

Statický výpočet převěsů VO

Obsah:

1.	ÚVOD.....	2
1.1.	VŠEOBECNĚ	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
2.	GEOMETRIE.....	2
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	7
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	7
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	7
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY	7
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	9
5.1.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL	9
5.2.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL	9
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	10
6.	NÁVRH KONSTRUKCE.....	12
6.1.	NOSNÁ LANA.....	12
6.2.	KOTVENÍ ZÁVĚSŮ	13
7.	ZÁVĚR.....	14
8.	PŘÍLOHY	15

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o lanové převěsy pro osvětlovací tělesa veřejného osvětlení v České Kamenici, ulici Nerudova. Osvětlení je součástí akce rekonstrukce ulice.

1.2. Popis konstrukce

Lanové převěsy jsou v říčním směru řešeny z budovy na jedné straně ulice na budovu na opačné straně. V podélném směru jsou v ose komunikace převěsy propojeny středovým lanem s napájecími kabely. Vlastní osvětlovací tělesa jsou umístěna ve středu příčných převěsů. Staticky se v podélném směru jedná o 3 pole charakteru řetězovky o rozpětí 38.8m se dvěma příčnými středovými převěsy o rozpětí 8.8m a dvěma koncovými převěsy. Koncové převěsy jsou půdorysně uspořádány do Y (ukloněny pod 45°), což vzhledem k poměrně velké síle ve středovém laně umožňuje snížit kotevní síly. Průvřez příčných převěsů je uvažován o velikosti 0.5m, podélné středové lanoje rovněž uvažováno s průvřezem 0.5m.

1.3. Předpoklady výpočtu

Předpokládá se použití nerezového nebo minimálně galvanicky pozinkovaného lana. Kotvení, resp. lanový systém, musí umožnit napnutí lana v požadovaném tvaru. Bude použit kompletní certifikovaný lanový systém, který bude respektovat minimální poloměry zakřivení lana, veškeré spoje a dopínací prvky budou systémové.

Kotvení k fasádám budov bude provedeno rovněž certifikovaným systémem, hloubka kotvení bude odpovídat kvalitě zdiva. Před kotvením bude přizván technik kotevních systémů pro posouzení stavu zdiva a návrh vhodných kotev.

Výšková úroveň kotvení bude uzpůsobena uvažovaným průvřezům lan.

Uvažuje se s možností námrazy na nosných lanech, ale nepředpokládá se se sesunutím masy sněhu ze střechy na závěs. V případě sesunutí sněhu se jedná o lokální zatížení a předpokládá se proříznutí sněhu lanem bez většího přetížení lan.

2. Geometrie

Tvar a základní konstrukce jsou patrné z přiložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy i výstupy jsou archivovány u projektanta. Model konstrukce je zvolen jako prutová prostorová konstrukce lomená do tvaru řetězovky.

