

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



SUDOP BRNO

SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	Správa železnic, státní organizace, Oblastní ředitelství Brno, Kounicova 26, 611 43 Brno		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz	
PROFESNÍ SKUPINA:	24 SILNOPROUD	VEDOUcí PROF. SKUPINY ING. JAN ZÁŘECKÝ	GENERÁLNÍ ŘEDITEL ING. KAMIL CHMELA	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY ING. JAN ZÁŘECKÝ	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO ING. JAN ZÁŘECKÝ	NAVRHL, VYPRACOVAL ING. ONDŘEJ ŠEBESTA	KONTROLOVAL ING. JAN ZÁŘECKÝ	
KRAJ : JIHMORAVSKÝ	POVĚŘENÝ OÚ : BRNO - MALOMĚŘICE A OBŘANY		STUPEŇ : DUSP+PDPS	
OPRAVA OSVĚTLENÍ SPÁDOVIŠTĚ MALOMĚŘICE SO 02 Oprava osvětlení kolejí č.101 - 123			ZAK. ČÍSLO 19044-01-0620	ARCH. ČÍSLO 2019240017
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 06/2020	
			ČÁST DOKUM. D.2	PŘÍLOHA 18
Statický výpočet základu pro stožár o výšce 25m				

STATICKÝ VÝPOČET

ZÁKLAD PRO STOŽÁR GL400 VÝŠKY 25 m

AREÁL SEŘAĐOVACÍHO NÁDRAŽÍ BRNO-MALOMĚŘICE

Datum: 10/2020
Stupeň dokumentace: DSP+DPS
Zpracovatel: PEEM, spol. s r.o
Objednatel: SUDOP BRNO, spol.s r.o., Kounicova 26, 611 36 Brno
Zakázkové číslo: 1918/2020
Místo stavby: Brno - Maloměřice

Obsah statického výpočtu:

1	Úvod.....	3
2	Předané podklady	3
3	Použité normy a literatura.....	3
4	Výpočet zatížení.....	4
4.1	Stálé složky zatížení.....	4
4.1.1	Vlastní tíha základové patky.....	4
4.1.2	Vlastní tíha stožáru	5
4.2	Proměnné složky zatížení	5
4.2.1	Zatížení větrem	5
5	Posouzení stability patky	5
6	Posouzení únosnosti zeminy.....	6
7	Posouzení průřezu základu.....	14
8	Závěr	15

1 Úvod

Předmětem statického výpočtu je základová patka pro sklopný osvětlovací stožár GL400 výška 25 m osazený 8x LED světlomet AFP 120L50 177W. S ohledem na dispozici osazení stožáru do kolejové mezery je nutné použít obdélníkový typ patek s maximální šířkou 1,5 m. Osvětlovací stožár je ocelové plnostěnné konstrukce. Stožár je kotven přes přírubu na 8ks závitových tyčí M30 délky 1250mm pevnost 8.8, rozmístěné na kružnici 620mm, tyče přecházejí 150 mm nad povrchem krčku patky.

2 Předané podklady

Byly předány následující podklady:

- zatěžovací účinky stožáru (destabilizující moment a vodorovná síla) v úrovni kotvení stožáru do základu
- IG průzkum zpracovaný firmou GeoTec-GS, a.s. Chmelová 2920/6 106 00 Praha 10

Veškeré podklady byly zaslány Ing. Luděkem Měchurou dne 08. 10. 2020.

