

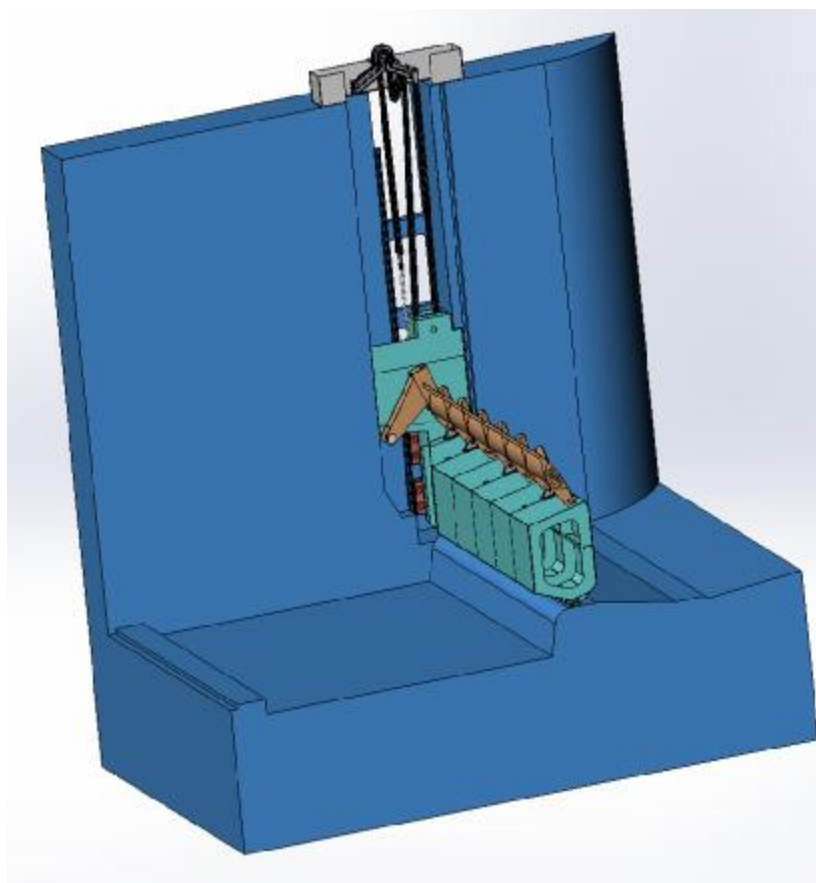
VD Srnojedy, rekonstrukce jezu - příprava

Technický návrh – stavidla s klapkou

Strojní část

Jezové pole

Výpočet



Vypracoval: DESIGN & CONSTRUCTION, s.r.o.

Ing. Miroslav Pukl
Ing. František Svěrák
Karel Trojáček
Pavel Kovařík
Ing. Oldřich Šperka

Brno, září.2013

A. Zadání

Základní parametry nové konstrukce stavidla s klapkou:

Provozní hrazená výška	5,30 m
Maximální hrazená výška stavidla se vztyčenou	5,35 m
Hradicí výška stavidlové tabule se sklopenou klapkou	3,81 m
Hradicí výška klapky	1,49 m
Provozní hladina horní vody (vzdutá hladina)	212,99 m n.m.
Přepadová hrana max. vztyčené klapky	213,04 m n.m.
Dosedací práh jezových polí	207,69 m n.m.
Dolní provozní hladina (HV Přelouč)	209,19 m n.m.
Světlá šířka jezového pole	22,0 m
Osová vzdálenost opěrných kolejnic	24,0 m

Výše uvedené údaje byly převzaty z dostupné technické dokumentace provozovatele vodního díla. V rámci zpracování realizační dokumentace je nezbytné výše uvedené rozměry a kóty ověřit zaměřením přímo na vodním díle. V případě zjištění nesrovnalosti je nutné informovat o této skutečnosti provozovatele vodního díla a realizační dokumentaci příslušným způsobem upravit.

Výpočtová zatížení stavidlové tabule s klapkou, zatěžovací stavy **(Load case = LC)**

- | | |
|--|--|
| <p>1. Maximální zatížení (5,30 m +0,2m +0,25m)
bez odlehčení dolní vodou
klapka vztyčena, stavidlo na prahu
celková hrazená výška+ tolerance hladiny
horní vody při $Q \leq 80 \text{ m}^3/\text{s}$ + zvýšení
bezpečnosti (5,30 m +0,2m +0,25m)</p> | <p>5,75 m v.sl.</p> |
| <p>2. Při zatížení provozní hrazenou výškou
bez odlehčení dolní vodou
klapka max. vztyčena, pravidlo na prahu</p> | <p>5,35 m v.sl.</p> |
| <p>Požadovaný maximální průhyb
stavidlové tabule při zatížení tlakem 5,35 m
v.sl. bez odlehčení dolní vodou</p> | <p>28 mm</p> |
| <p>3. Při zatížení provozní hrazenou výškou
klapka sklopena, stavidlo na prahu
klapka neleží na dorazech, visí na
článekovém řetězu</p> | <p>5,30 m v.sl.</p> |
| <p>4. Výpočet při dosednutí stavidlové tabule na překážku, klapka sklopena, zatížení
Při dosednutí na překážku nesmí vzniknout
na prahové části stavidla žádná trvalé
deformace, ani poškození</p> | <p>5,30 m v.sl.</p> |
| <p>5. Tabule těsně nad prahem zavěšena na Gallových řetězech
klapka sklopená a leží na dorazech
horní voda. (.5,30 + 0,20m)
dolní voda s rozdílem hladin:</p> | <p>5,50 m v.sl.
209,19/4,00 m.</p> |

B. Popis výpočtu

Konstrukce byla vymodelována v systému SolidWorks a počítána jeho výpočetním modulem Cosmos. Z důvodu symetrie byla počítána polovina konstrukce. V sestavě je možnost natočit klapku o 29°, jsou použity 2 konfigurace, otevřeno a zavřeno. Byly použity prostorové prvky TETRA10. Bylo počítáno 5 zatěžovacích stavů

Společné okrajové podmínky.

- souřadný systém byl zaveden do spodního rohu trámu, směr y je nahoru, směr z je po vodě.
- v místě čepů konzol byly zadány podmínky čep
- místě pojezdových kol byla zavedena podmínka $uz=0$
- ve středových plochách je zadána symetrie k ose x
- zatížení gravitací

1. Materiál a výpočtové součinitele

Materiál vyměněných částí konstrukce: pevnostní tř. oceli S355 (dle ČSN EN 10025+A1)

Materiál původní svařované konstrukce: pevnostní tř. oceli S235 (dle ČSN EN 10025+A1)

Výpočtová pevnost $f_y = 355$ MPa pro třídu oceli S355 dle ČSN 73 1401, tab.4.1 pro tloušťky prvků do 40 mm.

Výpočtová pevnost $f_y = 235$ MPa pro třídu oceli S235 dle ČSN 73 1401, tab.4.1 pro tloušťky prvků do 40 mm.

Tabulka použitých výpočtových součinitelů:

dynamický součinitel pro uzávěry s nasazenými klapkami	ČSN 73 1404, kap. 4.5	Φ	1,25
součinitel podmínek působení - provozní	ČSN 73 1404, tab. 1, bod 3c	γ_u	0,80
součinitel spolehlivosti materiálu	ČSN 73 1401, tab. 6.1	γ_{M0}	1,15
převodní součinitel svarů s plným průvarem namáhaných v tlaku nebo kontrolovaných RTG	ČSN 73 14041, kap. 4.9.5	γ_r	1,00
převodní součinitel tupých svarů v ostatních oblastech konstrukce	ČSN 73 14041, kap. 4.9.5	γ_r	0,85
převodní součinitel neprovařených svarů	ČSN 73 14041, kap. 4.9.5	γ_r	0,7

Pozn.: Součinitel podmínek působení – provozní: $g_u = 0,80$ ČSN 73 1404 Tab.1, položka 3c, hradící konstrukce jezů a výpustí s častým pohybem

Pozn.: Součinitel svarů s plným průvarem namáhaných v tlaku nebo kontrolovaných RTG: $g_r = 1,00$ - kritéria dle ČSN 73 1401, kap. 4.9.5, tzn. plný průvar, prozářením je prokázán alespoň klas. st. 2 podle ČSN 05 1305, s vyloučením tažených tupých svarů v křížovém spoji.

Pozn.: Součinitel tupého svaru v ostatních oblastech konstrukce: $g_r = 0,85$ - kritéria dle ČSN 73 1401, kap. 4.9.5, tzn. plný průvar, provedený technologií zaručující řádně provařený kořen předpokládající klas. st. 2 až 4 podle ČSN 05 1305, ale bez defektoskopické kontroly.

Pozn.: Součinitel neprovařených tupých a koutových svarů (napětí je vypočtené dle HMM) u ostatní konstrukce: $g_r = 0,70$ - kritéria dle ČSN 73 1401, kap. 4.9.5, tzn. tupé jednostranně přístupné svary, bez defektoskopické kontroly a bez předpokladu plného průvaru.

2. Kritéria vyhodnocování

Materiál třídy S355

Dovolené napětí pro místa bez svaru, se svarem namáhaným tlakem nebo kontrovaným svarem:

$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u}{g_M \cdot f} = \frac{355 \cdot 0,80}{1,15 \cdot 1,25} = 197,6 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí pro místa s plnopřůvarovým nekontrolovaným svarem:

$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u \cdot g_r}{g_M \cdot f} = \frac{355 \cdot 0,80 \cdot 0,85}{1,15 \cdot 1,25} = 167,9 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí pro místa s neprovařeným svarem:

$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u \cdot g_r}{g_M \cdot f} = \frac{355 \cdot 0,80 \cdot 0,7}{1,15 \cdot 1,25} = 138,3 \text{ MPa}$$

Materiál třídy S235

Dovolené napětí pro místa bez svaru, se svarem namáhaným tlakem nebo kontrovaným svarem:

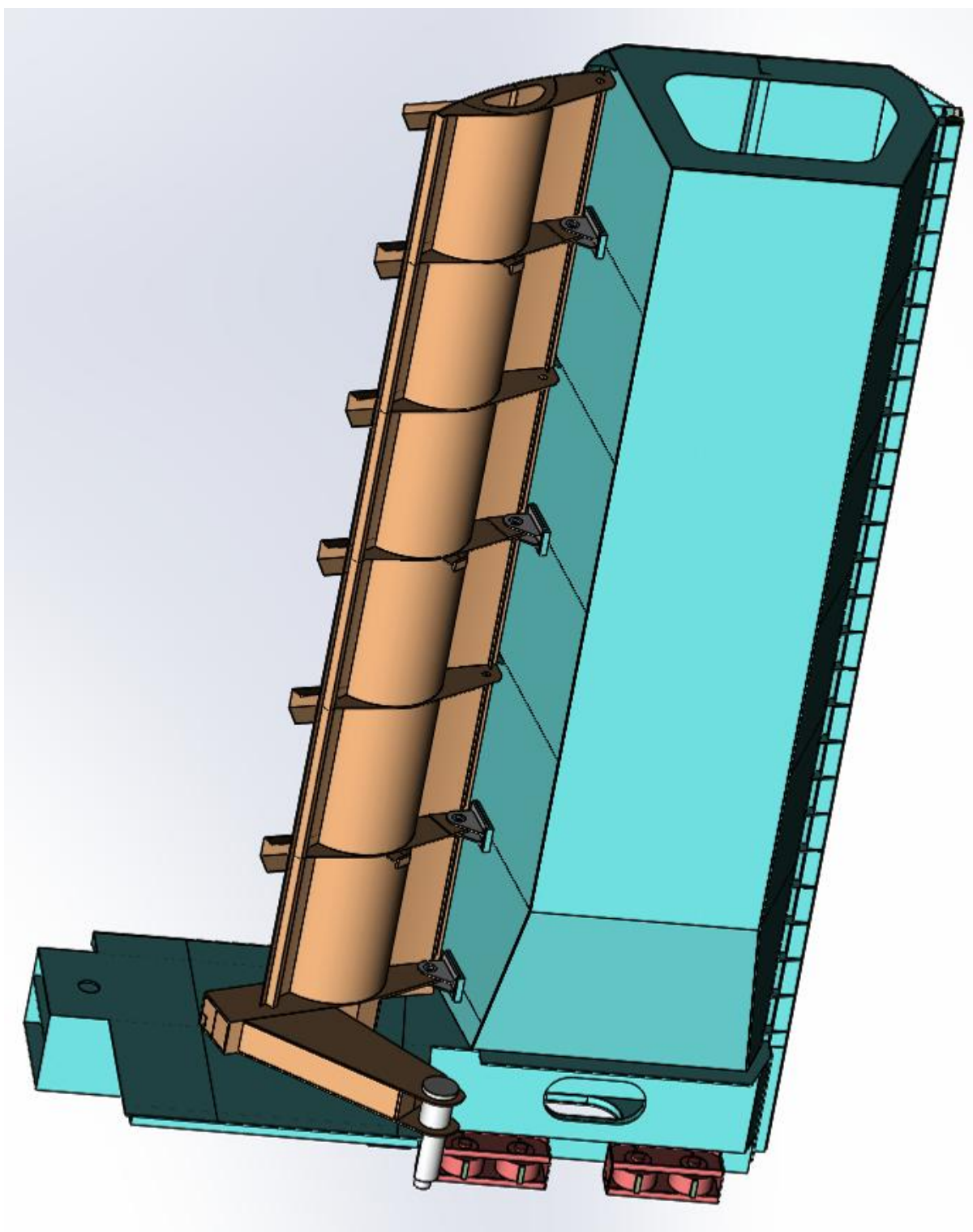
$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u \cdot g_r}{g_M \cdot f} = \frac{235 \cdot 0,80 \cdot 1,00}{1,15 \cdot 1,25} = 130,8 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí pro místa s plnopřůvarovým nekontrolovaným svarem:

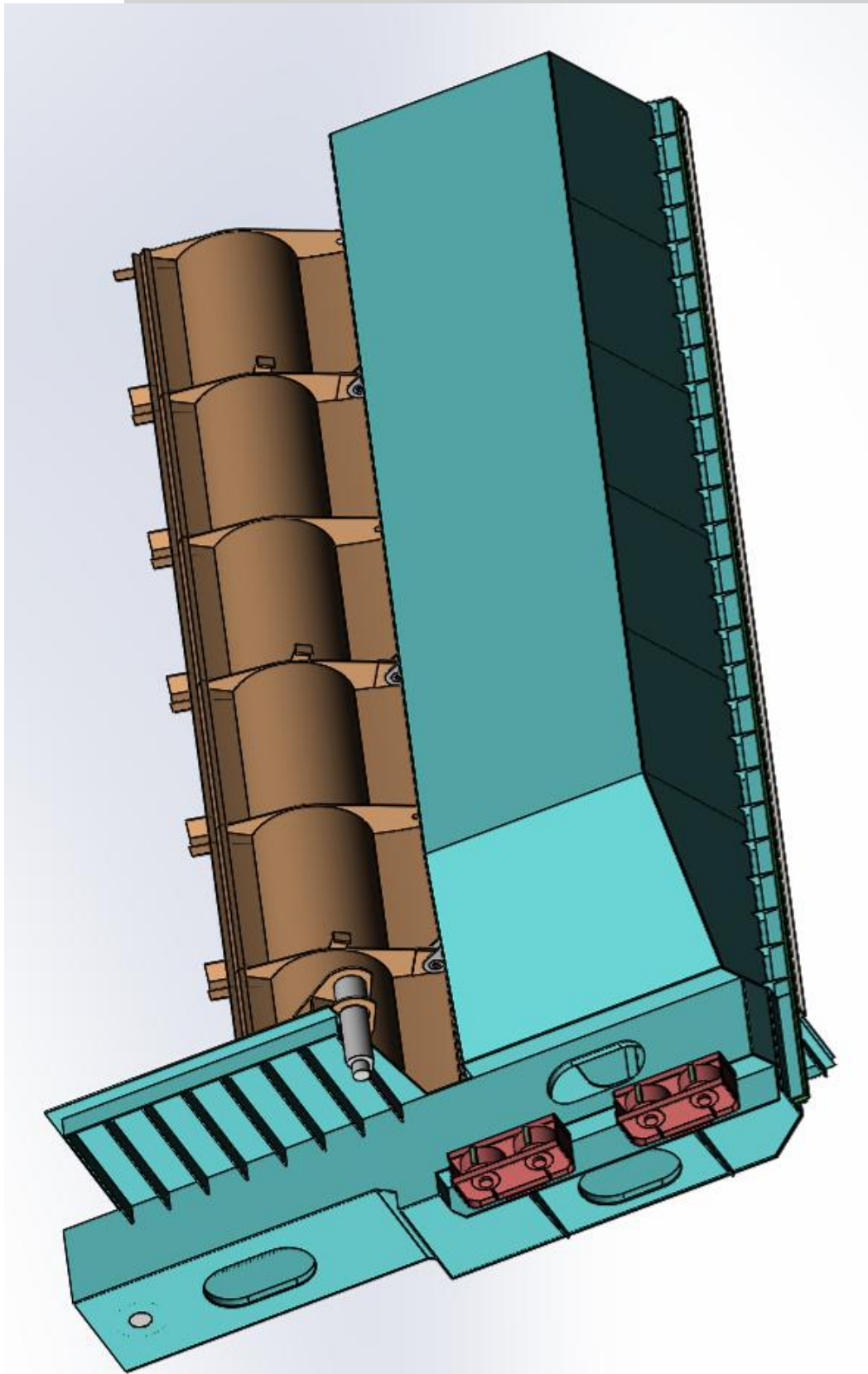
$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u \cdot g_r}{g_M \cdot f} = \frac{235 \cdot 0,80 \cdot 0,85}{1,15 \cdot 1,25} = 111,2 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí pro místa s neprovařeným svarem:

