RNDr.Ľubomír Vančík
Inžinierskogeologický prieskum

vypracovala: **AG audit, s.r.o.**	**Mgr. Peter Dobrovoda**	RNDr.Ľubomír Vančík, INGEVA Mobil: +421 (907) 310 195 Telefón: +421(2) 544 13 067	
Okres: Martin kód: 506	Obec: Vrútky kód: 557358		
Objednávateľ: Majetkový Holding, a.s., Staromestská 3, 811 03 Bratislava			
"Vrútky, bytové domy - rekonštrukcia a dostavba" Podrobný inžinierskogeologický prieskum		formát:	12 A4
		dátum:	4.2022
		stupeň:	podrobný IGP
		číslo zákazky:	6/2022
		mierka:	
Dynamické penetračné skúšky		číslo prílohy: 5. 1/12	číslo zostavy:

AG audit, s.r.o.
Hraničná 17, 821 05, Bratislava

Vykonávajúci na základe Rozhodnutia MŽP SR č. 264/PO
OR Bratislava I, oddiel Sro, vložka číslo: 49131/B,
Hydrogeologický prieskum, Inžinierskogeologický prieskum, Geologický prieskum na špeciálne účely, skúšky a merania pre geológiu
Posudzovanie vplyvov činnosti na životné prostredie – EIA, Vyhľadávanie, projektovanie, dimenzovanie zdrojov podzemnej vody
Dimenzovanie pre stavebné čerpanie pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody
Odborné posudky v oblasti ochrany životného prostredia a hydrogeológie

Vyhodnotenie dynamických penetračných skúšok

Názov úlohy:	**Vrútky, lokalita Fatranka – penetračné skúšky**
Etapa prác:	**Terénne skúšky a merania**
Vyhodnotil:	**AG audit, s.r.o., Hraničná 17, Bratislava**
Meral:	**Ing. Jozef Hajčík - geologicko-prieskumné práce**
Geológ: Číslo odb. spôsobilosti:	**Mgr. Peter Dobrovoda** **MŽP SR č. 420/93** *Inžinierska geológia, hydrogeológia a geológia životného prostredia*
Dátum vyhotovenia:	**25.4.2022**

telefón 0911 430 748
e-mail: dobrovoda@agaudit.sk
bankové spojenie: VÚB BA - Ružinov č.ú. 2368856156/0200 IČO: 43 791 336, IČ DPH: SK2022491295
Geologické práce na základe povolenia: MŽP SR por. 264/PO, číslo registrácie. 10 540/ 2007-9.3
OŽP-A/2007/43776-2/CR 1

V súlade s objednávkou prác je zrealizované dynamické penetračné skúšky za účelom stanovenia dynamického penetračného odporu zemín. Realizáciu penetračných sond vykonala firma AG audit s.r.o., ťažkou penetračnou súpravou (DPH) nemeckej firmy NORDMAYER GEOOTOL (SRS-15, podľa DIN 4094). Geologická interpretácia sond je odhadnutá podľa penetračného odporu a vyhodnotenia vrtných prác.

2. Metodika skúšok – spôsob merania

Princípom dynamickej penetračnej skúšky je zarážanie sútyčia do podložia pomocou barana s konštantnou pracovnou silou a meraním rozdielov v rýchlosti zarážania (SRS-15, podľa DIN 4094).

Penetračná sonda pozostáva z penetračného sútyčia opatreného hrotom a kovadliny. Pomocou kovadliny je sútyčie zarážané do podložia pravidelnými údermi barana o hmotnosti 50 kg, padajúceho z výšky 50 cm s rýchlosťou 30 úderov za minútu. Odpor zeminy proti vniku sondy sa vyjadruje počtom úderov potrebných na vnik hrotu o hĺbkový interval s, t.j. N_{10} (10 cm), resp. N_{20} (20 cm). Dynamická penetračná skúška sa ukončí dosiahnutím projektovanej hĺbky, alebo dosiahnutím veľkého počtu úderov, spravidla nad 100 úderov na 10 cm vniku.

Počas zarážania sa vykonáva rotácia sútyčia, pri ktorej sa momentovým kľúčom meria odpor M_v, potrebný na prekonanie plášťového trenia zarazenej sondy. Nameraná hodnota krútiaceho momentu (N_m) sa prepočíta na údery N_s, ktoré sú potrebné na prekonanie plášťového trenia, pomocou empirického vzťahu:

$$N_s = x \,.\, M_v$$

$$N_{10} = N_{10}' - N_s$$

kde: M_v = krútiaci moment (Nm) nameraný pri rotácii sútyčia
x = súčiniteľ závislý od typu prístroja (DPH = 0,025)

Parametre použitého prístroja pre DPH:

- hmotnosť barana: 50 kg
- výška pádu barana: 50 cm
- počet úderov barana: 30 / min
- priemer skúšobného hrotu: 43,7 mm
- vrcholový uhol hrotu: 90°
- priemer tyčí: 32 mm
- dĺžka tyčí: 1 m

Na základe špecifického dynamického penetračného odporu boli v zmysle ďalej uvedených empirických vzťahov STN 72 1032 odvodené geotechnické parametre zemín.