3 Použité normy a literatura

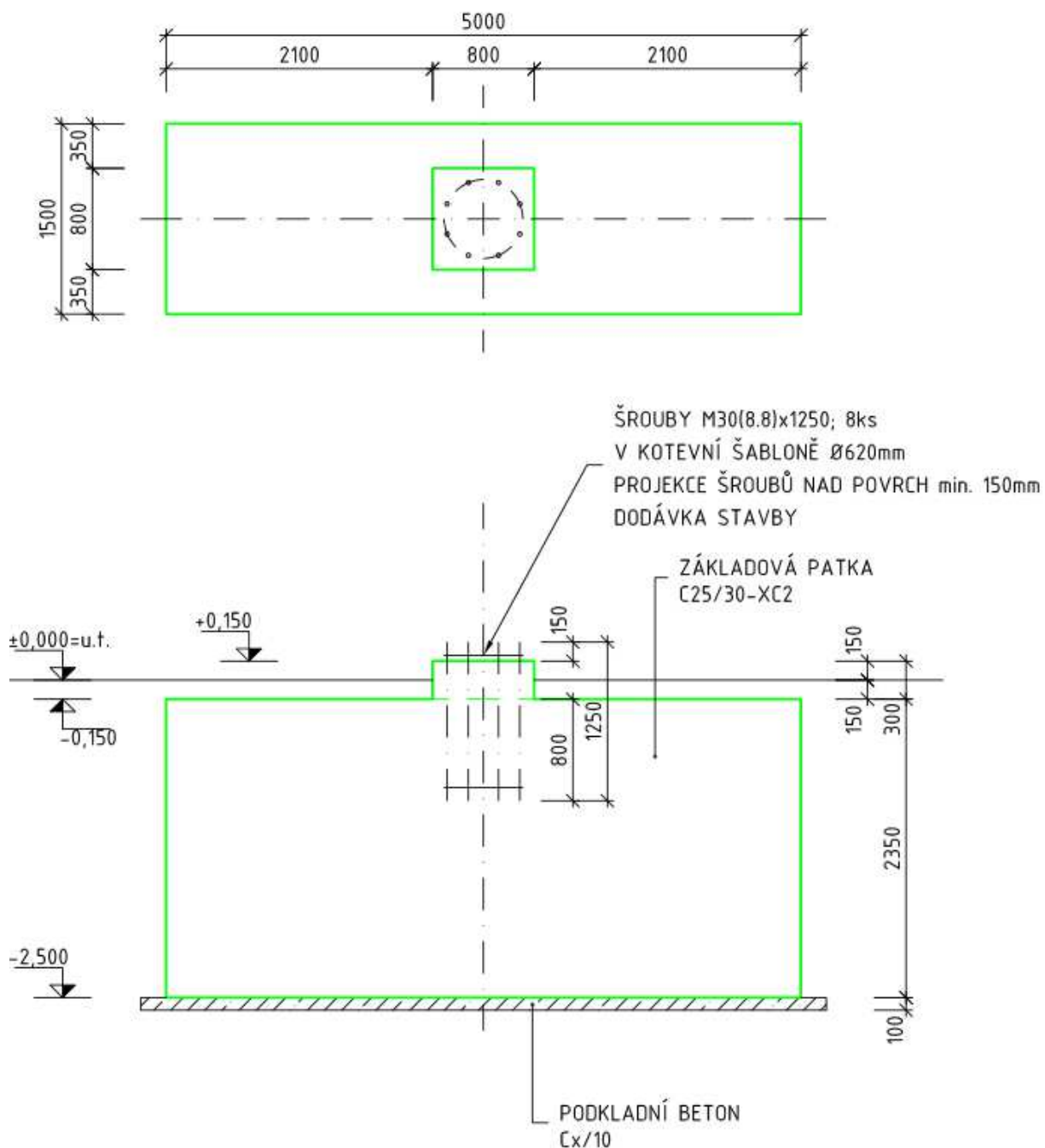
- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1 Zatížení stavebních konstrukcí - obecná pravidla
- ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí - obecná pravidla
- ČSN EN 1993-3-1 Navrhování ocelových konstrukcí - věže stožáry a komíny
- ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - část 1: Obecná pravidla

4 Výpočet zatížení

4.1 Stálé složky zatížení

4.1.1 Vlastní tíha základové patky

Je navržena základová patka s rozměry dle schématu:



$$G_p = (1,5 \cdot 5,0 \cdot 2,35 + 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,3) \cdot 22 = 392 \text{ kN}$$

4.1.2 Vlastní tíha stožáru

Svislý silový účinek v místě kotvení, byl převzatý z obdobných stožárů GL400 výšky 25 m z předchozích projektů:

$$G_s = 12,7 \text{ kN}$$

4.2 Proměnné složky zatížení

4.2.1 Zatížení větrem

Bylo předáno jako silové účinky v úrovni kotvení:

$$M_{yk} = 153 \text{ kNm}$$

$$H_{yk} = 9 \text{ kN}$$

5 Posouzení stability patky

Vzhledem k obdélníkovému půdorysu základové patky je rozhodující pro stabilitu proti překlopení směr rovnoběžný s kratším rozměrem patky:

VÝPOČET STABILITY ZÁKLADOVÉ PATKY

Geometrie patky:

Základní rozměr kolmo k ohyb. momentu	b1 =	5000 mm
Základní rozměr ve směru ohyb. momentu	l1 =	1500 mm
Rozměry krčku	b2 =	800 mm
	l2 =	800 mm
Základní výška	h1 =	2350 mm
Výška krčku	h2 =	300 mm
Výška zeminy nad základem	h3 =	150 mm

Objemová tíha betonu:	$\gamma_c =$	22 kN/m ³
Objemová tíha zeminy (nad základem):	$\gamma_1 =$	20 kN/m ³

Zatížení patky:

Svislá síla v kotevní úrovni	$V_k =$	12,7 kN
Vodorovná síla v kotevní úrovni	$H_k =$	9 kN
Moment v kotevní úrovni	$M_k =$	153 kNm

