

Výsledky merania indukovaných seizmických otrasov na lokalitách Zemplínska Široká a Malý Horeš

Blažej Pandula¹, Julián Kondela a Ladislav Tometz

The results of measurements of induced seismic vibration at the Zemplínska Široká and Malý Horeš localities

Secondary invocation seismic waves, which are presently produced by the seismic survey of the upper part of earth crust, can have unfavourable impact on buildings and other engineering works. Therefore, their measurement and monitoring is required. In 2006, Nafta a. s. company conducted underground an a seismic survey in the south part of East Slovak Basin. During this survey, measurements of seismic effects on engineering objects were carried out, whose results suggest a possible negative impact of invocation seismic vibration. From the experimentally measured data was defined an absorption law of seismic waves, which was used to determine safe distances of a source of undulation from a receptor. The presented paper suggests a methodological measurements and a difference in the velocity of wave propagation in various geological environs.

Key words: seismic waves, absorption law of seismic wave, East Slovak Basin

Úvod

Veľmi dôležitú informáciu o stavbe zemského vnútra umožňujú seizmické vlny vznikajúce pri zemetraseniach. O hĺbkovom prieskume zemskej kôry sa preto veľmi úspešne používajú umelo vyvolané seizmické vlny (Janotka, Viskup, 1998, Viskup et al, 2005). Tieto však prinášajú popri svojom pozitívnom účinku aj negatívne účinky, ktoré v závislosti od ich rozsahu ohrozujú objekty nachádzajúce sa v blízkosti uskutočňovaných prieskumných prác (Pandula et al., 2001, Janotka, Viskup, 1997). S rastúcou vzdialenosťou rastie aj intenzita kmitania seizmických vln, ktoré sa šíria prostredníctvom prenosového prostredia a rozkmitávajú všetky body, na ktoré pri svojom pohybe narazia (Kaláb, Knejzlík, 2001). Keď je intenzita kmitania dostatočne veľká, môže dôjsť k porušeniu objektu a v konečnom dôsledku aj k zrúteniu stavby, prípadne porušeniu stability svahu, inžinierskeho diela a pod. (Kaláb et al., 1994, Dojčár et al., 1996).

Skúmanie týchto škodlivých účinkov a stanovenie seizmickej bezpečnosti je v súčasnej dobe aktuálny problém, ktorý rieši inžinierska seizmika (Blaško., 1995). Je potrebné nájsť ekonomicky výhodnú cestu, ktorá by na jednej strane zabezpečovala istotu neporušenia objektu a na druhej strane by určovala čo najefektívnejšiu technológiu prieskumných prác (Janotka, Viskup, Bukov, 1997, Dojčár, Pandula, 1998).

Zdroje umelých seizmických otrasov môžu mať v súčasnosti rôzny pôvod (Leššo, 2004). V prípade Zemplínskej Širokej a Malého Horeša išlo o seizmické otrasy indukované špeciálnymi geofyzikálnymi vibrátormi typu *Vibrosez* firmy GES, ktoré sa používajú pri hĺbkovom geofyzikálnom prieskume na vyhľadávanie štruktúrnych pascí a na možné ložiská uhľovodíkov. Preto, aby boli zistené účinky vyvolaných otrasov na stavebné objekty a inžinierske diela, sme vykonali pre spoločnosť Nafta, a. s., kontrolné merania na prezentovaných lokalitách.

Geologická stavba a inžiniersko-hydrogeologické pomery sledovaných lokalít

V zmysle geomorfologického členenia Slovenska (Mazúr et al., 1986) patria záujmové územia do oblasti Východoslovenskej nížiny, celku Východoslovenská rovina. Povrch územia je zarovnaný s výskytom depresii mýtvych ramien miestnych tokov. Klimaticky spadajú do oblasti teplej, okrsku teplého, suchého. Dlhodobý priemerný ročný úhrn zrážok tu predstavuje hodnotu okolo 500 mm. Územie je odvodňované riekou Laborec, ktorá je súčasťou povodia Bodrogu.

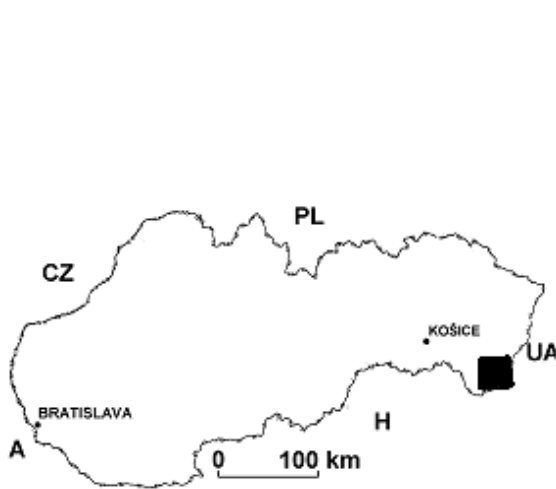
Na geologickej stavbe Zemplínskej Širokej a jej okolia sa podieľajú kvartérne a neogénne sedimenty. Kvartér je reprezentovaný eolickými sedimentmi vo forme spraši a sprašových hĺn, prípadne naviatych jemnozrnných pieskov. Hrúbka kvartéru je prevažne do 30 m (Baňacký et al., 1987). Neogén, najmä nižší panón a pliocén, je tvorený sedimentmi čečehovského súvrstvia s prevahou sivých a pestrých ílov, prachov, pieskov, štrkov a tufítov.