3. Interpretácia skúšok

3.1 Stanovenie merného dynamického penetračného odporu q_d v súlade s EN ISO 22476-2:2005

Pracovná sila použitého penetračného prístroja DPH – špecifická sila na hrote sondy En je daná vzťahom:

$$En = \frac{m \,.\, g \,.\, h}{A} = \mathbf{167}\ kJ.m^{-2};$$

kde: m = hmotnosť barana (kg)
g = gravitačné zrýchlenie ($m.s^{-1}$)
h = výška pádu (m)
A = plocha hrotu (m^2)

Merný dynamický penetračný odpor q_d zohľadňuje zmenu nárastu hmotnosti penetračného sútyčia s hĺbkou. Určí sa zo vzťahov:

$$r_d = \frac{E_{theor.}}{A \cdot e} \text{ (Pa);}$$

$$E_{theor.} = m \cdot g \cdot h \text{ (J)}$$

kde: m = hmotnosť barana (kg)
g = gravitačné zrýchlenie ($m.s^{-1}$)
h = výška pádu (m)
A = plocha hrotu (m^2)
e = $0,1/N_{10}$, zarazenie jedným úderom

a následne vypočítame merný dynamický penetračný odpor zo vzťahu;

$$q_d = (m/\ m+m').\ r_d$$

r_d = merný odpor
m = hmotnosť barana (kg)
m´= tiaž sútyčia, kovadliny a hrotu v príslušnej hĺbke (kg)

3.2 Stanovenie geotechnických vlastností zemín

Pri vyhodnocovaní skúšok sme vychádzali z popisu vŕtaných sond a laboratórnych rozborov zemín.

Na určenie uľahnutosti, konzistencie, modulu pretvárnosti základovej pôdy vychádzame z dynamického penetračného odporu q_d, vypočítaného podľa postupov EN ISO 22476-2:2005.

Ako korelačné vzťahy medzi q_d a E_{def}, φ_{ef}, I_c, I_D, c_u boli použité nasledovné korelačné vzťahy, uvedené v STN 72 1032 z marca 1997 a v publikácii „Poľné skúšky zemín“ (M. Matys, O. Ťavoda, M Cunnik, 1990).

Zeminy triedy G

$E_{def} = n \cdot q_d$; kde (G2; n=9, G3 n=8) $\varphi_{ef} = 24 \cdot (q_d)^{0,16}$ – upravená podľa tabuľkových hodnôt

Uľahnutosť štrkov I_D sme určili z nasledujúcej tabuľky podľa vypočítaného odporu q_d nasledovne (tabuľka vychádza z meraní vo fluviálnych dunajských štrkoch v rámci výstavby VD Gabčíkovo, L. Obert, z ktorej vychádzala aj „STN 72 1032 Dynamická penetračná skúška, z marca 1997“):

3,3 MPa ≥ q_d	veľmi kyprý	I_D = 0,00 - 0,15
9,0 MPa ≥ q_d ≥3,3 MPa	kyprý	I_D = 0,15 - 0,35
20,5 MPa ≥ q_d ≥9,0 MPa	stredne uľahnutý	I_D = 0,35 - 0,65
31,5 MPa ≥ q_d ≥20,5 MPa	uľahnutý	I_D = 0,65 - 0,85
q_d ≥31,5 MPa	veľmi uľahnutý	I_D > 0,85

Zeminy triedy S; $I_D = 0,14 \cdot (q_d)^{0,63}$, $E_{def} = 5,3 \cdot (q_d)^{0,83}$, $\varphi = 24 \cdot (q_d)^{0,16} - 1$

Zeminy triedy F; $I_C = 0,48 \cdot (q_d)^{0,50}$, $E_{def} = 1,5 \cdot q_d$, $c_u = 25 \cdot q_d$

3.4 Dokumentácia sond

Dokumentácia dynamických penetračných skúšok je obsahom nasledujúcich tabuliek:

Pracovný záznam dynamických penetračných sond - DP

prístroj: DPH	baran: 50 kg	výška pádu: 50 cm	hrot: 43,7 mm	vrch.uhol hrotu:	90°
sonda:	operátor:	vyhodnotil:	DPS vykonal:	dátum vyk. skúšky:	lokalita:
DP-1	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda	Hajčík Jozef, Ing. - geologicko-prieskumné práce	23.3.2022	Vrútky - lokal. Fatranka

hĺbka (m)	počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o 10 cm N10										N20					krútiaci moment Mv (Nm)
0,0 - 1,0	4	1	1	3	7	7	5	4	3	3	5	4	14	9	6	4
1,0 - 2,0	2	3	5	4	4	2	1	1	1	1	5	9	6	2	2	18
2,0 - 3,0	1	1	1	1	2	1	2	4	3	2	2	2	3	6	5	18
3,0 - 4,0	2	6	5	3	3	4	3	5	4	4	8	8	7	8	8	32
4,0 - 5,0	5	6	6	3	7	6	5	4	4	5	11	9	13	9	9	36
5,0 - 6,0	5	9	12	19	25	22	31	23	26	27	14	31	47	54	53	48
6,0 - 7,0	30	47	44	38	40	32	31	32	31	40	77	82	72	63	71	65
7,0 - 8,0	41	38	43	36	41	55	51	47	120	120	79	79	96	98	240	81