Parciální součinitelé spolehlivosti:

$$\gamma_{G1,inf} = 0,9$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

Celkový destabilizující moment:

$$M_{d,dst} = 265,3 \text{ kNm}$$

Celkový stabilizující moment:

$$M_{d,stb} = 279,1 \text{ kNm} \quad \text{Rezerva} \quad 5 \%$$

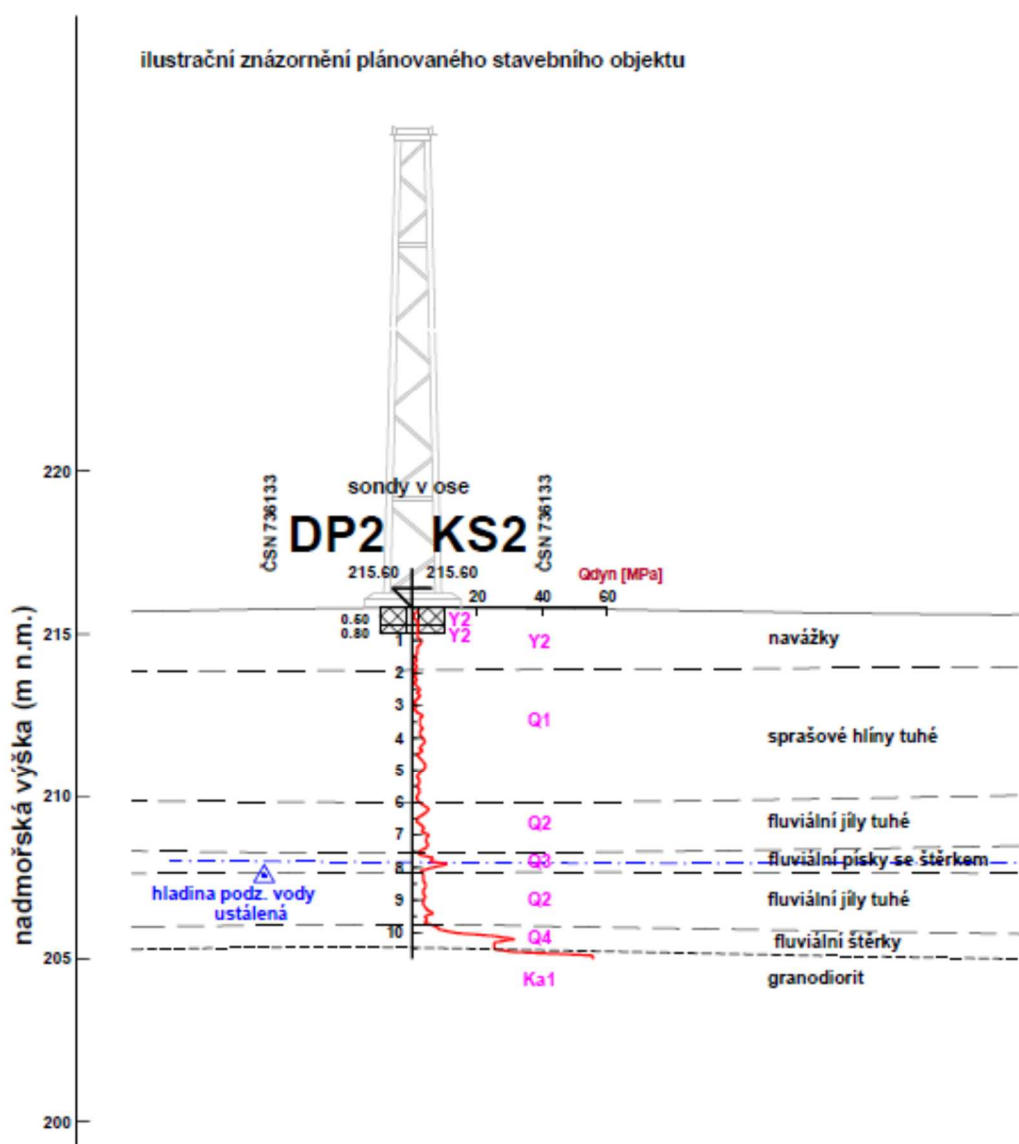
Podmínka posouzení:

