

# Interpretácia výsledkov seizmických meraní na letisku SLIAČ

František Blaško, Annamária Mockovčiaková<sup>1</sup> a Blažej Pandula<sup>2</sup>

## An Interpretation of Results from Seismic Measurements on SLIAČ Airport

A knowledge obtained during the survey of runways and examination of the airport asphalt pavement structure by non-destructive methods is presented in this paper. The theoretical problem and the problem of application of selected geophysical methods for the determination of real conditions of the runway are solved. From the geological-engineering aspect is determined the disturbance of the rock environment. A possible complex approach to the evaluation of disturbance of runway subgrade by seismic and seismo-acoustic methods is also presented.

**Key words:** runway, seismic and seismo-acoustic methods, Physical characteristics of the pavement runway, Geographic, civic and Physical data, Localization of the seismic survey, Data displaying on Bison seismograph1580.

## Úvod

Počiatky sledovania možností využitia seizmických metód v letiskovej stavebnej praxi sa datujú do konca sedemdesiatych a začiatku osemdesiatych rokov minulého storočia, kedy prof. Ing. Tobiáš LAZAR, DrSc. odporučal vtedajšiemu vedeniu Banického ústavu (dnes Ústavu geotechniky) Slovenskej akadémie vied spoluprácu ústavu a špecialistov pre výstavbu a údržbu letísk pri riešení vedecko výskumných úloh v oblasti geotechniky so zameraním na ich aplikáciu v letiskovom technickom zabezpečení.

Základné teoretické vedomosti [1,3,4] a praktické poznatky a skúsenosti boli získané pasívnou i aktívnou účasťou pri riešení špecifických vedeckých výskumných úloh realizovaných vedeckými pracovníkmi Vysokej vojenskej leteckej školy, neskôr Vojenskej leteckej akadémie.

## Letiskové Zariadenie Sliač (LZSL) – charakteristika

LZSL je určené na dlhodobú vnútroštátnu a medzinárodnú civilnú i vojenskú leteckú prevádzku, na ktorej je trvalo umiestnená vojenská letecká základňa VS ASR. Je plne vybavené objektmi a prevádzkovými technickými zariadeniami stáleho charakteru. Vzletová a prístávacia dráha (VPD) je spevnená betónovým povrchom. Je to letisko I. triedy, vybavené pre štandardnú prístrojovú leteckú prevádzku. Má priradené kódové číslo 4E.

## Všeobecný popis a základné charakteristiky

- sú vzhľadom na algoritmus technologických postupov predpísaných pre prieskum, zakladanie, prevádzku a realizáciu jednotlivých druhov opráv letísk, bez závislosti na charaktere prevádzkovateľa, nutnými predpokladmi pre vykonávanie jednotlivých činností pre požadovanú bezpečnosť leteckej prevádzky špecificky a pre pohyb zabezpečovacej techniky a pozemných špecialistov po letisku všeobecne.

Tab. 1. Fyzikálne charakteristiky VPD – LZSL

Tab. 1. Physical characteristics of the pavement runway LZSL

Rozmer[m]	Nadmorská výška	Označenie	Únosnosť
20 x 20	nadmorská výška 313,53m / 1028,64ft.	H	PCN 38/R/B/X/T, betón

Tab. 2. Vyhlásené dĺžky letiska – LZSL

Tab. 2. Declared length of airport - LZSL

Skratka podľa ICAO/SSL	Použiteľná dĺžka VPD [m] v smere	
	18	36
TORA/PDR	2340	2340
TODA/PDV	2400	2400
ASDA/PDPV	2340	2340
LDA/PDP	2340	2340

Tab. 3. Zemepisné a administratívne údaje – LZSL

<sup>1</sup> doc. Ing. František Blaško, CSc., plk. v. v., [ferry@saske.sk](mailto:ferry@saske.sk), RNDr. Annamária Mockovčiaková, PhD., [mocka@saske.sk](mailto:mocka@saske.sk), Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, Slovenská republika

<sup>2</sup> doc. RNDr. Blažej Pandula, PhD., [Blazej.Pandula@tuke.sk](mailto:Blazej.Pandula@tuke.sk), KLaAG FBERG TU, Park Komenského 19, 043 84 Košice, Slovenská republika