Pracovný záznam dynamických penetračných sond - DP

prístroj: DPH	baran: 50 kg	výška pádu: 50 cm	hrot: 43,7 mm	vrch.uhol hrotu:	90°
sonda:	operátor:	vyhodnotil:	DPS vykonal:	dátum vyk. skúšky:	lokalita:
DP-2	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda	Hajčík Jozef, Ing. - geologicko-prieskumné práce	23.3.2022	Vrútky - lokal. Fatranka

hĺbka (m)	počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o 10 cm N10										N20					krútiaci moment Mv (Nm)
0,0 - 1,0	1	1	6	6	6	4	5	11	10	10	2	12	10	16	20	7
1,0 - 2,0	14	8	3	2	2	1	2	1	1	4	22	5	3	3	5	8
2,0 - 3,0	6	25	31	24	26	29	27	24	23	25	31	55	55	51	48	27
3,0 - 4,0	24	29	26	37	34	35	27	18	14	7	53	63	69	45	21	25
4,0 - 5,0	7	10	15	17	17	20	20	21	20	17	17	32	37	41	37	36
5,0 - 6,0	28	22	21	18	22	22	28	30	27	32	50	39	44	58	59	47
6,0 - 7,0	24	18	17	21	23	17	20	26	41	36	42	38	40	46	77	62
7,0 - 8,0	23	17	15	26	20	18	16	17	32	31	40	41	38	33	63	74
8,0 - 9,0	35	38	37	61	57	47	64	140			73	98	104	204	0	87

Pracovný záznam dynamických penetračných sond - DP

prístroj: DPH	baran: 50 kg	výška pádu: 50 cm	hrot: 43,7 mm	vrch.uhol hrotu:	90°
sonda:	operátor:	vyhodnotil:	DPS vykonal:	dátum vyk. skúšky:	lokalita:
DP-3	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda	Hajčík Jozef, Ing. - geologicko-prieskumné práce	23.3.2022	Vrútky - lokal. Fatranka

hĺbka (m)	počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o 10 cm N10										N20					krútiaci moment Mv (Nm)
0,0 - 1,0	1	8	8	10	21	120	0	0	0	0	9	18	141	0	0	

Pracovný záznam dynamických penetračných sond - DP

prístroj: DPH	baran: 50 kg	výška pádu: 50 cm	hrot: 43,7 mm	vrch.uhol hrotu:	90°
sonda:	operátor:	vyhodnotil:	DPS vykonal:	dátum vyk. skúšky:	lokalita:
DP-4	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda	Hajčík Jozef, Ing. - geologicko-prieskumné práce	23.3.2022	Vrútky - lokal. Fatranka

hĺbka (m)	počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o 10 cm N10										N20					krútiaci moment Mv (Nm)
0,0 - 1,0	1	3	3	8	14	13	7	17	13	5	4	11	27	24	18	18
1,0 - 2,0	4	3	3	2	3	2	2	3	3	2	7	5	5	5	5	34
2,0 - 3,0	2	2	2	2	2	3	4	7	12	16	4	4	5	11	28	36
3,0 - 4,0	15	11	16	22	19	18	23	19	13	13	26	38	37	42	26	31
4,0 - 5,0	12	13	14	17	24	16	11	10	9	10	25	31	40	21	19	28
5,0 - 6,0	15	19	16	27	31	36	35	35	32	29	34	43	67	70	61	39
6,0 - 7,0	44	47	46	44	39	27	24	20	17	31	91	90	66	44	48	61
7,0 - 8,0	36	19	23	21	23	30	29	30	33	28	55	44	53	59	61	72
8,0 - 9,0	26	23	21	18	27	44	35	38	41	40	49	39	71	73	81	86
9,0 - 10,0	55	51	46	64	72	73	130				106	110	145	130	0	102

Pracovný záznam dynamických penetračných sond - DP

prístroj: DPH	baran: 50 kg	výška pádu: 50 cm	hrot: 43,7 mm	vrch.uhol hrotu:	90°
sonda:	operátor:	vyhodnotil:	DPS vykonal:	dátum vyk. skúšky:	lokalita:
DP-5	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda	Hajčík Jozef, Ing. - geologicko-prieskumné práce	23.3.2022	Vrútky - lokal. Fatranka

hĺbka (m)	počet úderov barana potrebných k zarazeniu hrotu o 10 cm N10										N20					krútiaci moment Mv (Nm)
0,0 - 1,0	1	3	2	2	1	1	2	3	6	5	4	4	2	5	11	14
1,0 - 2,0	11	17	10	7	5	3	2	2	1	1	28	17	8	4	2	9
2,0 - 3,0	1	1	1	1	1	2	3	3	4	2	2	2	3	6	6	17
3,0 - 4,0	1	2	14	22	21	27	20	10	5	4	3	36	48	30	9	32
4,0 - 5,0	2	2	2	10	12	15	18	18	16	15	4	12	27	36	31	30
5,0 - 6,0	10	14	15	15	15	18	31	36	25	28	24	30	33	67	53	37
6,0 - 7,0	24	20	19	27	36	30	27	28	30	37	44	46	66	55	67	51
7,0 - 8,0	34	36	43	45	41	37	35	37	44	39	70	88	78	72	83	74
8,0 - 9,0	36	39	25	27	31	35	42	42	55	61	75	52	66	84	116	78
9,0 - 10,0	74	85	130								159	130	0	0	0	83

