

ZDRUŽENIE - HORELICA
INGEO a.s. ŽILINA, GEOFOS s.r.o. Žilina, GEOEXPERTS s.r.o. Žilina
zastúpené IN GEO a.s. ŽILINA

Reg. číslo Geofondu: 57/98

ČIASTKOVÁ ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Názov úlohy: **Cesta I/11 ČADCA, obchvat mesta**
Východný portál Žilina
Číslo úlohy: **984005**
Zadávatel': **VÁHOSTAV a.s. Žilina**
Etapu prieskumu: **doplňujúci inžinierskogeologický prieskum**
Počet exemplárov: **8**
Dátum vyhotovenia: **november 2001**

Koordinátor úlohy: **Mgr. Peter VRÁBEL' (INGEO a.s. ŽILINA)**

Spoluriešitelia zodpovední za čiastkové úlohy:

- inžinierska geológia: **Mgr. Peter VRÁBEL' (INGEO a.s. ŽILINA)**
- geotechnika: **Ing. Egon FUSSGÄNGER, CSc. (GEOFOS s.r.o. Žilina)**
- hydrogeológia: **Mgr. Ivan BERACKO (INGEO a.s. ŽILINA)**

Dátum: 28. 11. 2001

Ing. Ján SMOLKA
riaditeľ divízie geofaktorov
životného prostredia

INGEO a.s. ŽILINA
Bytčická 16
010 01 Žilina
>R<

Ing. Ladislav KOVÁČ
generálny riaditeľ a.s.

OBSAH

1.	ÚVOD.....	1
2.	CIEĽ PRIESKUMU A METODIKA RIEŠENIA PRIESKUMNÝCH PRÁČ	2
3.	STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PREDMETNÉHO ÚZEMIA	2
4.	NOVÉ POZNATKY O GEOLOGICKO-TEKTONICKEJ STAVBE OKOLIA JUŽNÉHO PORTÁLU ŽILINA	4
5.	GEOTECHNICKÝ KOMENTÁR PRE ZABEZPEČENIE STABILITY PORTÁLOVÉHO ZÁREZU - VÝCHODNÝ (ŽILINSKÝ) PORTÁL TUNELA HORELICA.....	10
6.	ZÁVER.....	11

ZOZNAM PRÍLOH

1.	Prehľadná situácia M 1: 50 000
2.	Situácia prieskumných diel M 1: 200
3.	Geologická dokumentácia
3.1	Geologická dokumentácia vrtu JPŽ-1
3.2	Geologická dokumentácia čiastkového zárezu čelného svahu stavebnej jamy portálu Žilina, so situovaním štruktúrneho vrtu JPŽ-1 M 1: 100
3.3	Geologická dokumentácia prieskumných rýh R-1, 2, 3
4.0	Inžinierskogeologický profil 1-1' M 1: 200/200
5.1	Prieskumná ryha R-2 a štruktúrny vrt JPŽ-1 vo vrchnom odreze portálu Žilina v mieste geofyzikálneho profilu HŽ-2 M = 1: 200/200
5.2	Inžinierskogeologický profil 2-2' (v mieste priečného geofyzikálneho profilu HŽ-2), M 1: 500/500
6.0	Reinterpretovaná schematická geologická stavba v pozdĺžnom profile osou PTR M 1: 500/500
7.	Fotodokumentácia
8.	Meračská správa
9.	Geofyzikálny prieskum

1. ÚVOD

V priebehu mesiacov apríl-máj 2001 dodávateľ stavby Váhostav a.s. Žilina začal výkopové práce na zaistovacej stene portálu Žilina, v staničení 3,240 km. Súčasťou týchto stavebných prác bola aj geologická dokumentácia stien výkopu v mierke 1: 100, ktorú realizovalo GEO - združenie Horelica. Po odkope svahu, približne na kóte 460-464,00 m n.m., boli zistené inžinierskogeologické pomery, ktoré neumožňovali projektované statické zaistenie portálovej steny tak, ako je to graficky znázornené na výkrese č. 6.2 „Portál Žilina - výkopy a zaistenie, pozdĺžny rez A-A' stavebnou jamou“. Pomerne komplikovaná geologicko-tektonická stavba okolia portálu Žilina bola znázornená už v záverečnej správe z podrobného inžinierskogeologického prieskumu z roku 1997 (Geostatik s.r.o. Žilina) pre akciu „I/11 Čadca - obchvat“. V prílohe č. 4.03 tejto správy je cca 20 m južne od portálu Žilina vykreslená kolmá tektonika suvažovaným vertikálnym posunom horninových komplexov a s možnosťou litologických zmien. Na zložitú geologicko-tektonickú stavbu predmetného územia upozornili zástupcovia GEO-Horelica aj v príl. č. 3.2 „Pozdĺžny geologický profil celej tunelovej rúry PTR (0-547 m)“, ktorá bola súčasťou záverečnej správy z doplnujúceho inžinierskogeologického prieskumu pre akciu „Cesta I/11 Čadca, obchvat mesta“ (december 1999). V tejto prílohe je upresnená geologická stavba v tom zmysle, že v strope kaloty portálu Žilina je vyznačená 3 metrová vrstva ílovcov s úklonom ku Klimkovmu potoku. Zložité tektonické pomery, ako aj ich dopad na porušenie horninového komplexu, častú zmenu orientácie a sklonu vrstiev, možnosti vertikálnych výzdvihov, resp. poklesov celých blokov hornín, sú jasne vyznačené v príl. č. 3.1 tej istej správy (príl. č. 3.1 „Extrapolovaná geologicko-tektonická mapa medzi pravou a ľavou tunelovou rúrou“). Pri komentovaní a zhodnocovaní tejto prílohy bolo v kap. 2.2.2 „Interpretácia a aplikácia inžiniersko-geologických, geotechnických a hydrogeologických pomerov medzi pravou a ľavou tunelovou rúrou“, str. 23, konštatované: *„Následný úsek tunela (LTR) od 3,161-3,233 km hodnotíme ako úsek s intenzívnym tektonickým porušením a následným rozvoľnením svahu, s výraznou prevahou pieskovcov. Úsek je charakterizovaný častými zmenami orientácie vrstiev, najmä pozdĺž porúch 310/85-90° a 260-280/70-85°. Zároveň od km 3,312 predpokladáme existenciu výraznejších puklín, spätých s vývojom údolia: 160-175/80-90°. V tomto úseku predpokladáme väčšiu rozlámanosť komplexu, častú zmenu orientácie vrstiev a s tým súvisiacu nestabilitu čelby a stien tunela“* - koniec citácie. Spomínaná príloha jasne dokladuje vrstvu ílovcov v blízkosti stropu portálu, ako aj ich značnú tektonickú porušenosť.