Z hľadiska neotektonického rozdelenia Východoslovenskej nížiny študované územie patrí do michalovsko-sliepkovskej depresie (obr. 2). Vývoj depresie začal v starom pleistocéne, kedy boli poklesy

¹ doc. RNDr. Blažej Pandula, CSc., Mgr. Julián Kondela, Ing. Ladislav Tometz, PhD., Katedra geológie a mineralógie, Ústav geovied, F BERG TU v Košiciach, Slovensko, blazej.pandula@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 17. 4. 2007)

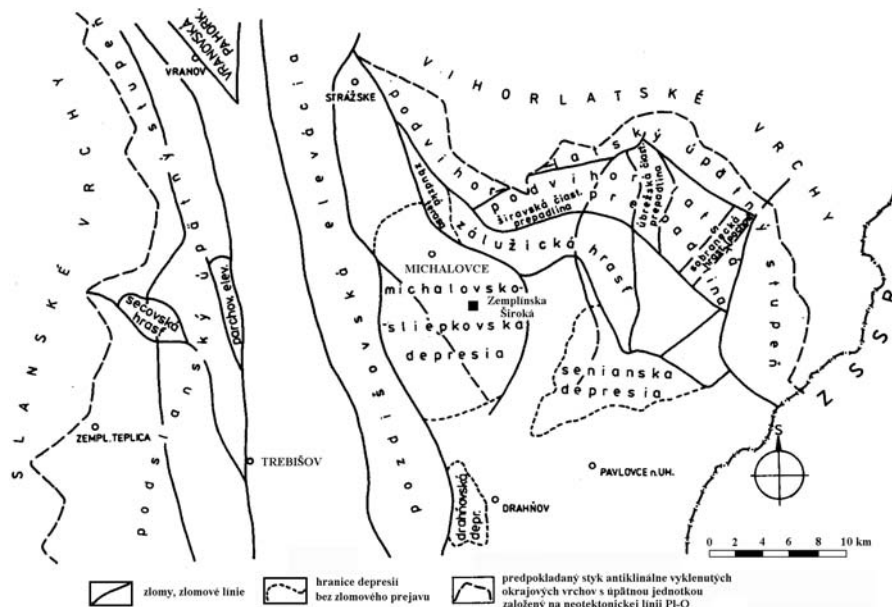
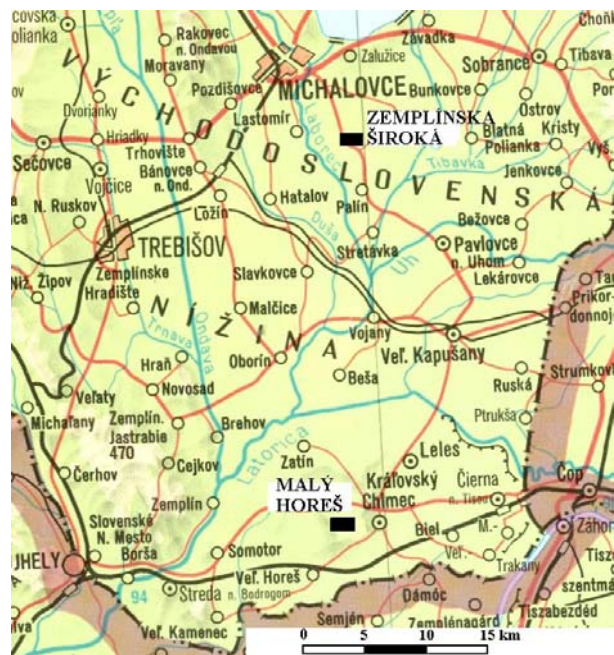
najväčšie (38 - 40 m). V mladších obdobiach sa veľkosť poklesov znížila (Baňacký, 1983 in Baňacký et al., 1987).

Územie na ktorom sa rozprestiera samotná obec Zemplínska Široká spadá do rájónu eolických sedimentov. Z exogénnych geodynamických javov je tu možné pozorovať v prírodnej oblasti Laborca bočnú riečnu eróziu. V prípade intenzívneho prevlhčenia spraší a sprašových hĺn môže dochádzať na území obce Zemplínska Široká a v jej okolí k ich presadaniu (preliačovaniu). Endogénne geodynamické javy sa tu prejavujú vo forme neotektonických pohybov, seizmická intenzita sa pohybuje v rozmedzí 4 až 5 stupňa MCS škály. Územie je súčasťou hydrogeologického rájónu Q 108 – Kvartér Laborca od Strážskeho po Stretavu. Ako celok je z hľadiska využívania podzemných vôd veľmi významným územím. Na severe ho tvoria 6 až 10 m hrubé fluviálne sedimenty vo forme dobre priepustných piesčitých štrkov ($k = 2,5 \cdot 10^{-3}$ až $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) s výdatnosťou $Q_v = 3$ až $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Významná je jeho centrálna a južná časť, kde sa v oblasti tzv. michalovsko-sliepkovskej depresie vytvorili dobré podmienky pre sedimentáciu piesčitých štrkov o hrúbke až 60 m. Výdatnosti tu dosahujú 15 až $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na jeden vrt. V oblasti Zemplínskej Širokej však charakter sedimentov (hľintých spraší) nevytvára priaznivé podmienky pre akumuláciu a prúdenie.



Obr. 1. Situačná mapa študovaných lokalít. Priestorová pozícia Zemplínskej Širokej a Malého Horeša vo Východoslovenskej nížine.

Fig. 1. Situation map of studied localities. Space position of Zemplínska Široká and Malý Horeš in the East Slovak plain.