Půdorys návrhu

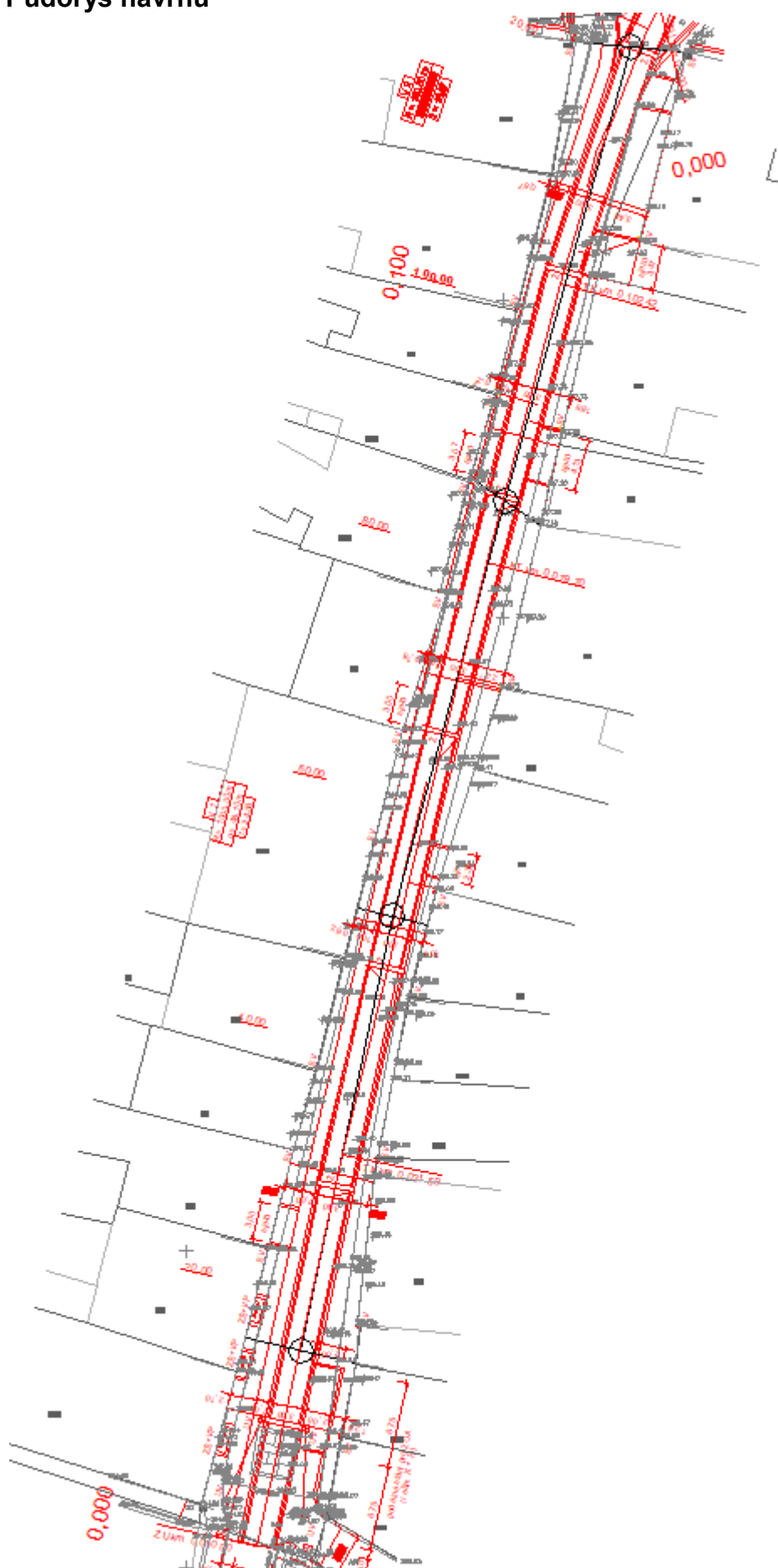
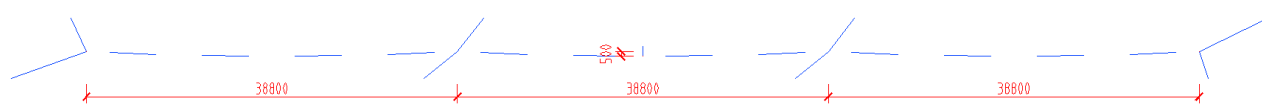
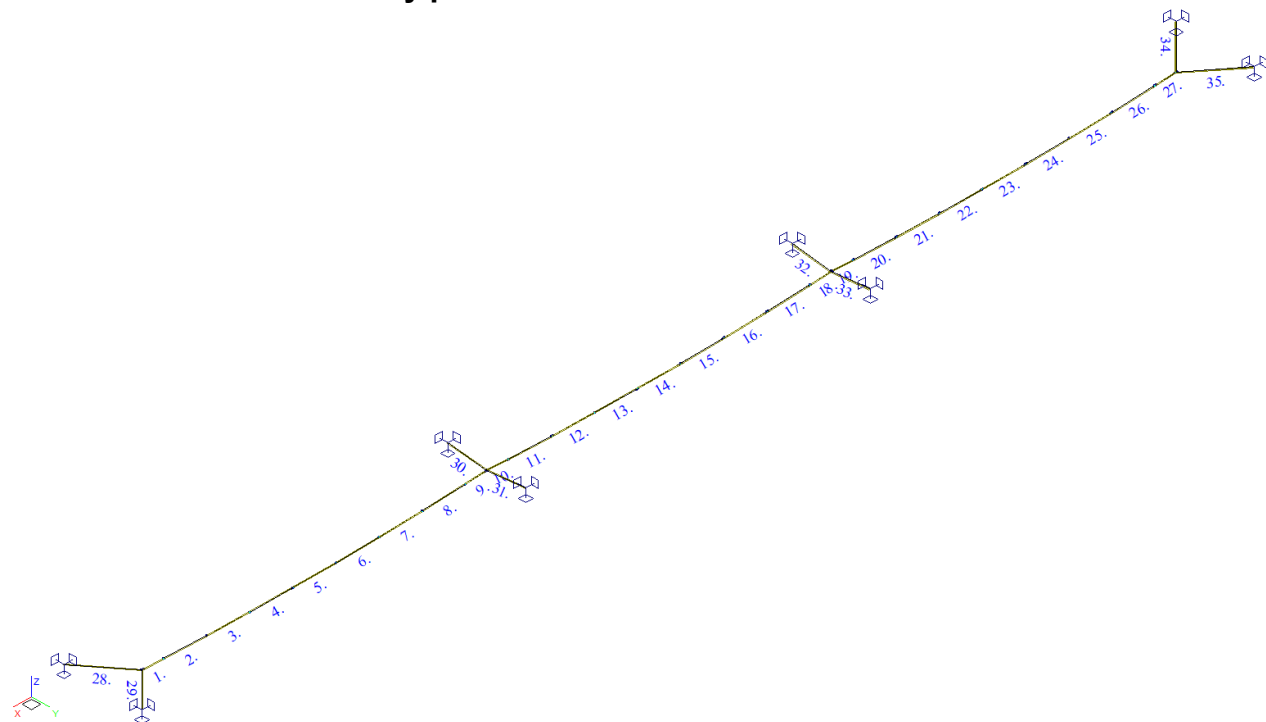


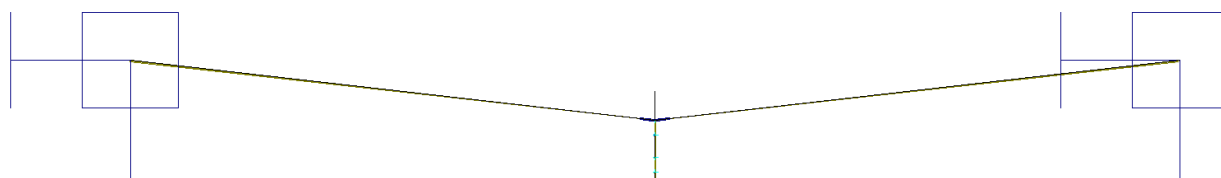
Schéma konstrukce se základními rozměry



Model v axonometrii s čísly prvků



Model v příčném řezu



Model v podélném řezu



Údaje o konstrukci

Jméno projektu	nk	Prutů	35	Geometrie - délky	m
Autor projektu	Ing.T.Humpal	Ploch	0	Geometrie - úhly	deg
Popis projektu	laná	Zatížení	74	Průřezy - délky	m
Rozměr projektu	Prostor	Podpor	8	Zatížení, výsledky - síly	kN
Datum	30.9.2020	Bodů	0	Zatížení, výsledky - napětí	kPa
Čas	9:16	Linií	31	Zatížení, výsledky - délky	m
		Ploch	0	Deformace - posuny	m
		Kontaktů	28	Deformace - natočení	deg
		Materiálů	1	Čas	sec
		Průřezů	1	Teplota	°C
		Tloušťek	0	Hmota	t
		Podloží	0		
		Skupin	3		
		Zat. stavů	7		