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 15.11.2004)

Tab. 3. Geographic and civic data runway LZSL

Parameter	Hodnota	
Zemepisné súradnice	483817 N	0190803 E
Smer a vzdialenosť (od mesta)	315°; 3,5 km od kúpeľov Sliač	
Nadmorská výška	318 m (1043 ft) /26,9°C (JÚL)	
Magnetická odchýlka / Ročná zmena	3° 05,8' E (1997) / +2,8' E	

Tab. 4. Fyzikálne charakteristiky VPD – LZSL

Tab. 4. Physical characteristics VPD-LZSL

Označenie RWY NR	Zemepisný smer	Rozmery RWY	Únosnosť (PCN) a povrch RWY a SWY
18	181°56,6' GEO	2340 x 60	PCN 38/R/B/X/T, betón
36	001°56,5' GEO		

Tab. 5. Sklony a rozmery VPD – LZSL

Tab. 5. Gradient and the size of VPD

Sklony RWY a SWY		Rozmery CWY	Rozmery pásu RWY
18	340 - 0,43	60 x 300	2460 x 300
	1340 - 0,34		
	2140 - 0,36		
	2340 - 0,5		
36	200 +0,5	60 x 300	2460 x 300
	1000 +0,36		
	2000 +0,34		
	2340 +0,43		

Tab. 6. Šírka, povrch a únosnosť rolovacej dráhy – LZSL

Tab. 6. Width, surface and the load capacity of runway - LZSL

Rolovacia dráha	Šírka [m]	Povrch	Únosnosť
A, B, D, E	15	betón	PCN 38/R/B/X/T
C	22		

Tab. 7. Prekážky v priestore LZSL

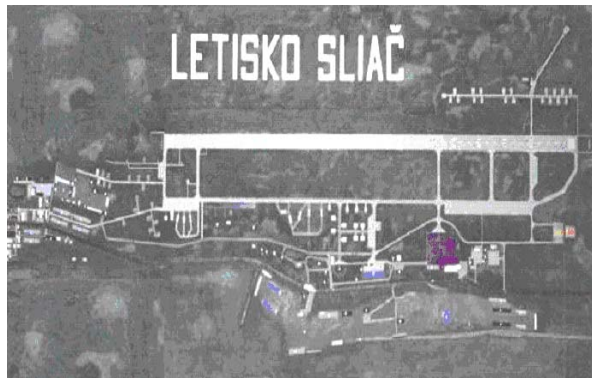
Tab. 7. Barriers in area of LZSL

druh prekážky; rozmer [m]	zemepisné súradnice
elektrické vedenie; Elev 345	484008,5 N ; 0190809,3 E
terén - stromy; Elev 464	484119,9 N ; 0190841,4 E
Kostol - Sliač; Elev 326	483702,9 N ; 0190815,9 E
Borová hora terén - stromy; Elev 369	484330,4 N ; 0190824, E

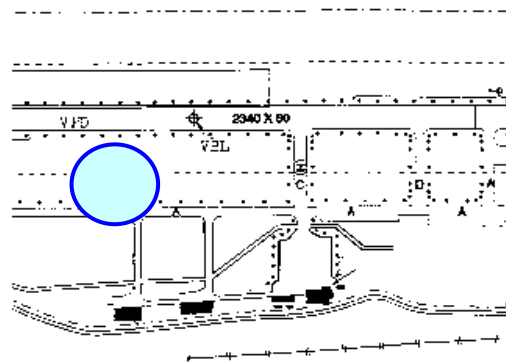
Tab. 8. LZSL - horniny v podloží podľa geologickej mapy