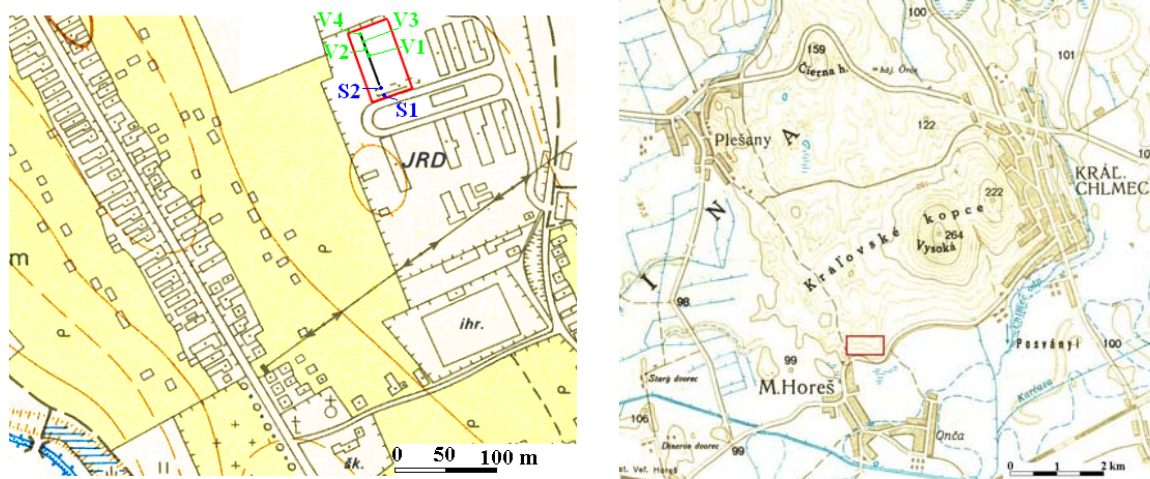
Obr. 2. Prehľad neotektonických štruktúr v kvartéri severnej časti Východoslovenskej nížiny so situovaním Zemplínskej Širokej - upravené podľa (Baňacký et al., 1987).

Fig. 2. Overview Survey of neotectonic structures in the quarter of the northern part of East Slovak plain with a situation of Zemplínska Široká.

Na geologickej stavbe Malého Horeša a jeho širšieho okolia sa podieľajú rovnako ako v Zemplínskej Širokej sedimenty neogénu a kvartéru. Podľa geologickej mapy južnej časti Východoslovenskej nížiny v mierke 1:50 000 (Baňacký et al., 1988) sa na tvorbe povrchu hodnoteného terénu a jeho okolia podieľajú hlavne eolické sedimenty vo forme jemnozrnných pieskov kvartérneho veku (würm – holocén). Ich hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 10 až 15 m. Severný okraj cesty Malý Horeš – Kráľovský Chlmec lemujú v úzkom pruhu fluviálne jemnozrnné piesky (holocén). Inžinierskogeologické pomery sú v daných podmienkach jednoduché. Podľa Matulu et al. (1989) je územie súčasťou regiónu neogénnych tektonických vkleslín, oblasti vnútrokarpatských nížin (75 – Východoslovenská nížina). Typ rajónu, do ktorého spadá hodnotené územie, je E – rajón eolických pieskov s prevládajúcimi piesčitými zeminami. V širšom okolí sú zastúpené aj rajóny VI – efúziivných hornín so skalnými horninami a F – údolných riečnych náplavov, s piesčitými a jemnozrnnými zeminami.

Metodika a výsledky merania

Prvé merania boli uskutočnené na severnom okraji obce Malý Horeš, druhé v obci Zemplínska Široká v priestore bývalého JRD (obr. 3). Zdrojom seizmických vln boli štyri vibrátory (V1, V2, V3, V4), ktoré zosynchronizovane pracovali s vysokým prítlakom 80 % (cca 14 ton). Vibrátory generovali impulzy s plynulo sa zvyšujúcimi frekvenciami, od najnižšej 12 Hz po najvyššiu 105 Hz, s dĺžkou trvania impulzov 10 s. Merania v Zemplínskej Širokej boli vykonané v 16 tich zmenených pozíciách vibrátorov oproti snímačom (obr. 4).



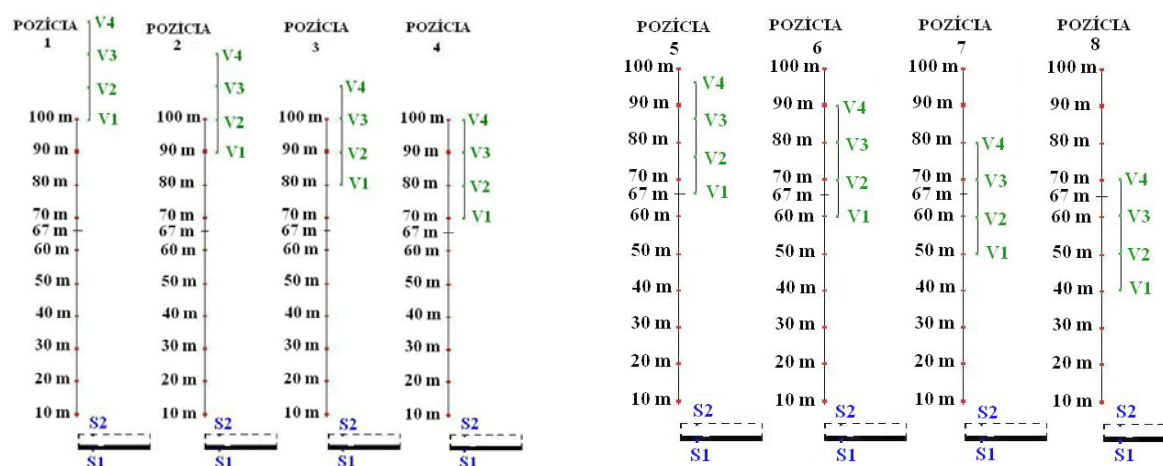
Obr. 3. Pozícia miest merania je vyznačená červeným obdĺžnikom. Vľavo Zemplínska Široká v priestore bývalého JRD (čiernou čiarou je vyznačený merací profil, po ktorom sa zoraďovali vibrátory (V1, V2, V3, V4) do jednotlivých pozícií, modrou je vyznačená pozícia snímačov S1 a S2), vpravo okraj obce Malý Horeš.