Na spoločnej obhliadke realizovaného vrchného odkopu portálovej steny dňa 7. 5. 2001 (zástupcovia generálneho projektanta, GEO-Horelica, ako aj dodávateľa stavby) bol dohodnutý rozsah doplnujúceho inžinierskogeologického prieskumu, ktorý pozostával z realizácie 1 ks štruktúrneho jadrového vrtu JPŽ-1, s ukončením vrtu pod dnom tunela a 2 geofyzikálnych profilov (HŽ-1,2) pre plošné objasnenie priebehu tektonických porúch. Výsledky prieskumného vrtu si vyžiadali potrebu realizácie 3 ks prieskumných rýh (R-1,2,3), ako aj doplnenie geofyzikálnych profilov (HŽ-3) a realizovanie hviezdicových meraní VES na doplnenom geofyzikálnom profile HŽ-3. Zároveň bolo dohodnuté, že záverečná správa bude vyhotovená v 8-mich exemplároch. Na horeuvedený rozsah prieskumných prác bol vypracovaný dodatok, ktorý je súčasťou „Zmeny projektu geologickej úlohy č. 4“. Táto zmena bola schválená dňa 21. 11. 2001. Následne bol vypracovaný Dodatok č. 5 k Zmluve o dielo č. 984005/98, ktorý bol potvrdený 26. 11. 2001.

2. CIEĽ PRIESKUMU A METODIKA RIEŠENIA PRIESKUMNÝCH PRÁČ

Cieľom dopĺňajúceho inžinierskogeologického prieskumu bolo upresniť geologickú stavbu v mieste portálu, plošným geofyzikálnym prieskumom zistiť tektonické poruchy, ich orientáciu, sklon a na základe týchto výsledkov prehodnotiť inžinierskogeologické pomery portálu Žilina a následne jeho statické zaistenie.

Pre splnenie tohto cieľa boli vykonané nasledovné práce:

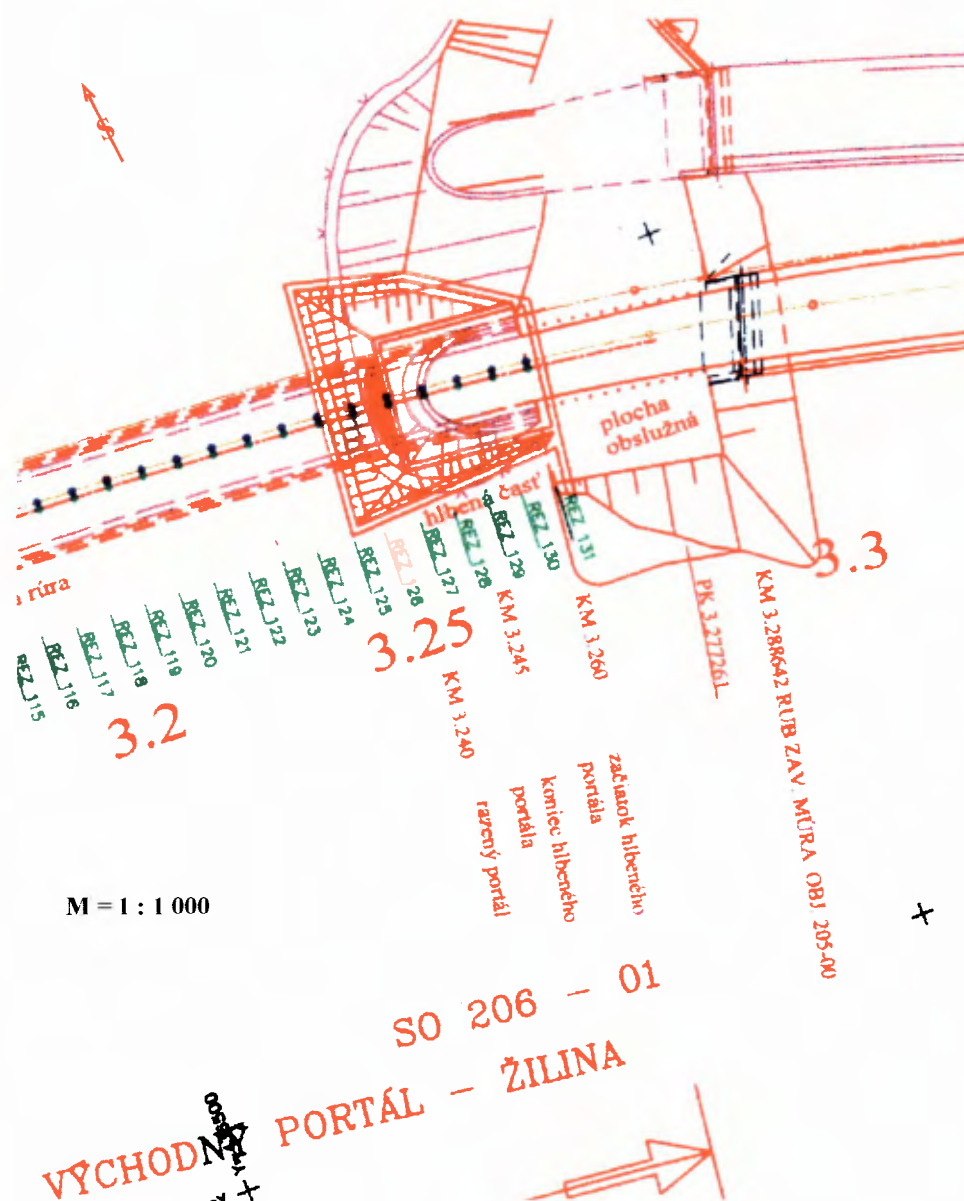
1. Zhodnotenie geologickej dokumentácie vrchného zárezu - príl. 3.2, ako aj jestvujúcich skalných odkryvov v blízkom okolí portálu.
2. Vytýčenie geofyzikálnych profilov HŽ-1,2,3. Geofyzikálny prieskum realizoval GEOPAS s.r.o. Žilina pod vedením RNDr. J. Flimmela. Výsledky týchto prieskumných prác sú obsahovou náplňou príl. č. 9.
3. Realizovanie jadrového vrtu JPŽ-1, hĺbky 15 m. Vrt odvrtala vrtná osádka INGEO a.s. ŽILINA pod vedením p. Papuču, súpravou UGB-50M-545, v mesiaci máj 2001. Vyhodnotenie vrtu je v príl. č. 3.1.
4. Vykopanie prieskumných rýh R-1,2,3 o celkovej dĺžke 30,2 m. Ich situovanie a jednotlivé dĺžky rýh sú znázornené v príl. č. 2. Prieskumné ryhy vykopal dodávateľ stavby Váhostav a.s. Žilina. Geologická dokumentácia prieskumných rýh je v príl. č. 3.3.
5. Zameranie jestvujúceho odrezu svahu, geofyzikálnych profilov a prieskumného vrtu vykonala firma GLOVA-GEOKOP Bratislava pod vedením Ing. Glova v mesiaci máj-jún 2001. Výsledky týchto prác sú obsahovou náplňou príl. č. 8.
6. Fotodokumentáciou sú zachytené dôležité údaje tak geologické, geomorfologické, ako aj celkový pohľad na stavenisko portálu Žilina - príl. č. 7.

3. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PREDMETNÉHO ÚZEMIA

Južný portál Žilina, tunel Horelica, objekt 206-08 je situovaný v pravostrannom svahu Klimkovho potoka (príl. č. 1). V zmysle technického výkresu 6.2 je portál situovaný v stavebnej jame hĺbky 16-17 m, so sklonmi stien 5:2. Ako statické zaistenie steny je navrhnuté klincovanie v 10 radoch klincov, priemeru 32 mm, dĺžky 4,0 m, v rozponoch 1,5x1,5 m. V úvodnej časti portálu, v staničení 3,22450-3,23650 km je projektovaný v jeho vrchnej klenbe mikropilotový ochranný dáždnik, dĺžky 12,0 m. Samotný portál je v staničení tunela 3,240 km, t.j. v jeho relatívnom staničení 555 m. Následne niveleta tunela prechádza v staničení 3,245-3,260 km v hĺbenú časť portálu (viď obr. 1).

Vzhľadom na podrobnú charakteristiku prírodných pomerov územia v záverečnej správe z podrobného inžinierskogeologického prieskumu v roku 1997, v tejto kapitole podávame len stručnú charakteristiku predmetného územia.

Z geomorfologického hľadiska je pravý svah Klimkovho potoka pomerne strmý. Kým v spodnej časti prevláda sklon 17-20°, v mieste portálu sklon narastá, je 23-25°. Je to odozva na prevahu tvrdších pieskovcov nad ílovcami (príl. č. 7, obr. č. 1).



Obr. 1

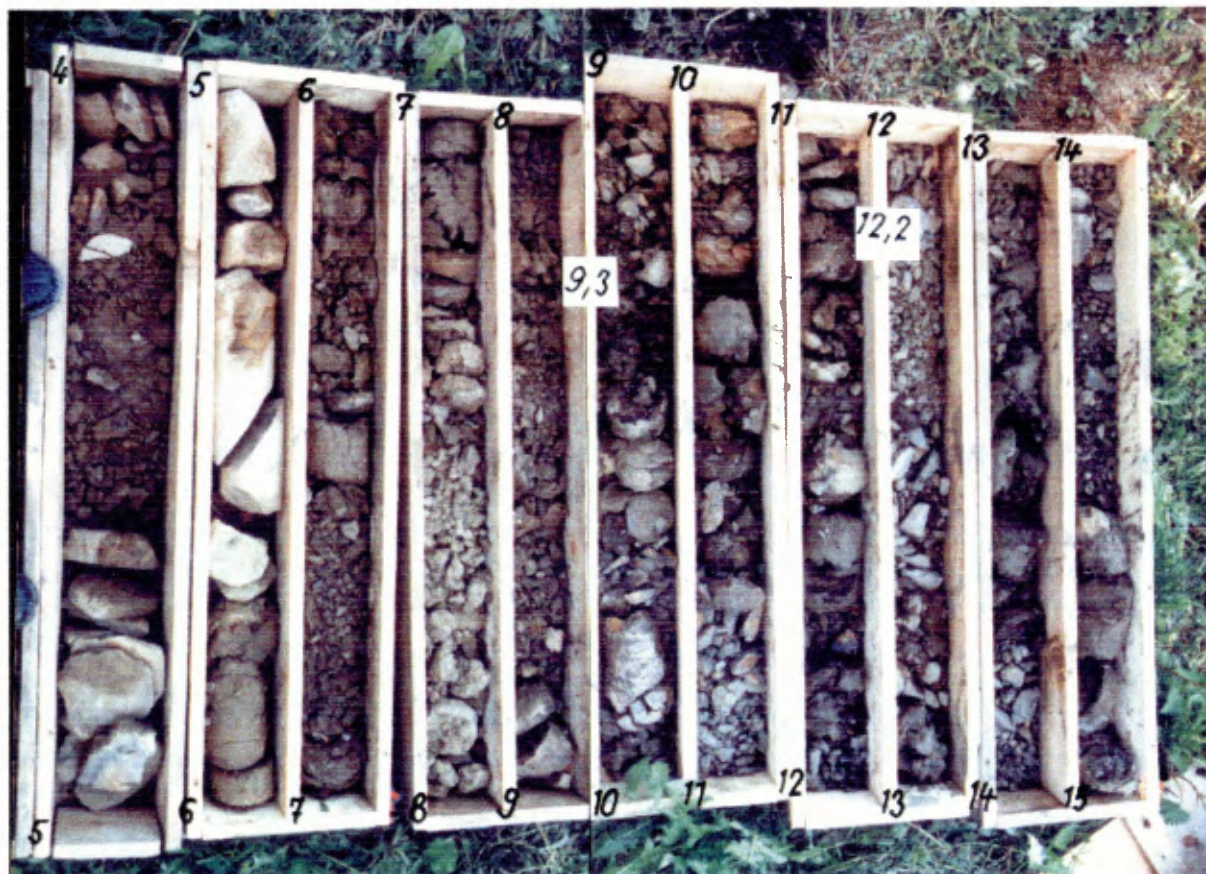
Celkový pohľad na pôvodné technické riešenie východného portálu Žilina