Výpis zadanych materiálů:

E1, E2	[kPa]	moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)
ni		Poissonův součinitel
gama	[t/m3]	objemová hmotnost
K1, K2	[kN/m3]	koefficienty tepelné roztažnosti
útlum		dekrement útlumu

Materiál	Typ	E 1	ni	gama	K 1	E 2	K 2	útlum
		[kPa]		[t/m3]	[kN/m3]	[kPa]	[kN/m3]	
Fe510	OCEL	2.100e+08	0.300	7.850	1.200e-05			0.010
Materiál	Objem	Hmotnost						
	[m3]	[t]						
Fe510	0.012	0.098						
celkem		0.098						

Výpis zadanych průřezů:**Průřez : lano**

Typ : svařovaný

Rozměry :

průměr : d = 0.01 m

Průřezové charakteristiky :

průřezová plocha : A = 7.85398e-005 m2

první hlavní moment setrvačnosti : Iu = 4.90874e-010 m4

druhý hlavní moment setrvačnosti : Iv = 4.90874e-010 m4

moment setrvačnosti k ose Y : Iy = 4.90874e-010 m4

moment setrvačnosti k ose Z : Iz = 4.90874e-010 m4

odklon hlavních os momentu setrvačnosti : 0 deg

"teplotní koeficient" Temp Y : TempY = 4.90874e-008 m3

"teplotní koeficient" Temp Z : TempZ = 4.90874e-008 m3

koeficient smykové poddajnosti Y : Ay/A = 0.900059

koeficient smykové poddajnosti Z : Az/A = 0.900059

poloha těžiště vztažená k zadávacím souř. osám : ey = 0 m : ez = 0 m

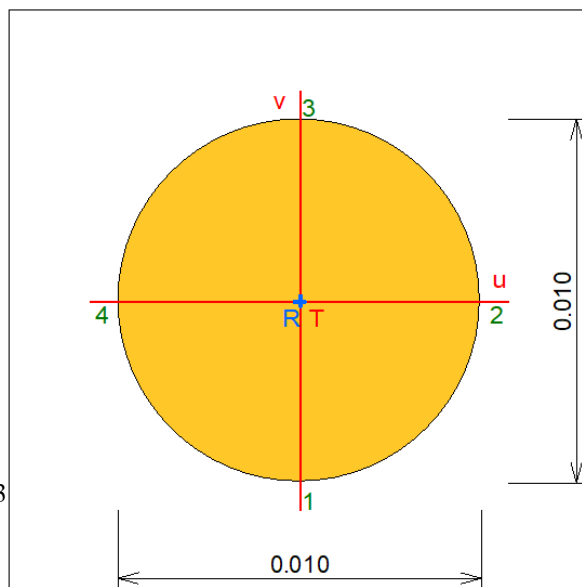
poloha těžiště vztažená k prvnímu vrcholu prvního průřezu : ey = 0 m : ez = -0.005 m

moment tuhosti v prostém kroucení : Ik = 9.81748e-010 m4

modul průřezu : Wy = 9.81748e-008 m3 : Wz = 9.81748e-008 m3

poloměr setrvačnosti : iy = 0.0025 m : iz = 0.0025 m

plastický průřezový modul : Wpl.y = 1.66265e-007 m3 : Wpl.z = 1.66265e-007 m3



Další údaje o průřezu :

natočení průřezu : alfa = 0 deg

poloha referenčního bodu : y = 0 m : z = 0 m

přiřazený materiál : Fe510

objem 1 metru průřezu : 7.85398e-005 m3

plocha 1 metru průřezu - vnější : 0.0314159 m2

hmotnost 1 metru pro přiřazený materiál : 0.000616538 t

Výpis prutových dílců - parametry prutů:

Prut	Typ prutu	Průřez 1	Působení	Délka [m]	Objem [m3]	Skupina
1	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
2	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
3	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
4	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
5	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
6	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
7	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
8	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
9	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
10	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
11	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
12	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
13	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
14	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
15	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
16	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
17	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
18	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
19	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
20	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
21	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
22	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
23	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
24	Obecný	lano	Běžný	4.850	3.809e-04	Skupina č.1
25	Obecný	lano	Běžný	4.852	3.810e-04	Skupina č.1
26	Obecný	lano	Běžný	4.854	3.812e-04	Skupina č.1
27	Obecný	lano	Běžný	2.428	1.907e-04	Skupina č.1
28	Obecný	lano	Běžný	6.243	4.903e-04	Skupina č.1
29	Obecný	lano	Běžný	6.243	4.903e-04	Skupina č.1
30	Obecný	lano	Běžný	4.428	3.478e-04	Skupina č.1
31	Obecný	lano	Běžný	4.428	3.478e-04	Skupina č.1
32	Obecný	lano	Běžný	4.428	3.478e-04	Skupina č.1
33	Obecný	lano	Běžný	4.428	3.478e-04	Skupina č.1
34	Obecný	lano	Běžný	6.243	4.903e-04	Skupina č.1
35	Obecný	lano	Běžný	6.243	4.903e-04	Skupina č.1

Výpis prutových dílců - souřadnice vrcholů:

Prut	Počátek [m]	Konec [m]
1	58.200,-0.750,0.000	55.775,-0.750,-0.125
2	55.775,-0.750,-0.125	50.925,-0.750,-0.312
3	50.925,-0.750,-0.312	46.075,-0.750,-0.437
4	46.075,-0.750,-0.437	41.225,-0.750,-0.500
5	41.225,-0.750,-0.500	36.375,-0.750,-0.500
6	36.375,-0.750,-0.500	31.525,-0.750,-0.437
7	31.525,-0.750,-0.437	26.675,-0.750,-0.312
8	26.675,-0.750,-0.312	21.825,-0.750,-0.125
9	21.825,-0.750,-0.125	19.400,-0.750,0.000
10	19.400,-0.750,0.000	16.975,-0.750,-0.125
11	16.975,-0.750,-0.125	12.125,-0.750,-0.312
12	12.125,-0.750,-0.312	7.275,-0.750,-0.437
13	7.275,-0.750,-0.437	2.425,-0.750,-0.500
14	2.425,-0.750,-0.500	-2.425,-0.750,-0.500
15	-2.425,-0.750,-0.500	-7.275,-0.750,-0.437
16	-7.275,-0.750,-0.437	-12.125,-0.750,-0.312
17	-12.125,-0.750,-0.312	-16.975,-0.750,-0.125
18	-16.975,-0.750,-0.125	-19.400,-0.750,0.000
19	-19.400,-0.750,0.000	-21.825,-0.750,-0.125
20	-21.825,-0.750,-0.125	-26.675,-0.750,-0.312
21	-26.675,-0.750,-0.312	-31.525,-0.750,-0.437
22	-31.525,-0.750,-0.437	-36.375,-0.750,-0.500
23	-36.375,-0.750,-0.500	-41.225,-0.750,-0.500
24	-41.225,-0.750,-0.500	-46.075,-0.750,-0.437
25	-46.075,-0.750,-0.437	-50.925,-0.750,-0.312
26	-50.925,-0.750,-0.312	-55.775,-0.750,-0.125
27	-55.775,-0.750,-0.125	-58.200,-0.750,0.000
28	62.600,-5.150,0.500	58.200,-0.750,0.000
29	58.200,-0.750,0.000	62.600,3.650,0.500
30	19.400,-5.150,0.500	19.400,-0.750,0.000
31	19.400,-0.750,0.000	19.400,3.650,0.500
32	-19.400,-5.150,0.500	-19.400,-0.750,0.000
33	-19.400,-0.750,0.000	-19.400,3.650,0.500
34	-62.600,-5.150,0.500	-58.200,-0.750,0.000
35	-58.200,-0.750,0.000	-62.600,3.650,0.500

3. Zatížení konstrukce**3.1. Stálé zatížení**

$$q_{\text{nosné lano (R7)}} = 0.0302 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{napájecí kabely (2ks)}} = 2 \cdot 0.0163 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{osvětlovací těleso}} = 0.13 \text{ kN}$$

3.2. Nahodilá zatížení

$$q_{\text{námraza-LED}} = 0.1 \cdot 0.1 \cdot 10 = 0.1 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{vítr na lampu}} = 0.5 \cdot 0.2 \cdot 1.4 = 0.14 \text{ kN}$$