Fig. 3. The measurement points is marked by the red rectangle. Left is Zemplínska Široká in the area of former JRD (the black line marks the measurement profile on which vibrators V1, V2, V3, V4 was lines up in particular positions, the blue color marks the positions of the sensors S1 and S2), on the right is the border of Malý Horeš vilage.

V každej jednej pozícii boli vykonané 3 merania. Na meracích stanoviskách boli umiestnené dva seizmosnímače. Snímač S1 bol umiestnený na betónovom základe a snímal zložky v_x , v_y , v_z . Snímač S2 bol umiestnený na zvyšku múru vo výške 0,95 m nad úrovňou terénu. Snímal len zložku z . Pre meranie seizmických účinkov boli použité digitálny štvorkanálový seizmograf UVS 1504 a seizmosnímače švédskej firmy Nitro Consult.

Seizmograf poskytuje digitálny a grafický záznam všetkých troch zložiek rýchlosti kmitania častíc prostredia, horizontálna pozdĺžna – v_x , horizontálna priečna – v_y , vertikálna – v_z . Seizmograf UVS 1504 pracuje autonómne, automaticky uskutočňuje test kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Má AD prevodník s automatickým 14 bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá $0,05 \div 250 \text{ mm.s}^{-1}$. Pre tieto merania boli použité elektrodynamické UVS geofóny s frekvenčným rozsahom $1 \div 1000 \text{ Hz}$ a citlivosťou 20 mV/mm.s^{-1} (S1) a $16,6 \text{ mV/mm.s}^{-1}$ (S2). Geofóny boli umiestnené na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s podkladom.

Pre prvých osem meracích pozícií (pozícia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) zdroj vibrácií bol vo vzdialenosti 100, 90, 80, 70, 67, 60, 50 a 40 m od snímačov na meracom profile. Meracie stanoviská S1 a S2 boli v jednej línii s vibrátormi. Vibrátory boli umiestnené za sebou vo vzdialenosti 10 m jeden od druhého (obr. 4). Výsledky merania na prvých ôsmich pozíciách sú znázornené v tabuľke 1.



Obr. 4. Schéma, ktorá zobrazuje rozostavenie vibrátorov (V1, V2, V3, V4) a snímačov (S1 a S2) v smere meracieho profilu pri prvých ôsmych pozíciách merania. Vzďalenosť medzi snímačmi S1 a S2 bola 6,14 m.
 Fig. 4. Schemes of dispositio of the vibrators V1, V2, V3, V4 and the sensors S1 and S2 in the direction of the measuring profile at the first eight positions. The sensors S1 was situated on a concrete foundation of the studied object. The sensors S2 was situated on remains of outer wall of the studied object at the height of 0,95 m above the terrain. The distance between sensors was 6,14 m.

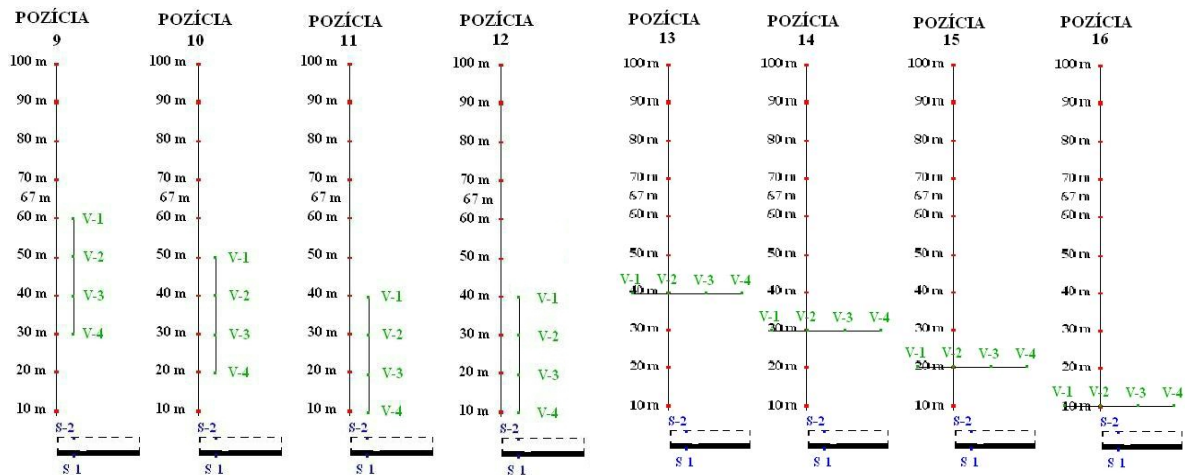
Tab. 1. Namerané hodnoty rýchlostí a frekvencií na jednotlivých pozíciách na lokalite Zemplínska Široká.
 Tab. 1. Measured values of velocities and frequencies of seismic waves at the individual positions at the locality Zemplínska Široká.