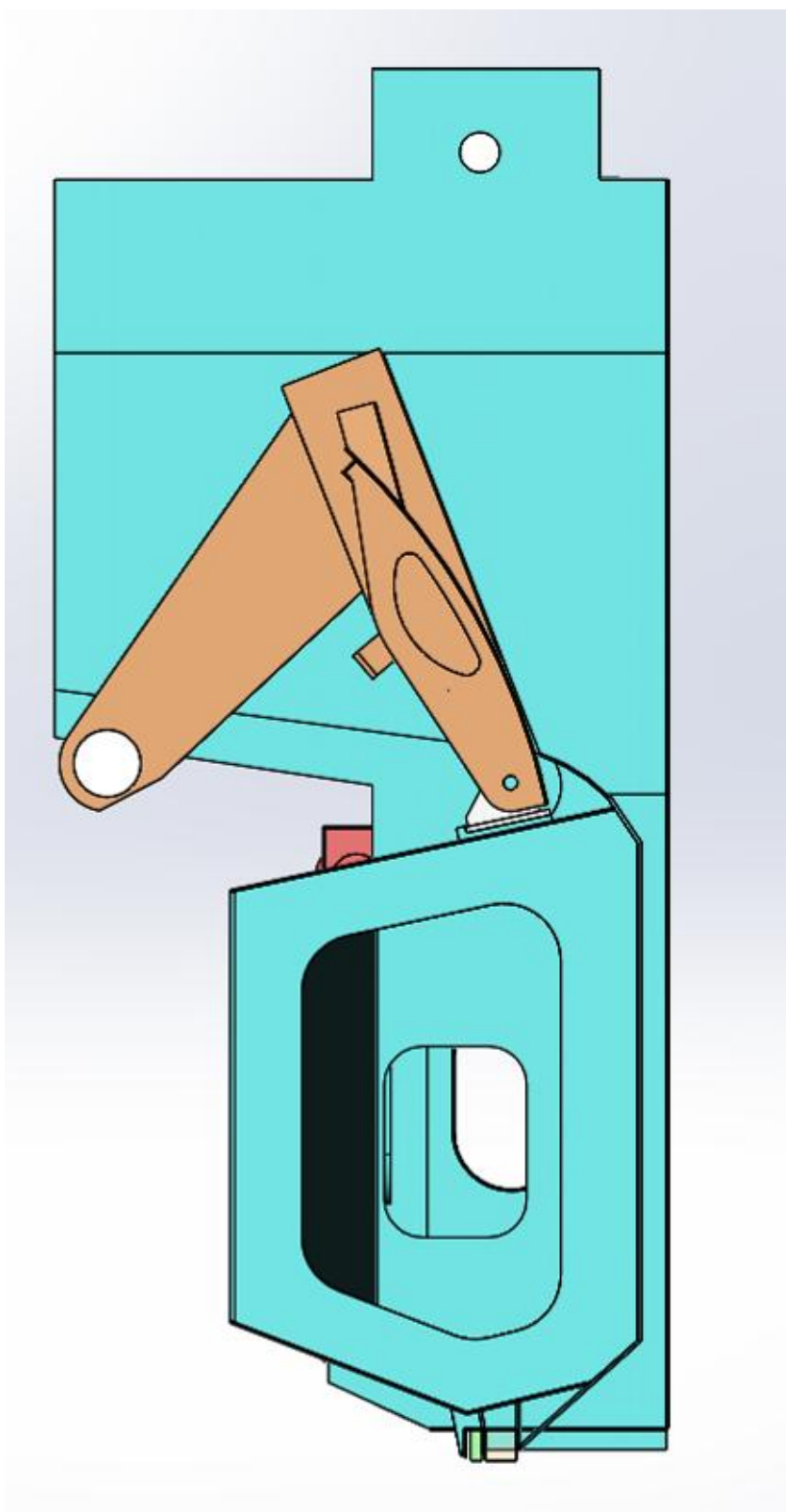
$$S_D = \frac{f_y \cdot g_u \cdot g_r}{g_M \cdot f} = \frac{235 \cdot 0,80 \cdot 0,7}{1,15 \cdot 1,25} = 91,5 \text{ MPa}$$



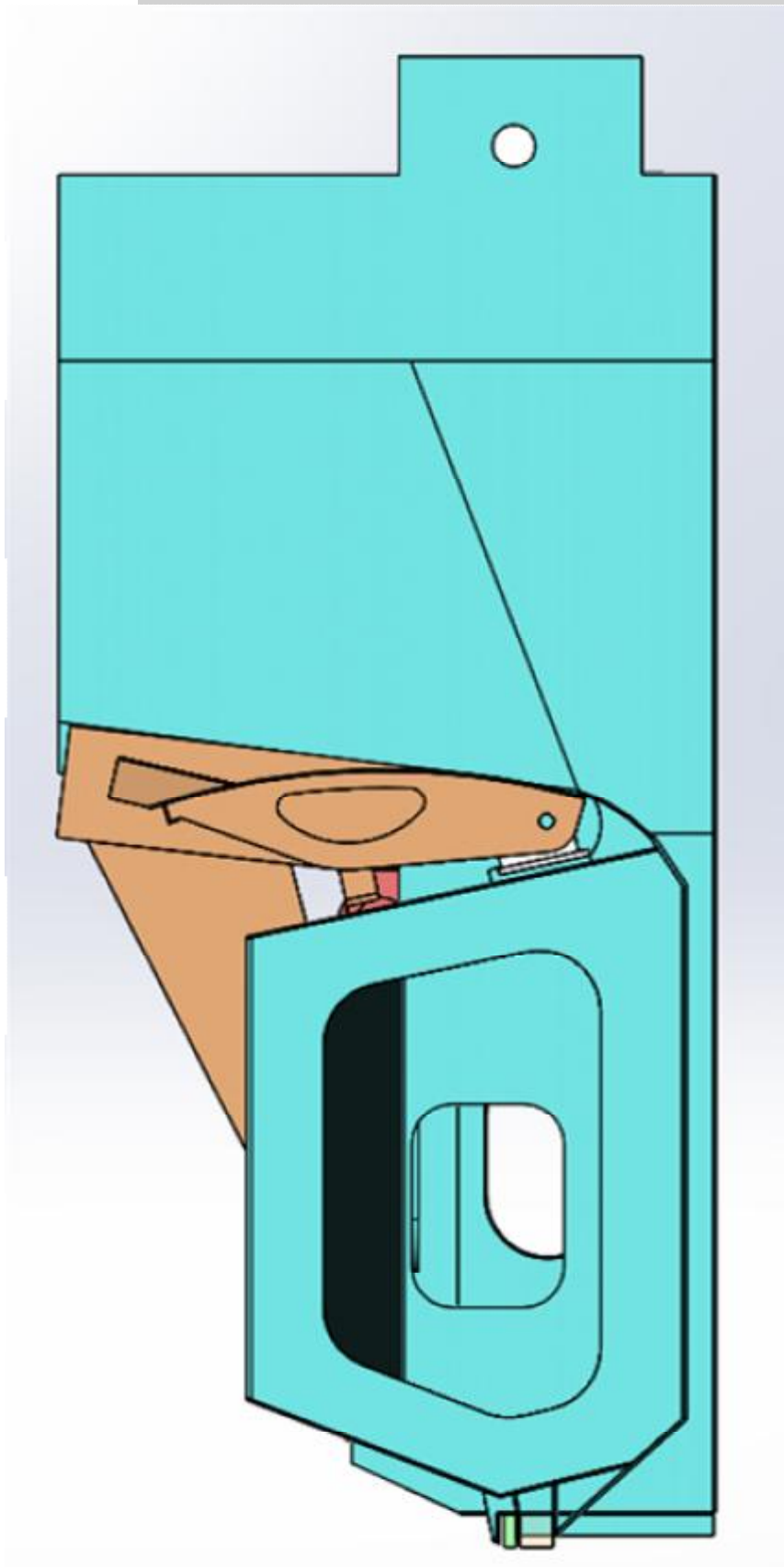
Obr.1 - tvar konstrukce, poloha klapka vztyčena



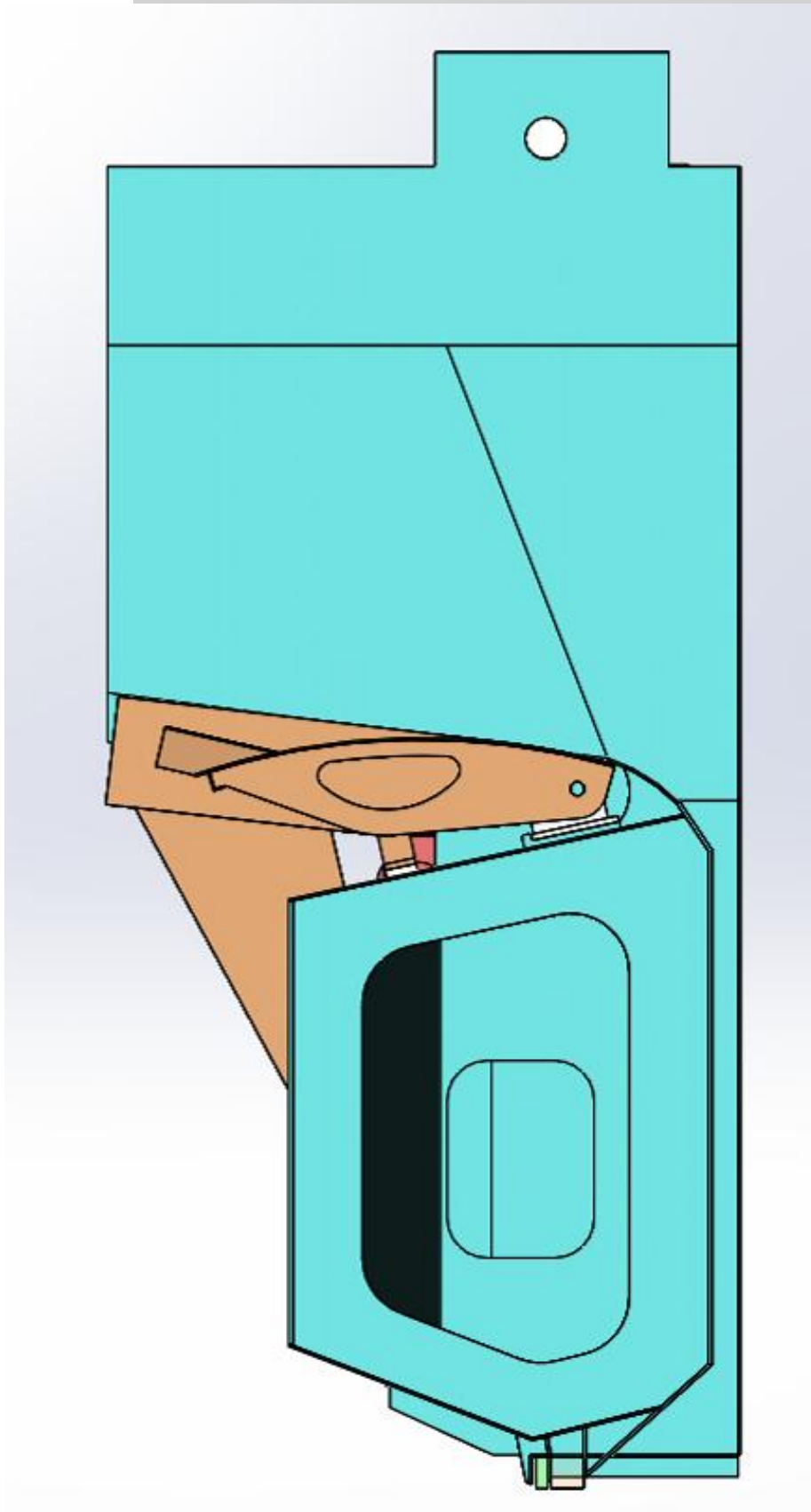
Obr.2 - tvar konstrukce, poloha klapka vztyčena



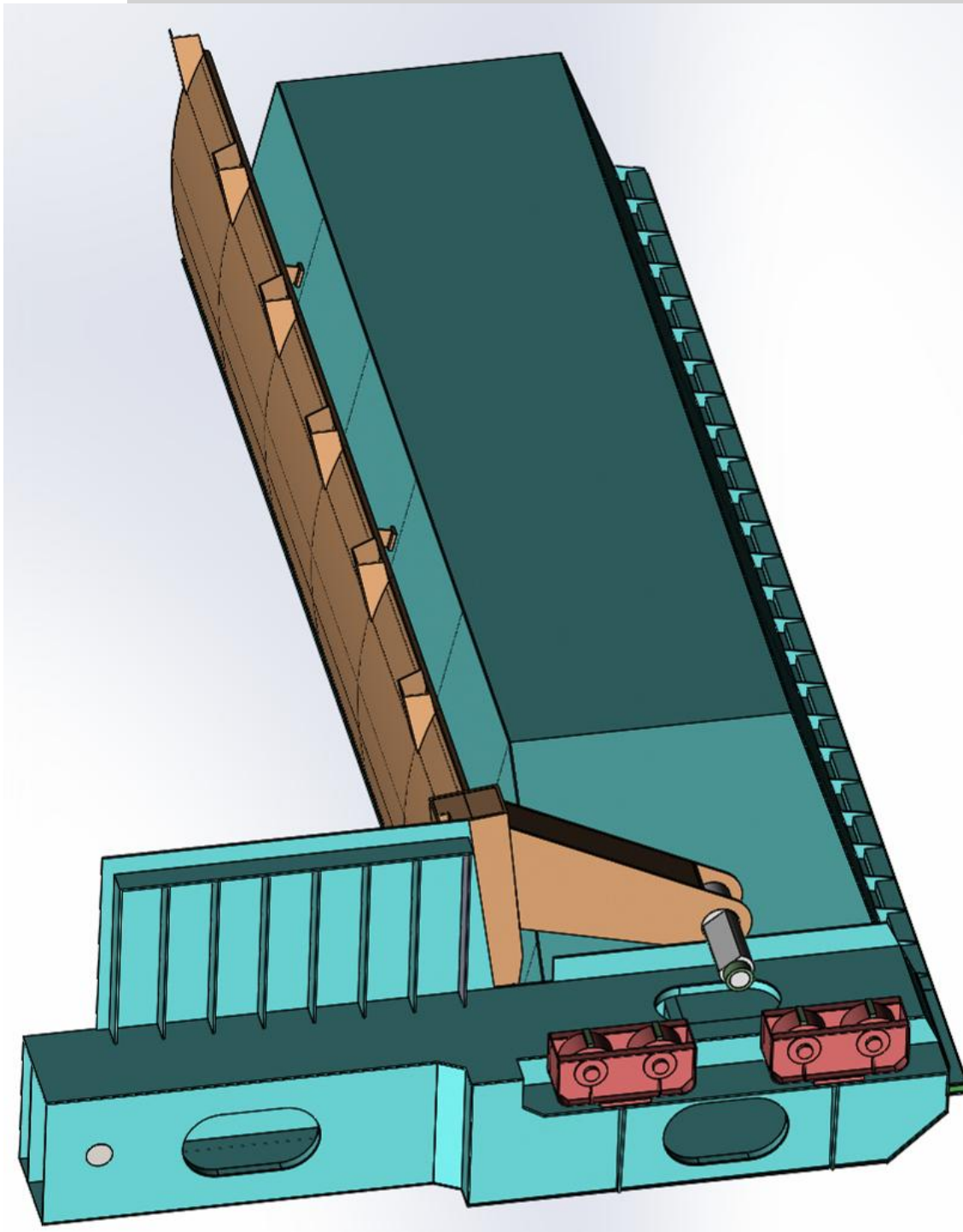
Obr.3 - tvar konstrukce, poloha klapka vztyčena



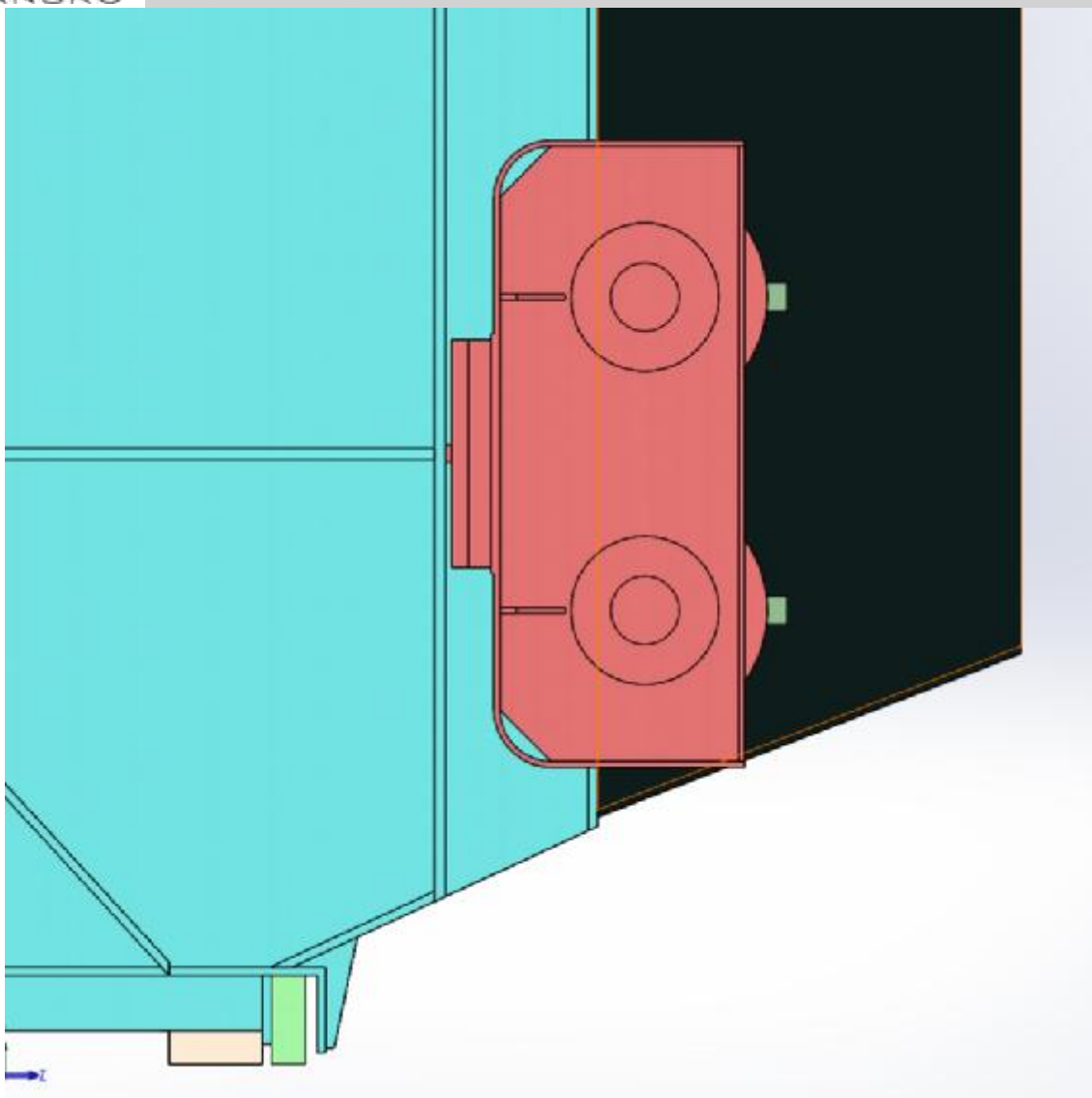
Obr.4 - tvar konstrukce, poloha klapka spuštěna



Obr.5 - tvar konstrukce, poloha klapka spuštěna



Obr.6 - simulace kloubového natáčení podvozku



Obr.7 - simulace kloubového natáčení podvozku

C. Výsledky výpočtu

Souhrnná tabulka výsledů

stav		1	2	3	4	5
tlak	m	5,75	5,35	5,30	5,30	5,50
						3,32
tvar zatížení		trojúhelník	trojúhelník	trojúhelník	trojúhelník	trojúhelník
						obdélníkový
podepřeno těleso		celý trám	celý trám	celý trám	střed trámu	ne na trám
podepřeno klapka		čep řetězu	čep řetězu	čep řetězu	na dorazech	na dorazech
těleso napětí	MPa	110,0	96,5	79,5	84,4	52,4
těleso průhyb max uy	mm	0,3	0,5	0,9	-5,4	-5,5
těleso průhyb max uz	mm	24,5	5,0	19,4	20,7	20,0
klapka napětí	MPa	43,5	30,5	115,0	59,8	22,3
klapka průhyb max uy	mm	-6,5	-3,9	-21,8	-1,1	-8,1
klapka průhyb max uz	mm	26,2	29,8	23,2	17,4	12,7