Tab. 8. Rocks in subgrade according to the geological map

Číslo jednotlivých položiek podľa legendy geologickej mapy	Druhy hornín v podloží, zodpovedajúce legende geologickej mapy
30a÷g	pyroxenické a amfibolické - pyroxenické andezity (staršie stratovulkány stredného Slovenska); <b>báden</b>
84	vrstevnaté ílovité vápence, slieňovce a brekcie; <b>títón - apt</b>
86	piesčité a škrvnité vápence, rádiolarity, hľuznaté vápence („panvový vývoj liasu“); <b>(rét?)hetanž-kimeridž</b>
95	tmavosivé vápence (gutensteinské), dolomity (wettersteinské, hlavné); <b>stredný-vrchný trias</b>
100	tmavé vápence(gutensteinské) a dolomity (raumsauské); <b>anis-karn</b>
108	zlepence, pieskovce, pestré ílovité bridlice, vulkanity (malužinské, knolské, petrovohorské, novoveské, cejkovské a černochovske súvrstvie), a - andezitovo - bazaltové vulkanity; <b>perm</b>
111	zlepence, pieskovce, bridlice, kyslé vulkanity, zriedkavo uhlie (slatvinské, čerhovské, trňanské, kašovské, luhynské, nižnobocianske súvrstvie); <b>vrchný karbón</b>



Obr. 1. Schéma dráhového systému LZSL  
Fig. 1. Scheme of the runway LZSL



Obr. 2. Miesto seizmického prieskumu LZSL  
Fig. 2. Localization of the seismic survey LZSL

### Seizmický prieskum LZSL

a bol vykonaný na odstavenom úseku dráhy na ploche 60 x 60 m metódou „prežarovania seizmickými vlnami“ naprieč danou plochou podľa obr. 2. Táto oblasť bola zvolená preto, lebo danou oblasťou prechádza geologické rozhranie interpretované podľa geologického prieskumu. Táto hranica bola zachytávaná seizmickým prieskumom; pri 4 m rozstupoch geofónov i bodov úderu, teda pri použití 6 geofónov i úderov bolo získaných 120 seizmických profilov v sledovanej oblasti. Merania boli realizované seizmickou aparátúrou **BISON 1580C**, s využitím technického vybavenia K DLaGf F BERG TU v Košiciach a ultrazvukového prístroja **MATERIAL TESTER 543**. Na kontrolnom úseku VPD bola náhodným výberom zvolená opravená CBD. Pomocou ultrazvukovej tomografie bola v tejto doske zistená rýchlosť šírenia ultrazvukových vln, ktorá v zmysle tabuľky 51 [2] (Blaško, 2003) zodpovedá hodnoteniu kvality betónu „dobrá až výborná“.

Tab. 9. Hodnotenie kvality betónu  
Tab. 9. Evaluation of quality of the concrete

Kvalita betónu	Rýchlosť pozdĺžnych vln $V_{p0}$ [km.s <sup>-1</sup> ]	Orientačná pevnosť v tlaku [kg.cm <sup>-2</sup> ]
veľmi zlá	pod 2,0	-
zlá	2,0 ÷ 3,0	do 80
nie veľmi zlá	3,0 ÷ 3,5	do 150
dobrá	3,5 ÷ 4,0	do 250
veľmi dobrá	4,0 ÷ 4,5	do 400
výborná	nad 4,5	nad 400



Obr. 3. Odčítavanie hodnôt z aparatury Bizon 1580 C a realizácia merania  
Fig. 3. Data displaying on the Bison seismograph 1580 C



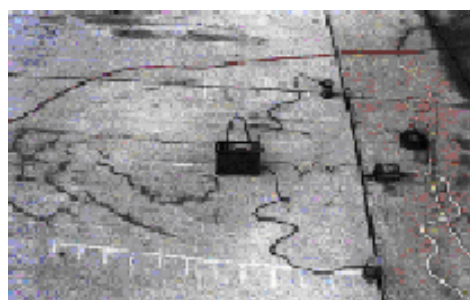
Obr. 3a. Odčítavanie hodnôt z aparatury Bizon 1580 C a realizácia merania  
Fig. 3a. Data displaying on the Bison seismograph 1580 C

Tab. 10. Rýchlosti lomených vln – LZSL  
 Tab. 10. Velocities of refracted waves - LZSL