Pozícia [m]	číslo mer.	S1-1 [mm/s]	S1-2 [mm/s]	S1-3 [mm/s]	S2-4 [mm/s]	S1-1 [Hz]	S1-2 [Hz]	S1-3 [Hz]	S2-4 [Hz]
1 L = 100	1	0,50	0,20	0,30	0,36	-	-	-	-
	2	0,50	0,20	0,30	0,36	-	-	-	-
	3	0,50	0,20	0,25	0,36	-	-	-	-
2 L = 90	1	0,55	0,20	0,25	0,48	-	-	-	-
	2	0,55	0,20	0,25	0,45	-	-	-	-
	3	0,55	0,20	0,25	0,45	-	-	-	-
3 L = 80	1	0,55	0,25	0,30	0,60	-	-	-	-
	2	0,55	0,25	0,30	0,60	-	-	-	-
	3	0,55	0,25	0,30	0,60	-	-	-	-
4 L = 70	1	0,60	0,20	0,35	0,72	10	-	-	21
	2	0,60	0,25	0,35	0,72	10	-	-	22
	3	0,60	0,25	0,35	0,72	10	-	-	22
5 L = 67	1	0,60	0,25	0,30	0,66	10	-	-	20
	2	0,70	0,25	0,30	0,66	10	-	-	20
	3	0,60	0,25	0,30	0,60	10	-	-	21
6 L = 60	1	0,80	0,30	0,35	0,78	11	-	-	13
	2	0,75	0,25	0,35	0,78	12	-	-	20
	3	0,75	0,30	0,35	0,78	11	-	-	20
7 L = 50	1	0,90	0,35	0,40	0,96	12	-	-	21
	2	0,70	0,40	0,40	0,96	16	-	-	21
	3	0,70	0,40	0,35	0,96	17	-	-	21
8 L = 40	1	1,20	0,40	0,40	1,44	13	-	10	15
	2	1,15	0,40	0,40	1,26	13	-	10	19
	3	1,10	0,40	0,35	1,26	13	-	-	20

Poznámka: označenie – znamená, že nameraná hodnota je pod hranicou citlivosti prístroja. Vzďalenosť L je vzďalenosť najbližšieho vibrátora od snímača S1

Pre druhých osem pozícií merania (pozícia 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) boli vibrátory najbližšie k snímačom. Zdroj vibrácií bol vo vzďalosti 30, 20, 10 m od snímačov na meracom profile (obr. 5). Pozícia 12 je identická s pozíciou 11, len v tejto pozícií bol zmenený prítlak pri budení vibrácií. Bol znížený na 50 % (cca 7 ton). V pozícií 12 bolo vykonané len 1 kontrolné meranie. Pre porovnanie účinkov seizmického vlnenia sme pri pozíciách 13, 14, 15 a 16 zmenili rozostavenie vibrátorov. Pri týchto meraniach boli vibrátory zoradené kolmo k meraciemu profilu (obr. 5). Výsledky merania sú znázornené v tabuľke 2.

Na lokalite Malý Horeš boli meracie stanoviská umiestnené na meracom profile vo vzďalosti 40, 50, 60, 70, 80 a 90 m od vibrátorov, rovnobežne s trasou plynovodu. Namerané hodnoty na jednotlivých pozíciách sú uvedené v tabuľke 3.



Obr. 5. Schémy zobrazenia rozostavenia vibrátorov (V1, V2, V3, V4) a snímačov (S1 a S2) v smere meracieho profilu pri druhých ôsmych pozíciách merania. Snímač S1 bol umiestnený na betónovom základe sledovaného objektu. Snímač S2 bol umiestnený na zvyšku obvodového múru sledovaného objektu vo výške 0,95 m nad terénom. Vzdialenosť medzi snímačmi bola 6,14 m.

Fig. 5. Schemes of the disposition of the vibrators V1, V2, V3, V4 and the sensors S1 and S2 in the direction of the measuring profile at the second eighth positions. The sensor S1 was situated on a concrete foundation at the studied object. The sensors S2 was situated on remains of outer wall of the studied object at the height of 0,95 m above the terrain. The distance between sensors was 6,14 m.

Tab. 2. Namerané hodnoty rýchlostí a frekvencií na jednotlivých pozíciách na lokalite Zemplínska Široká.

Tab. 2. Measured values of velocities and frequencies at the individual positions at the locality Zemplínska Široká.

Pozícia	číslo mer	S1-1 mm/s	S1-2 mm/s	S1-3 mm/s	S2-4 mm/s	S1-1 Hz	S1-2 Hz	S1-3 Hz	S2-4 Hz
9 L=30m	1	1,90	0,45	0,75	2,53	13	-	13	14
	2	1,75	0,45	0,75	2,28	13	-	13	14
	3	1,60	0,45	0,75	2,10	13	8,6	13	14
10 L=20m	1	2,95	0,70	1,15	3,43	15	12	16	16
	2	3,15	0,80	1,10	3,43	14	15	14	18
	3	3,10	0,80	1,10	3,43	15	14	14	18
11 L=10m	1	3,95	1,25	2,0	17,4	18	16	17	37
	2	3,35	1,10	1,95	18,3	18	17	18	35
	3	3,20	1,10	2,0	19,2	18	17	17	32
12 L=10m nízky prítlak	1	1,75	0,70	1,55	9,51	13	54	14	29
	2								
	3								
13 L=40m	1	1,0	0,45	0,55	1,44	11	-	11	13
	2	1,30	0,55	0,65	1,80	12	9,2	11	13
	3	1,15	0,55	0,55	1,56	12	8,9	11	13
14 L=30m	1	1,20	0,60	0,90	1,50	13	11	13	14
	2	1,30	0,60	0,80	1,50	13	12	13	14
	3	1,35	0,60	0,95	1,68	13	12	13	13
15 L=20m	1	1,75	0,60	0,60	3,43	15	3,9	32	44
	2	1,70	0,50	0,70	4,33	14	3,7	31	37
	3	1,75	0,45	0,70	4,39	15	-	31	39
16 L=10m	1	3,60	0,95	1,95	12,20	23	17	62	29
	2	3,45	0,95	2,10	12,0	18	17	67	32
	3	3,35	0,95	2,20	11,80	21	18	65	37

Namerané rýchlosti kmitania a ich analýza

Pre prvé štyri meracie pozície 1, 2, 3, 4 (obr. 4) a (Tab.1) bol zdroj vibrácií vo vzdialenosti 100, 90, 80 a 70 m od snímačov na meracom profile, ktorý bol kolmý na budovu meraného objektu (meracie stanoviska S1 a S2). Vibrátory boli umiestnené za sebou vo vzdialenosti 10 m jeden od druhého.