4. Výsledky skúšok

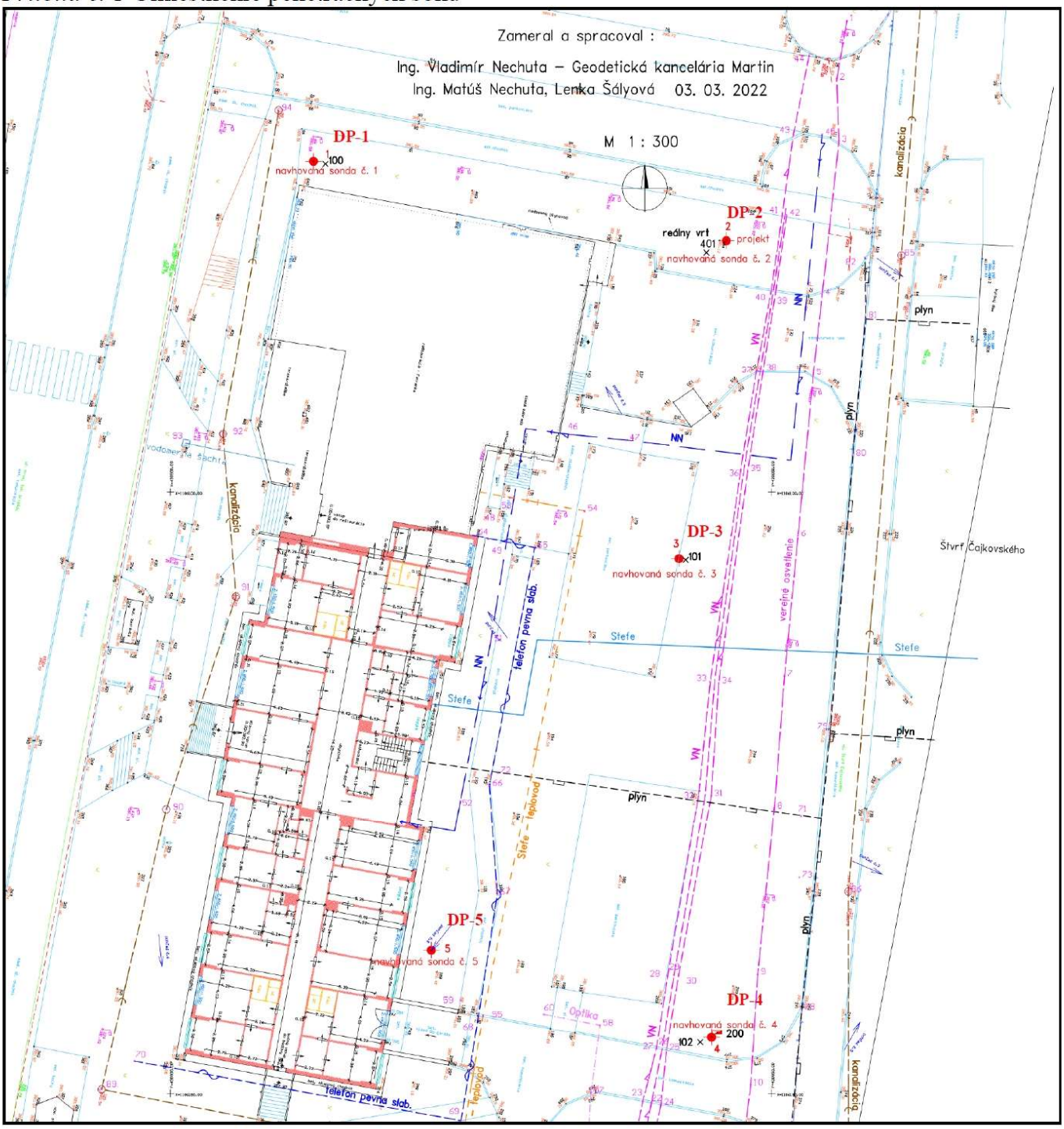
Podrobné vyhodnotenie výsledkov skúšok je priložené vo forme penetračných diagramov za textom.

5. Literatúra

1. EN ISO 22476-2:2005 (E) Geotechnický prieskum a skúšanie - Terénne skúšky - Časť 2: Dynamické sondovania
2. DIN 4094 – heft 1, heft 2
3. STN 72 1001 „Klasifikácia zemín a skalných hornín“
4. STN EN 1997-2, Eurokód 7 – Navrhovanie geotechnických konštrukcii, časť 2. Prieskum a skúšanie horninového prostredia
5. STN 72 1032 „Dynamická penetračná skúška“
6. Poľné skúšky zemín; Doc. Ing. Mirko Matys, CSc, Prof. Ing. Ondrej Ťavoda, DrSc., RNDr. Milan, Cunninka, CSc., august 1990, Vydavateľstvo ALFA