Ako už bolo konštatované v záverečnej správe z roku 1997, na geologickej stavbe územia sa podieľa kvartér a paleogén. Kvartér je zastúpený tenkou vrstvou povrchových hlin, ílov o mocnosti 1-2 m. Táto vrstva prechádza do vrstvy sutí kamenito-ílovitých a následne ílovito-kamenitých až kamenitých o mocnosti 3-5 m. Podložné horniny sú zastúpené zlínskymi vrstvami račianskej jednotky magurskej skupiny, s dominantným zastúpením pieskovcov. Vrstvy sú uklonené k SZ až SSZ pod uhlom 40-70°. Odrazom tektonického porušenia hornín je ich častá zmena smeru sklonu až na 170-190/40-60° (opustený lom - príl. č. 7, obr. č. 5). Charakteristický geologický profil je vyznačený v dokumentovanej stene vrchného odkopu - príl. č. 3.2.

Z hydrogeologického hľadiska v blízkom okolí portálu Žilina sa nenachádzajú výraznejšie zamokrenia a pramene.

4. NOVÉ POZNATKY O GEOLOGICKO-TEKTONICKEJ STAVBE OKOLIA JUŽNÉHO PORTÁLU ŽILINA

Štruktúrny vrt JPŽ-1, ktorý bol situovaný cca 4 m JV od portálu (príl. č. 2) jasne dokladoval komplikovanú geologicko-tektonickú stavbu v samotnom predpolí portálu. Pod 2,2 m vrstvou sutí bolo zistené súvrstvie ílovcov a pieskovcov o mocnosti 3,5 m (od 2,2-5,7 m). Kým do 3,6 m sú v prevahe ílovce, od 4,5-5,7 m sú samé pieskovce. V zmysle príl. č. 3.1 a príl. č. 7, obr. č. 4 sú **ílovce** tektonicky rozbité až na charakter sutín ílovito-kamenitých, resp. kamenitých, s Ø úlomkov 3-7 cm. **Pieskovce** sú tenko-hrubodoskovité, s odlučnosťou pod uhlom 50-60°, slabo navetrané, ale výrazné rozpukané. Od 5,7-15,0 m (konečná hĺbka vrtu je cca 3,6 m pod dnom tunela) bola zistená súvislá poloha tmavosivých laminovaných až tenkodoskovitých **ílovcov**, tektonicky veľmi porušených (vid' obr. č. 2; príl. č. 7, obr. č. 4). V hĺbkach 7,0-7,15; 10,4-10,7; 11,3-11,7; 12,9-13,6 m boli zistené podrvené zóny charakteru zvetraných ílovcov na tuhé až pevné íly s úlomkami. Podľa prirodzeného rozpadu jadier ílovcov predpokladáme ich strmý úklon, a to v rozmedzí 60-80°. Vzhľadom na blízkosť tektonickej poruchy nevylučujeme možnosť častých zmien tak sklonu ako aj orientácie ílovcov (príl. č. 5.2).



Obr. 2

Detailný pohľad na charakter ílovcov vo vrte JPŽ-1, v hĺbkovom intervale 5,7-15 m. Hĺbka 9,3 m predstavuje niveletu diaľnice, hĺbka 12,2 m kótu dna štrosy tunela.

Pre geotechnické charakterizovanie pieskovcov a ílovcov v oblasti Žilinského portálu boli realizované testy bodovej pevnosti PLT na úlomkoch uvedených hornín, odobratých z horninového jadra vrtu JPŽ-1. Výsledky testov sú prezentované v prehľadnej tabuľke č. 1, pričom možno konštatovať, že priemerná hodnota odvodenej pevnosti v tlaku z PLT bola

- pre pieskovce:

$$\sigma_c = 80,22 \text{ MPa (z rozsahu } \sigma_c = 48,66\text{-}133,02 \text{ MPa)}$$

- pre ílovce:

$$\sigma_c = 4,61 \text{ MPa (z rozsahu } \sigma_c = 1,51\text{-}11,21 \text{ MPa)}$$

Pri zrovnaní s priemernými hodnotami σ_c z prieskumnej štôlne Horelica $\sigma_c = 81,92$ MPa v pieskovcoch a $\sigma_c = 15,80$ MPa v ílovcach vychádza, že pieskovce v oblasti Žilinského portálu sú navetrané, ale dosť rozpukané, pričom pevnostne sú temer identické (98 %) s navetranými pieskovcami v podzemí, avšak ílovce sú výraznejšie porušené a menej pevné, dosahujúce iba 29 % priemernej pevnosti σ_c ílovcov v podzemí.

Výsledky geofyzikálnych meraní ukázali, že v blízkosti vrtu JPŽ-1 prebieha široká tektonická porucha smeru SSV-JJZ. Z tohto dôvodu sa prikláňame k názoru, že štruktúrny vrt JPŽ-1 bol odvrátený na južnom okraji tektonickej poruchy a zistená geologická stavba vo vrte do 15,0 m pravdepodobne charakterizuje práve túto tektonickú poruchu. Interpretácia tejto veľmi strmej (75-85°) tektonickej poruchy je znázornená v pozdĺžnom (1-1') a priečnom (2-2') inžinierskogeologickom profile portálovej steny - príl. č. 4,5.1. Vzhľadom ku skutočnosti, že v celom vrte nebol zistený prítok podzemnej vody, môžeme sa prikloniť k názoru, že porucha nie je kolektorom väčšieho množstva podzemnej vody. Veľká četnosť tektonických porúch však nevylučuje možnosť výskytu statických, odizolovaných zásob podzemnej vody, hlavne v jarnom období.