Pri vzdialenostiach 100, 90 a 80 m boli namerané hodnoty pod prahom grafického záznamu. Z toho dôvodu nie sú pri týchto meraniach uvedené frekvencie. Pri vzdialenosti vibrátorov od snímačov 70 m bol zaznamenaný aj grafický záznam s rýchlosťou kmitania a frekvenciami. Z tohto záznamu vyplýva, že zložky v_x a v_y seizmického vlnenia boli natoľko utlmené, že stanovenie frekvencií bolo pod hranicou citlivosti prístroja. Iba zložka v_z , nadobudla hodnoty, z ktorých mohla byť stanovená okrem rýchlosti kmitania aj frekvencia.

Pre ďalšie štyri meracie pozície (pozícia 5, 6, 7, 8) bol zdroj vibrácií vo vzdialenosti 67, 60, 50 a 40 m od snímačov na meracom profile (obr. 4). Na tejto pozícii boli namerané hodnoty desaťnásobne nižšie, ako pripúšťa STN 73 00 36 pre zaistenie bezpečnosti obytných objektov. Aj v tomto prípade zložky v_x a v_y seizmického vlnenia boli natoľko utlmené, že stanovenie frekvencií bolo pod hranicou citlivosti prístroja. Iba zložka v_z nadobudla hodnoty, pre ktoré mohla byť stanovená okrem rýchlosti kmitania aj frekvencia. Podobné výsledky boli namerané aj pri pozíciách 6 a 7. V pozícii 8 okrem zložky v_z aj zložka v_x nadobudla hodnoty, ktoré umožňovali stanoviť okrem rýchlosti kmitania aj frekvenciu.

Pre tretiu štvoricu meracích pozícií (pozícia 9, 10, 11, 12) boli vibrátory najbližšie k snímačom, teda k sledovanému objektu. Zdroj vibrácií bol vo vzdialenosti 30, 20, 10 m od snímačov na meracom profile. Pozícia 12 je identická s pozíciou 11, len bol znížený prítlak pri budení vibrácií na 50 % (cca 7 ton). V pozícii 12 bolo vykonané len jedno kontrolné meranie. Namerané hodnoty vibrácií v týchto pozíciách umožňovali stanoviť rýchlosť kmitania aj frekvenciu. Z hodnôt na pozíciách 9 a 10 vyplýva, že rýchlosti kmitania sú menšie ako STN 73 00 36 dovoľuje z hľadiska poškodenia obytných objektov. Hodnoty frekvencií boli v rozsahu 8,6 až 50 Hz. V pozícii 11 namerané hodnoty zložky v_z zo snímača S2 prekročili hodnoty, ktoré pripúšťa STN 730036 ako hodnoty, ktoré nespôsobia poškodenie objektu. Je väčšia pravdepodobnosť, že pri takýchto hodnotách rýchlosti kmitania môže dôjsť k poškodeniu objektu. V pozícii 12 bol zmenený prítlak na 50 % výkonu vibrátorov z toho dôvodu, že takýto prítlak sa tiež používa pri prieskumných meraniach. Namerané hodnoty boli nižšie ako hodnoty namerané pri vysokom prítlaku, neuskutočnili sa tri kontrolné merania, ale len jedno.

Posledná štvoricu meracích pozícií (pozícia 13, 14, 15, 16) bola navrhnutá a rozmiestnená tak, že vibrátory boli zoradené paralelne so stenou a základom steny sledovaného objektu a teda kolmo na merací profil. Zdroj vibrácií bol vo vzdialenosti 40, 30, 20, 10 m od snímačov (obr. 5). Tento spôsob merania bol navrhnutý z toho dôvodu, aby sa zhodnotila druhá možná krajná pozícia postavenia vibrátorov vzhľadom k posudzovanému objektu. Namerané hodnoty v uvedených pozíciách boli nižšie ako pri pozíciách 9, 10, 11, 12. Hodnoty frekvencií boli v rozpätí od 3,7 do 67 Hz (tab. 2). To znamená, že toto rozostavenie z hľadiska vibrácií je nepriaznivejšie pre stavebné objekty, pretože hodnoty frekvencií sú aj pod hranicou 10 Hz. Hodnoty rýchlosti kmitania majú pri takýchto frekvenciách podľa STN 730036 nepriaznivejšie účinky.

Tab. 3 Namerané hodnoty rýchlosti a frekvencií na jednotlivých pozíciách na lokalite Malý Horeš.
Tab. 3. Measured values of velocities and frequencies at the individual positions at the locality Malý Horeš.