$$M_{d,dst} < M_{d,stb}$$

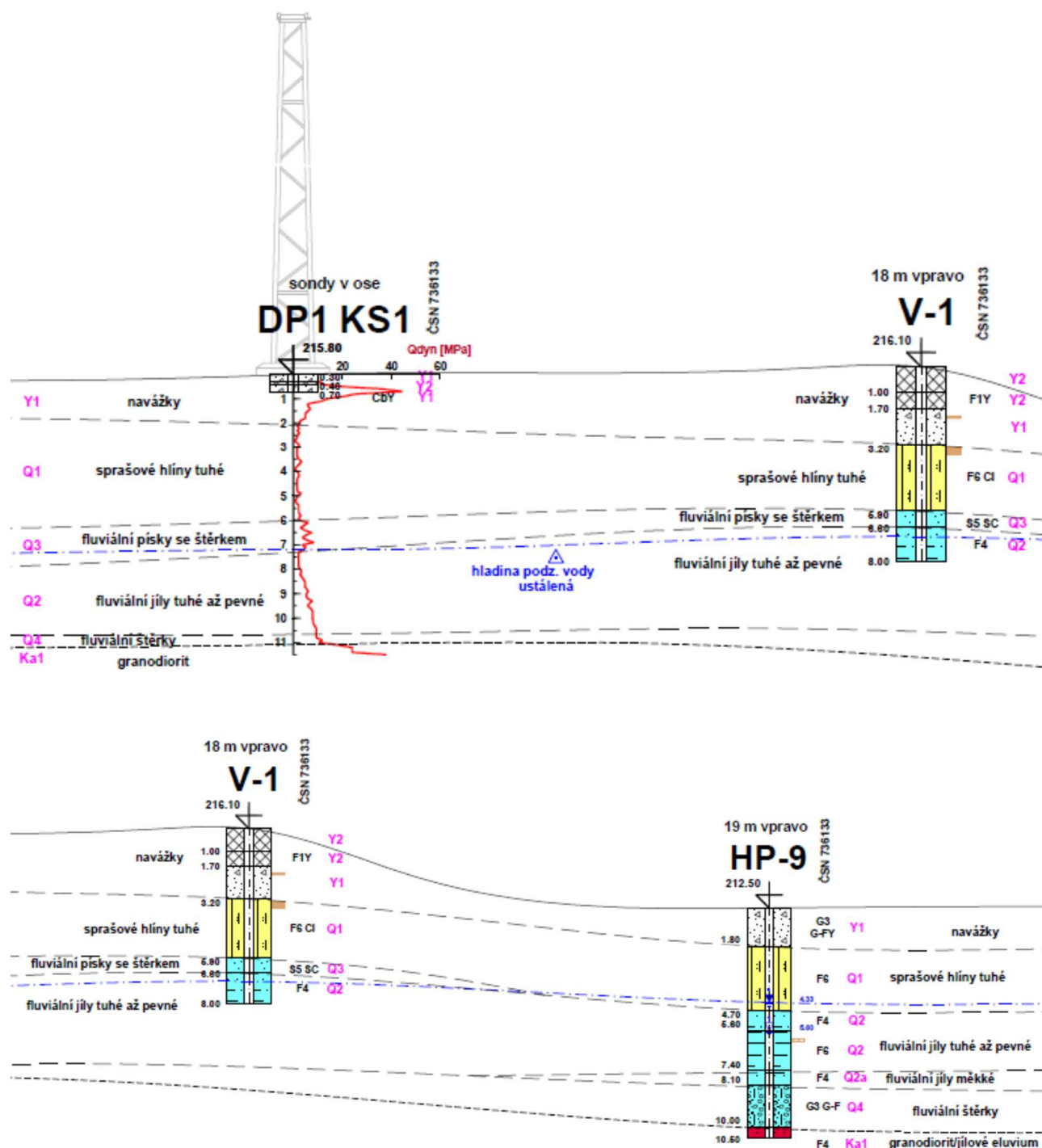
Vyhovuje!

6 Posouzení únosnosti zeminy

Geologický profil:



ilustrační znázornění plánovaného stavebního objektu



Tabulka 3 Výsledky rozborů zemin

Sonda	Hloubka odběru [m]	Typ vzorku	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Přírozená vlhkost [%]	Index konzistence [-]	Geotyp
V-1	2,0 – 2,1	P	G5 GC	12,2	1,23	Y1
V-1	3,3 – 3,6	N	F6 CI	21,3	0,76	Q1

Legenda:

P.....porušený vzorek

N.....neporušený vzorek

Tabulka 4 Objemová hmotnost, zdánlivá hustota pevných částic zemin

Sonda	Hloubka odběru	Objemová hmotnost vlhké zeminy [Mg.m ⁻³]	Objemová vlhkost suché zeminy [Mg.m ⁻³]	Zdánlivá hustota pevných částic [Mg.m ⁻³]
V-1	3,3 – 3,6	2,04	1,68	2,72

Tabulka 5 Stlačitelnost zemin tř. F6

Sonda	Hloubka odběru [m]	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Obor napětí [kPa]	Edometrický modul přetvárnosti E_{oed} [MPa]	Převodní součinitel β	Modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	Součinitel konsolidace c_v [m ² /s]
V-1	3,3 – 3,6	F6	70-140	8,06	0,47	3,8	3,27 ⁻⁰⁷
			140-210	8,56	0,47	4,0	
			210-280	9,26	0,47	4,4	
			280-350	8,25	0,47	3,9	
			350-420	8,21	0,37	3,0	

Všechny zkoušky byly provedeny na vzorcích nezalitých vodou. Výsledky zkoušek stlačitelnosti lze použít při výpočtu velikosti sednutí podloží pod základy objektu.