V Bratislave, 4/2022

Príloha č. 1 Umiestnenie penetračných sond



Príloha č. 2 Penetračné diagramy

DYNAMICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

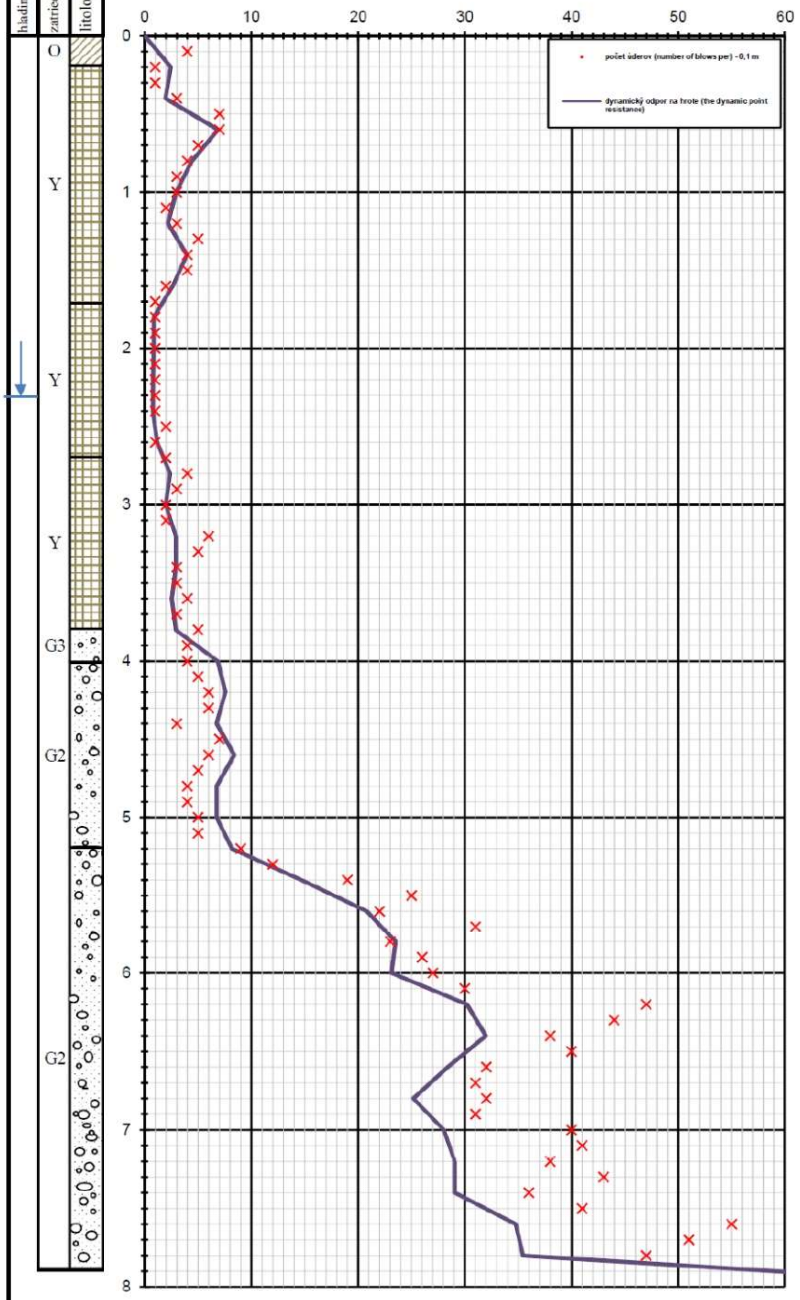
Názov úlohy: **Vrútky, Fatranka - inžinierskogeologický prieskum**

AG audit, s.r.o., Hraničná 17, 821 05 Bratislava, IČO: 43791336, č. reg. 10540/2007-9,3, tel: 0911 430 748, e-mail: dobrovoda@agaudit.sk, www.agaudit.sk

niveleta BpV	Lokalita:	Skúška	Operátor:	Vyhodnotil:
381,0 m n.m.	Vrútky - lokal. Fatranka	**DP-1**	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda

Vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky pomocou dynamického odporu na hrote STN EN ISO 22476-2

Počet úderov na 10 cm vniku - N_{10}
Dynamický odpor na hrote - q_d (MPa)



Priemerné a odvodené hodnoty geotechnických vlastností

q_d MPa	I_d	c_u kPa	φ_{ef} °	E_{def} MPa	I_c	n %	γ kNm^{-3}	
1,5					0,59			pôda
3	0,31			5	0,83			navážka (S5)
0,8				1	0,43			navážka (F4)
2,5				4	0,76			navážka (F4)
5	0,23		31	40				kyprý
7	0,30		33	63				kyprý
25	0,73		40	225				uľahnutý

DYNAMICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

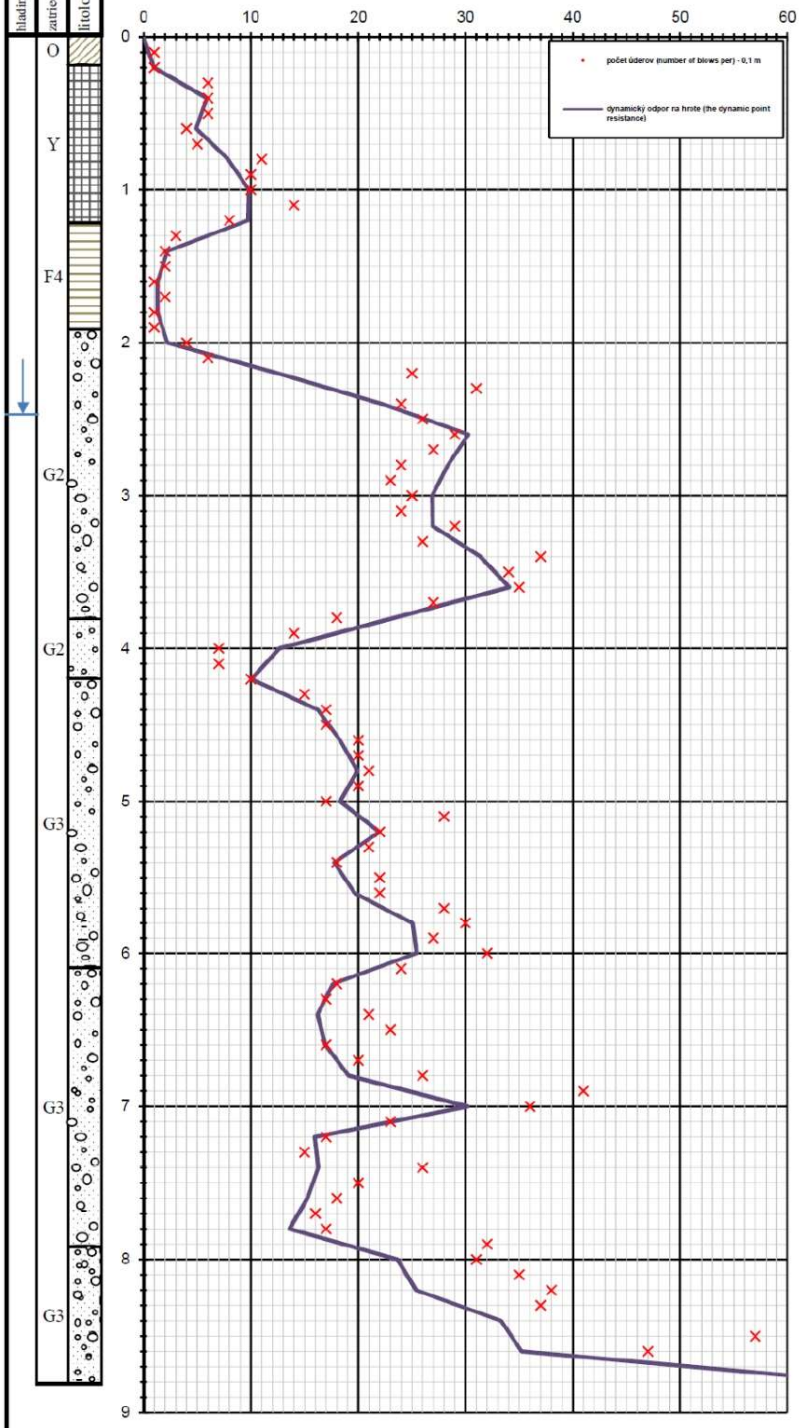
Názov úlohy:
Vrútky, Fatranka - inžinierskogeologický prieskum

AG audit, s.r.o., Hraničná 17, 821 05 Bratislava, IČO: 43791336, č. reg. 10540/2007-9.3, tel: 0911 430 748, e-mail: dobrovoda@agaudit.sk, www.agaudit.sk

niveleta BpV	Lokalita:	Skúška	Operátor:	Vyhodnotil:
381,1 m n.m.	Vrútky - lokal. Fatranka	**DP-2**	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda

Vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky pomocou dynamického odporu na hrote STN EN ISO 22476-2

Počet úderov na 10 cm vniku - N_{10}
Dynamický odpor na hrote - q_d (MPa)



Priemerné a odvodené hodnoty geotechnických vlastností

q_d MPa	I_d	c_u kPa	φ_{ef} °	E_{def} MPa	I_c	n %	γ kNm^{-3}	
1,5					0,59			pôda
3	0,31			5	0,83			naváżka (F4)
1,2		30		2	0,53			tuhá konzistencia
27	0,77		41	243				uľahnutý
11	0,41		35	99				stredne uľahnutý
19	0,60		38	152				stredne uľahnutý
17	0,55		38	136				stredne uľahnutý
26	0,92		40	208				uľahnutý

AG audit, s.r.o. **DYNAMICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA**

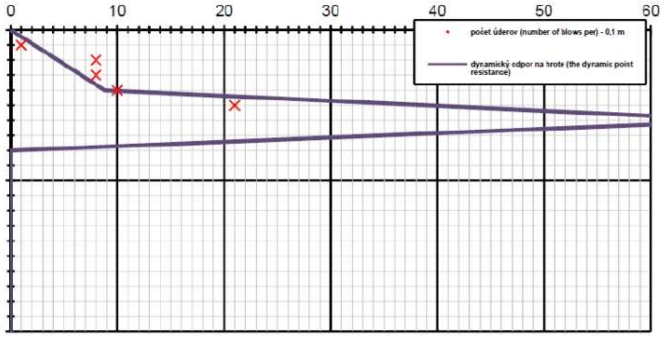
Názov úlohy: **Vrútky, Fatranka - inžinierskogeologický prieskum**

AG audit, s.r.o., Hraničná 17, 821 05 Bratislava, IČO: 43791336, č. reg. 10540/2007-9,3, tel: 0911 430 748, e-mail: dobrovoda@agaudit.sk, www.agaudit.sk

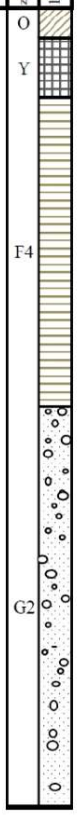
niveleta BpV	Lokalita:	Skúška	Operátor:	Vyhodnotil:
381,5 m n.m.	Vrútky - lokal. Fatranka	**DP-3**	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda

Vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky pomocou dynamického odporu na hrote STN EN ISO 22476-2