Pozícia	číslo mer	S1-1 mm/s	S1-2 mm/s	S1-3 mm/s	S1-1 Hz	S1-2 Hz	S1-3 Hz
1 L=40m	1	7,20	6,95	6,85	19	14	13
	2	7,45	6,25	2,95	19	22	16
	3	5,9	5,55	2,75	25	25	17
	4	4,60	2,60	2,95	17	14	14
	5	4,20	2,40	2,80	17	14	14
	6	2,75	1,15	2,8	17	14	14
	7	2,75	1,25	2,95	17	14	14
	8	2,05	1,05	2,55	14	13	14
2 L=50m	1	2,20	1,55	1,70	17	16	17
	2	2,20	1,80	1,75	17	16	17
	3	6,80	4,65	1,60	18	23	15
3 L=60m	1	1,90	1,40	1,55	18	15	15
	2	3,00	2,90	1,40	20	25	16
4 L=70m	1	1,35	1,05	1,45	20	18	13
	2	1,55	1,35	1,45	20	18	13
	3	3,15	2,35	1,3	27	21	16
5 L=80m	1	1,35	1,15	1,15	17	15	15
	2	1,35	1,35	1,15	17	16	15
	3	2,3	1,8	1,0	20	20	18
	4	2,2	1,75	1,05	20	20	18
	5	2,05	1,7	1,05	19	19	18
6 L=90m	1	0,95	0,65	1,10	14	11	13
	2	1,6	1,0	0,9	25	26	17

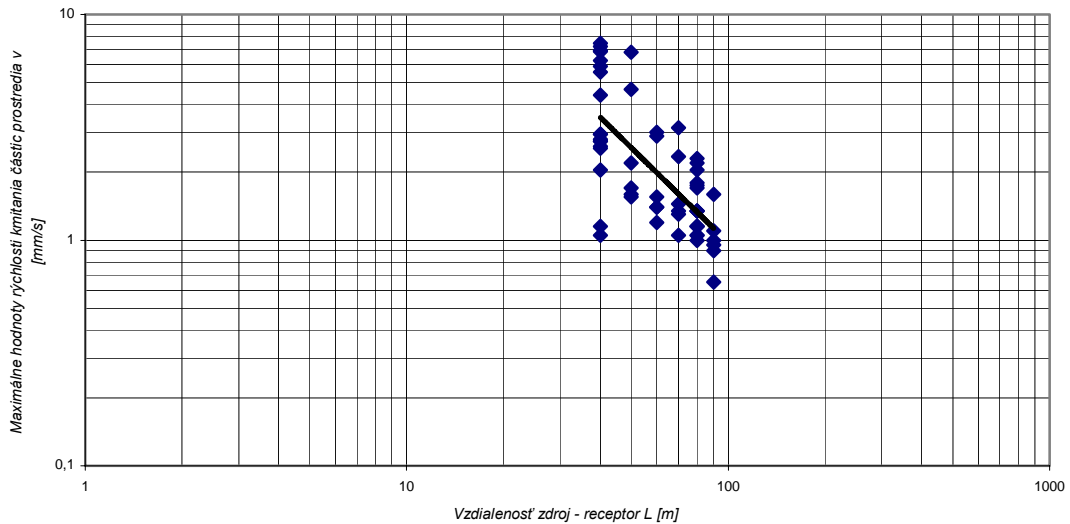
Poznámka: označenie – znamená, že nameraná hodnota je pod hranicou citlivosti prístroja. Vzdialenosť L je vzdialenosť najbližšieho vibrátora od snímača S1

Na základe týchto údajov bola zostrojená grafická závislosť zložiek rýchlosti kmitania na vzdialenosti. Graf na obr. 6 predstavuje tzv. zákon útlmu seizmických vln pre lokalitu Malý Horeš a Zemplínska Široká. Charakterizuje šírenie seizmických vln v závislosti na geologických pomeroch prostredia.

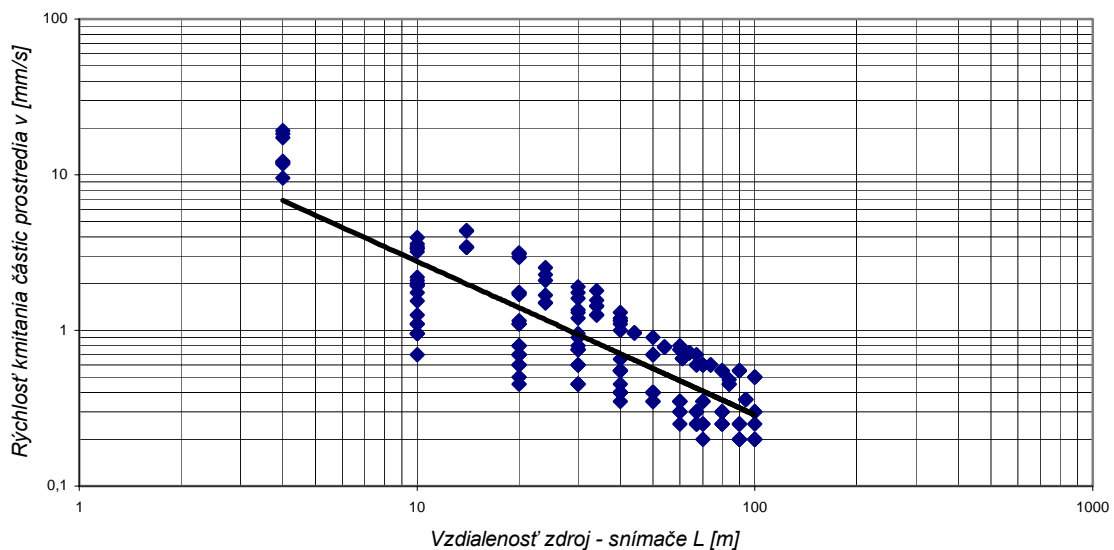
Na základe údajov uvedených v Tab. 3 bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlosti kmitania na vzdialenosti t. j. zákon útlmu seizmických vln pre lokalitu Malý Horeš. Pre zaistenie potrebného počtu nameraných údajov pre matematicko štatistické spracovanie, boli na bodoch vo vzdialenosti

40 m a 80 m opakované merania. Tieto body boli vybrané hlavne preto, aby bol čo najviac eliminovaný náhodný charakter nameraných údajov.