Tabulka 6 Výsledky krabicové smykové zkoušky zemin

Sonda	Hloubka odběru [m]	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Úhel vnitřního tření ϕ [°]	Soudržnost c [kPa]	Smyková pevnost
V-1	3,3 – 3,6	F6	29,7	30	vrcholová

5.2 VYHODNOCENÍ DYNAMICKÝCH PENETRACÍ

Archivní jádrové vrty byly doplněny zkouškami těžké dynamické penetrace. Celkem byly provedeny dvě dynamické penetrační sondy. Penetrační sondy DP1 a DP2 měly za cíl upřesnit rozhraní a mocnost vrstev a také ověřit ulehlost fluvialních štěrkopísků a odvození parametrů úhlu vnitřního tření.

Tabulka 8 Přehled realizovaných sond dynamické penetrace

Sonda	Hloubka	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]	Výška terénu Bpv [m n.m.]
DP1	11.5	1158576,67	594769,09	215,8
DP2	10.8	1158590,83	594851,75	215,6

Tabulka 9 Vyhodnocení sond dynamické penetrace

sonda	hloubka (m)	N10 průměrně (-)	Qdyn (MPa)	geotyp	ulehlost/konzistence	úhel vnitřního tření efektivní
DP1	0,1 – 1,8	11,2	13,4	Y1/Y2	-	-
	1,8 – 6,0	1,4	1,8	Q1	T	-
	6,0 – 7,2	5,8	5,1	Q3	I _b = 0,5	φ = 32,5°
	7,2 – 11,0	7,9	7,0	Q2	T-P	-
	11,0 – 11,4	37,1	23,7	Q4	I _b = 0,7	φ = 34°
	11,4 – 11,5	63,6	38,0	Ka1	-	-
DP2	0,1 – 1,9	0,8	1,4	Y2	-	-
	2,0 – 5,9	1,8	2,1	Q1	T	-
	6,0 – 7,6	3,7	3,4	Q2	T-P	-
	7,7 – 8,0	9,2	9,1	Q3	I _b = 0,6	φ = 32,5°
	8,1 – 9,7	4,7	3,9	Q2	T-P	-
	9,8 – 10,6	33,2	25,7	Q4	I _b = 0,7	φ = 34°
	10,7 – 10,8	89,4	55,6	Ka1	-	-

Poznámka: N10 ... počet úderů potřebných pro zaražení soutyčí do geologické vrstvy o 10 cm
Qdyn ... hodnota odporu na hrotu zaraženého soutyčí
hodnoty I_b, I_c, a φ odvozeny z ČSN EN 1997-2 a publikace „Polné zkúšky“ [9]
konzistence I_c: M ... měkká, T ... tuhá, P ... pevná, T-P ... tuhá až pevná (I_c = cca 1)
ulehlost I_b: K ... kyprá, SU ... středně ulehlá, U ... ulehlá

Tabulka 10 Geotechnické parametry vymezených geotypů

Geotyp	ČSN 73 6133	Ic [-]	γ [kN·m ⁻³]	E _{def} [MPa]	ϕ_{ef} [°]	C _{ef} [kPa]	C _u [kPa]	v [-]	R _{dt} [kPa]
Q1	F6	0,76	21	4,0*	29,7*	10	30*	0,40	100
Q2	F6, F4	0,75 - 1,0	21	4,0	20	14	50	0,40	100
Q2a	F4	0,5 - 0,75	18,5	2,0	20	10	25	0,35	50
Q3	S3, S5	SU/T	18	10	30	4	-	0,35	125
Q4	G3	SU	19	80	34	0	-	0,25	250
Ka1	R5-R4		20,5	120**	35	50	-	0,25	-

Vysvětlivky:

γ ... objemová tíha zeminy

E_{def} ... modul deformace

ϕ_{ef} ... úhel vnitřního tření efektivní

C_{ef} ... soudržnost efektivní

C_u ... soudržnost totální

v ... poissonova konstanta

R_{dt} ... tabulková výpočtová únosnost dle neplatné ČSN 73 1001 platná pro šířku základu $b \leq 3$ m a hloubku založení 0,8 – 1,5 m; při hloubce založení větší než 1,5 m bude únosnost větší v důsledku větší tíhy zeminy nad základovou spárou

konzistence: M ... měkká, T ... tuhá, P ... pevná, T-P ... tuhá až pevná (Ic = cca 1)

ulehlost: K ... kyprá, SU ... středně ulehlá, U ... ulehlá

* tučně jsou uvedeny laboratorně stanovené hodnoty dle archivní dokumentace

** jedná se o zdánlivou pevnost skalního masivu

OSVĚTLOVACÍ STOŽÁRY

Základové poměry a průběh předkvartérního podkladu byl ověřen průzkumnými sondami DP1 a DP2 do hloubky 10,8 – 11,5 m pod terénem. Předpokládáme plošné založení na základových patkách. Hloubka založení nebyla při zpracování průzkumu známa. Podzemní voda vázaná na propustnější polohy fluvialních písčitých zemin geotypu Q3 se ustálila v hloubce 7,15 m pod terénem a nepříznivě ovlivňuje konzistenci (Ic = 0,76) nadložních jemnozrnných zemin. Hladina podzemní vody bude v určité hydraulické souvislosti s povrchovou vodotečí řeky Svitavy.