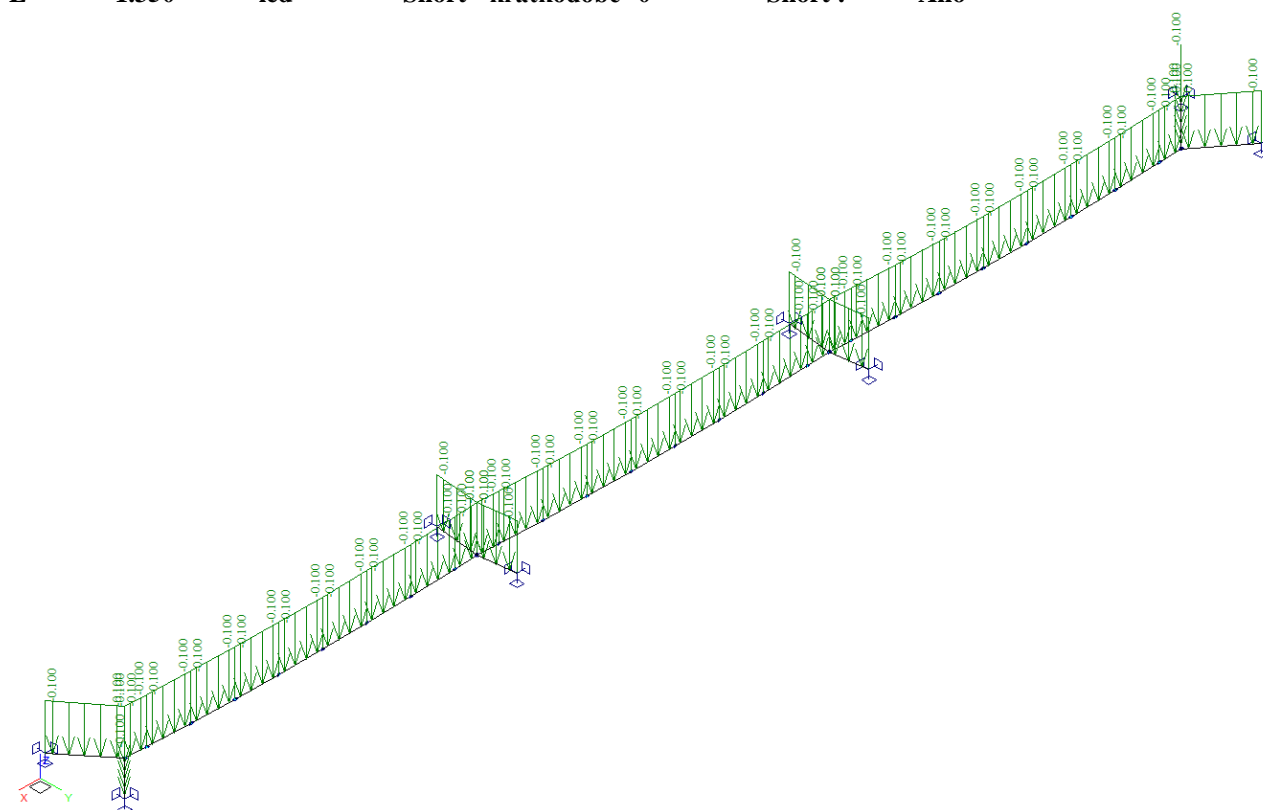
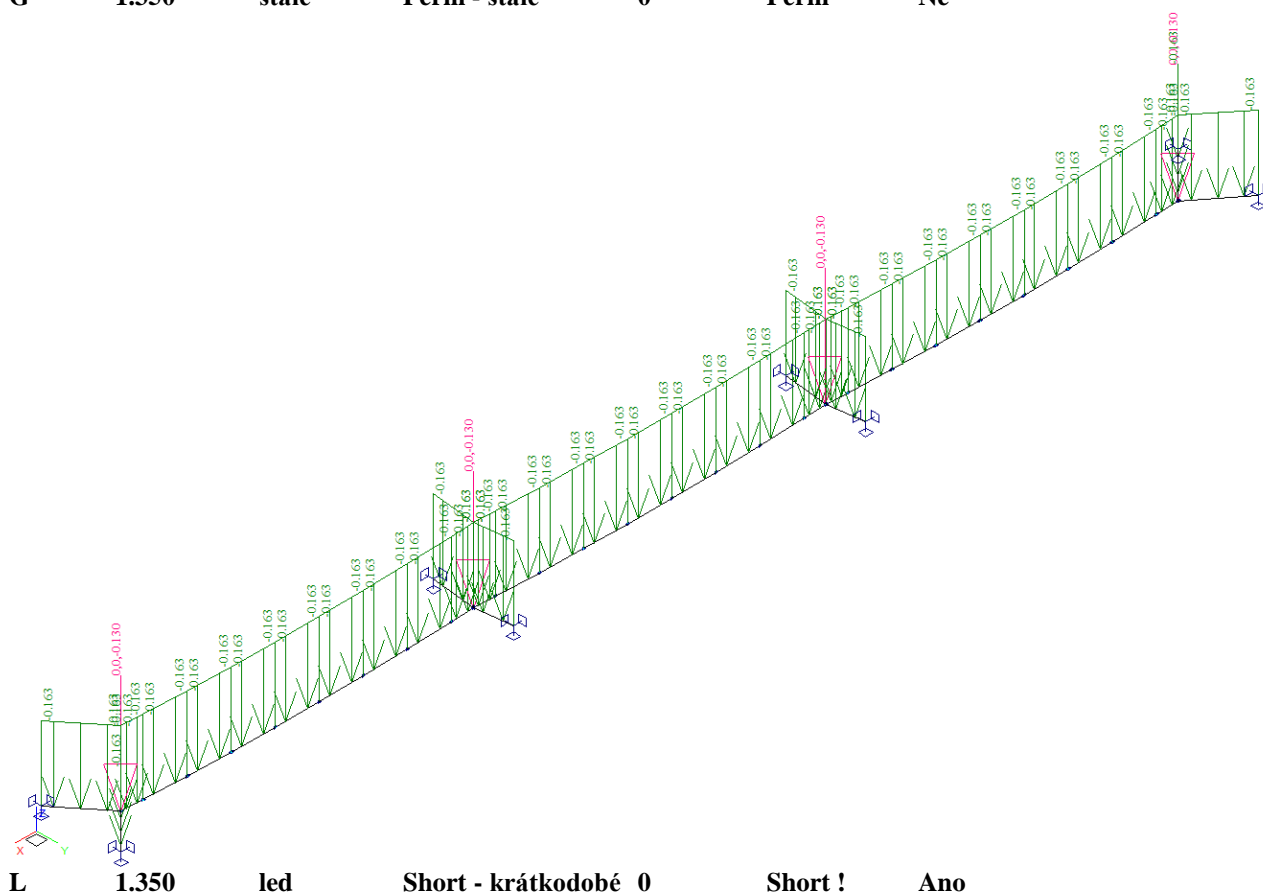
Vítr je s ohledem na směr působení a velké vodorovné síly v táhlech zanedbán.

4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu.

Výpis zatěžovacích stavů :

Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
G	1.350	stálé	Perm - stálé	0	Perm	Ne
L	1.350	led	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
G	1.350	stálé	Perm - stálé	0	Perm	Ne



5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu FEAT'2000 pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní vstupní i výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

5.1. Rekapitulace vnitřních sil

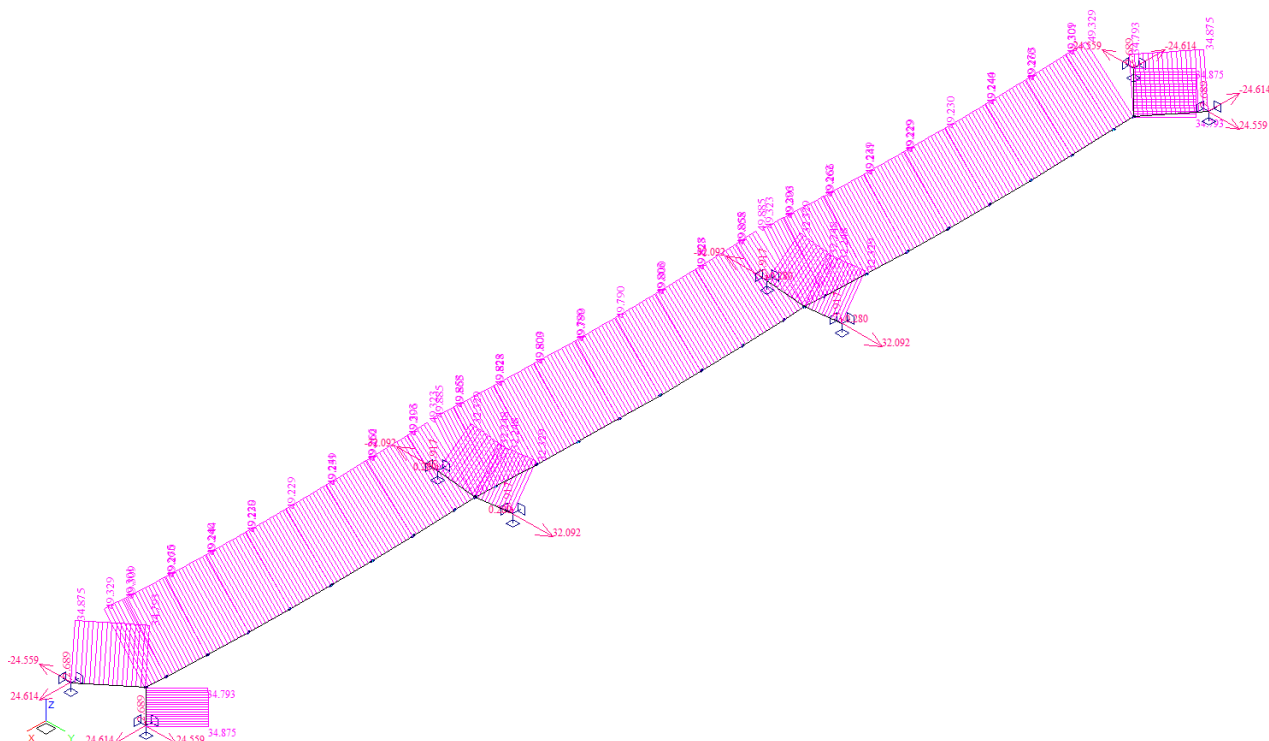
Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly v rozhodujících profilech tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Ostatní vnitřní síly a polohy jsou zohledněny ve strojové superpozici. Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen dále. V tabulce jsou uvedeny hodnoty v kNm/m.