Poloha vysieláča [m]						
Poloha snímača [m]	kl. 0	kl. 3	kl. 6	kl. 9	kl. 12	kl. 15
1	264,0	254,5	284,6	315,6	414,0	469,3
2	259,6	253,8	274,3	302,1	368,5	417,7
3	260,0	271,8	268,4	284,6	366,4	413,5
4	263,8	244,8	258,1	278,0	323,3	371,1
5	261,3	252,4	247,2	264,3	356,4	345,0
6	269,5	255,2	245,2	260,0	288,5	336,2
7	284,6	261,3	223,1	252,8	276,3	321,9
8	292,8	268,1	245,9	245,6	266,3	302,5
9	308,4	301,6	251,4	243,7	258,2	291,5
10	320,8	288,2	258,3	247,0	254,2	288,3
11	357,6	316,8	260,0	245,3	248,4	271,3
12	370,1	351,2	271,1	248,0	247,3	260,5
13	388,2	344,5	283,1	256,1	246,3	254,5
14	411,5	358,3	286,6	263,4	250,4	254,0
15	387,4	344,2	304,1	269,3	245,9	246,2
16	434,4	381,8	320,3	281,1	253,0	251,0

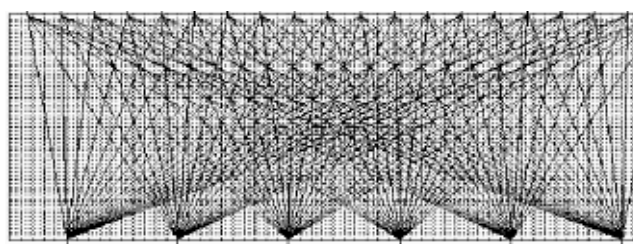
Tab. 11. Rýchlosti ultrazvukových vln opravenej CBD – LZSL  
 Tab. 11. Velocities of ultrasonic waves in the reconstructed plate CBD-LZSL

M <sub>gr</sub>	2	5	9	13	17	20
1	301,5	303	373,5	405	421,5	469,5
2	300	306	372	400,5	426	459
3	304,5	304,5	364,5	387	442,5	444
4	307,5	306	361,5	355,5	432	441
5	312	309	352,5	358,5	381	420
6	330	304,5	349,5	351	369	438
7	333	309	346,5	346,5	360	390
8	336,75	307,5	342	352,5	361,5	375
9	348	330	345	352,5	337,5	361,5
10	355,5	319,5	346,5	349,5	330	352,5
11	361,5	325,5	345	346,5	321	345
12	375	334,5	349,5	345	315	339
13	337,5	336	352,5	346,5	312	324
14	396	346,5	351	343,5	306	315
15	414	370,5	360	349,5	304,5	310,5
16	420	366	363	355,5	303	307,5
17	430,5	376,5	373,5	360	301,5	303
18	445,5	390	381	366	300	298,5
19	513	399	391,5	373,5	304,5	297
20	591	414	405	384	309	297



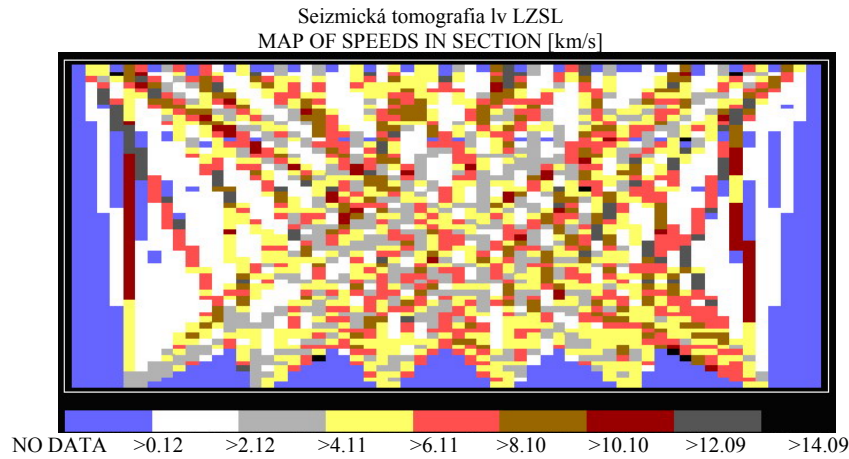
Obr. 4. Ultrazvuková aparátúra MATERIAL TESTER 543  
 Fig. 4. Ultrasonic apparatus MATERIAL TESTER 543