Dle archivní dokumentace [7] laboratorní rozbory vody ze sondy V-1 ukázaly, že voda není podle ČSN EN 206+A1 agresivní vůči betonu, ale podle ČSN 03 8375 vykazuje velmi vysokou agresivitu vůči kovovým konstrukcím.

Doporučení: Při plošném způsobu založení osvětlovacích stožárů doporučujeme, založení pod vrstvu navážek, do tuhých až pevných sprašových hlín geotypu Q1, které byly ověřeny od hloubky 2,0 m až do 6,0 m. Základová spára v těchto zeminách rychle degraduje a je nutné započít betonáž bezprostředně po výkopu. Kapilární vztlínání jemnozrnných zemin v kontaktu s hladinou podzemní vody a propustnost vrstev navážek může nepříznivě ovlivňovat konzistenci jílu geotypu Q1 a Q2, které tak tvoří stlačitelné a méně únosné podloží. V základové spáře a stěnách stavební jámy, lze očekávat vrstvu tvořenou tuhými až pevnými jíly tř. F6, ale přítoky podzemní vody ovlivňující výkopy stavební jámy nepředpokládáme.

Jako alternativní varianta založení plánovaných stavebních objektů je hlubinné založení při použití mikropilot.

Podle výš uvedených geologických řezů se bude zakládat v prostředí geotyp Q1 (F6).

ÚNOSNOST ZÁKLADOVÉ PŮDY POD PLOŠNÝMI ZÁKLADY:

Označení základu:

GL40025M

Rozměry základu:

šířka	b =	1,50 m
délka	l =	5,00 m
výška	h =	2,50 m
plocha	A =	7,50 m ²
hloubka založení	d =	2,50 m
sklon základové spáry	$\alpha =$	0 °
úhel odklonu sv. zatíží.	$\delta =$	0 °
sklon terénu	$\beta =$	0 °

Parametry základové půdy:

úhel vnitřního tření	$\varphi' =$	29,7 °
koheze	c' =	10 kPa
obj. tíha zem. nad spárou	$\gamma_1 =$	21 kN/m ³
obj. tíha zem. pod spárou	$\gamma_2 =$	21 kN/m ³
efektivní tlak nadloží:	q' =	46,5 kN/m ²

Namáhání základu:

stálé zatížení vč. základu	G _k =	429,4 kN	(působí ve směru b)
proměnné zatížení	Q _k =	0 kN	
vodorovná síla	H _d =	9 kN	
ohybový moment b	M _b =	153 kNm	
ohybový moment l	M _l =	0 kNm	

Výpočet efektivní plochy základu:

excentricita b	e _b =	0,36 m	< 1/3 b
excentricita l	e _l =	0,00 m	
	b' =	0,79 m	
	l' =	5,00 m	
Efekt. plocha základu	A' =	3,94 m ²	

Napětí v základové spáře:

$$\sigma_{de} = 109 \text{ kPa}$$

Únosnost základové půdy dle Brinch - Hansena:

$$R/A' = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$R/A' = 1498 \text{ kPa}$$

Součinitelé únosnosti:

$$N_c = 29,431$$

$$N_q = 17,787$$

$$N_\gamma = 19,150$$

Součinitele sklonu základové spáry:

$$b_c = 1,000$$

$$b_q = 1,000$$

$$b_\gamma = 1,000$$

Součinitele tvaru základu:

$$s_c = 1,083$$

$$s_q = 1,078$$

$$s_\gamma = 0,953$$

Součinitelé vlivu šikmého
zatížení:

$$m = 1,864$$

$$i_c = 1,000$$

$$i_q = 1,000$$

$$i_\gamma = 1,000$$

Součinitelé vlivu šikmého terénu:

$$g_c = 1,000$$

$$g_d = 1,000$$

$$g_b = 1,000$$

COMBI	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{Q,sup}$	$\gamma_{Q,inf}$	$\gamma_{\varphi'}$	$\gamma_{c'}$	γ_{RV}	γ_{RH}	c'_d	Φ'_d	N_q	N_c	N_γ	s_q	s_c	s_γ	σ_d	R/A'	Examination
A1 "+" M1 "+" R1	1,35	1,00	1,50	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,0	29,7	17,79	29,43	19,15	1,08	1,08	0,95	147,2	1497,6	OK
A2 "+" M2 "+" R1	1,00	1,00	1,30	0,00	1,25	1,25	1,00	1,00	8,0	23,8	9,37	19,01	7,37	1,06	1,07	0,95	109,1	736,6	OK
A1 "+" M1 "+" R2	1,35	1,00	1,50	0,00	1,00	1,00	1,40	1,10	10,0	29,7	17,79	29,43	19,15	1,08	1,08	0,95	147,2	1069,7	OK
A2 "+" M2 "+" R3	1,00	1,00	1,30	0,00	1,25	1,25	1,00	1,00	8,0	23,8	9,37	19,01	7,37	1,06	1,07	0,95	109,1	736,6	OK