zat.stav	N _{podélné lano}	R _{h-koncové-xyz}			R _{střední-xyz}			γ _f
G stálé zatížení	49.3	24.6	24.6	2.7	0.0	32.1	3.9	1.35
L led	30.2	14.9	14.9	1.6	0.0	19.3	2.3	1.35

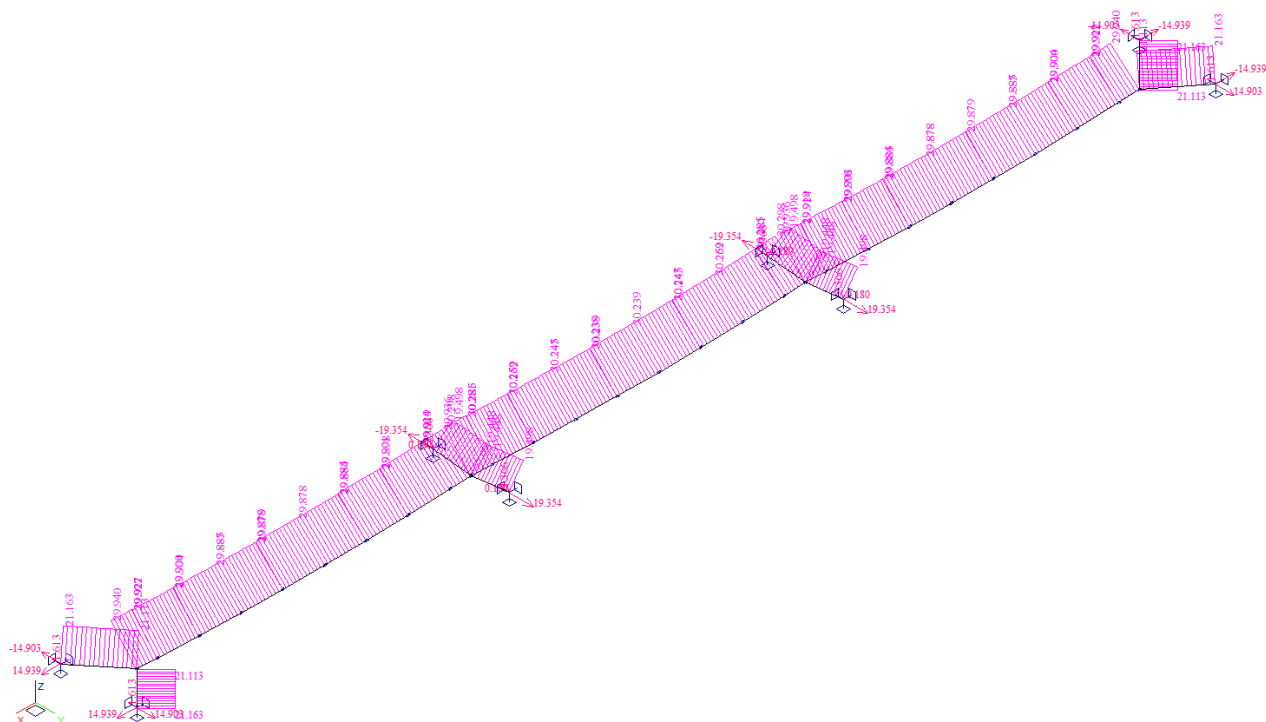
5.2. Průběh vnitřních sil

Přiloženy jsou pouze průběhy normálových sil v kN a hodnoty reakcí v kN. Jedná se o charakteristické hodnoty bez součinitele zatížení.