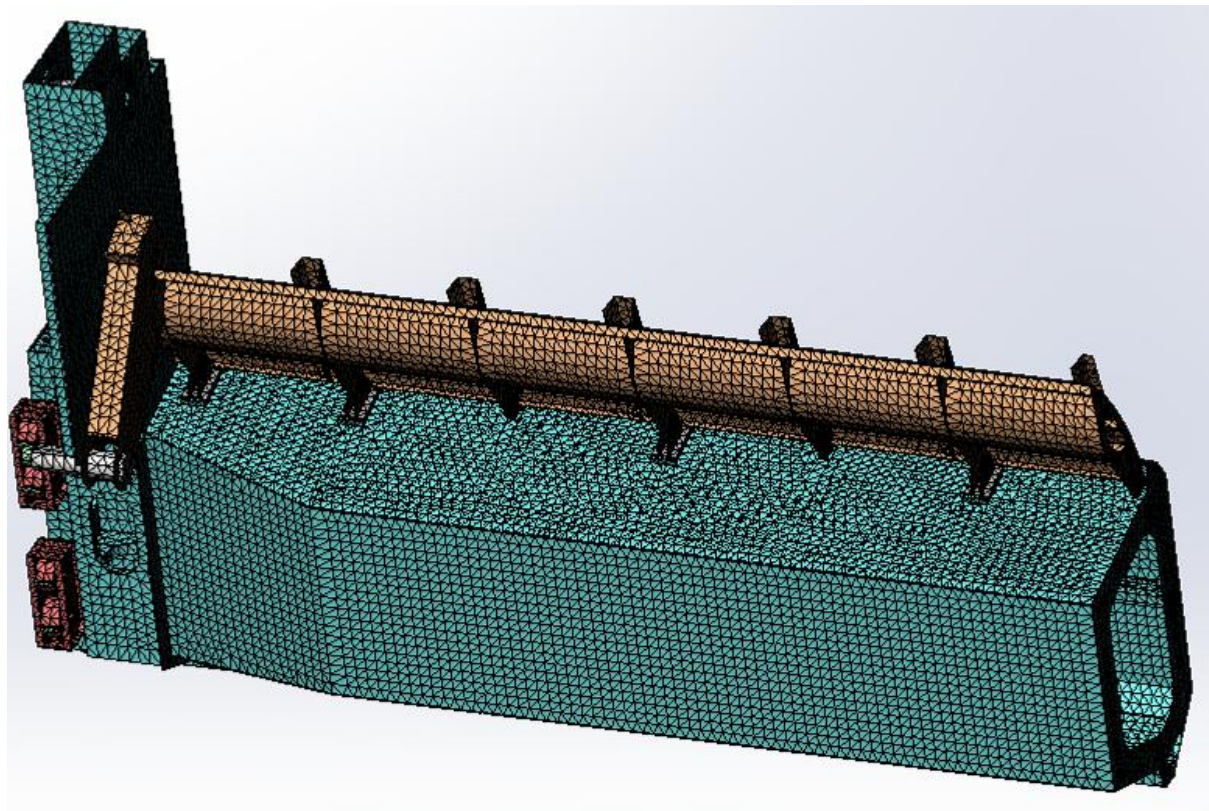
Průhyby klapky uz jsou uvažovány relativně tj. průhyb uprostřed minus průhyb na kraji klapky. Toto je dáno způsobem výpočtu. Čep kladky je ve skutečnost zavěšen na řetězu. Okrajové podmínky posunutí pro čep kladky jsou pouze $dy=0$, jen posunutí nahoru. Zde má smysl jen relativní posuv ve směru osy z.

Závěr

Těleso s klapkou VD Srnojedy vyhovují předepsanému zatížení

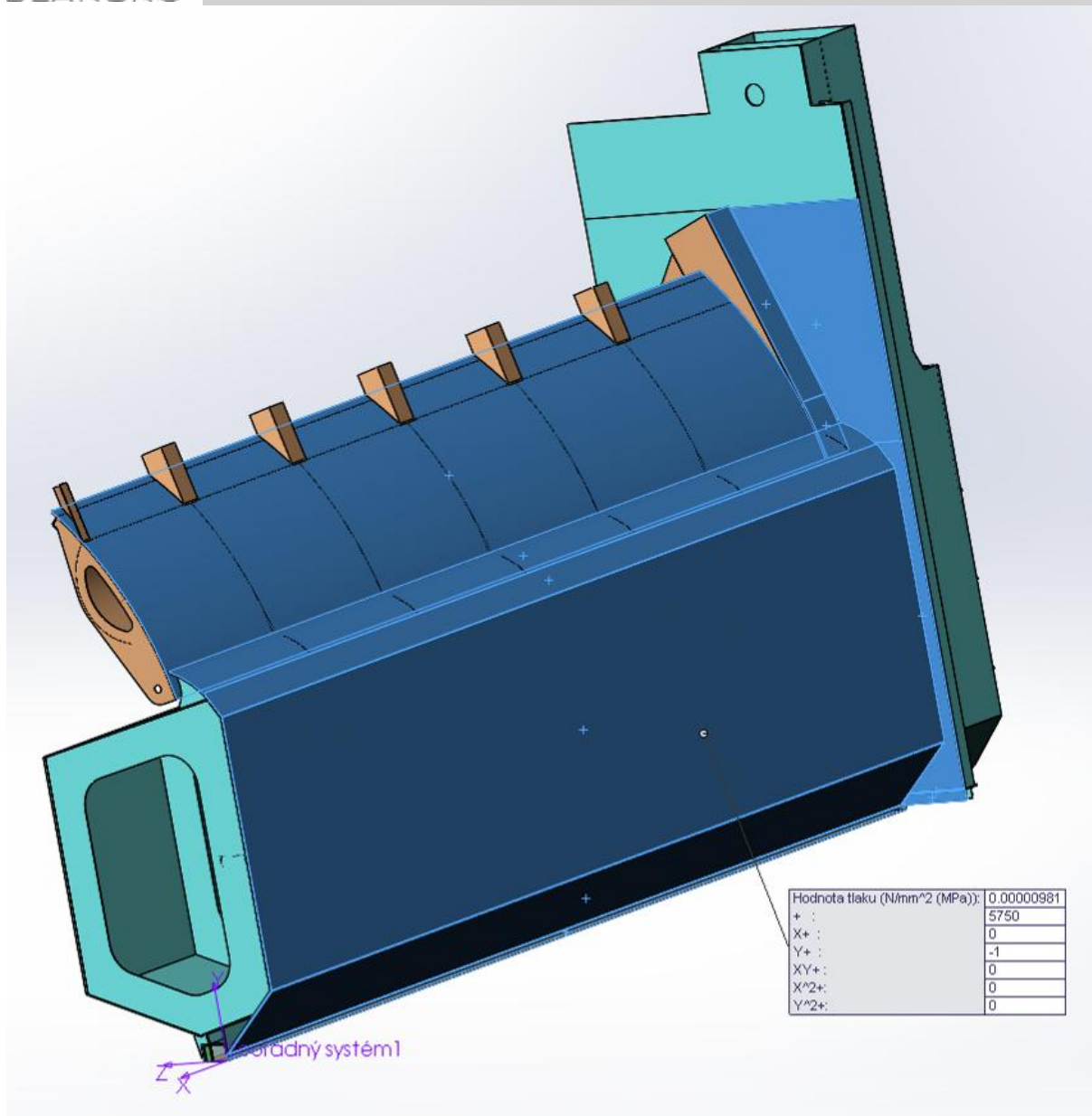
1) Výpočtový stav 1 (Load Case 1 = LC1)

- zatížení hydrostatickým tlakem 5,75 m v.sl
- zatížení gravitací
- poloha stavidlo dole, klapka nahoře
- klapka podepřena svisle na bočním čepu, $u_y=0$

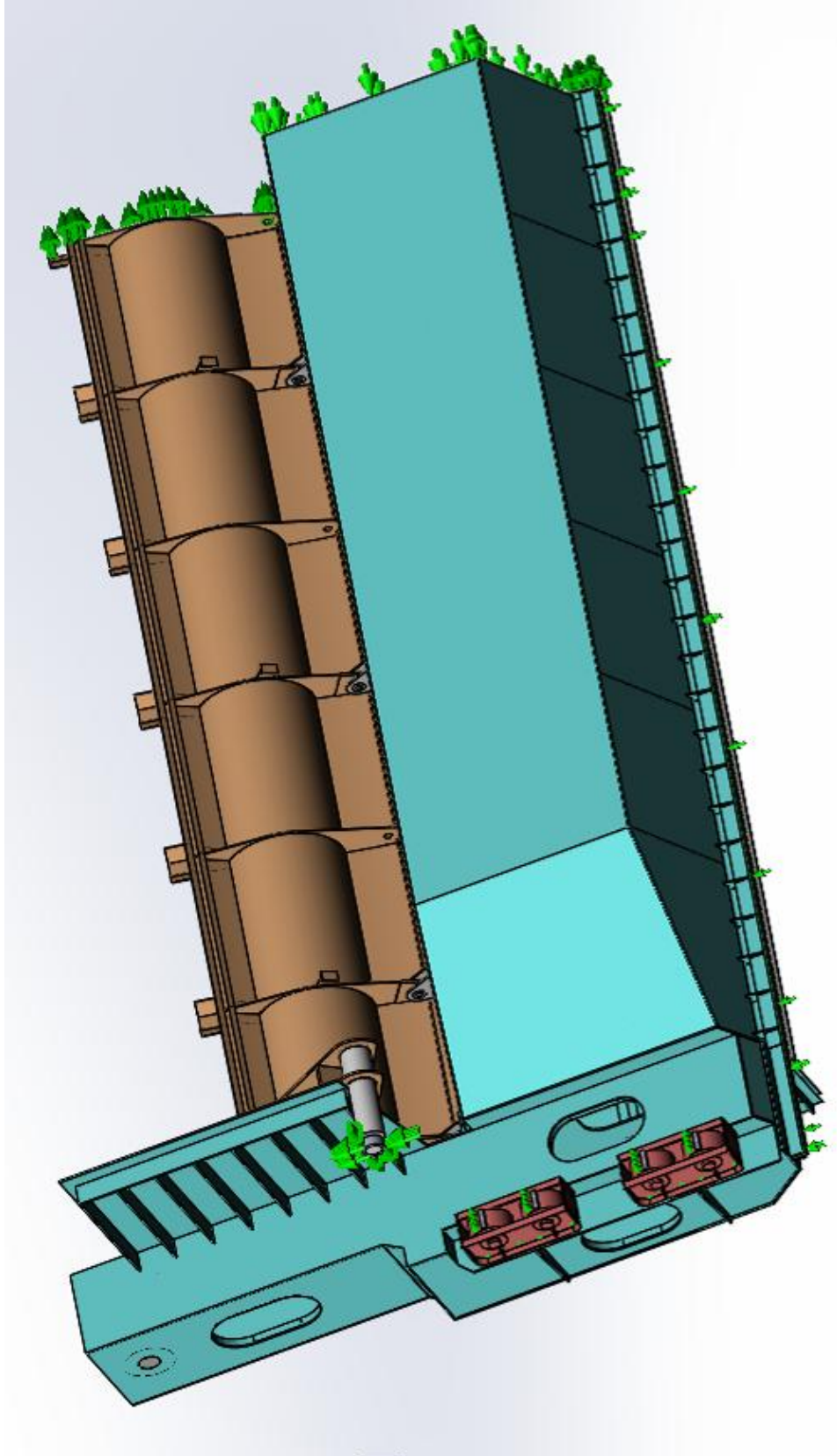


podepřeno svisle na spodní ploše dřevěného trámu, $u_y=0$

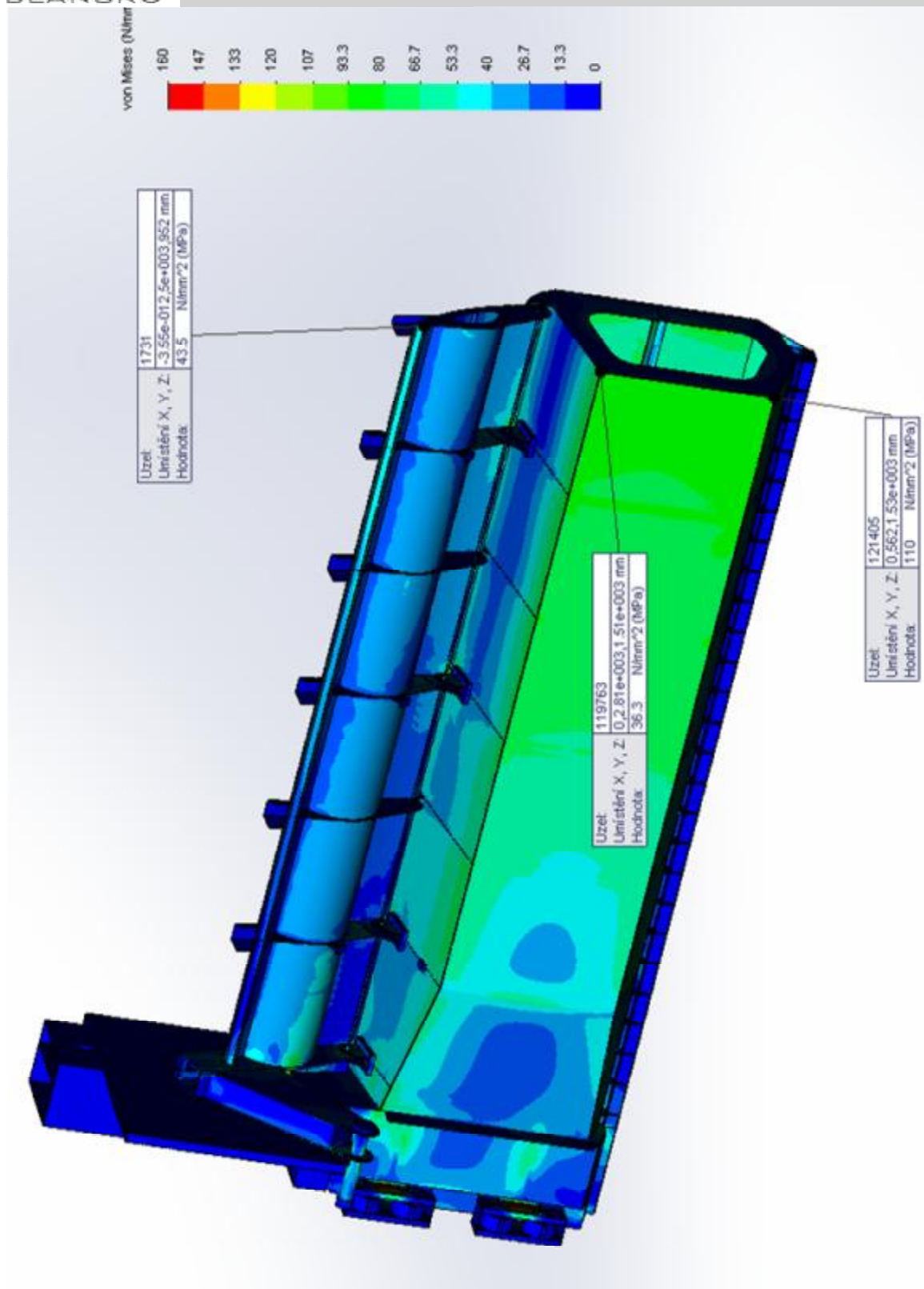
Obr.8 - LC1 - tvar sítě MKP



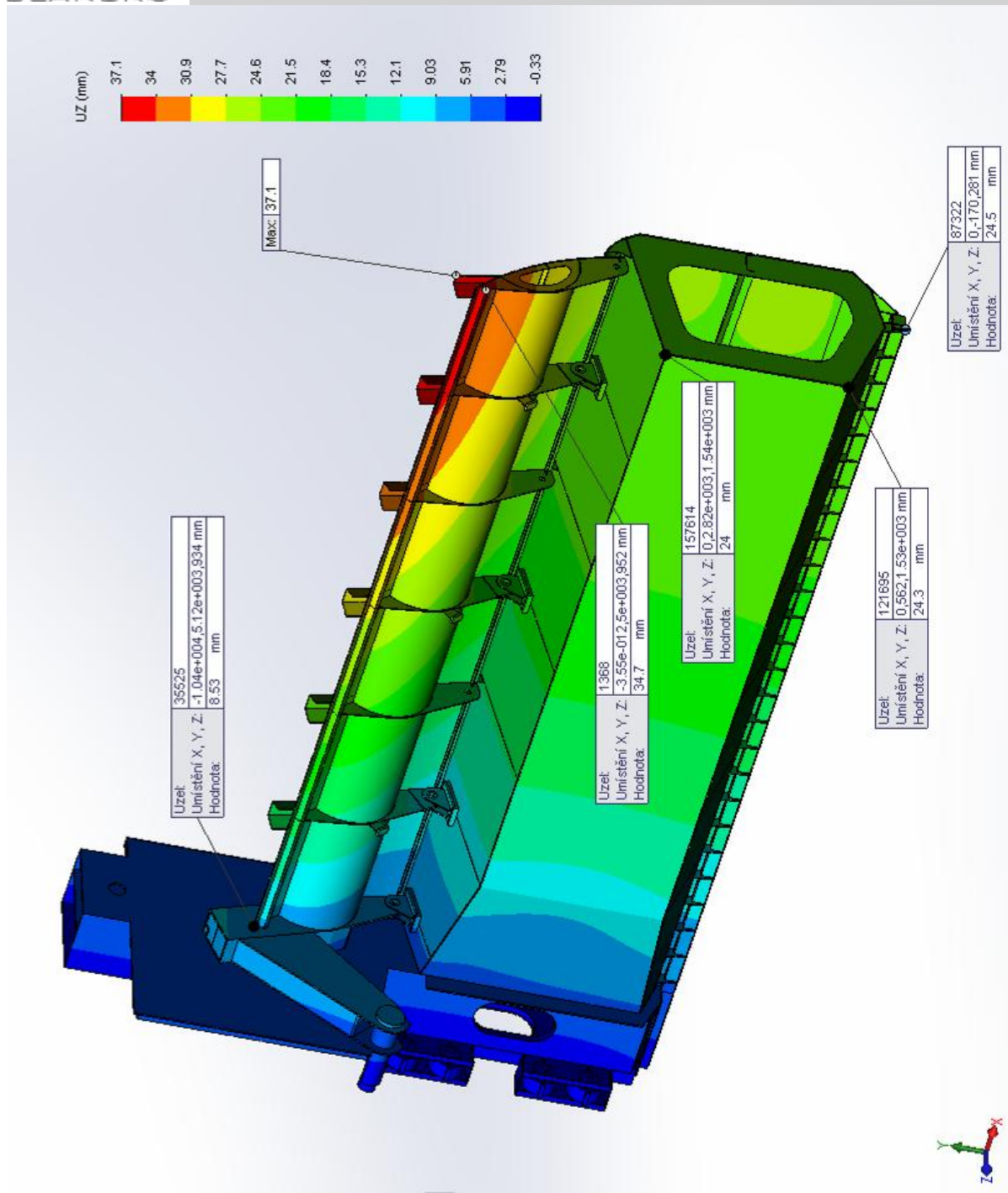
Obr.9 - LC1 - zatížení hydrostatickým tlakem 5,75 m



