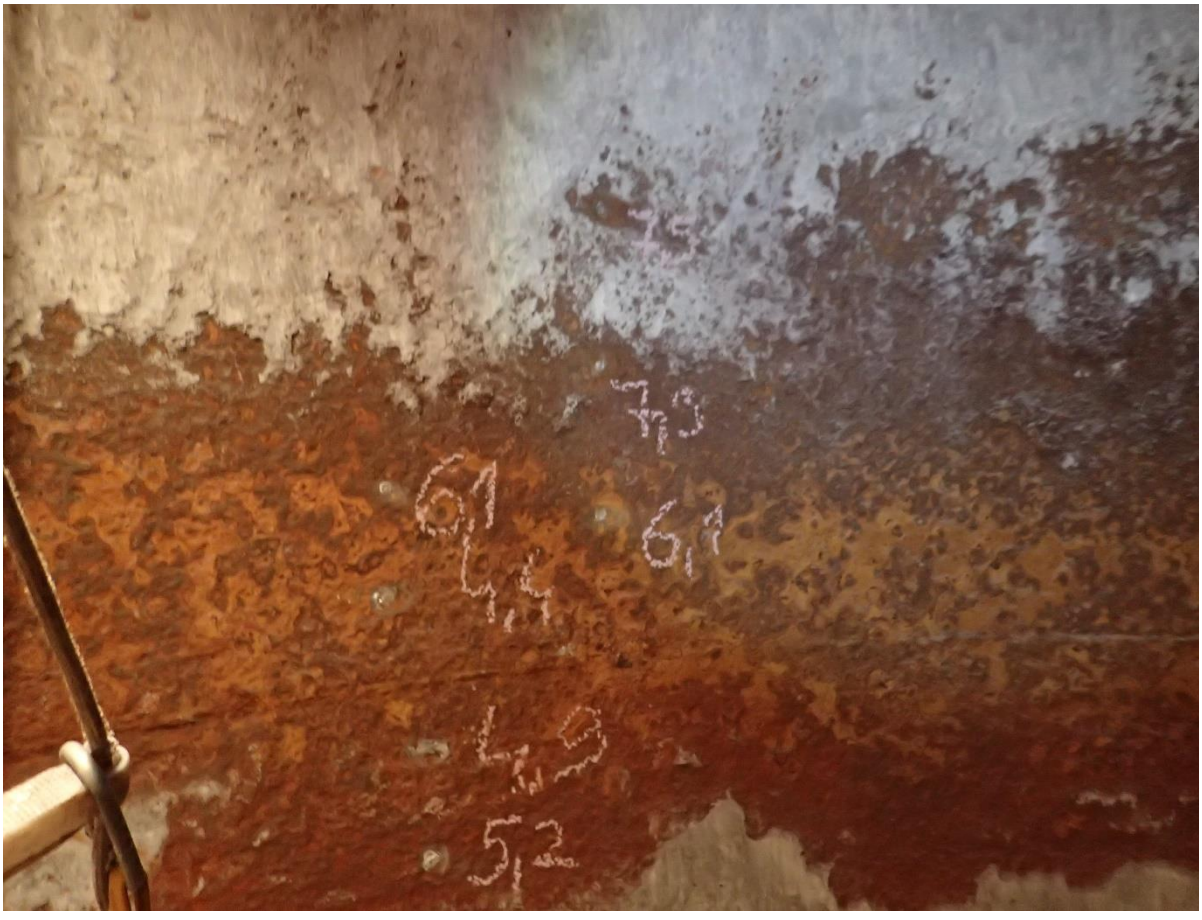











7,3
6,1
6,1
4,4
4,9
5,3






7


7
7


50