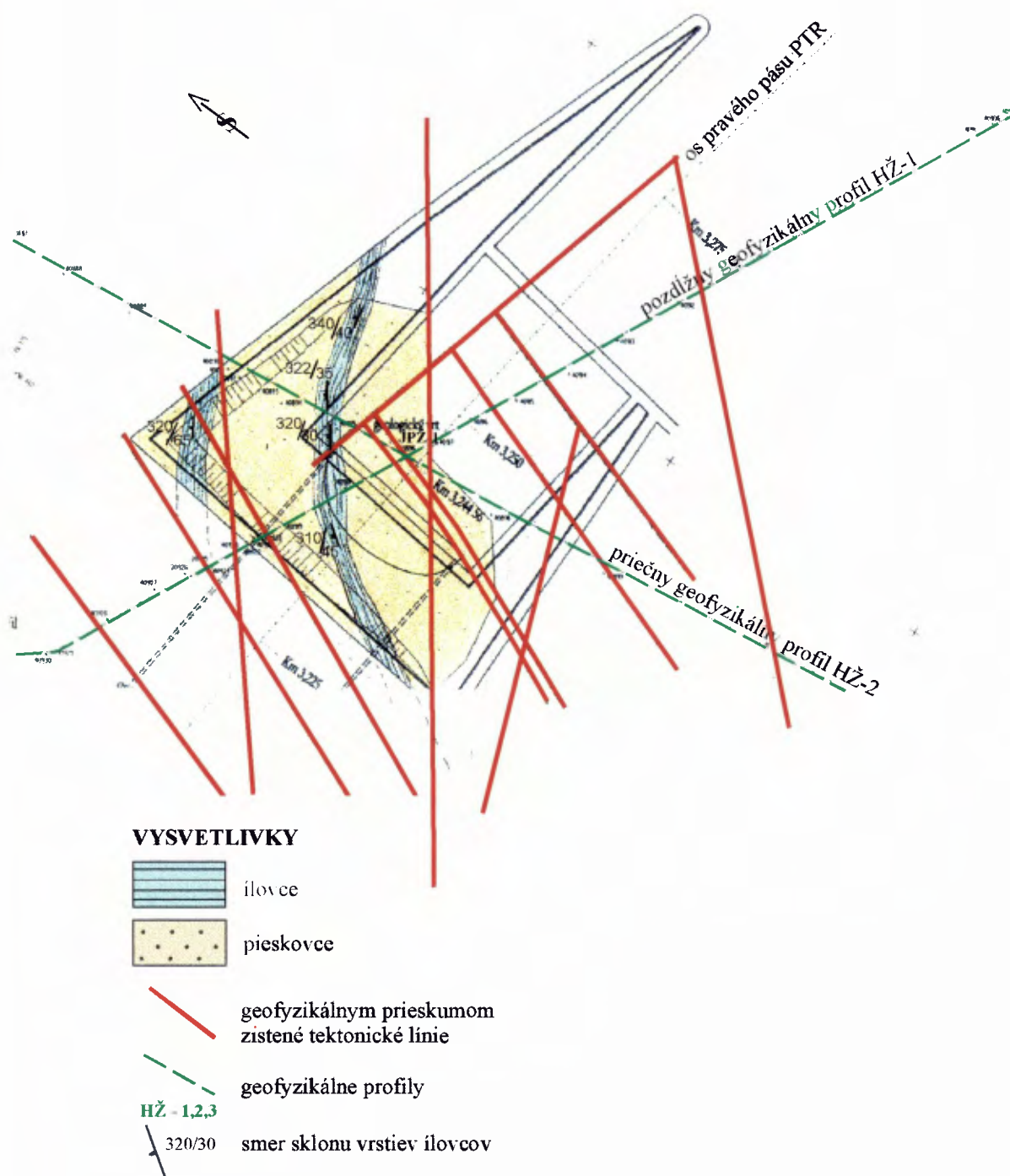
Ako ukazuje obr. č. 3, na plate vrchného odrezu bolo možné vymapovať dve vrstvy sprehybaných ílovcov (príl. č. 7, obr. č. 2,3). Obidve vrstvy majú oblúkovitý tvar, s orientáciou vrstiev SV-JZ a so sklonom k SZ pod uhlom 30-65°. Kým vrchná, krátka vrstva bola dokumentovaná a popísaná v čelnej, odkrytej portálovej stene - príl. č. 3.2, na objasnenie druhej vrstvy ílovcov a zároveň aj objasnenie vrchnej časti paleogénu boli vykopané 3 prieskumné ryhy. Ich hĺbka bola 0,8-1,0 m. Prieskumná ryha R-1 bola situovaná paralelne s osou pravého pásu diaľnice, ryha R-2 v priečnom geofyzikálnom profile HŽ-2 a ryha R-3 v blízkosti lomu čelnej a bočnej odrezovej steny - príl. č. 2. V obidvoch ryhách R-1,2 bola zistená mocnosť druhej vrstvy ílovcov, ktorá sa pohybuje od 1,3 m (R-1) - 1,5 m (R-2). Orientácia ílovcov je v rozmedzí 315-355/31-51°. Ílovce majú čriepkovitý rozpad, s priemerom úlomkov \varnothing 4-6 cm, čo dokladuje aj príl. č. 7, obr. č. 7 až 10. Tieto obrázky ukazujú aj na tektonické porušenie väčších mocností pieskovcov medzi jednotlivými vrstvami ílovcov. V blízkosti druhej vrstvy ílovcov je možné merať podobné úložné pomery pieskovcov ako u ílovcov, no smerom k vrtu JPŽ-1 sú pieskovce rozbité na bloky a postupne prechádzajú do ílovito-kamenitých až kamenitých sutí (príl. č. 3.3). Určitú možnosť interpretácie horeuvedenej geologickej stavby na povrchu vrchného odrezu do pozdĺžneho (1-1') a priečneho inžinierskogeologického profilu (2-2') ukazujú príl. č. 4 a 5.