Seizmická tomografia lv LZSL  
 Number of receives M=20

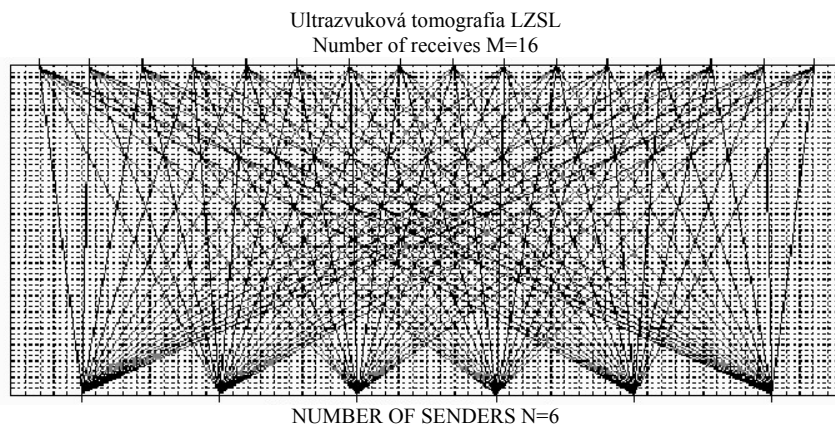


Number of senders N=6

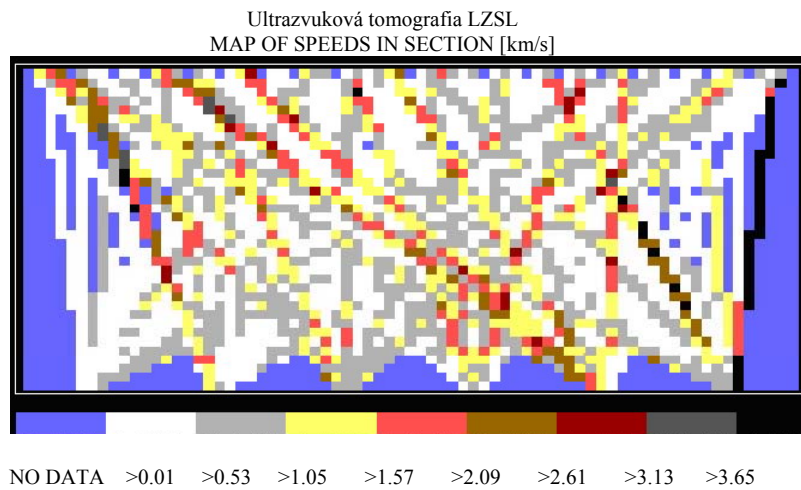
Obr. 5. Umiestnenie geofónov a zdrojov vlnenia LZSL  
 Fig. 5. Position of geophone sensors and impact sources LZSL



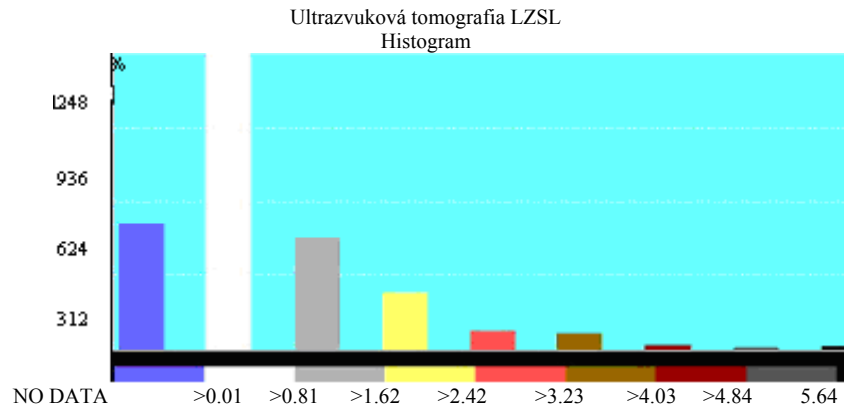
Obr. 6. Mapa seizmických rýchlostí zóny overovania VPD LZSL  
Fig. 6. Map of seismic velocities LZSL