G 1.350 stálé Perm - stálé 0 Perm Ne



L 1.350 led Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



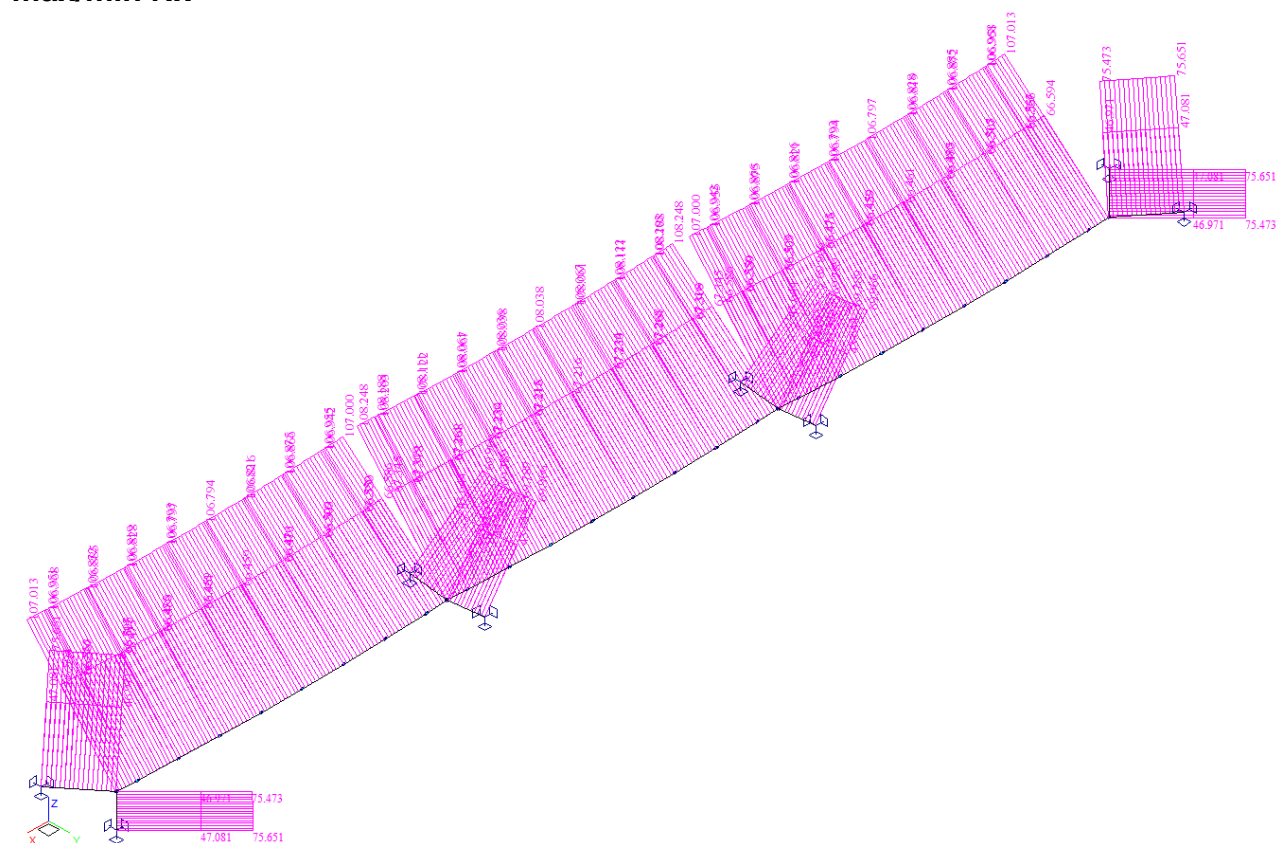
5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se zohledněním součinitelů zatížení. Zahrnutý je vliv vlastní tíhy nosné konstrukce, ostatního stálého zatížení a nahodilého zatížení podle následujícího schématu.

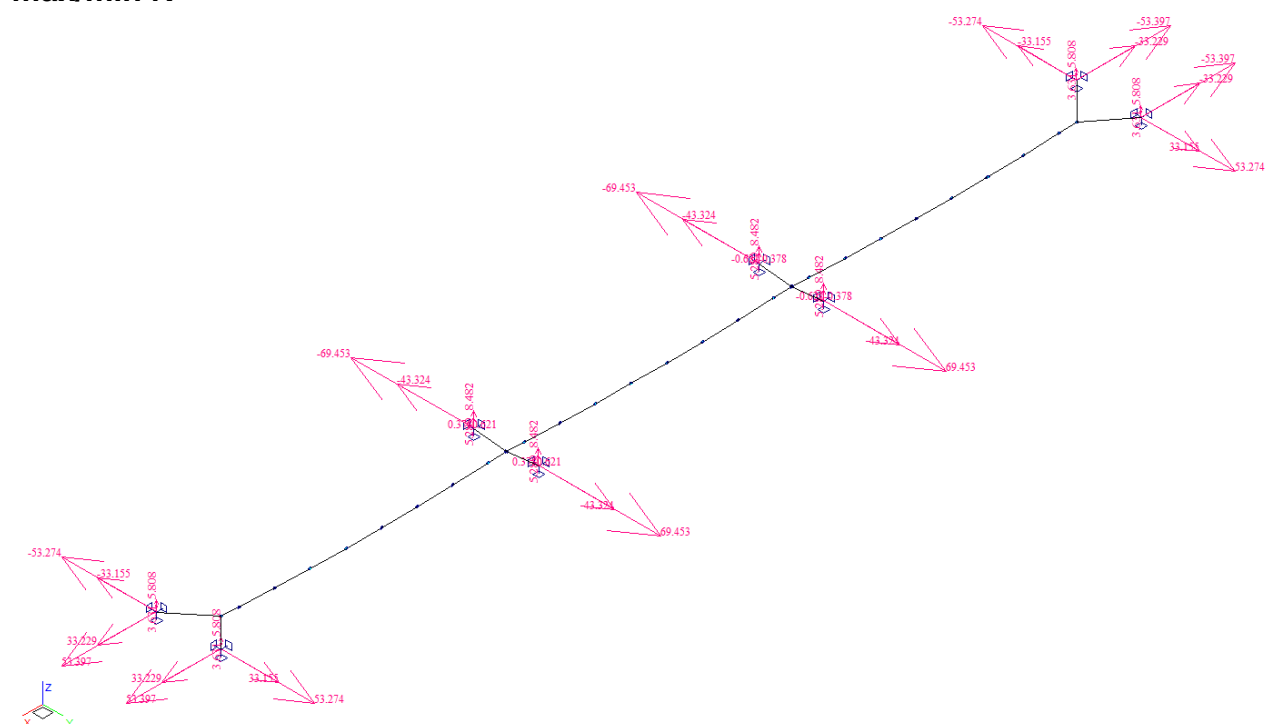
Výpis obalových křivek :

Jméno	ZS	Komentář
bimenzační	min/max	DIM0001, DIM0002
	DIM0001	1.35*G
	DIM0002	1.35*G+1.35*L

max/min Nx



max/min R



6. Návrh konstrukce

6.1. Nosná lana

Nosná lana jsou navržena na maximální normálovou sílu 110kN. V případě použití systémového řešení MACCALOY vyhovuje lano profilu 125mm s únosností 135kN. Současně podle předpokladů doporučuji využít i kotevní a dopínací prvky stejného systému.