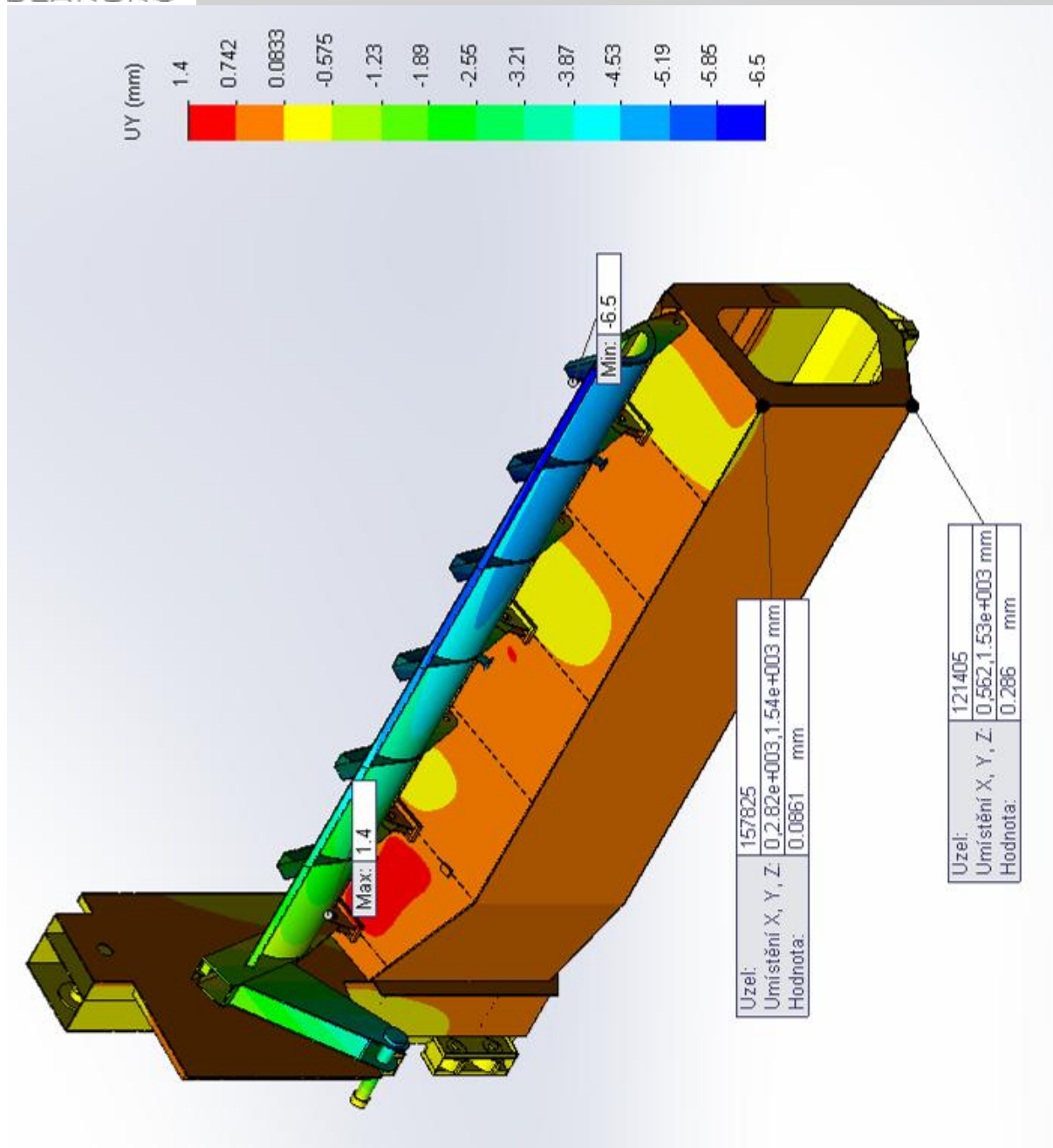
Obr.10 - LC1 - okrajové podmínky uložení



Obr.11 – LC1 výsledné napětí dle Misese (MPa).



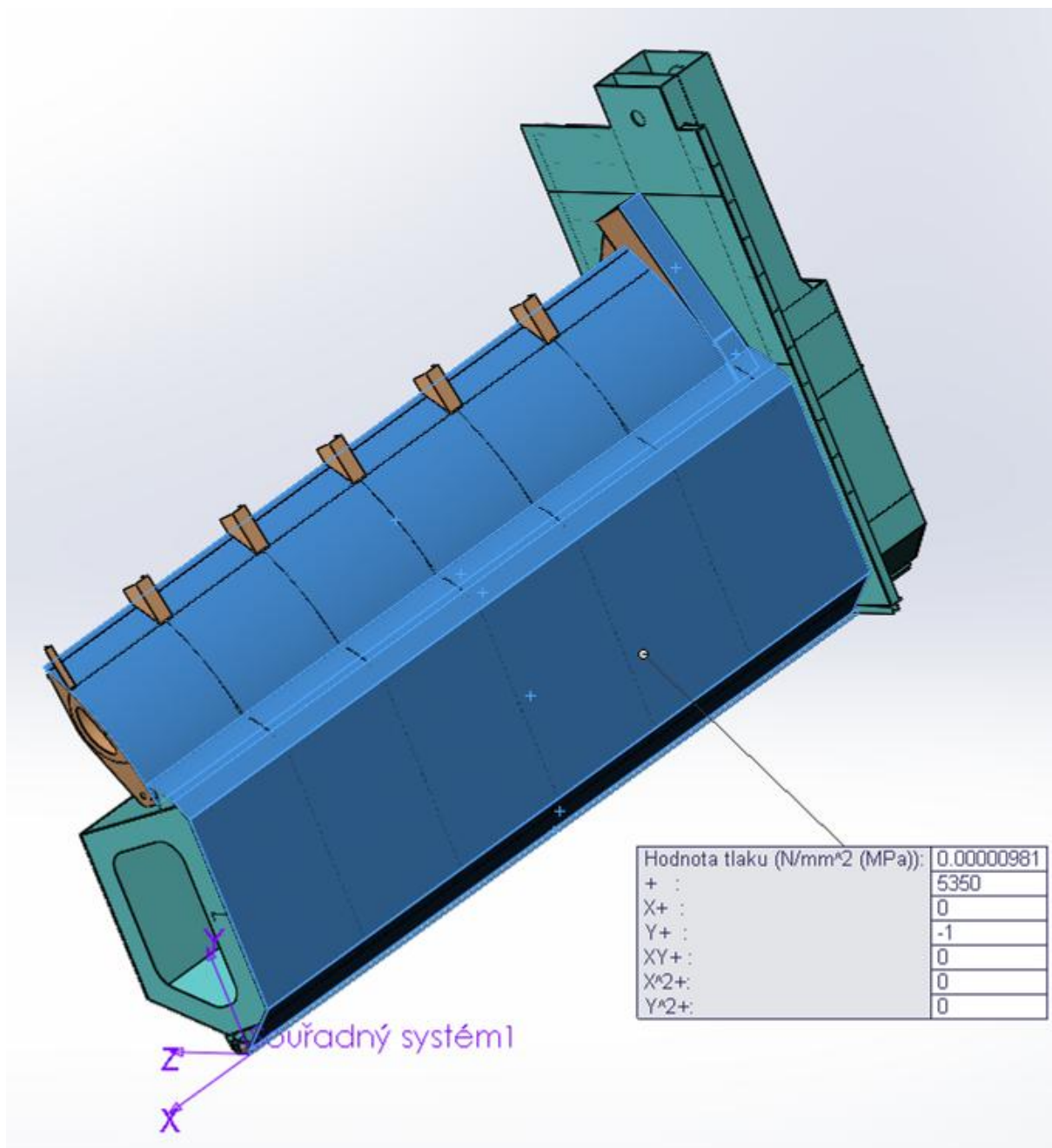
Obr.12 – LC1 výsledný průhyb uz:



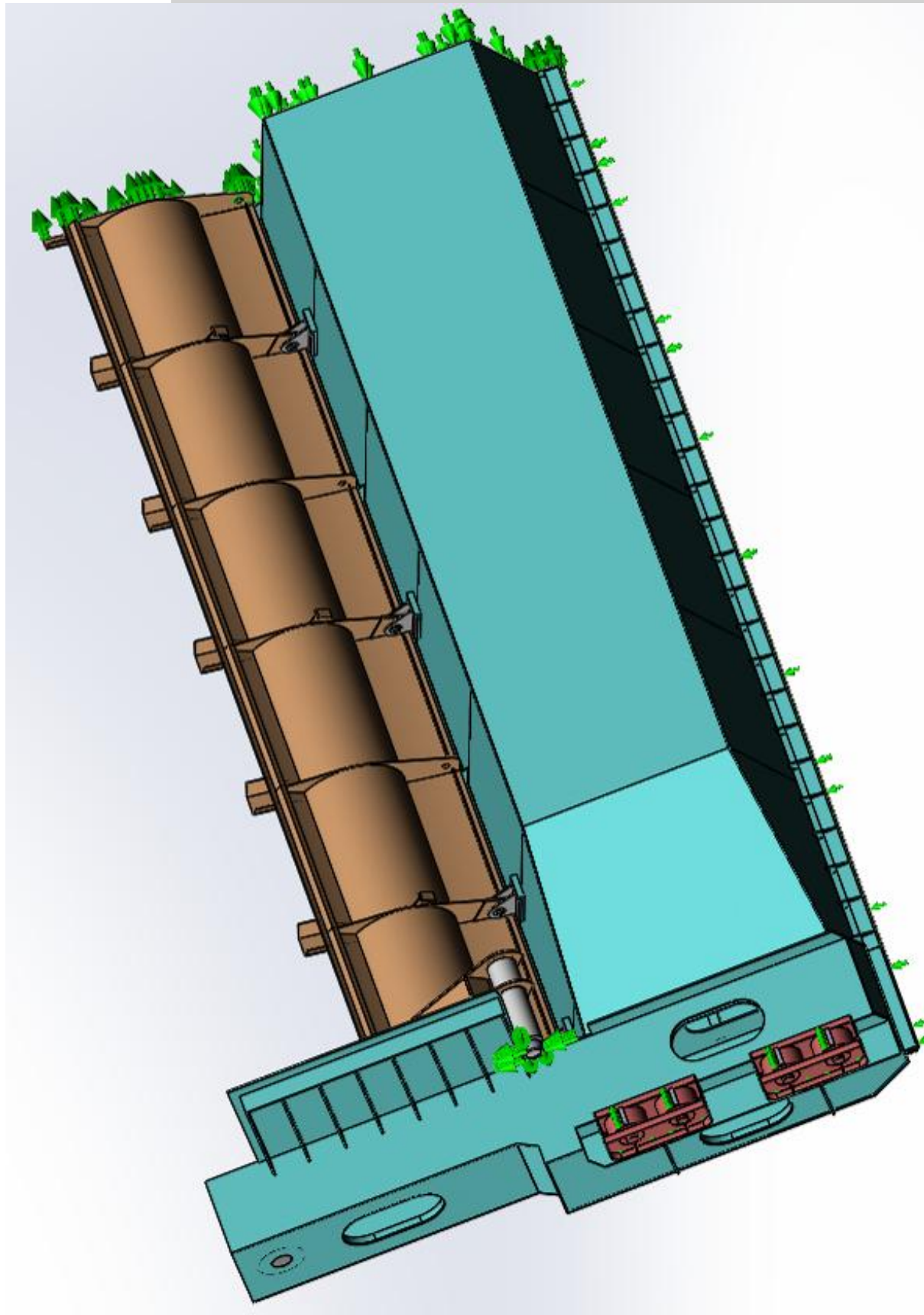
Obr.13 - LC1 - výsledný průhyb uy.(mm)

2) Výpočtový stav 2 (Load Case 2 = LC2)

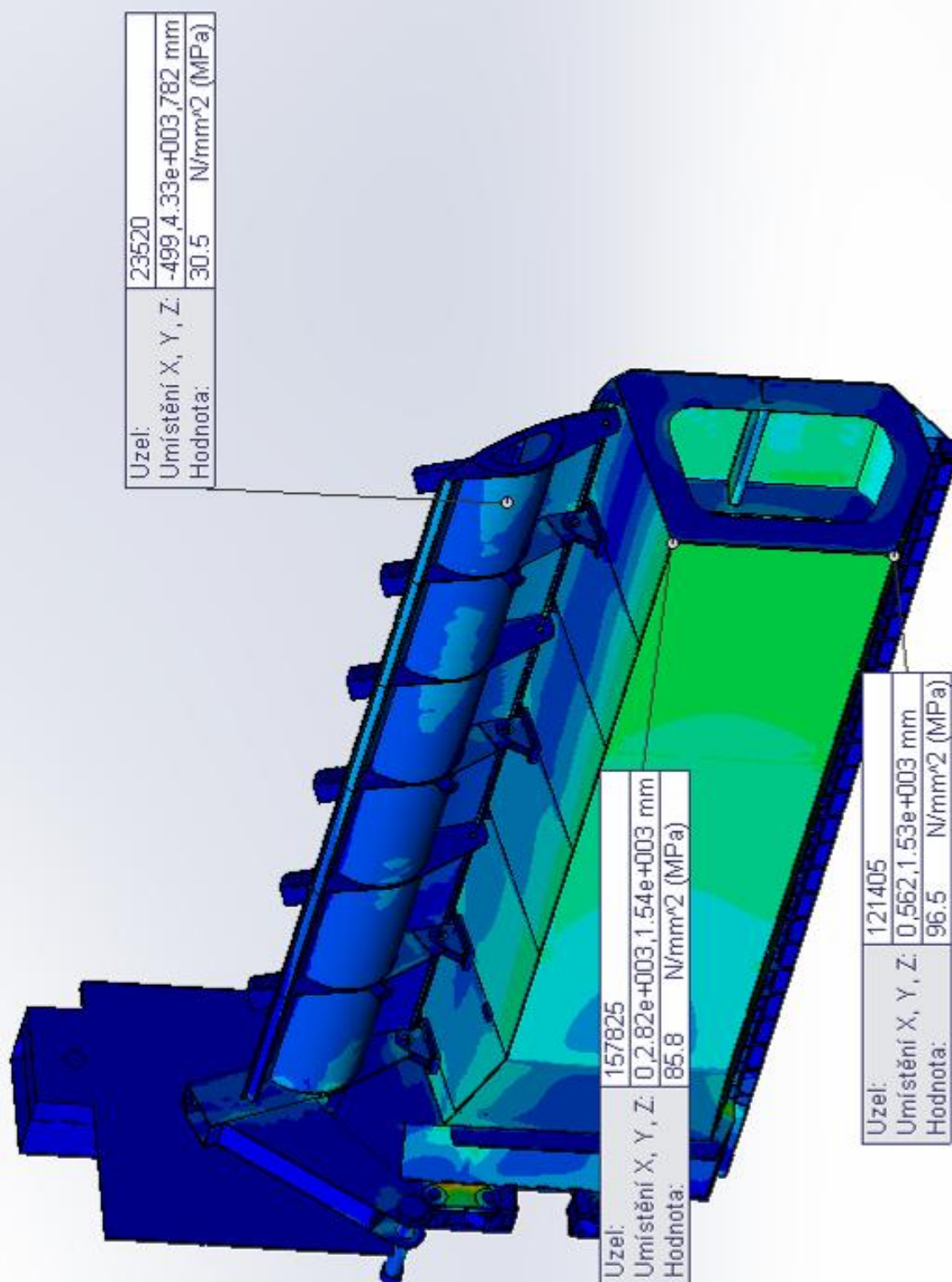
- zatížení hydrostatickým tlakem 5,35
- zatížení gravitací
- poloha stavidlo dole, klapka nahoře
- klapka podepřena svisle na bočním čepu, $u_y=0$
- podepřeno svisle na spodní ploše dřevěného trámu, $u_y=0$



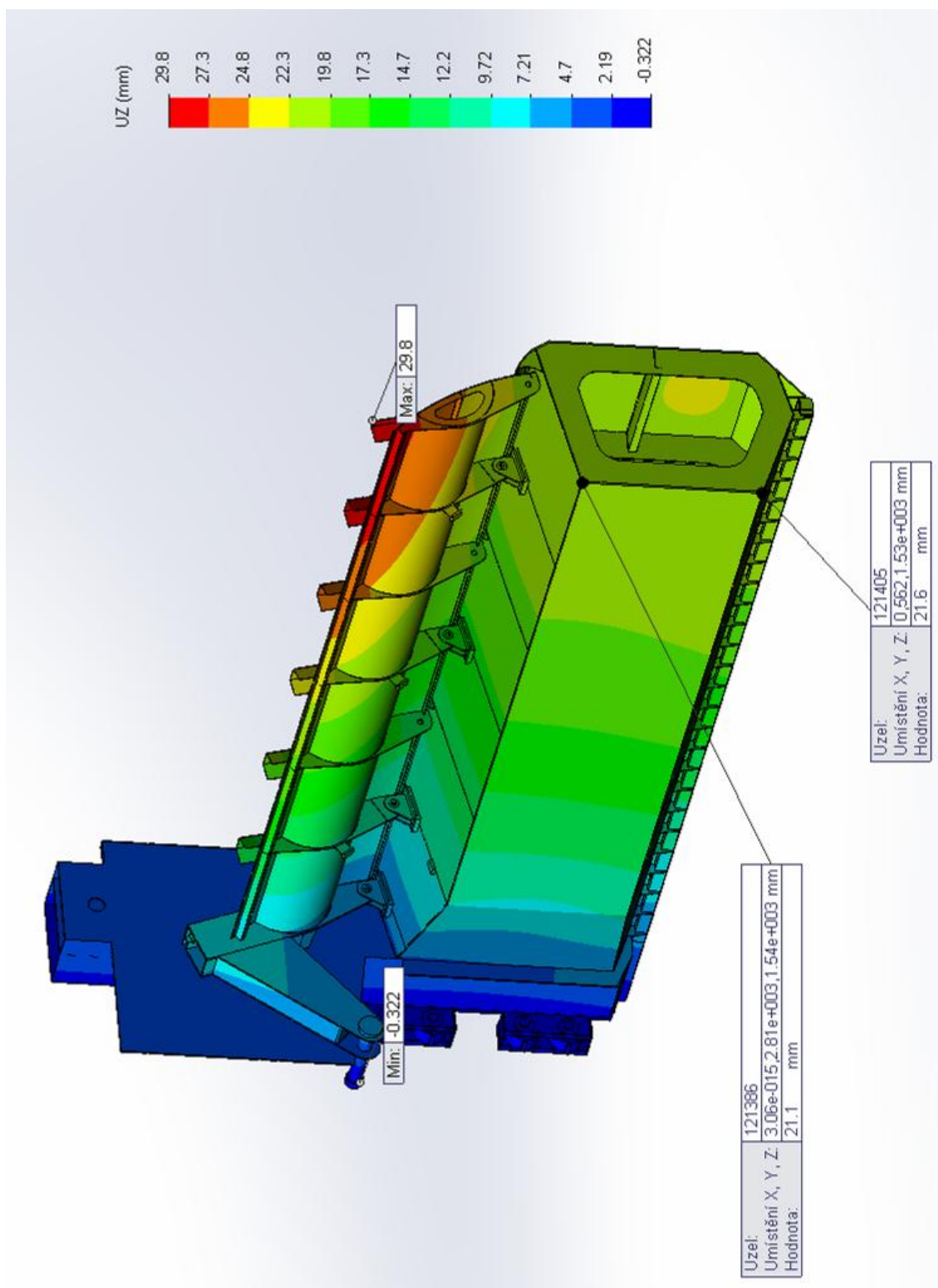
Obr.14– LC2 zatížení hydrostatickým tlakem 5,35 m