**PEVNOST V TLAKU $I_{s(50)}$ ODVODENÁ PRI BODOVOM ZAŤAŽENÍ (PLT)
TUNEL HORELICA - VÝCHODNÝ (ŽILINSKÝ) PORTÁL**

Tabuľka 1

Vrt č.	Č. skúš. telieska	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	W (mm)	D (mm)	A (mm ²)	De ¹ (mm ²)	De (mm)	P (N)	I _s (x10 ³ MPa)	F	I _{s(50)} (MPa)	σ _c (MPa) (24xI _{s(50)})
JPŽ-1 (3,6-5,7)	1	110	80	95	14	1330	1693,409	41,151	5300	3,1298	0,916	2,87	68,81
	2	110	90	100	14	1400	1782,535	42,220	3900	2,1879	0,927	2,03	48,66
	3	110	60	85	23	1955	2489,183	49,892	8000	3,2139	0,999	3,21	77,06
	4	110	60	85	17	1445	1839,831	42,893	7000	3,8047	0,933	3,55	85,23
	5	120	55	87,5	22	1925	2450,986	49,507	7500	3,0600	0,996	3,05	73,11
	6	90	60	75	29	2175	2769,296	52,624	15000	5,4165	1,023	5,54	133,02
	7	90	70	80	25	2000	2546,479	50,463	8000	3,1416	1,004	3,15	75,71
Miesto odberu, ig typ: vrt JPŽ-1 (3,6-5,7 m) Žilinský portál, tunel Horelica - pieskovec											Priemer:	3,343	80,22
JPŽ-1 (8,0-15,0)	1	80	90	85	60	5100	6493,522	80,582	650	0,1001	1,240	0,12	2,98
	2	50	75	62,5	43	2687,5	3421,831	58,496	200	0,0584	1,073	0,06	1,51
	3	70	45	57,5	26	1495	1903,493	43,629	200	0,1051	0,941	0,10	2,37
	4	40	20	30	36	1080	1375,099	37,082	200	0,1454	0,874	0,13	3,05
	5	70	40	55	28	1540	1960,789	44,281	800	0,4080	0,947	0,39	9,27
	6	30	40	35	29	1015	1292,338	35,949	700	0,5417	0,862	0,47	11,21
	7	70	25	47,5	18	855	1088,620	32,994	200	0,1837	0,829	0,15	3,66
	8	50	40	45	30	1350	1718,873	41,459	200	0,1164	0,919	0,11	2,57
	9	40	75	57,5	35	2012,5	2562,395	50,620	500	0,1951	1,006	0,20	4,71
Miesto odberu, ig typ: vrt JPŽ-1 (8,0-15,0 m) Žilinský portál, tunel Horelica - ilovec											Priemer:	0,192	4,61

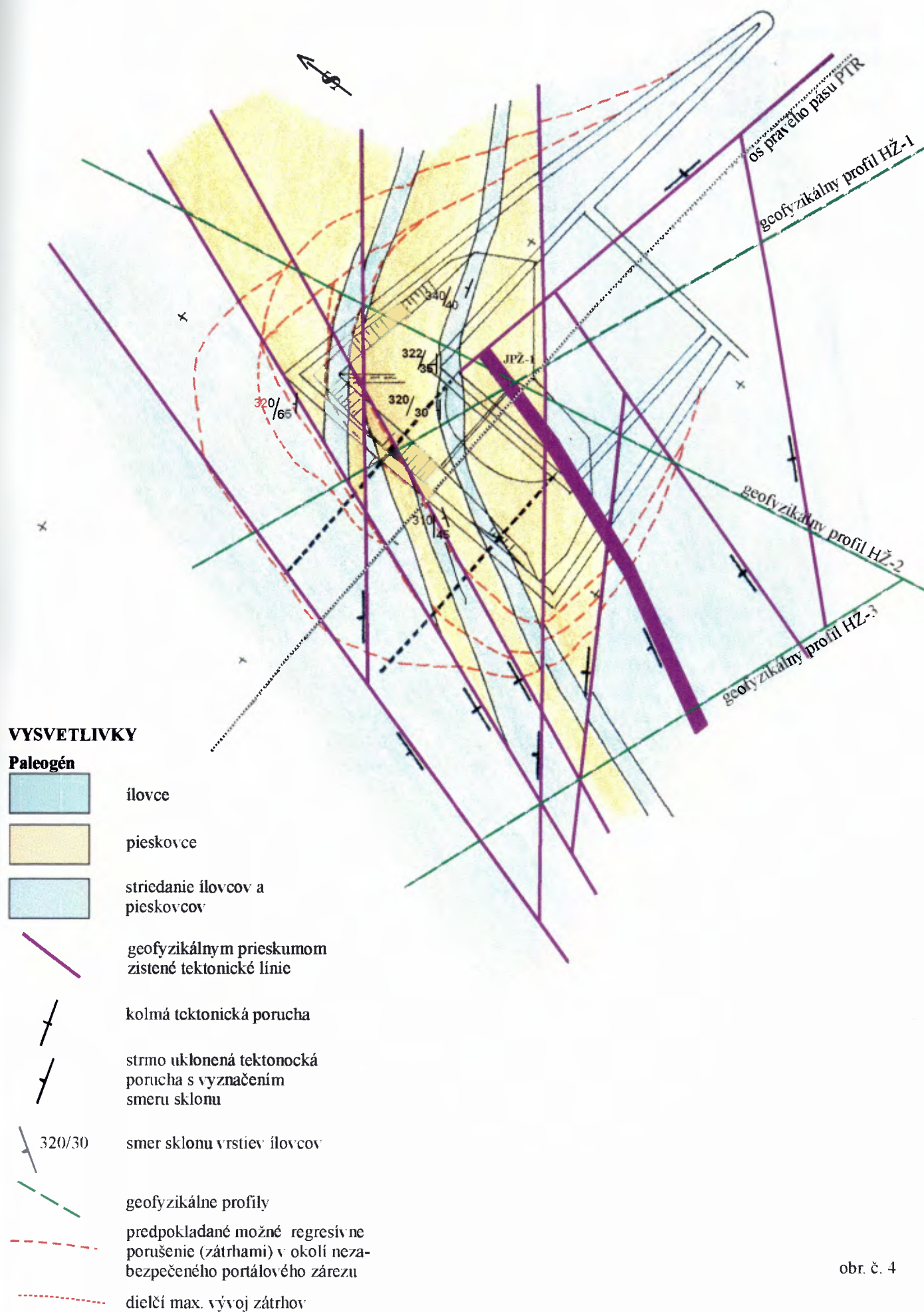
ODKRYTÁ GEOLOGICKOTEKTONICKÁ STAVBA VO VRCHNOM ODREZE PORTÁLU ŽILINA M = 1 : 500