Table 1: Open Spiral Strand

Diameter (mm)	Cross Section A (mm ²)	Minimum Break Load MBL (kN)	Elastic Stiffness E-A (MN)	Weight (kg/m)
12	88	135	14.6	0.7
16	157	240	25.9	1.3
20	245	380	40.4	2.0
24	353	545	58.2	2.9
28	480	745	79.3	4.0
32	628	970	104	5.2
36	794	1230	131	6.5
40	981	1520	162	8.1
44	1186	1840	196	9.8
48	1412	2190	233	11.6
52	1657	2570	273	13.7
56	1922	2980	317	15.8
60	2206	3425	364	18.2
64	2477	3815	404	20.4
68	2796	4290	456	23.0
72	3135	4795	511	25.8
76	3493	5325	569	28.8
80	3870	5885	631	31.9
84	4267	6475	695	35.2
88	4683	7090	763	38.6

6.2. Kotvení závěsů

Kotvení závěsů je řešeno za spolupráce s HILTI za předpokladu použití tohoto kotevního systému. Bude použito kotevní desky se čtyřmi kotvami s roztečí 200x200mm.

Za předpokladu návrhu na plnou únosnost kotveného lana 135kN (kotvení nebude nejslabším článkem) jsou kotevní síly na jednu kotvu následující:

$$\begin{aligned}N_{vnitřní\ převěsy} &= \frac{135}{4} = 43kN/kotvu \\N_{krajní\ převěsy} &= \frac{135 \cdot \sin 45^\circ}{4} = 23kN/kotvu \\Q_{krajní\ převěsy} &= \frac{135 \cdot \cos 45^\circ}{4} = 23kN/kotvu\end{aligned}$$

Pokud bude cihelné zdivo ve špatném stavu, pak lze připustit kotvení na síly stanovené výpočtem na dané zatížení (kotvení pak bude nejslabším článkem) a to následovně:

$$\begin{aligned}N_{vnitřní\ převěsy} &= \frac{69}{4} = 17kN/kotvu \\N_{krajní\ převěsy} &= \frac{54}{4} = 14kN/kotvu \\Q_{krajní\ převěsy} &= \frac{54}{4} = 14kN/kotvu\end{aligned}$$

Na základě výpočtů a konzultací s firmou HILTI bylo zjištěno, že s tak velkými kotevními silami do zdiva se ještě neuvažovalo a není k dispozici ověřená návrhová metoda. Z výpočtů HILTI (viz příloha) je patrné, že únosnost jedné kotvy do zdiva se pohybuje okolo 1.6kN a vzhledem k tomu, že není ověřená metodika pro větší hloubky zakotvení, se tato síle od hloubky 10cm více již nemění.

7. Závěr

Za výše uvedených podmínek a předpokladů vyhovuje nosné lano s únosností min.110kN, např. MACALLOY TENSOTCL profilu 12mm s únosností 135kN. Bude použito nerez lana nebo galvanicky pozinkovaného lana. Upevňovací a kotevní systémy budou stejného systémového řešení, jako lana tak, aby respektovaly podmínky konkrétního výrobce.

Síly v lanech tím i kotevní síly, jsou stanoveny za předpokladu rozumného prověšení 0.5m na délku 38.8m podélného lana, resp. průvěsu 0.5m na délku příčných závěsů mezi budovami délky 8.8m. Volba prověšení značně ovlivňuje velikosti sil, čím větší průvės, tím menší kotevní síla a menší namáhání lana, ale naopak menší napětí v lanech zvyšuje náchylnost na boční kmitání ve větru.

Vzhledem ke značné velikosti kotevních sil stanovených za výše uvedených podmínek, není možné kotvu umístit kdekoli do stěny, ale do místa ztuženého např. příčnou nosnou stěnou, vnitřní nebo obvodovou, resp. do rohu. Ideální by bylo kotvení do betonového věnce, který ale nelze v historických budovách předpokládat.

Na základě konzultace s firmou HILTI je možné osadit kotvy hlouběji (delší vrty) a zapojit tak do nosnosti větší masu zdiva. V tomto případě se ale jedná o neověřené řešení a je nutné kotvy podrobit zkoušce únosnosti, jinak nelze únosnost garantovat. Přichází do úvahy nedestruktivní metoda, kterou je firma HILTI schopná zajistit.

Předpokládá se upevnění přes kotevní desku 4ks kotev s roztečí 200/200mm. Navrhuji kotvy M16 osazené do kotvy 1.5m. Takto provedená kotva bude podrobena zkoušce únosnosti. Pokud bude provedeno 15 zkoušek, lze statisticky odvodit návrhovou a garantovanou únosnost.

Další možností je vybourat část zdiva a místo cihel stěnu vybetonovat. Pak lze kotevní síly již garantovat. Toto řešení ale nejenže znehodnotí historickou zástavbu, ale rovněž zhorší tepelně izolační vlastnosti, vytvoří tepelný most a zvýší tepelné úniky.

Další možností je snížení kotevních sil připuštěním zvětšených průvěsů. To ale zvýší riziko kmitání ve větru a blikání do oken přilehlých budov.

Další možností řešení je odstranit středový napájecí kabel a napájení každé lampy realizovat vždy po fasádě. To by značně snížilo kotevní síly, ale opět by to představovalo zvýšené riziko kývání lampy ve větru.

Poslední možností, podle mého názoru staticky i esteticky nejvýhodnější, je ukotvit osvětlovací tělesa přes krátké kované příhradové či jinak historizující výložníky na fasády budov.

V Liberci, dne 1.10.2020
Vypracoval Ing.T.Humpal

8. Přílohy