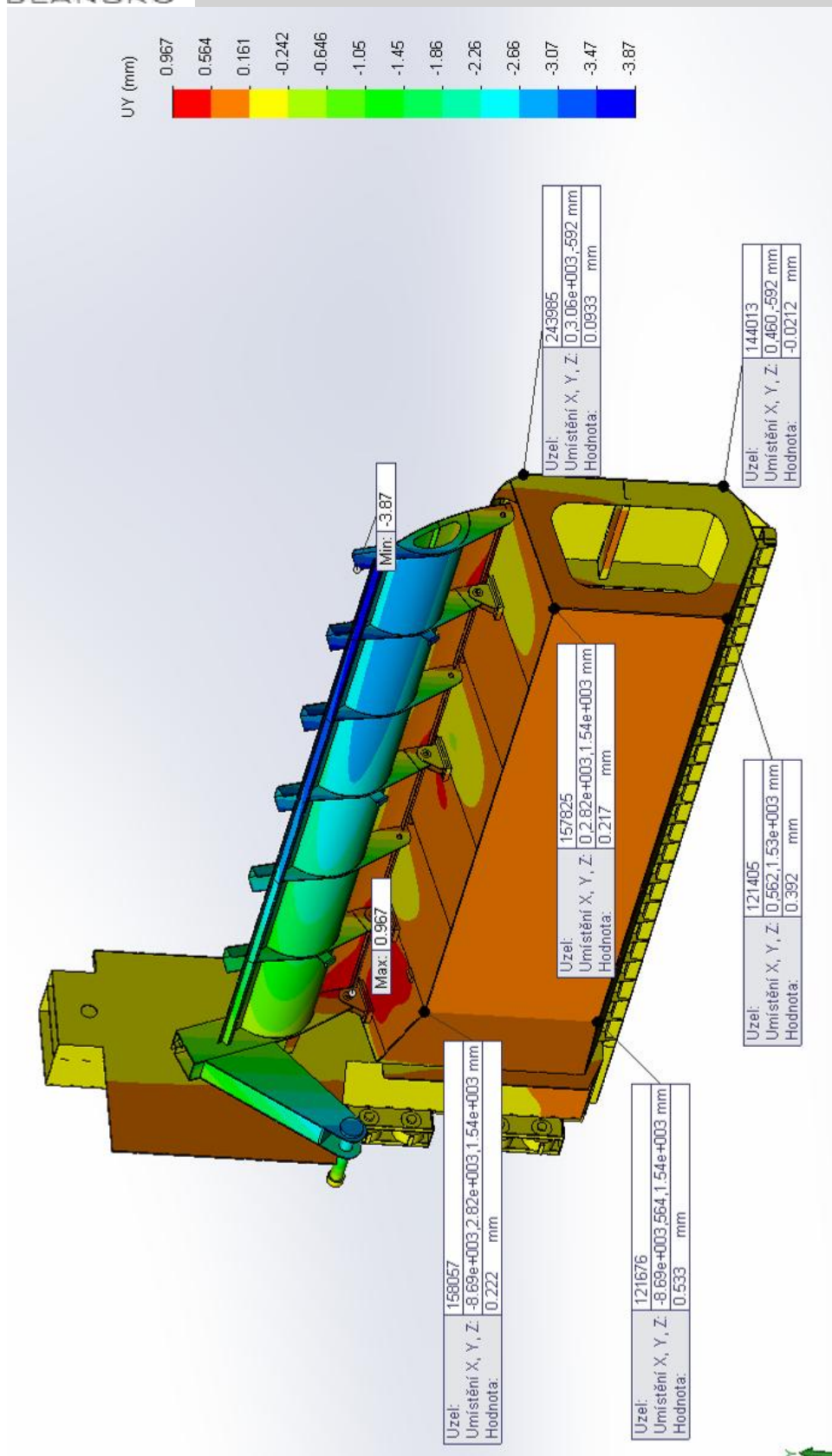
Obr.15 – LC2 okrajové podmínky podepření



Obr.16 – LC2 výsledné napětí dle Misese (MPa).



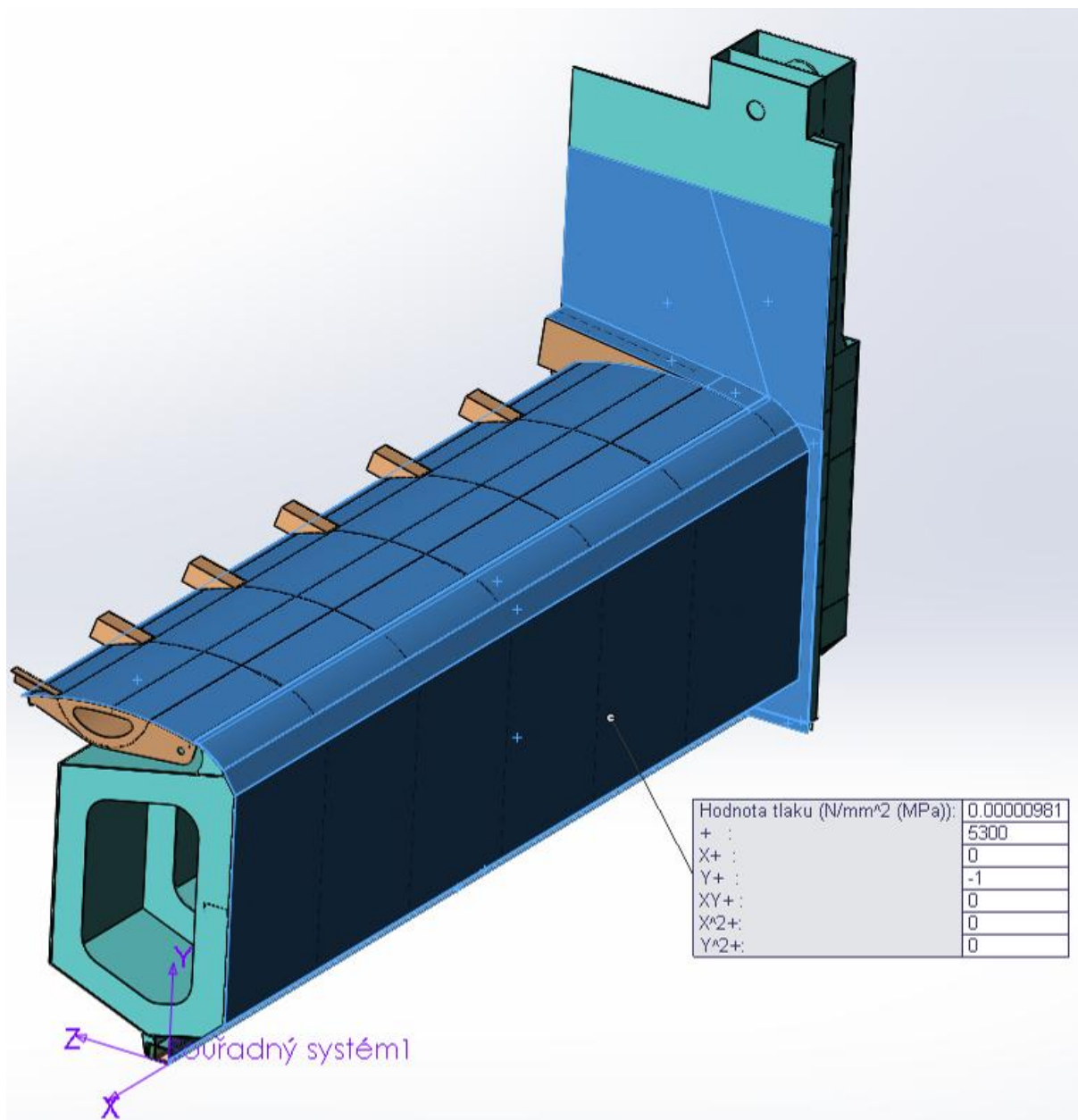
Obr.17 – LC2 výsledný průhyb uz.(mm)



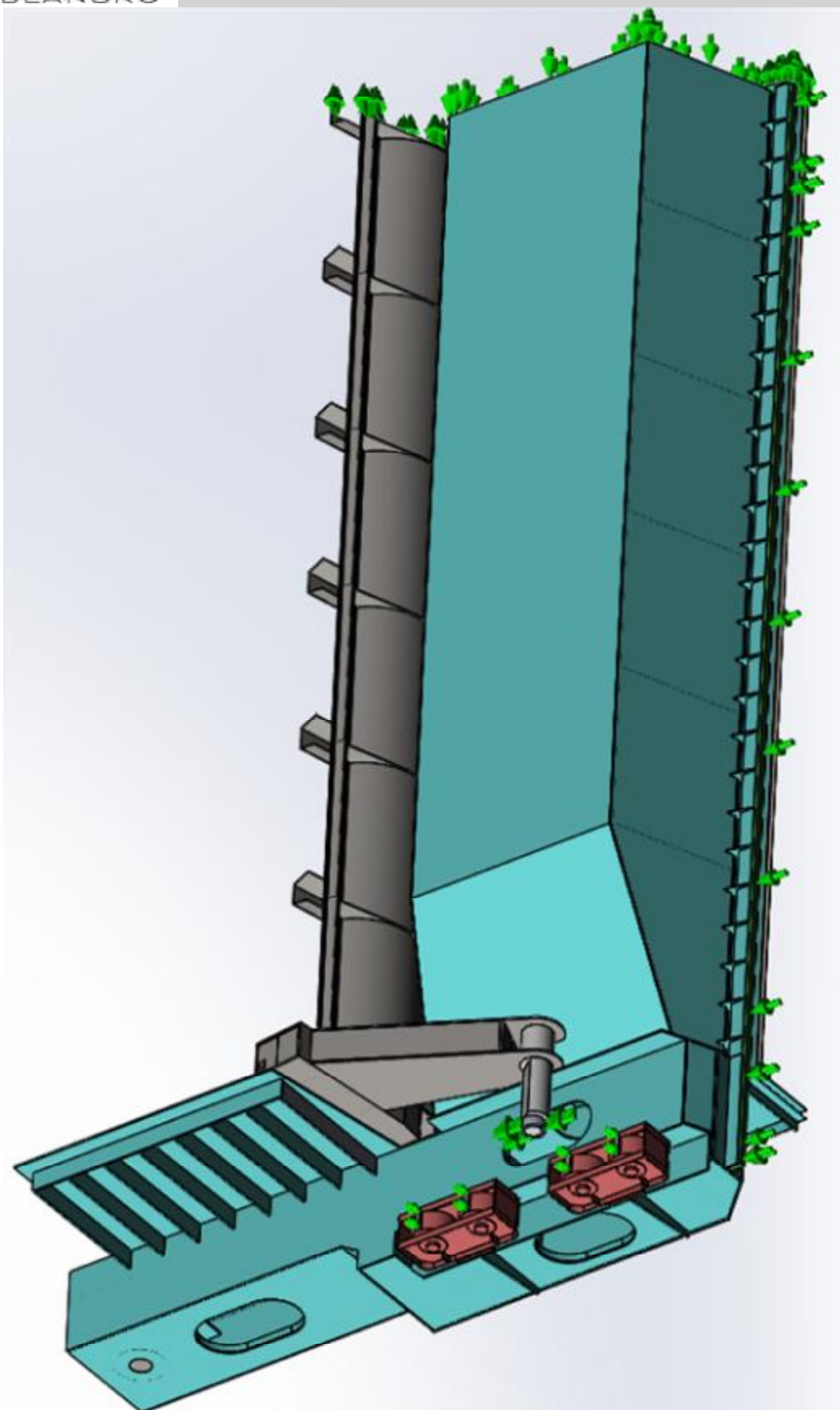
Obr 18 - LC2 průhyb uy.(mm)

3) Výpočtový stav 3 (Load Case 3 = LC3)

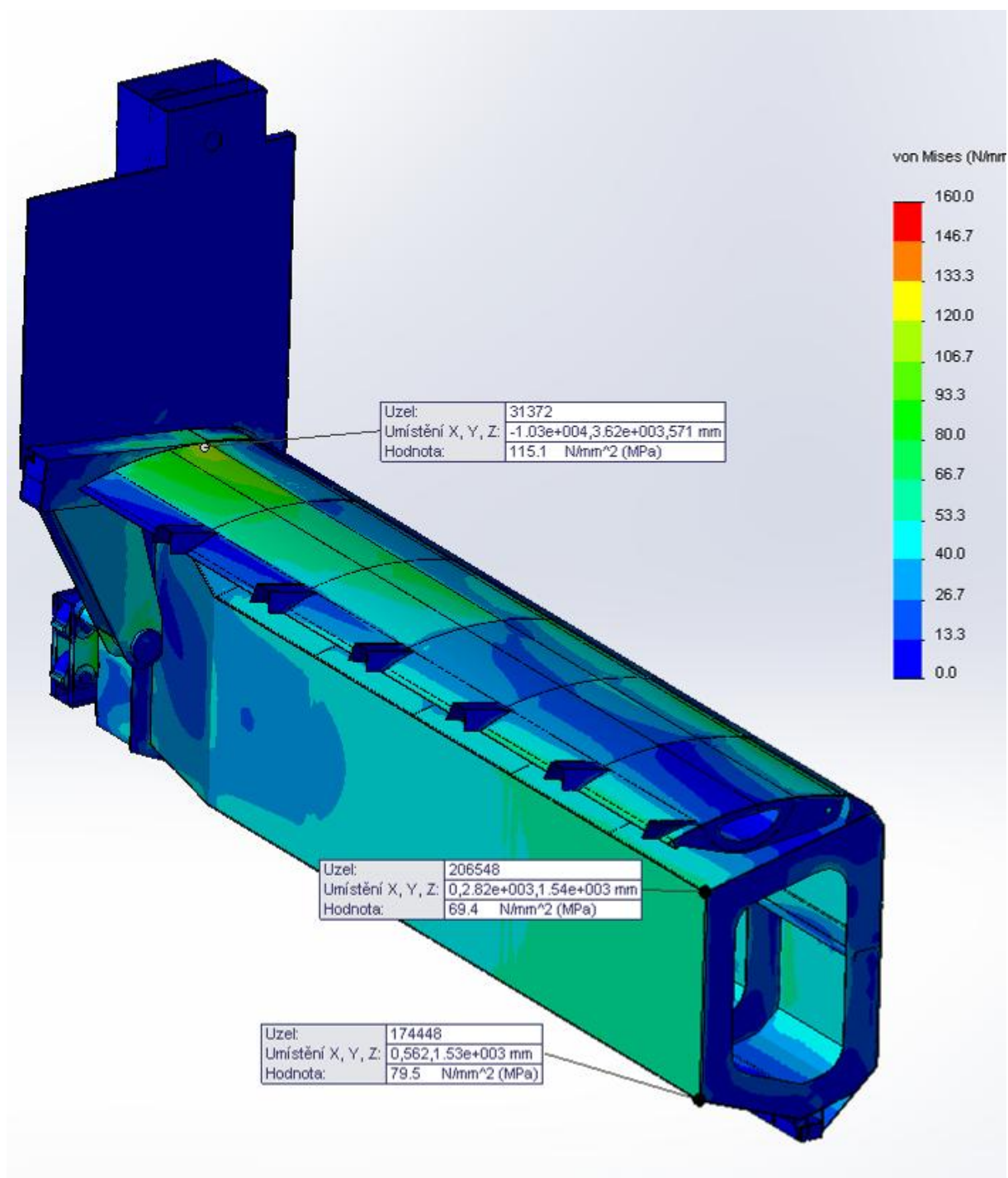
- zatížení hydrostatickým tlakem 5,30 m v.sl.
- zatížení gravitací
- poloha stavidlo dole, klapka sklopena
- klapka podepřena svisle na bočním čepu, $u_y=0$
- podepřeno svisle na spodní ploše dřevěného trámu, $u_y=0$



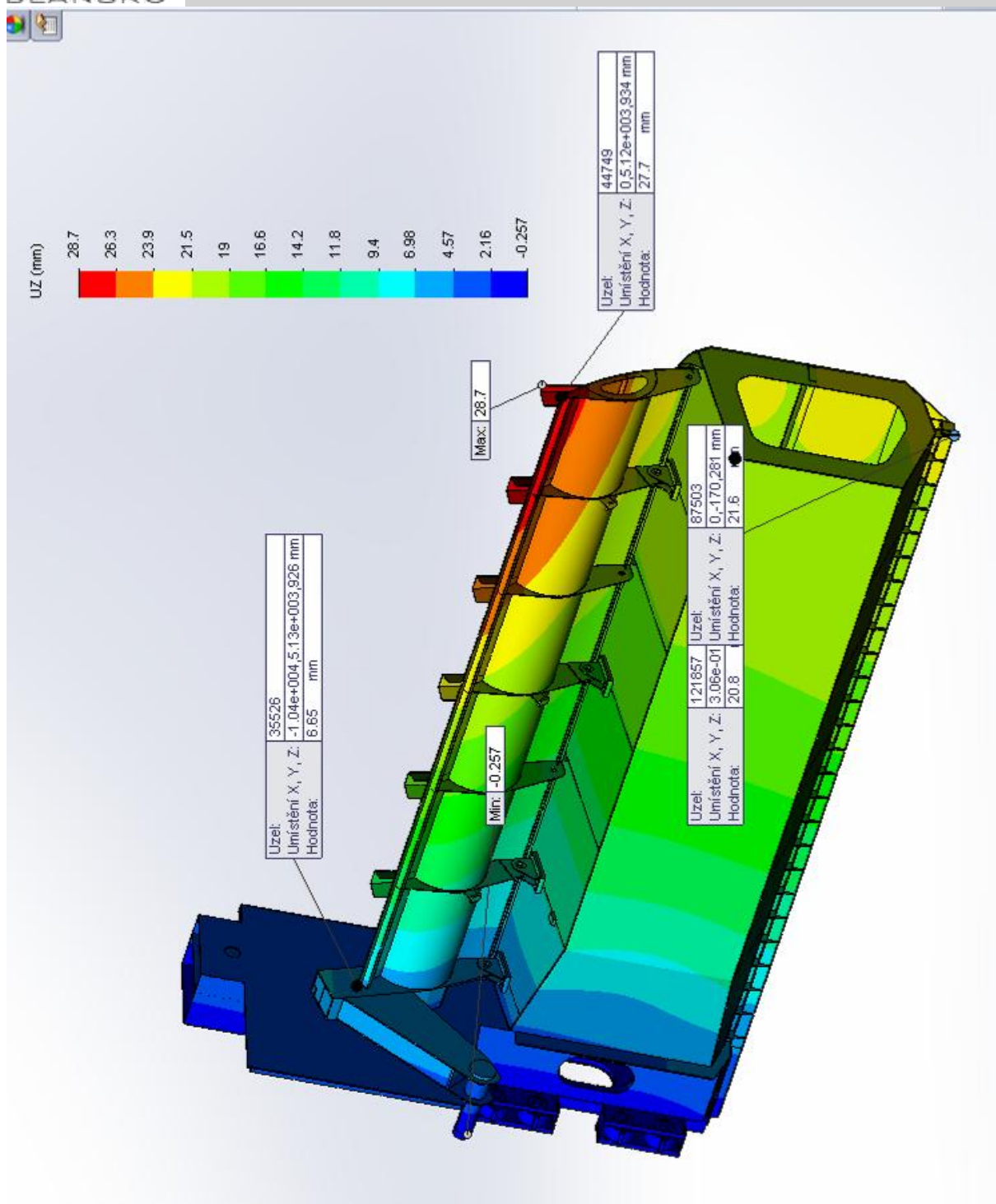
Obr.19 – LC3 zatížení hydrostatickým tlakem 5,3 m