Plošný geofyzikálny prieskum (vid' príl. č. 2 a 9) zistil značnú četnosť tektonických porúch v troch systémoch. Podľa obrázku č. 3 prevládajú poruchy smeru SSV-JJZ, pričom najširšia zóna porušenia tohto systému je medzi vrtom JPŽ-1 a samotným portálom. Táto porucha má veľmi strmý úklon do svahu (75-85°). Pre samotné razenie priportálovej časti tunela sú nepriaznivé ďalšie 3 poruchy tohto systému, a to v staničení 3,22760-3,22970 km (542,6-544,7 m); 3,22060-3,22160 km (535,6-536,6 m) a v 3,20900-3,21000 km (524,0-525 m). Podľa geologicko-geofyzikálneho rezu HŽ-1 tieto poruchy ohraničujú širokú zónu veľmi nízkych odporov, ktoré môžeme pričleniť prevažne tektonicky veľmi porušeným ílovcom. Z pohľadu tejto interpretácie je potrebné ukončiť ochranný mikropilotový dáždnik až za tieto poruchy. Druhý systém tektonických porúch charakterizuje tektonická porucha smeru VVJ-ZZS, severne od vrtu JPŽ-1 s ukončením pri ľavom okraji portálu. Tieto dva systémy tektonických porúch sú na seba približne kolmé. Charakter tejto poruchy je možné prirovnať k veľmi výraznej poruche v stene spodného odrezu - vid' príl. č. 7, obr. č. 1, no najmä obr. č. 11, 12 a 13. Ide o 3-5 m zónu intenzívne porušených, silne zvetraných pieskovcov a ílovcov charakteru sutiny kamenito-ílovitej až ílu so silne zvetranými pieskovecami až na piesok. Tretí systém tektonických porúch smeru SV-JZ (vid' príl. č. 9) je totožný so zistenou orientáciou vrstiev. Tektonická porucha tohto smeru asi 4 m JV od vrtu JPŽ-1, označená symbolom ① môže byť prejavom tektonickej línie alebo vystupujúcej strmo uklonenej vrstvy ílovcov. V prípade platnosti druhej alternatívy by, analogicky, nadväzujúci pás zvýšených odporov SZ od línie ① mohol signalizovať vystupujúcu vrstvu pieskovcov.

Záverom hodnotenia výsledkov geofyzikálneho prieskumu konštatujeme, že vo vývoji svahu prebehlo viacero tektonických fáz, výsledkom čoho je mozaika blokov pieskovcov, oddelených od seba väčšími, rôzne sprehýbanými ílovcami.

Na základe horeuvedených geologických a geofyzikálnych výsledkov je zostrojený *inžinierskogeologický profil 1-1'* (príl. č. 4) v osi pravého pozdĺžneho pásu diaľnice. Vzhľadom ku veľmi zložitej geologicko-tektonickej stavbe územia je veľmi komplikované jednotlivé vrstvy hornín, zistené na povrchu zárezu, interpretovať medzi jednotlivými tektonickými poruchami. Keďže medzi vrtom JPŽ-1 a odrezovou stenou nebola zistená tektonická porucha, môžeme predpokladať, že vrstvy zistené v prieskumnej ryhe R-1 pokračujú do masívu, zachovávajú si približne orientáciu a sklon ako na povrchu. Ukončenie týchto vrstiev je možné očakávať na poruche v staničení 542,6-544,7 m, t.j. nad odrezovou stenou. Prihliadnuc však na širokú tektonickú poruchu pri samotnom vrte JPŽ-1, možno očakávať, že vrchná časť samotného portálu bude síce v pieskovcoch, ale silne rozvolnených a v blízkosti poruchy s rôznym stupňom zvetrania. Ako sa premietne súvrstvie ílovcov a pieskovcov, a hĺbkovej úrovne vrtu od 2,2-5,7 m do portálu, prihliadnuc na zistenú tektonickú poruchu, je veľmi obtiažne ich vyznačiť v profile. Vychádzajúc z izoohmickej mapy z hĺbky 5-7 m a z hĺbky 12-15 m (príl. č. 9/4), prikláňame sa k názoru, že aj pri možnosti určitých vertikálnych posunov súvrstvia, súvrstvie rozvolnených ílovcov a pieskovcov si zachová pôvodný smer a sklon a vyplní spodnú časť tunela až po niveletu komunikácie. Podobná úvaha platí aj pre ílovce pod spomínaným súvrstvom, ktoré by malo vyplniť dno portálu. Podľa výsledkov geofyzikálnych meraní na priečnom profile a na základe prieskumnej ryhy č. 2 sme zostrojili *inžinierskogeologický profil 2-2'* (príl. č. 5.2). Jeho situovanie je totožné s geofyzikálnym profilom HŽ-2 (príl. č. 2). Z tohto profilu je patrná veľká četnosť tektonických porúch. Spomínané súvrstvie ílovcov a pieskovcov z vrtu JPŽ-1, z hĺbkovej úrovne 2,2-5,7 m je ukončené na tektonickej poruche smeru JVV-SZZ, pričom predpokladáme v úseku medzi vrtom a touto poruchou postupné ponáranie tejto vrstvy. Podľa geologicko-geofyzikálneho rezu v mieste profilu HŽ-2 (príl. č. 9) za spomínanou poruchou pod povrchom odrezu je podobné súvrstvie ílovcov a pieskovcov, ktoré môže mať podobnú orientáciu ako ílovce v prieskumnej ryhe R-2.