7 Posouzení průřezu základu

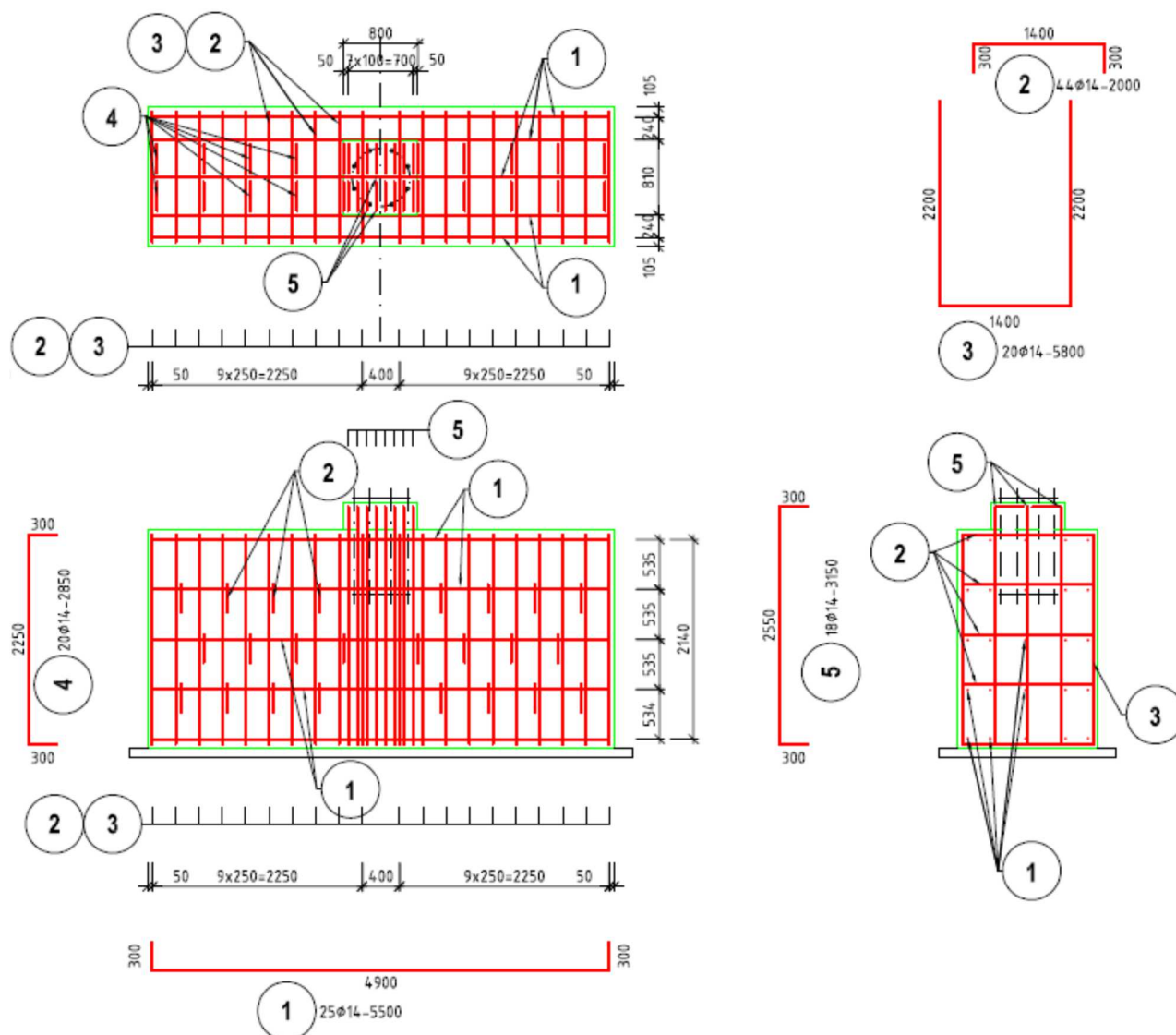
$$M_{Ed} = 1,5 \cdot (153 + 9 \cdot 2,35/2) + 1,35 \cdot 1/4 \cdot 12,7 \cdot 2,35 = 255,5 \text{ kNm}$$