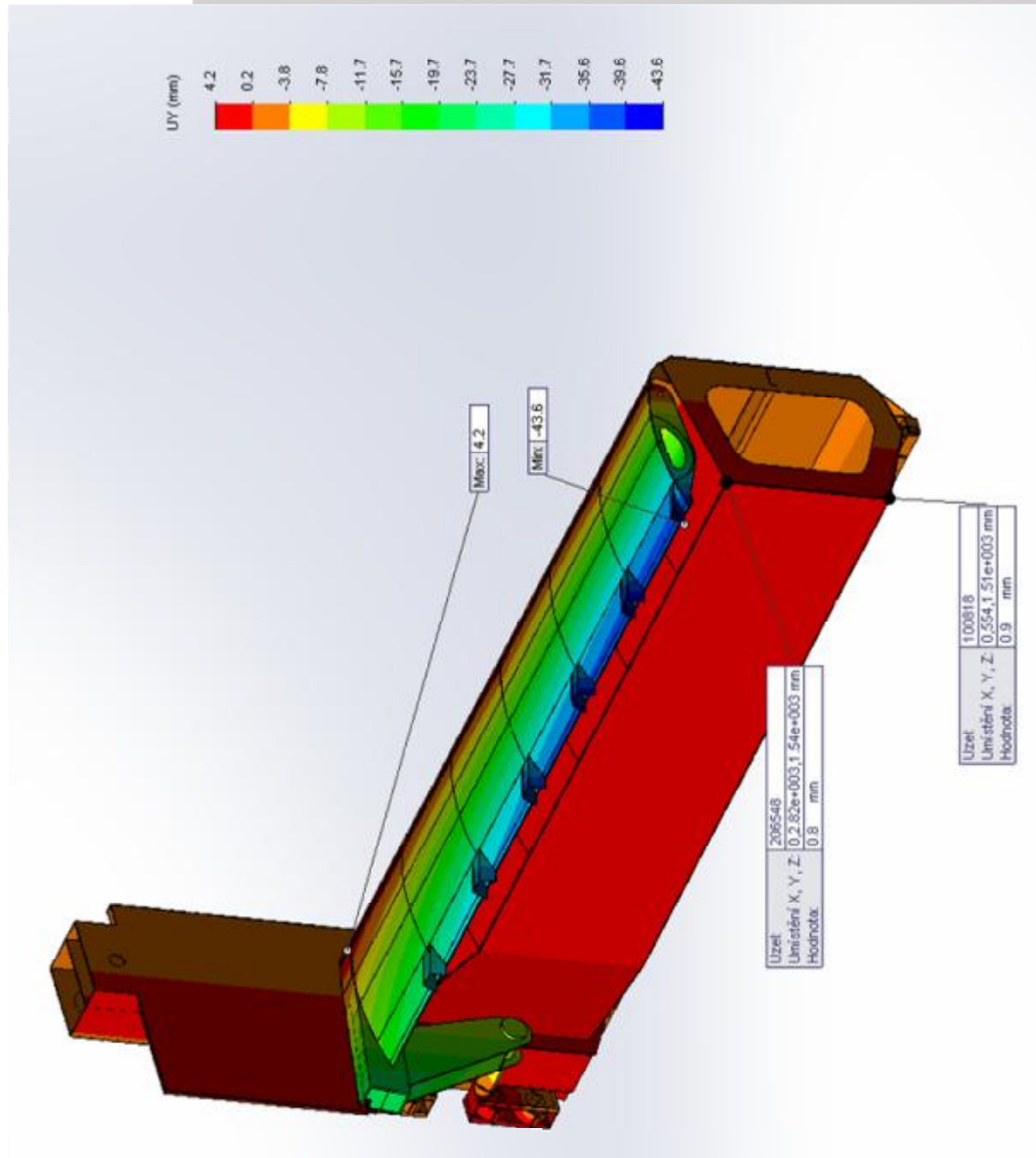
Obr.20 – LC3 okrajové podmínky posunutí



Obr.21 – LC3 výsledné napětí dle Misese (MPa).



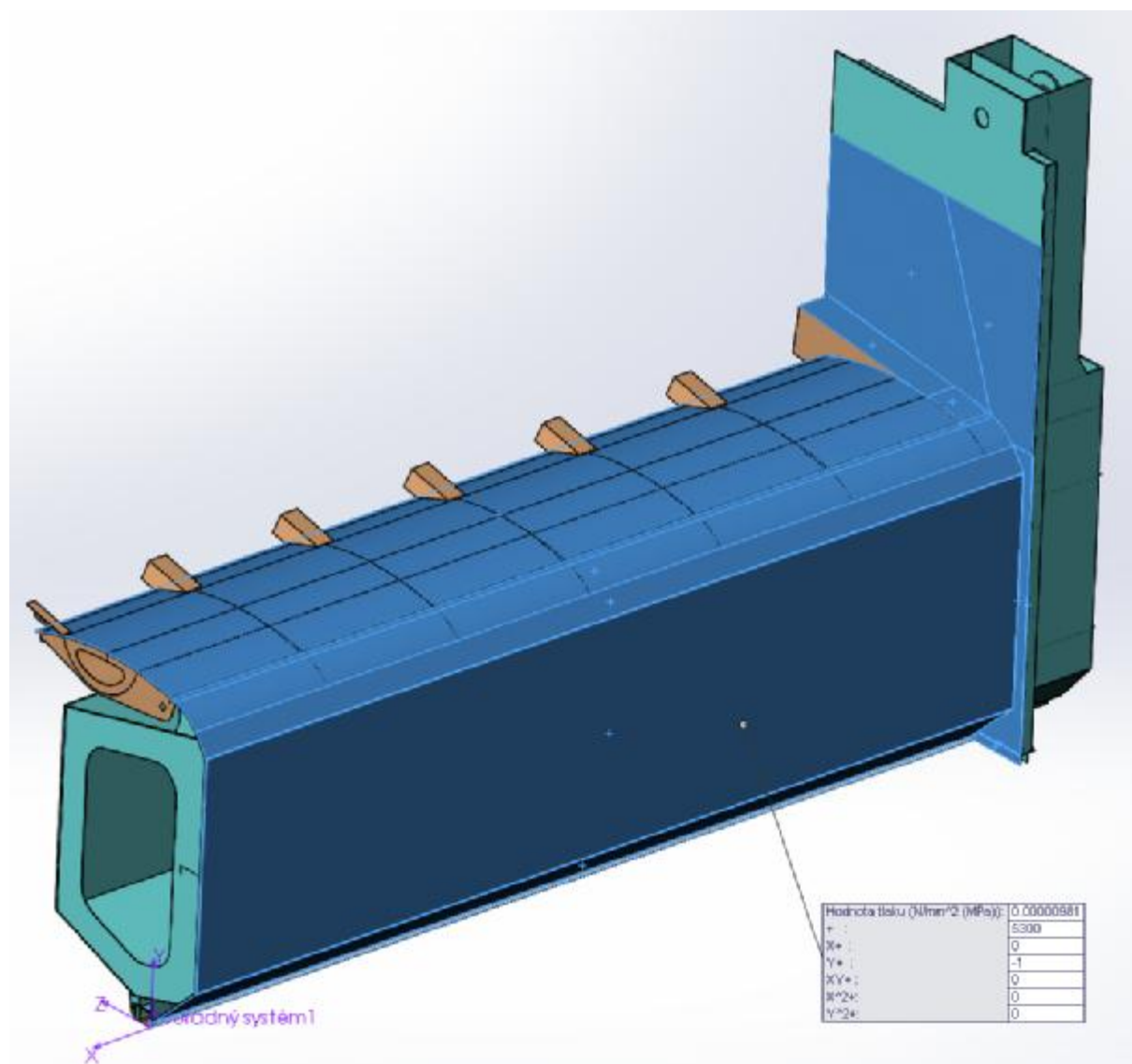
Obr.22 - LC3 výsledný průhyb uz.(mm)



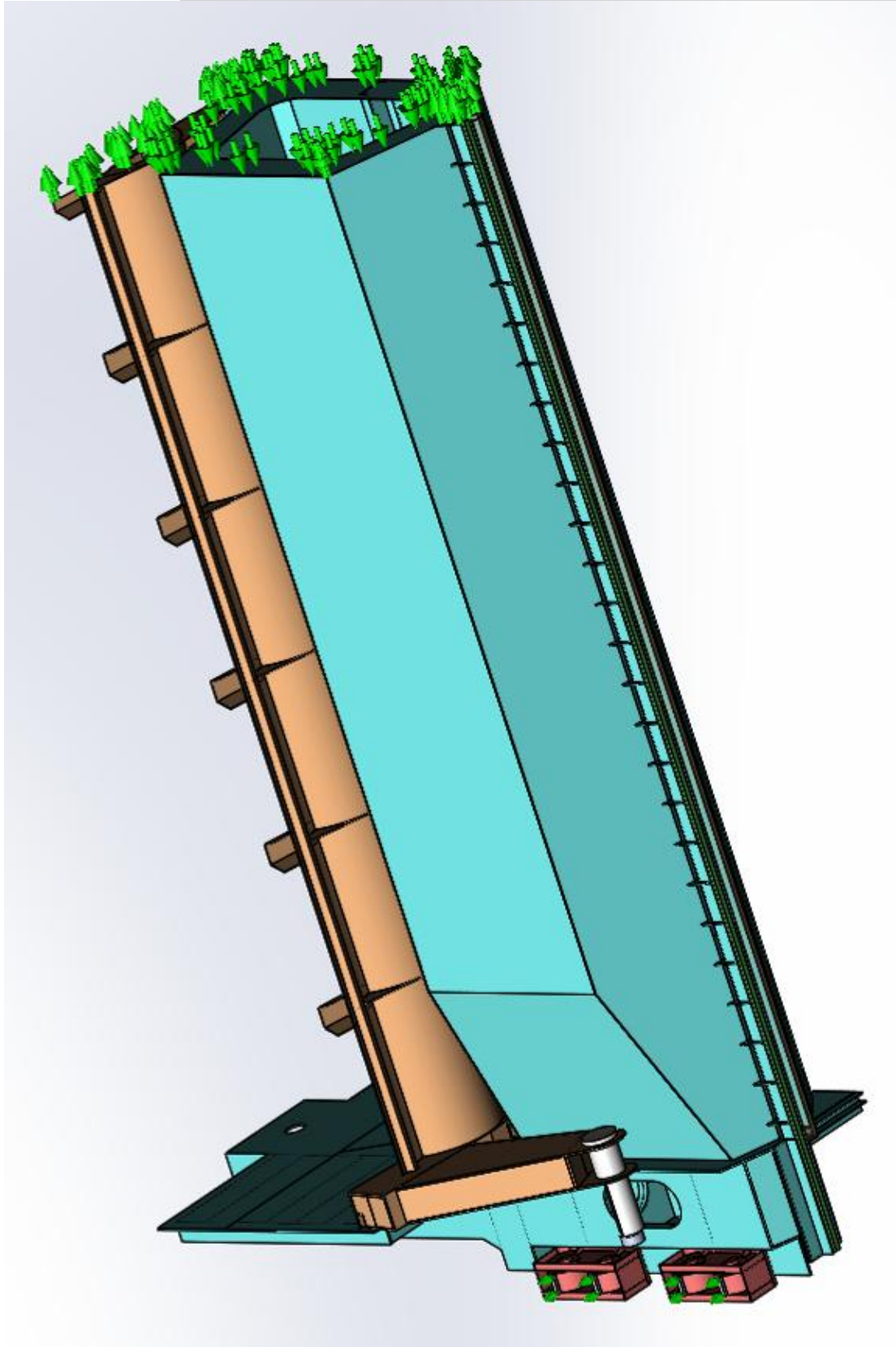
Obr.23 - LC3 výsledný průhyb uy.(mm)

4) Výpočtový stav 4 (Load Case 4 = LC4)

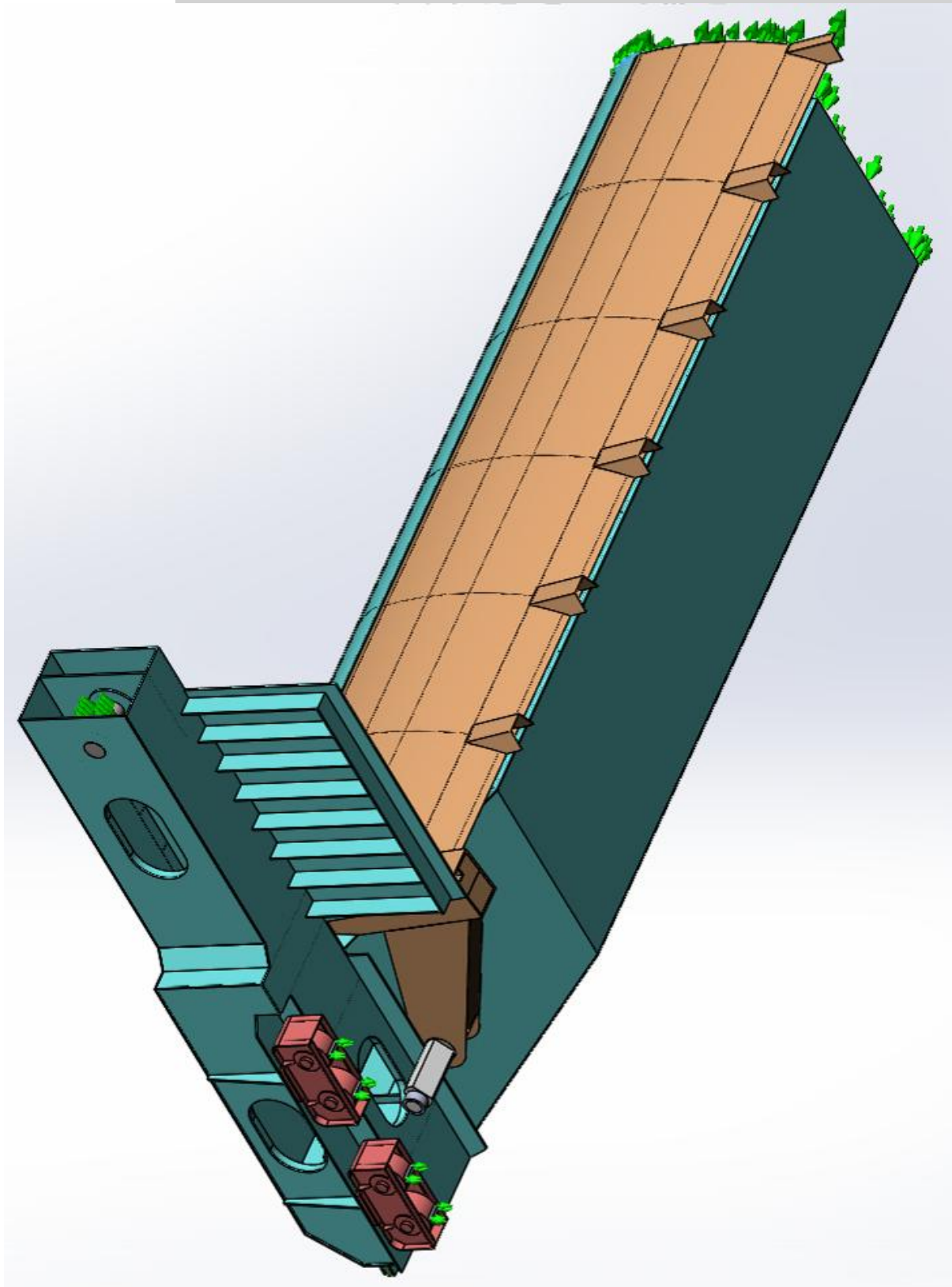
- zatížení hydrostatickým tlakem 5,30 m v.sl
- zatížení gravitací
- poloha stavidlo dole, klapka vztyčena
- klapka leží na dorazech na tělese
- podepřeno svisle na spodní ploše dřevěného trámu uprostřed rozpětí v délce 2x50 mm, $u_y=0$