Obr. 7. Umiestnenie geofónov a zdrojov vlnenia LZSL (Rozmer dosky 7,5 x 3,75 m, hrúbka 0,27 m, štvorce 0,1 x 0,1 m)  
Fig. 7. Position of geophone sensors and impact sources LZSL (parameters of plate: 7.5x3.75m, thickness 0.27m, square 0.1x0.1m)



Obr. 8. Mapa ultrazvukových rýchlostí opravenej dosky LZSL  
Fig. 8. Seismic velocities scan of the reconstructed plate LZSL



Obr. 9. Ultrazvukový histogram opravenej dosky VPD LZSL  
Fig. 9. Ultrasonic histogram of the reconstructed plate LZSL

### Porovnanie výsledkov jednotlivých meraní

Merania s využitím seizmickej a ultrazvukovej tomografie boli vykonané na už zmienenej časti LZSL. Podobne ako v prípadoch kontrolných meraní na letiskách Košice a Poprad - Tatry, pri experimentoch boli použité súpravy **MATERIAL TESTER 543** a **BISON 1580 C**. Pre urýchlenie pojazdu po VPD bolo použité vozidlo Š – 1203 – obr. 3a.

Namerané hodnoty boli spracované do tabuľkovej podoby – rýchlosti lomených vln - tabuľka 10 a rýchlosti šírenia ultrazvukových vln v opravenej CBD - tabuľka 11 .

Rýchlosti lomených vln pri odčítaní mali hodnotu  $245 \div 469 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , čo podľa tabuľky 9 [2] zodpovedá *zvetranej pôdnej vrstve, štrku, suchému piesku a suchej ílovitej pôde*. Uvedené ohodnotenie vo všeobecnosti zodpovedá tabuľke 50 [2].

Dosiahnuté výsledky jednoznačne preukázali vhodnosť zvolených a použitých metód inžinierskej seizmiky pre riešenie danej problematiky. Rýchlosti vlnenia pre jednotlivé horniny [5, 7, 9] uvádzané v teoretických podkladoch pri porovnaní s výsledkami dosiahnutými seizmickou tomografiou navzájom korelujú, čím potvrdzujú i aktuálnosť geologickej mapy SR.

Grafické spracovanie nameraných výsledkov (uvedených v zodpovedajúcich tabuľkách) je znázornené pre lomené vlny a pre ultrazvukovú tomografiu na príslušných obrázkoch.

Realizácia uvedených experimentov a meraní plne potvrdila realnosť, maximálne prispôbenie a univerzálnosť vlastného použitia i možnosť zvýšenia hodnovernosti a kvality voči doposiaľ používaným klasickým meraniam. Opodstatnené tvrdenia poskytujú i široké možnosti využitia uvedených metód nielen v podmienkach celej letiskovej siete SR, ale i pre ďalšie odvetvia dopravy, stavebníctva a pod.

### Záver

V príspevku sa odráža vnútorné vedomie, že súčasná doba prináša mnoho zmien s rozličnou kvalitatívnou hodnotou a s rozličnou mierou priority ich realizácie. Autori sa zamerali na vzťah seizmiky k inžinierskemu stavebníctvu. Výsledky meraní môžu byť využité ako vstupné informácie (úvod) pre sledovanie seizmiky v oblasti výstavby a údržby letísk. Autori prezentujú nové skutočnosti pre vykonávanie prieskumu letiskových dráhových systémov a diagnostiky VPD nedeštruktívnymi metódami.

V príspevku je riešená problematika teoretickej a hlavne praktickej verifikácie vybraných nedeštruktívnych geofyzikálnych metód pri určovaní (prieskume) stavu podložia vzletových a pristávacích dráh letísk. Zo všeobecného geologického stavebného pohľadu sa rieši určovanie stavu porušenia horninového prostredia. Je prezentovaný možný spôsob komplexného riešenia ohodnotenia porušenia podložia VPD (horninového masívu) pomocou seizmických a seizmoakustických metód.