Počet úderov na 10 cm vniku - N_{10}
Dynamický odpor na hrote - q_d (MPa)



hladina podzemnej vody | zatriedenie zeminy | litologická šafa



Priemerné a odvodené hodnoty geotechnických vlastností

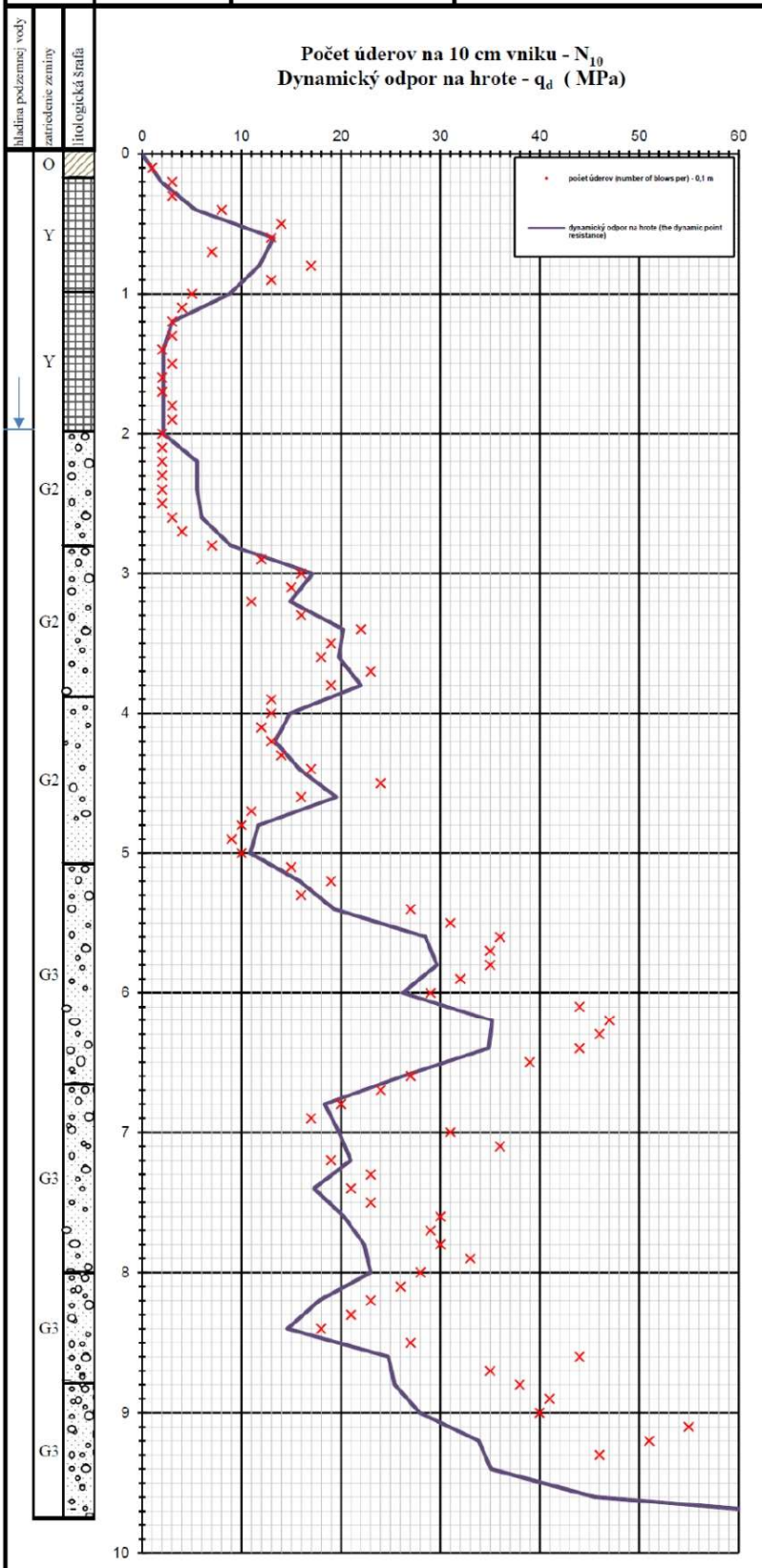
q_d MPa	I_d	c_u kPa	φ_{ef} o	E_{def} MPa	I_c	n %	γ kNm^{-3}	
1,5					0,59			póda
8	0,60			12	1,36			navážka (F7)
0	0,00			0	0			
0	0,00		0	0				

DYNAMICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

Názov úlohy: **Vrútky, Fatranka - inžinierskogeologický prieskum**

AG audit, s.r.o., Hraničná 17, 821 05 Bratislava, IČO: 43791336, č. reg. 10540/2007-9,3, tel: 0911 430 748, e-mail: dobrovoda@agaudit.sk, www.agaudit.sk

niveleta BpV	Lokalita:	Skúška	Operátor:	Vyhodnotil:
381,0 m n.m.	Vrútky - lokal. Fatranka	DP-4	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda



Vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky pomocou dynamického odporu na hrote STN EN ISO 22476-2

Priemerné a odvodené hodnoty geotechnických vlastností

q_d MPa	I_d	c_u kPa	φ_{ef} °	E_{def} MPa	I_c	n %	γ kNm^{-3}	
1,5					0,59			pôda
11	0,75			17	1,59			navážka (F3)
2	0,24			3	0,68			navážka (F3)
5	0,23		31	45				kyprý
20	0,62		39	180				stredne uľahnutý
13	0,46		36	117				stredne uľahnutý
27	0,77		41	243				uľahnutý
19	0,60		38	171				stredne uľahnutý
16	0,53		37	128				stredne uľahnuté
34	0,90		42	272				uľahnutý

AG audit, s.r.o.