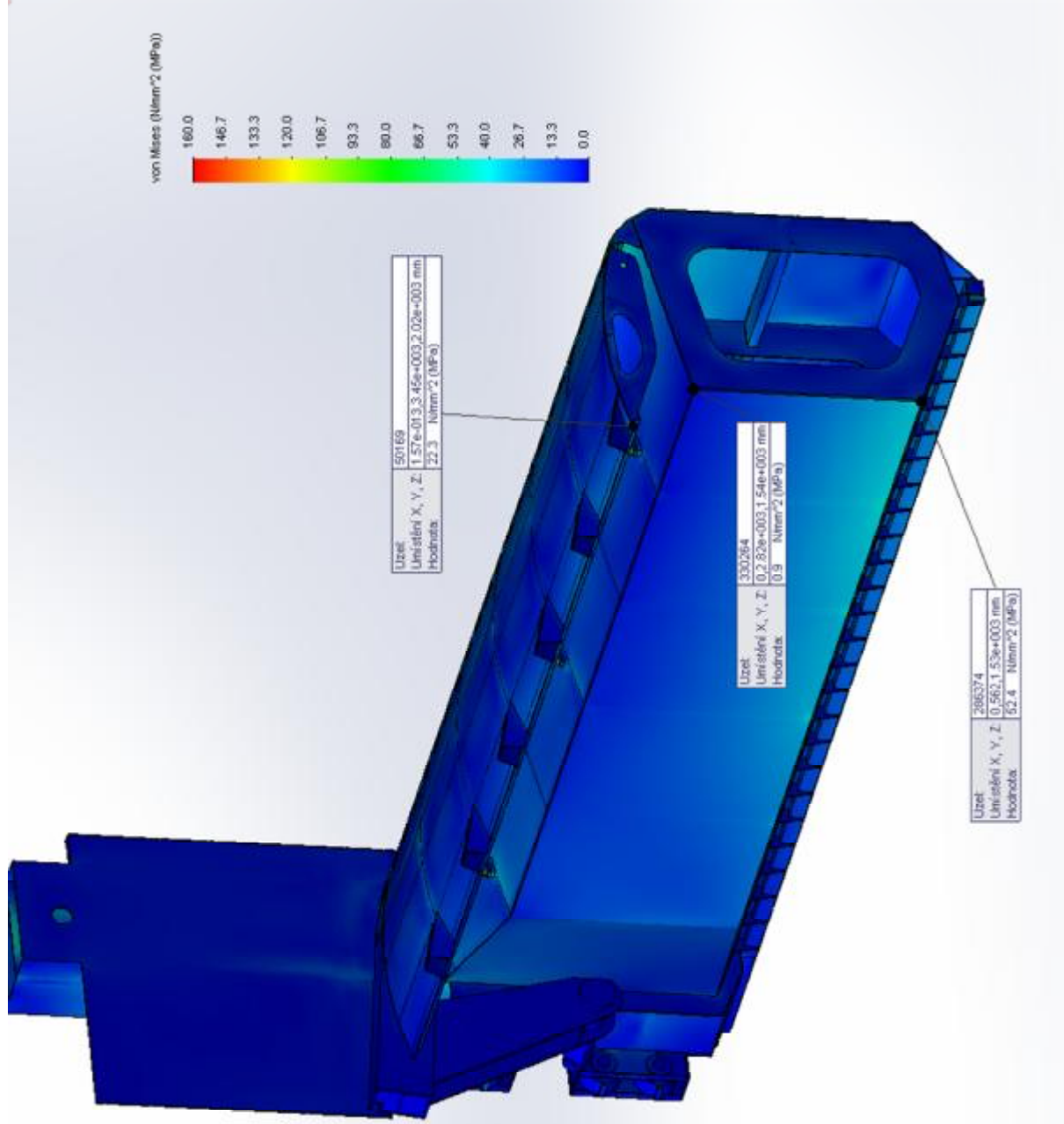
Obr.24 - LC4 zatížení hydrostatickým tlakem 5,30 m jako u stavu 4, změna okrajových podmínek uložení, podepřeno ve středu trámu v délce 50 mm, tj. celkem 100 mm



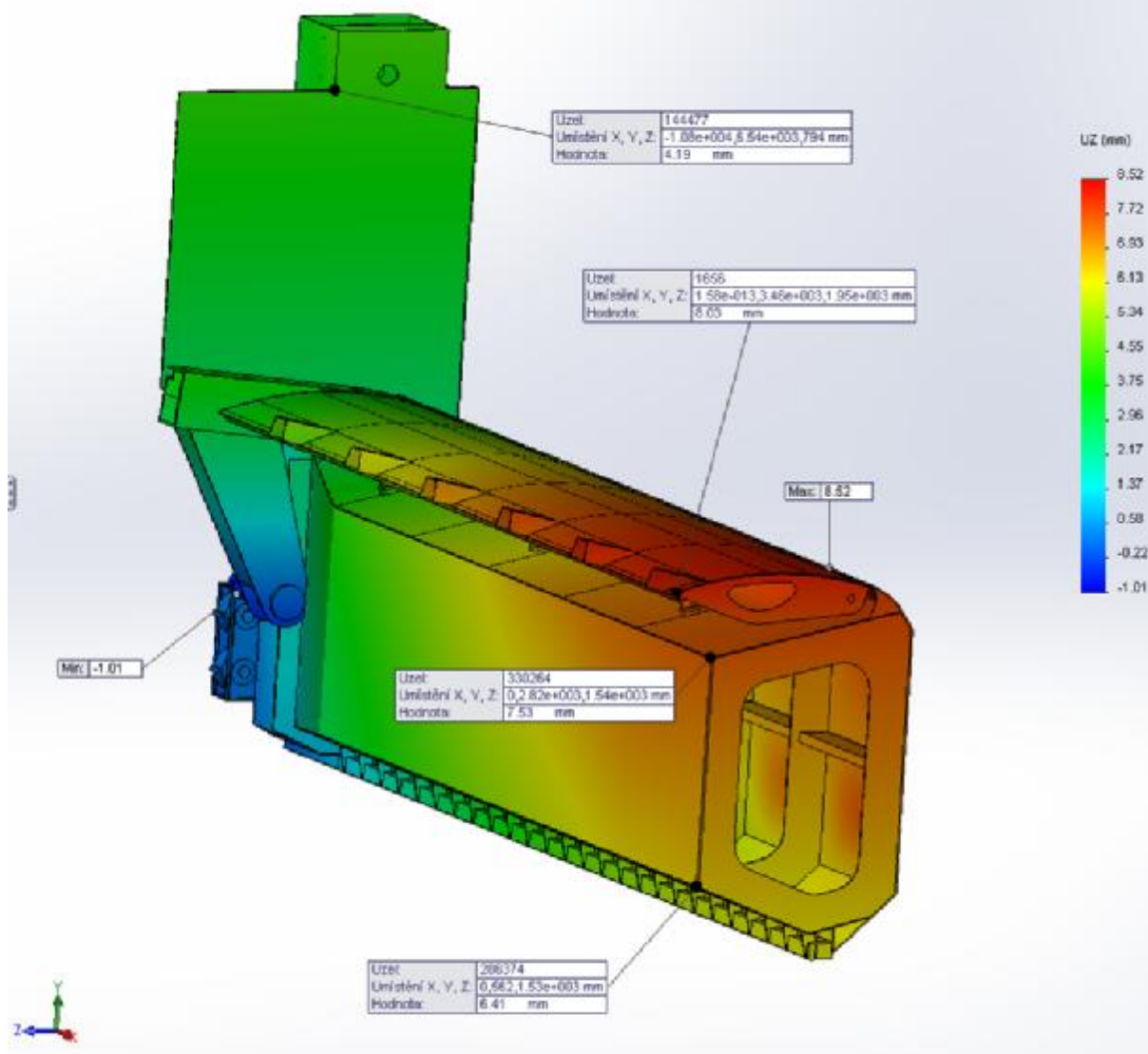
Obr.25 - LC4 okrajové podmínky uložení



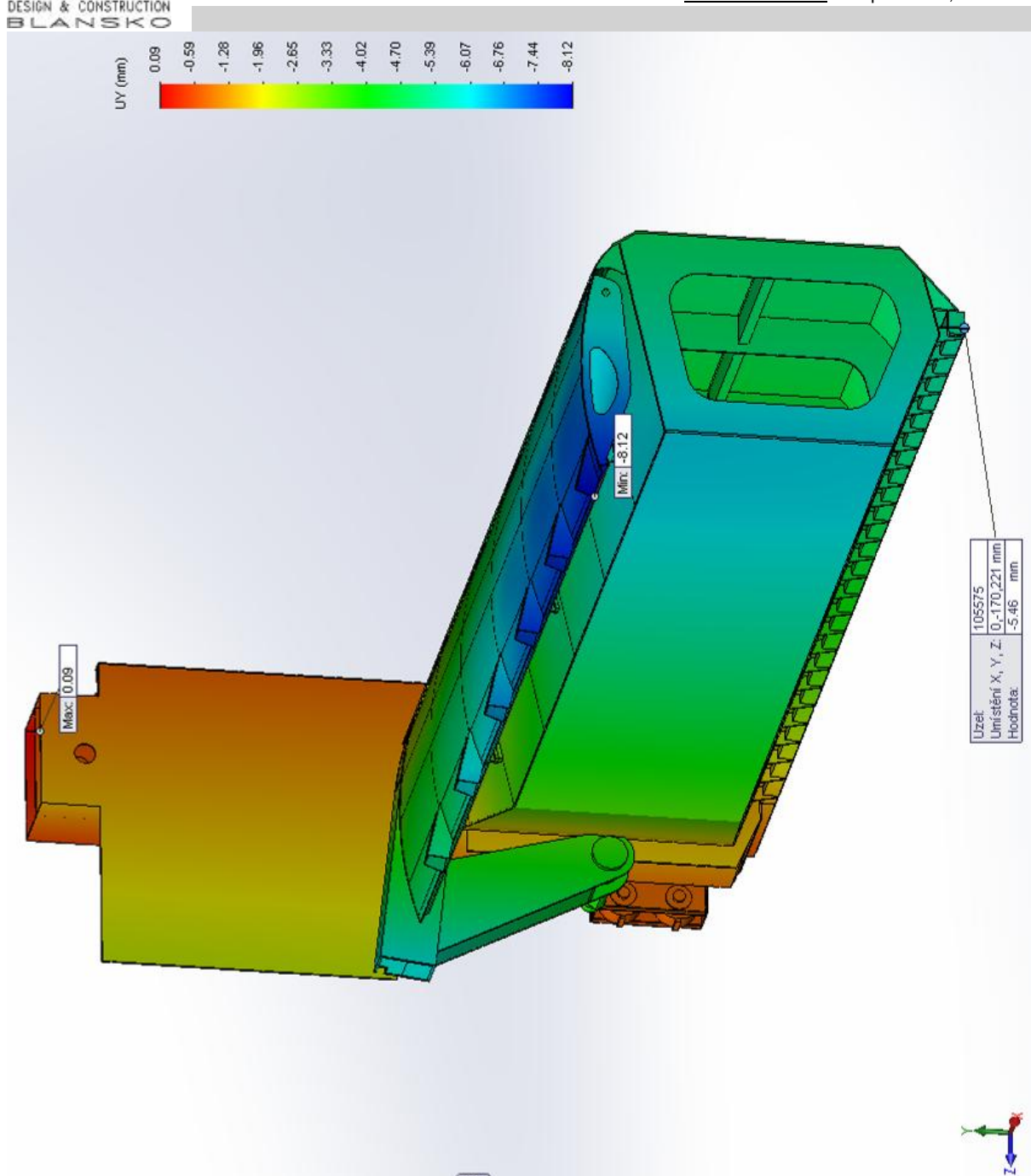
Obr.26 - LC4 okrajové podmínky uložení



Obr.27 - LC4 - výsledné napětí dle Misese (MPa).



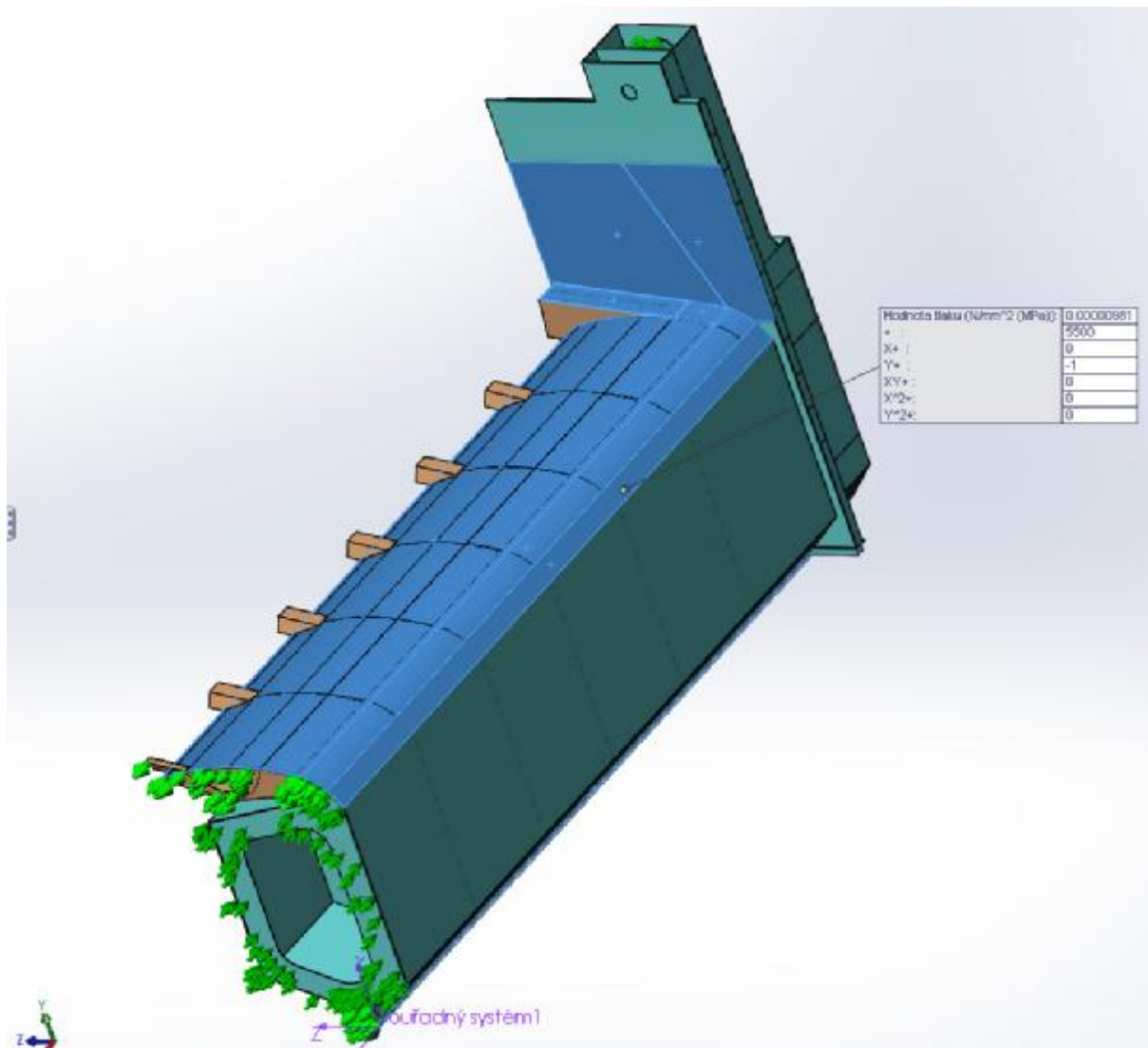
Obr.28 - LC4 - výsledný průhyb uz.(mm)



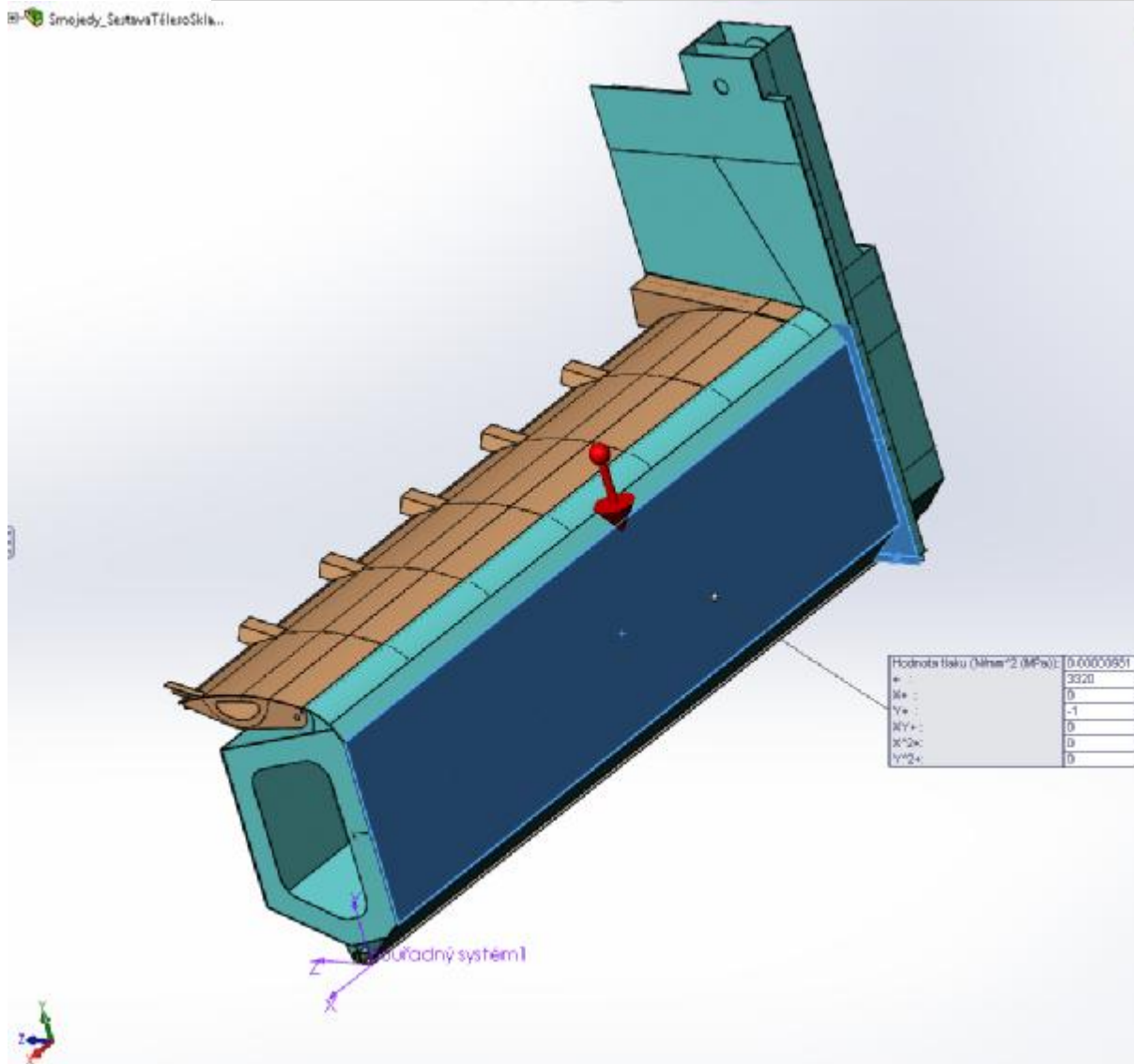
Obr.29 - LC4 - výsledný průhyb u_y (mm)

5) Výpočtový stav 5 (Load Case 5 = LC5)