Horeuvedená tektonická porucha pravdepodobne spôsobí značné tektonické porušenie hornín v ľavej strane (strana je udaná v smere staničenia tunela) portálu, kde pravdepodobne končí (obr. č. 4). Treba počítať s väčšou rozvolnenosťou hornín, otvorenosťou puklín, vyšším stupňom zvetrania, ako aj s možnosťou zmien orientácie a sklonu vrstiev.

Ako už bolo spomenuté, medzi tektonickými poruchami v staničení 524,0-544,7 m v celom profile tunela vystupujú ílovce, podľa nameraných nízkych odporov, značne porušené.

Vyznačená geologicko-tektonická stavba portálu Žilina a jeho priportálového územia (s veľkým otáznikom) je v príl. č. 6 vyznačená v pozdĺžnom profile PTR.

5. GEOTECHNICKÝ KOMENTÁR PRE ZABEZPEČENIE STABILITY PORTÁLOVÉHO ZÁREZU - VÝCHODNÝ (ŽILINSKÝ) PORTÁL TUNELA HORELICA

Doplňujúcim inžinierskogeologickým prieskumom boli overené komplikované geologicko-tektonické pomery v okolí projektovaného žilinského portálu PTR Horelica, ktoré sú prezentované v grafických prílohách.

Pre zabezpečenie stability portálového zárezu predbežne bude treba počítať s predpätými kotvami dĺžky 10-25 m a v strope vyústenia tunelovej rúry s portálom aj s mikropilotovým dáždnikom dĺžky cca 30-32 m. K vlastnému riešeniu stabilitného problému sme spracovali v 2 charakteristických profiloch (príl. č. 4, 5.2) i v pôdoryse odkrytého podložia schémy predpokladaného možného porušenia okolia portálového zárezu (obr. č. 4), ktoré by sa regresívne vyvinulo v prípade jeho nezabezpečenia. Priebeh predpokladaných kinematicky možných zátrhových porúch bude pritom podmienený pozíciou tektonických porúch a zvetraných ílovcových vrstiev a polôh ($\sigma_c = 4,6$ MPa), ktoré sú najslabšími prvkami flyšového horninového masívu bez výskytu hladiny podzemnej vody. Pieskovce, ktoré vykazujú sice v priemere dostatočnú pevnosť ($\sigma_c = 80,2$ MPa), sú v horných zónach výskytu silne rozpukané a rozlámané, t.j. majú zníženú súdržnosť τ_0 . S ohľadom na uvedené pomery odporúčame redukované hodnoty základných geotechnických charakteristík jednotlivých typov hornín, ktoré sú nasledovné:

ílovce:	$\varphi = 26^\circ$;	$\tau_0 \leq 30$ kPa;	$\gamma = 22$ kNm ⁻³
ílovce a pieskovce:	$\varphi = 30^\circ$;	$\tau_0 \leq 50$ kPa;	$\gamma = 24$ kNm ⁻³
pieskovce:	$\varphi = 35^\circ$;	$\tau_0 \leq 60$ kPa;	$\gamma = 25$ kNm ⁻³
materiál tekt. porúch:	$\varphi = 26^\circ$;	$\tau_0 = 0$ kPa;	$\gamma = 22$ kNm ⁻³

Pri stabilitných výpočtoch treba upozorniť, že s uvedenými hodnotami τ_0 je možné uvažovať iba na 50-60 % posudzovaných zátrhových plôch, t.j. mimo ich vrchnej (ťahovej) a tiež spodnej (maximálne namáhanej) časti. Dosiahnutie potrebnej hodnoty stupňa bezpečnosti $F \geq 1,3$ bude potrebné zabezpečiť zodpovedajúcimi kotevnými silami.

Ak hlavnými stabilizačnými prvkami budú predpäté kotvy, mali by byť takej dĺžky, aby ich koreň bol v prostredí až za posledným potencionálnym zátrhom. Rovnako aj mikropilotový dáždnik v strope tunelovej rúry musí siahať od portálu až za poslednú výraznejšiu tektonickú poruchu.

6. ZÁVER

Záverom môžeme konštatovať, že:

- doplňujúci inžinierskogeologický prieskum potvrdil a zároveň dopresnil veľmi komplikovanú geologicko-tektonickú stavbu v mieste portálovej steny južného portálu Žilina;
- prieskumnými prácami bola zistená značná porušenosť, rozvoľnenosť pieskovcov a flexúrové ohnutie a podrvenie ílovcov;
- vzhľadom na veľkú četnosť (až 7) tektonických porúch na tak malom území indikuje tektonickú porušenosť horninových komplexov do značnej hĺbky, môže spôsobiť zmeny orientácie jednotlivých vrstiev, ako aj rôzne amplitúdy vertikálnych poklesov, či výzdvihov;
- flyšové súvrstvie je v tejto oblasti značne tektonicky porušené, rigidnejšie pieskovcové polohy rozlámané do mozaiky blokov sčasti od seba izolovaných väčšími ílovcami, ktoré boli do uvoľnených priestorov medzi blokmi pieskovcov vtlačené! Preto sú aj výraznejšie prehnietené, sprehybané a s premenlivou orientáciou. Nízke sú aj šmykové pevnosti v dôsledku účinkov viacerých tektonických fáz, čo bude pôsobiť ako výrazný faktor, ktorý ovplyvní zníženie stability výrubu;
- prieskumným vrtom nebola zistená hladina podzemnej vody a v priestore vrchného a spodného odkopu neboli zistené žiadne vývery podzemnej vody. Veľká četnosť tektonických porúch nevylučuje možnosť výskytu statických zásob podzemnej vody.
- vzhľadom na širokú zónu nízkych odporov na úseku cca 30-32 m od samotného portálu odporúčame pri postupnom budovaní portálu odvráť dva štruktúrne subhorizontálne vrty (úklon 4-6° dovrchne) o dĺžke 35-40 m, ktoré by dopresnili geologicko-tektonickú stavbu tohto priportálového úseku. Pre tento účel sa môžu využiť aj vrty pre mikropilotový dáždnik za portálom.