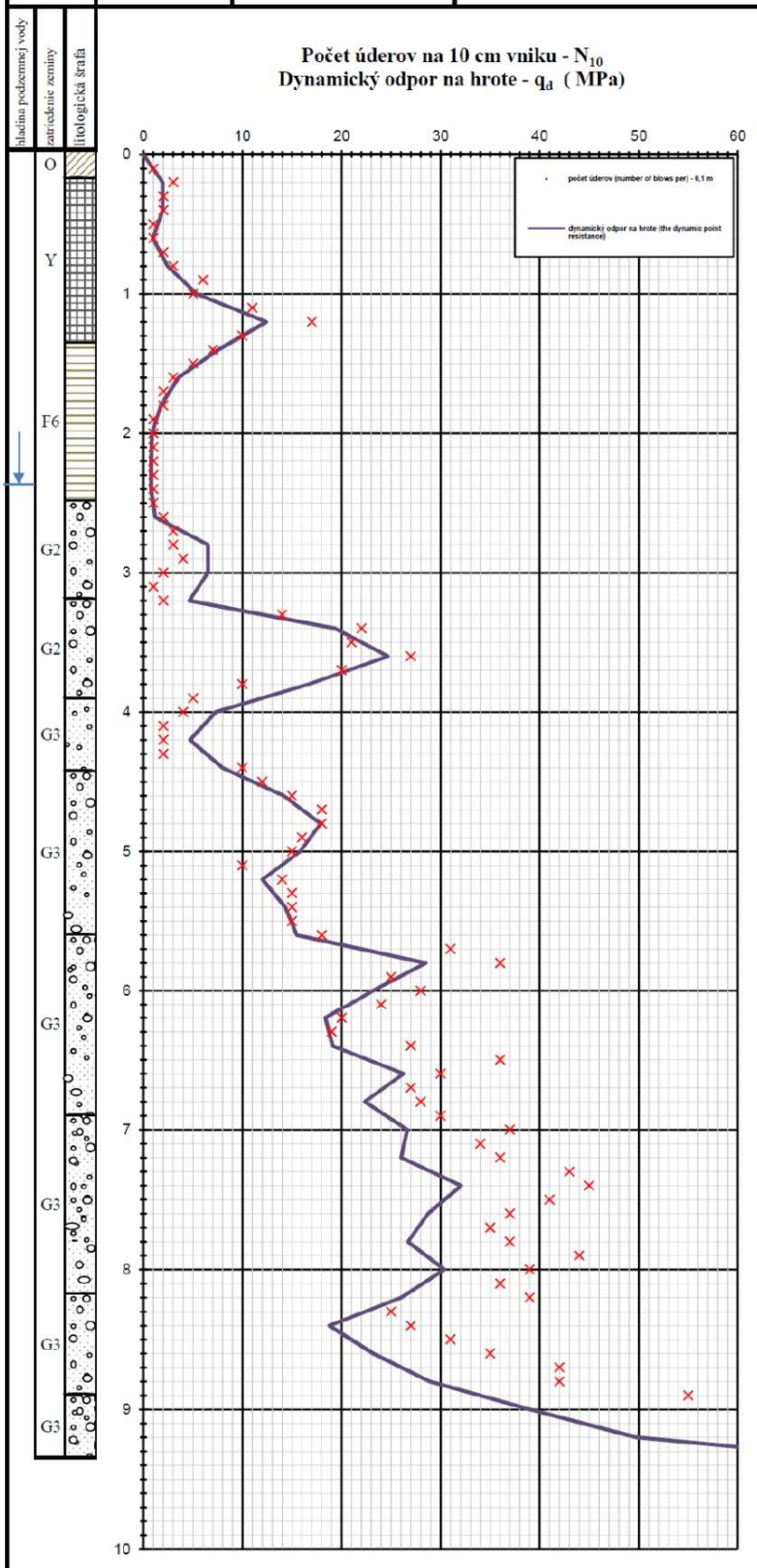
DYNAMICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

Názov úlohy:
Vrútky, Fatranka - inžinierskogeologický prieskum

AG audit, s.r.o., Hraničná 17, 821 05 Bratislava, IČO: 43791336, č. reg. 10540/2007-9,3, tel: 0911 430 748, e-mail: dobrovoda@agaudit.sk, www.agaudit.sk

niveleta BpV	Lokalita:	Skúška	Operátor:	Vyhodnotil:
381,4 m n.m.	Vrútky - lokal. Fatranka	**DP-5**	Jozef Hajčík	Mgr. P. Dobrovoda

Vyhodnotenie dynamickej penetračnej skúšky pomocou dynamického odporu na hrote STN EN ISO 22476-2



Priemerné a odvodené hodnoty geotechnických vlastností

q_d MPa	I_d	c_u kPa	φ_{ef} °	E_{def} MPa	I_c	n %	γ kNm^{-3}	
1,5					0,59			pôda
11	0,75			17	1,59			navážka (F3)
1		25		2	0,48			mäkká konzistencia
5	0,23		31	45				kyprý
20	0,62		39	180				stredne uľahnutý
6	0,27		32	54				kyprý
15	0,51		37	135				stredne uľahnutý
22	0,66		39	198				uľahnutý
26	0,75		40	208				uľahnutý
20	0,62		39	160				stredne uľahnutý
35	0,92		42	280				uľahnutý