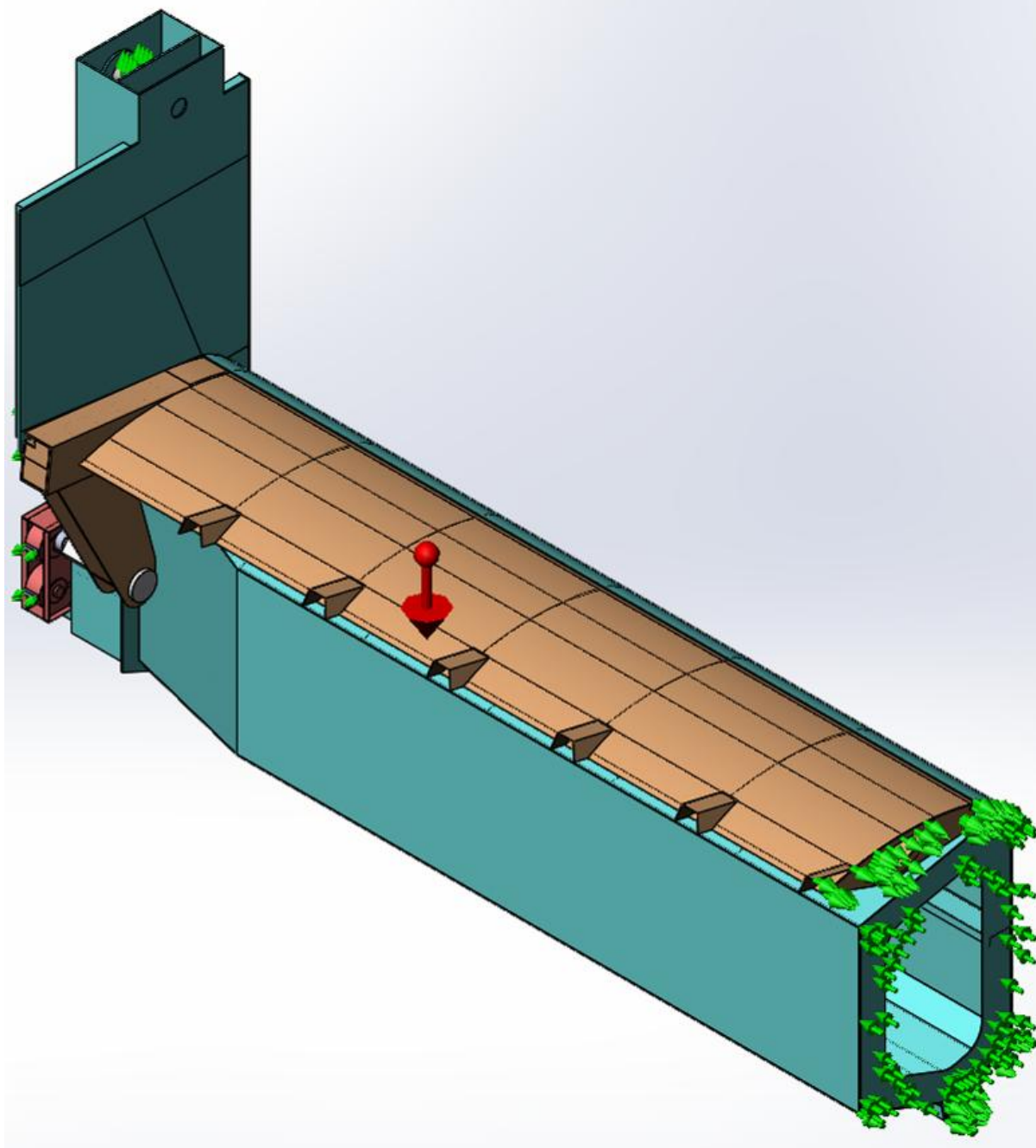
- zatížení hydrostatickým tlakem 5,30 + 0,2 m = 5,50 m v.sl.
- zatížení gravitací
- poloha stavidlo dole, klapka sklopena
- těleso podepřeno v místě kladky, $u_y=0$
- klapka leží na dorazech na tělese
- dole není podepřeno



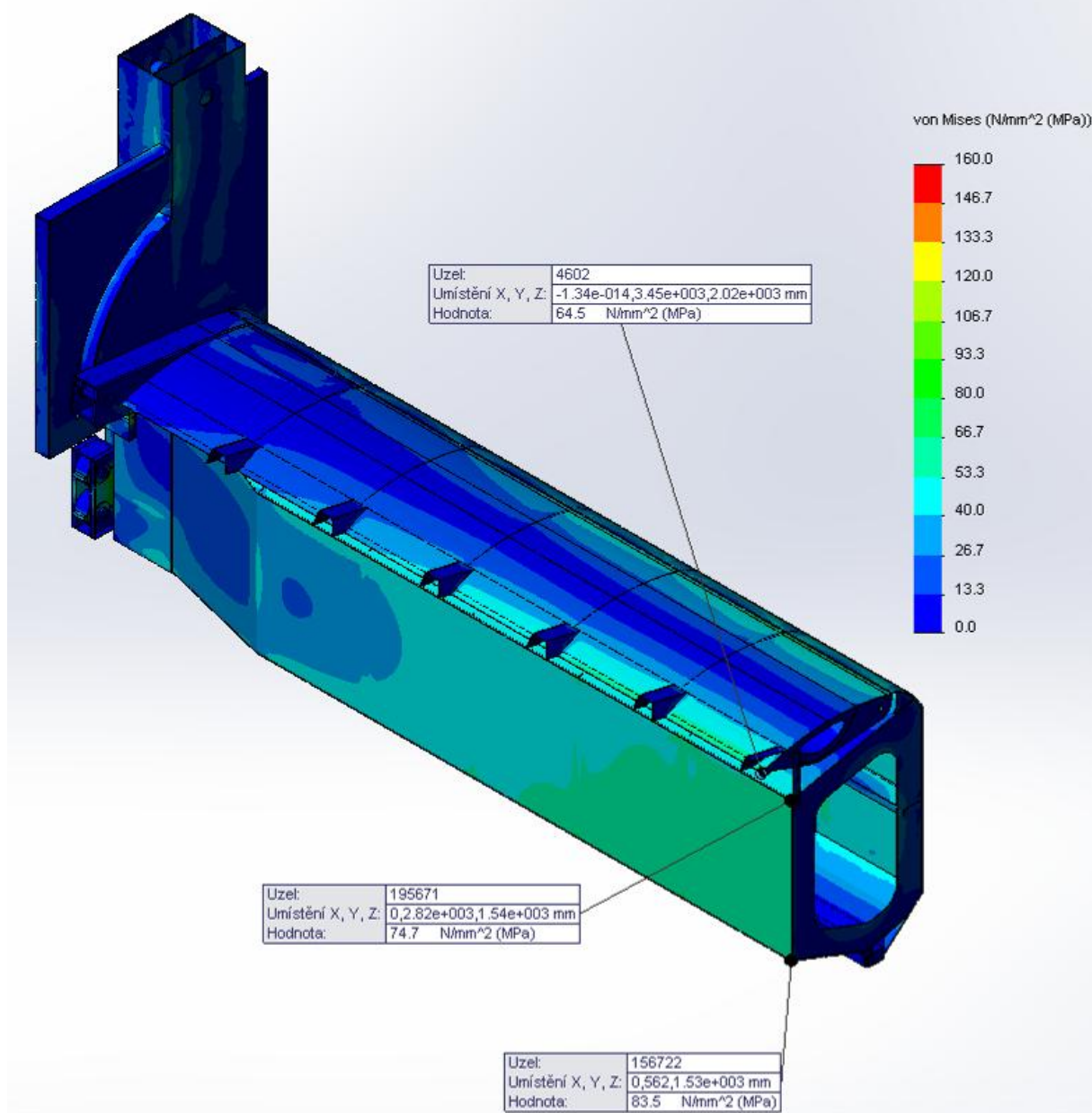
Obr.30 - LC5 - zatížení hydrostatickým tlakem 5,50-2,18=3,37 m v. sl.



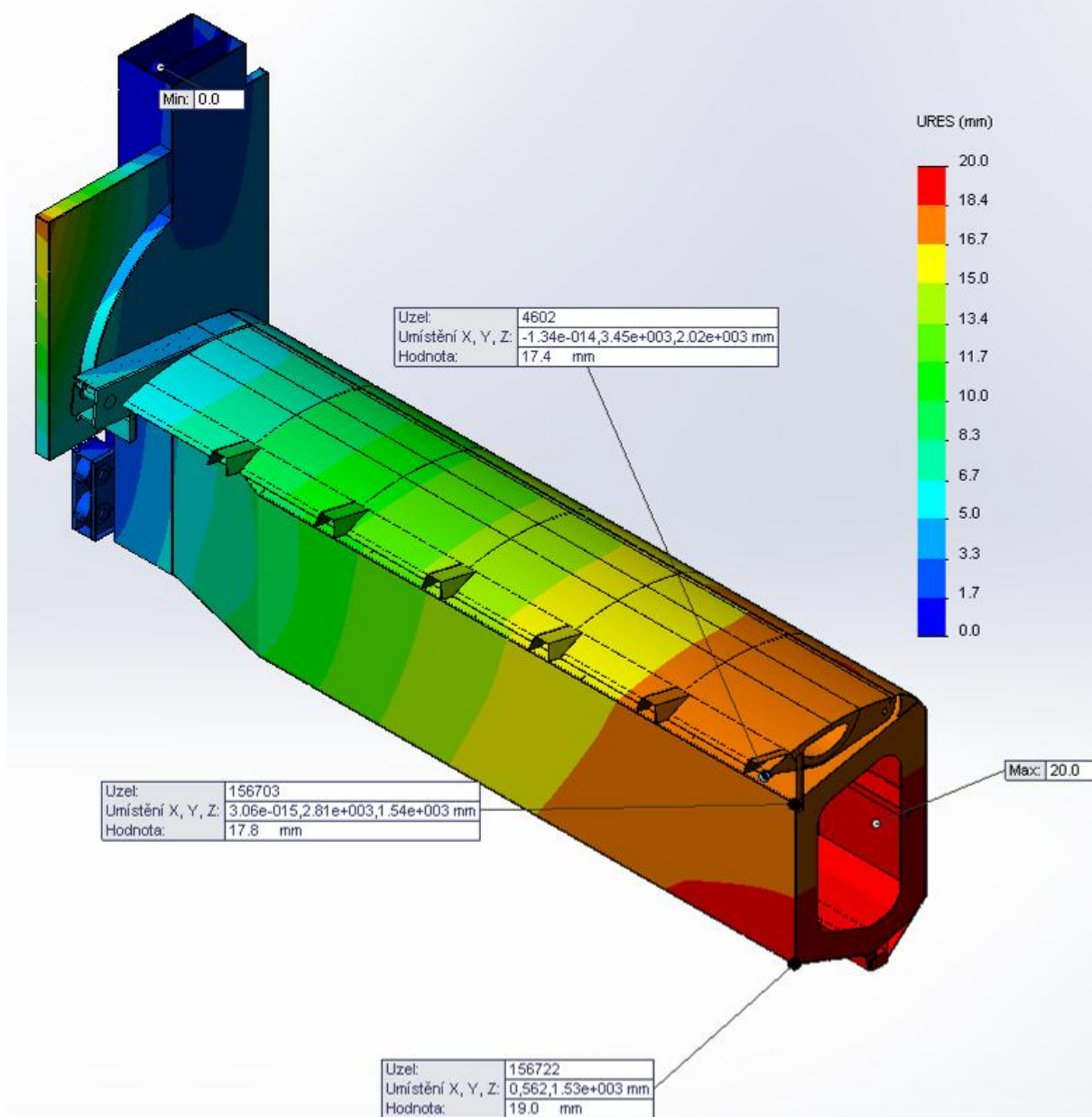
Obr.31 - LC5 - zatížení rovnoměrným tlakem $5,55 \cdot 2,18 = 3,37$ m v. sl.



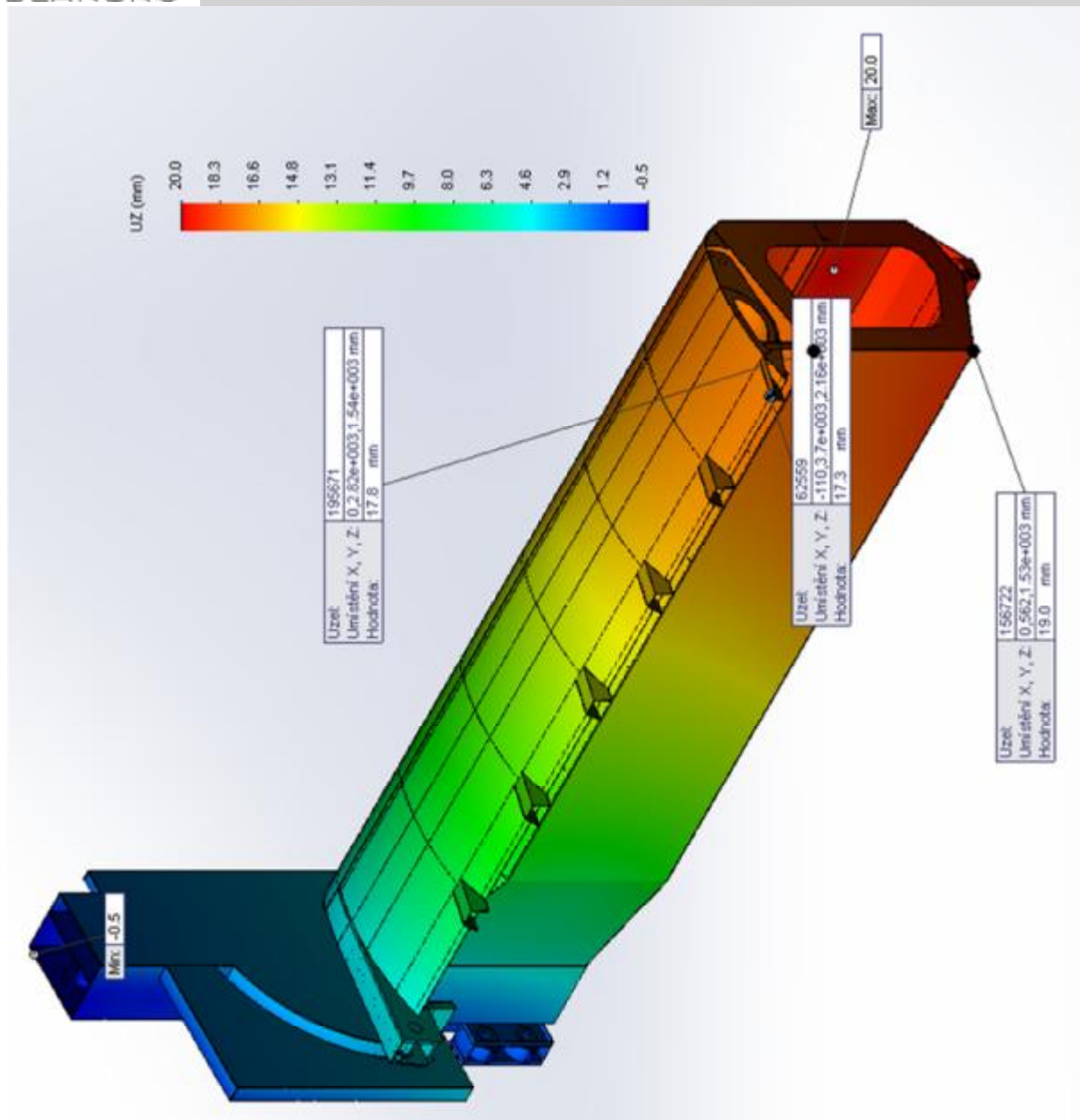
Obr.32 - LC5 okrajové podmínky podepření



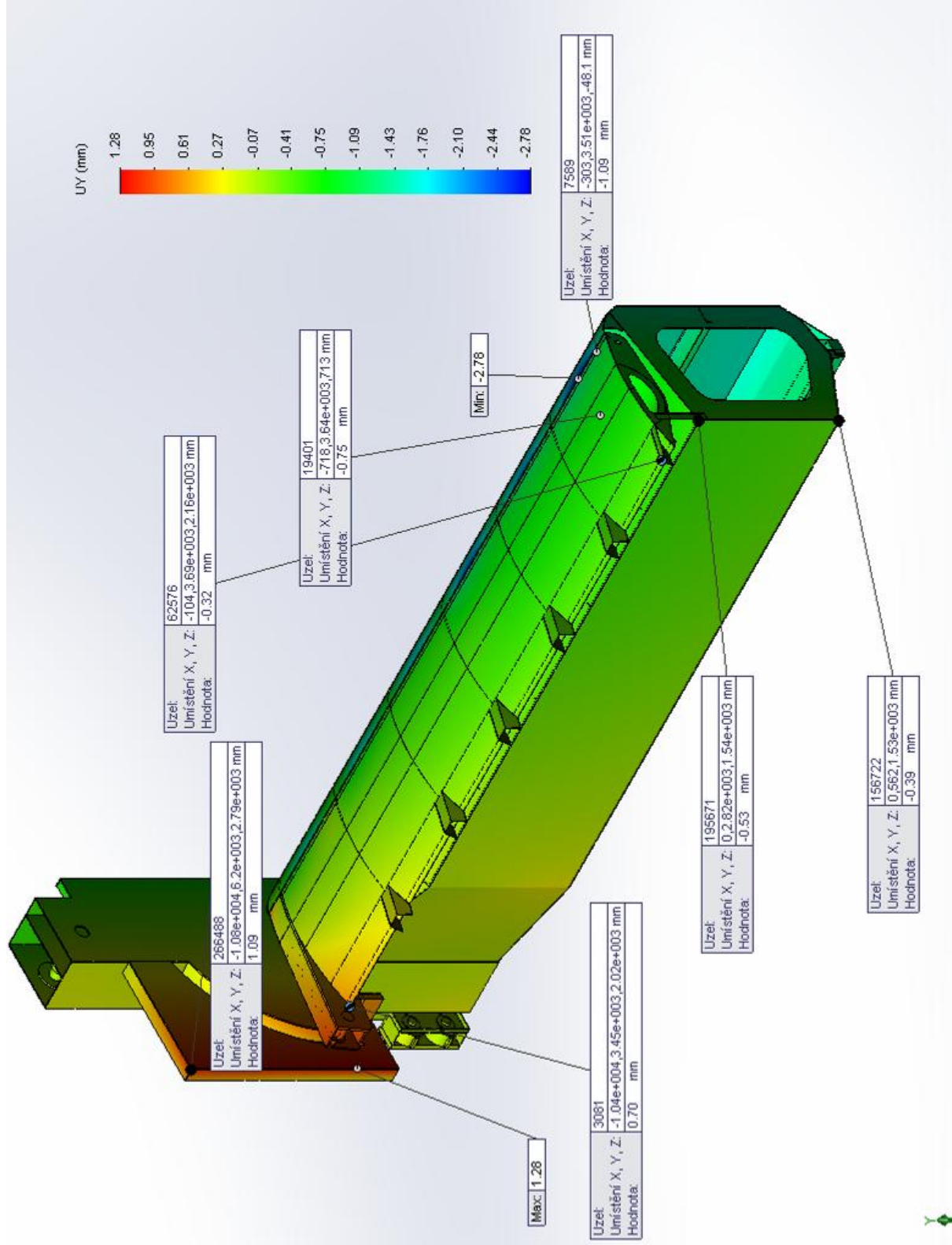
Obr.33 - LC5 výsledné napětí dle Misese (MPa).



Obr.34 - LC5 výsledný průhyb.(mm)



Obr.35 - LC5 výsledný průhyb uz.(mm)



Obr.36 - LC5 výsledný průhyb uy.(mm)