Posouzení betonových prvků dle EuroCode 2

Rozměr prvku		Výztuž		ε [mm]	Počet	Prvek č.: 222
b=	1,5 m	As1	14	14	4	As1= 615,7536 mm ²
h=	2,35 m	As2	14	14	4	As2= 615,7536 mm ²
Charakteristiky betonu		Charakteristiky výztuže As1		Charakteristiky výztuže As2		
Beton	C 25/30	Výztuž	B500B	Výztuž B500B		
f _{ck} =	25 MPa	f _{yk} =	500 MPa	f _{yk} = 500 MPa		
f _{ctm} =	2,6 MPa	f _{tk} =	540 MPa	f _{tk} = 540 MPa		
E _{cm} =	30500 Mpa	E=	200000 Mpa	E= 200000 Mpa		
τ _{rk} =	0,45 Mpa	průměry	5,5-32 mm	průměry 5,5-32 mm		
ρ=	0,85	Povrch	žebirkový	Povrch žebirkový		
γ _c =	1,5	γ _s =	1,15			
f _{cd} =f _{ck} /γ _c	16,66 Mpa	f _{yd} =f _{yk} /γ _s	434,78 Mpa	f _{yd} =f _{yk} /γ _s 434,78 Mpa		
ε _{cd} =f _{cd} /E	0,0035	ε _{yd} =f _{yd} /E	0,00217	ε _{yd} =f _{yd} /E 0,00217		
Krit. výztuž		Schéma				
Δh=	10 mm					
c _{min} =	15 mm					
ø _{tmínku} =	14 mm					
c=c _{min} +Δh+ø _{tf}	39 mm					
d1=c+ø/2	48 mm					
d2=c+ø/2	48 mm					
d=h-d1	2,304 m					

Posouzení					
<Velikost tlacené oblasti x>					
1) předpoklad ε _{s1} > ε _{yd} > ε _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} < ε _{yd} < ε _{s2} =f _{yd} ; As1 je plně využita, As2 není plně využita					
D=	1,37E+12				
x ₁ =	29,68927 mm	ε _{s1} =	0,26811325 > ε _{yd}	PRAVDA	
x ₂ =	-39,2996 mm	ε _{s2} =	-0,0019228 < ε _{yd}	PRAVDA	
x=	29,68927 mm			PRAVDA	
σ _{s1} =	434,78 Mpa				
σ _{s2} =	-384,5668 Mpa				
2) předpoklad ε _{s1} > ε _{yd} > ε _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} > ε _{yd} > ε _{s2} =f _{yd} ; As1 i As2 plně využity					
x=	0 mm	ε _{s1} =	##### > ε _{yd}	#####	
σ _{s1} =	434,78 Mpa	ε _{s2} =	##### > ε _{yd}	#####	
σ _{s2} =	434,78 Mpa			NEPRAVDA	
3) předpoklad ε _{s1} < ε _{yd} < ε _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} > ε _{yd} > ε _{s2} =f _{yd} ; As2 je plně využita, As1 není plně využita					
D=	6,8E+13				
x ₁ =	222,0574 mm	ε _{s1} =	0,03281494 < ε _{yd}	NEPRAVDA	
x ₂ =	-263,1765 mm	ε _{s2} =	0,00277496 > ε _{yd}	PRAVDA	
x=	222,0574 mm			NEPRAVDA	
σ _{s1} =	6562,987 Mpa				
σ _{s2} =	434,78 Mpa				
4) předpoklad ε _{s1} < ε _{yd} < ε _{s1} =f _{yd} ; ε _{s2} < ε _{yd} < ε _{s2} =f _{yd} ; As1 není plně využita, As2 není plně využita					
D=	1,42E+08				
x ₁ =	220,0949 mm	ε _{s1} =	0,03313874 < ε _{yd}	NEPRAVDA	
x ₂ =	-270,8243 mm	ε _{s2} =	0,0027685 < ε _{yd}	NEPRAVDA	
x=	220,0949 mm			NEPRAVDA	
σ _{s1} =	6627,748 Mpa				
σ _{s2} =	553,6995 Mpa				
<Vypočtené parametry>					
Spíněný předpoklad	0,3				
Číslo:	1				
x=	29,7 mm				
σ _{s1} =	434,78 Mpa	ε _{s1} =	0,26811325	(F _{s1})=	267,717 KN
σ _{s2} =	-384,567 Mpa	ε _{s2} =	-0,0019228	(F _{s2})=	-236,798 KN
ξ=x/d	0,0129 [1]			(F _c)=	504,516 KN
ρ=	0,0002 [1]		0,0012		
ρ _h =	0,0002 [1]		0,0400		
z _{cm} =	2292,124 mm			M _{sd} =	255,5 KNm
z _s =	2258 mm			M _{rd} =	621,72 KNm
				M _{sd} / M _{rd} =	41%

Výztuž základové patky



8 Závěr

Základová patka pro sklopný osvětlovací stožár GL400 výšky 25 m byla posouzena dle v současnosti platných evropských norem. Provedeným výpočtem byla prokázána dostatečná stabilita základové konstrukce (EQU) i dostatečná únosnost patky jako železobetonového prvku (STR).

V Brně dne 14. 10. 2020

Vypracoval: Ing. Branislav Ilavský

Kontroloval: Ing. Karel Pinkas