Príspevok uvádza príklad použitia modernej techniky pri výstavbe a údržbe letísk. Účelom výskumu bolo poukázať na možnosti využitia zvukomernej techniky, ako jednej z progresívnych metód pri prieskume vhodnosti terénov, čo sa týka únosnosti, pri zakladaní, výstavbe a renovácii letísk. Tento trend vystupuje do popredia hlavne v dobe, keď výdavkové položky rozpočtu organizácií sú také nízke, že len z časti pokrývajú prostriedky pre ich základný chod. S materiálom sa v dnešnej dobe už nedá plynúť len preto, že mu skončila predpisom stanovená životnosť. Na druhej strane, neskoré vykonanie opráv alebo neskoré odhalenie porúch taktiež neúmerne predražuje prevádzku, a preto je potrebné pristúpiť k vykonaniu opráv a údržby podľa skutočného stavu objektu. Priebežné monitorovanie stavu VPD sa z tohto hľadiska javí ako veľmi výhodné.

Vzhľadom na racionalizáciu spracovania nameraných hodnôt a aplikáciu ich výsledkov v praxi, bol autormi príspevku úspešne využívaný programový súbor **SEISTOMO** pre hodnotenie a grafické mapovanie parametrov horninového masívu vo všetkých jeho sledovaných hrúbkach. Používaný program bol vytvorený na Katedre dobývania ložísk a geotechniky FBERG TU v Košiciach [12].

Podľa konštruktívnych analýz a záverov je zrejmé, že podložie parciálnych objektov (ktorým je aj VPD každého letiska) môžeme charakterizovať a nazývať horninovým prostredím [11].

Je potrebné zdôrazniť, že metódy využívajúce poznatky seizmiky patria medzi nedeštruktívne metódy prieskumu. Vzhľadom na ich využívanie nedochádza pri rekonštrukcii VPD k ich poškodzovaniu, ako je to v prípade používania deštruktívnych metód. Práca prináša nový pohľad na skutočnosti súvisiace s vykonávaním prieskumu a diagnostiky dráhového systému letiska. Touto metódou môžeme diagnostikovať nielen letiská SR a realizovať samotné opravy a údržbu podľa skutočného stavu VPD, ale i objektov z oblasti stavebného inžinierstva vo všetkých sférach dopravy, diaľnic, veľkokapacitných podnikov, železničných zvrškov, .....

### Literatúra - References

- Berzon, I., S., et al.: Dinamičeskije charakteristiki seismičeskich voln v real'nyh sredach, *Moskva 1962*.
- Blaško, F.: Základy inžinierskej seizmiky v praxi výstavby a údržby letísk, *Monografia, VLA, Košice 2003, ISBN 80-7166-041-8*.
- Dieulesaint, E.: Ondes Élastiques Dans les Solides, *Aplication au Traitement du Signal, Moskva 1982*.
- Dohr, G.: Applied Geophysics, *Stuttgart, 1981*.
- Formaintraux, D.: Quantification des discontinuités de la roche et du massif rocheux, Méthodes et applications, Bulletin Liaison Labo P. et Ch. No 1, 2, 1975, str. 69 ÷ 76, 1, Inc., USA 1989.
- Goodman, R., E.: Introduction to Rock Mechanics, *Moskva, 1987, Moskva 1989*.
- Hornby, B., E.: Tomographic reconstruction of near-borehole slowness using refracted borehole sonic arrivals; *Geophysics No 58, 1993, p. 1726 ÷ 1738*.
- Jansen, J., et al.: Electromagnetic induction and seismic refraction surveys to detect bedrock pinnacles; Proc 4<sup>th</sup> Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst, Panama City, Florida 1993, p. 115 ÷ 122.
- Kazda, A., et al.: Plány dlhodobého rozvoja letísk, diagnostika dráh a plôch - letisko Sliač; *Žilina, 1996*.
- Krišťáková, Z., et al.: Aplikácia seizmických metód pri riešení úloh geotechniky, Štátna výskumná úloha II-6-5/01.04 - Záverečná správa, Banícky ústav SAV, Košice 1990.
- Rozložník, L., Sascári, T.: Aplikácia štruktúrnej analýzy pre potreby geomechaniky v baníctve, *Zborník prednášok, 3. banícke geologické dni, Zlatá Idka, 1984, str. 194 ÷ 212*.
- Szabó, Š.: Grafické programy pre modelovanie horninového prostredia a výbuchu – program SEISTOMO, *Uhlí a rudy, Praha, 1992*.