Zákon útlmu seizmických vln v lokalite Malý Horeš



Zákon útlmu seizmických vln pre lokalitu Zemplínska Široká



Obr. 6. Grafická závislosť zložiek rýchlosti kmitania na vzdialenosti pre lokalitu Malý Horeš a Zemplínska Široká – zákon útlmu seizmických vln.

Fig. 6. Graphic dependency of oscillating velocity components on the distance for the locality Malý Horeš and Zemplínska Široká – the law of attenuation of seismic waves.

Zo zákona útlmu seizmických vln je možné jednoznačne stanoviť vzdialenosť zdrojov vibrácií od stavebných objektov a iných typov inžinierskych diel tak, aby nedošlo k akémukoľvek poškodeniu vplyvom účinkov vibrácií. Z priebehu grafických závislostí (obr. 6) vyplývajú nerovnaké podmienky pre útlm seizmických vln v jednotlivých litologických typoch prostredia. Viac piesky na lokalite Malý Horeš vykazujú väčší útlm, teda kladú väčší odpor šíreniu seizmických vln ako spráše, v ktorých bol vypočítaný útlm menší. Naopak, rýchlosti šírenia seizmických vln vo viatych pieskoch boli viac ako päťnásobne vyššie (tab. 1 a 3) ako v litologickom prostredí spráši. Frekvencie namerané v lokalite Malý Horeš (tab. 3), boli vyššie, ako frekvencie namerané v rovnakých vzdialenostiach na lokalite Zemplínska Široká. To znamená,

že viate piesky umožnili prenos vyšších frekvencií ako sprae. V litologických podmienkach sprae boli frekvencie zložiek v_x a v_y úplne utlmené (boli pod hranicou citlivosti geofónov).

Záver

Na lokalite Malý Horeš a v priestore bývalého PD v Zemplínskej Širokej boli vykonané merania vplyvu indukovaných seizmických otrasov, ktoré poskytli podklady pre posúdenie ich vplyvu na inžinierske diela – stavebné objekty individuálnej bytovej výstavby, poľnohospodárske a líniové stavby.

Experimentálne bolo preukázané, že rozdielne geologické prostredie má vplyv na rýchlosť a frekvenciu šírenia sa seizmických vln. Zo zákona útlmu seizmických vln vyplýva, že rozhodujúcim fenoménom pre útlm je litologická výplň prostredia, ktorým seizmické vlnenie postupuje. Poznanie a stanovenie charakteristík zákona útlmu seizmických vln jednotlivých litologických typov môže výrazne ovplyvniť rozhodovanie o výstavbe infraštruktúry a iných inžinierskych diel v terénoch, v ktorých hrozí zvýšená umelo vybudená seizmicita prostredia.

*Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu:
Metodológia seizmiky trhacích prác. VEGA
1/3295/06*

Literatúra - References

- Baňacký, V., Vass, D., Kaličiak, M., Remšík, A., Pospíšil, L.: Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny 1:50 000. *GÚDŠ, Bratislava, 117 s, 1987.*
- Baňacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Lexa, J., Straka, P., Vass, D., Vozár, J., Vozárová, A.: Geologická mapa južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov. *GÚDŠ Bratislava, 1988.*
- Blaško, F.: Variantné riešenie praktického využitia zvukomerného zariadenia Bison z ekologického hľadiska. *Zborník referátov VLA Košice, Štrbské pleso, s. 216-219, 1995.*
- Dojčár, O. a kol.: Trhacia technika. *Montanex Ostrava, 421 s, 1996.*
- Dojčár, O., Pandula, B.: Výskum technickej seizmicity v lome VSŽ Včeláre, *Výskumná správa, TU Košice 1998.*
- Janotka, V., Viskup, J., Bukov, D.: Rock environment geological models for accelerogram and seismic response spectra computation. *Proceedings of the 3rd International Conference „Soil-Structure Interaction“. Slovak Technical University, Department of Geotechnics, p. 27-32, 1997.*
- Janotka, V., Viskup, J.: Seismic hazard in the area of the G/N project with special regard to the postulated Gyor-Becke seismogenic zone. *Counter-Memorial of the Slovak Republic. Part II. Annexes. Scientific evaluation of the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage system and variant C. International Court of Justice, Haag, Netherlands, p. 198-211, 1997.*
- Janotka, V., Viskup, J.: Engineering geological zoning and seismic microzoning. *Proceedings of the 2nd International Conference on Seismology and Earthquake Engineering. (SEE-2), IIEES Tehran, I. R. Iran, Vol.1, p.233-240, 1998.*
- Kaláb, Z., Knejzlík, J., Gruntorád, B., Bláha, P.: Provádění trhacích prací v okolí přehradních objektů. In: Kaláb Z. et al (1994): Inženýrská seismologie. *Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 31-36, 1994.*
- Kaláb, Z., Knejzlík, J.: Systematické měření a předběžné vyhodnocení seizmického kmitání vyvolaného důlní seizmicitou v karvinské oblasti. In: Kaláb Z. et al. (2001): Seismologie a inženýrská geofyzika - minulost, přítomnost, budoucnost. *Sborník referátů regionální konference, Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 230 – 239, 2001.*
- Leššo, I.: Teória signálov pre priemyselnú informatiku. *1. vyd. Košice: TU, 316 s, 2004.*
- Viskup, J., Pandula, B., Leššo, I., Jelšovská, I.: Spektrá seizmickej odozvy. *Acta Montanistica Slovaca. 10/2, s. 380 – 386, 2005.*
- Matula, M., et al.: Atlas inžinierskogeologických máp SSR 1:200 000. *KIG PrF UK a GÚDŠ Bratislava 1989.*
- Mazúr, E., et al.: Geomorfologické členenie, in Miklós ed., 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky, *MŽP a SAŽP Bratislava 1986.*
- Pandula, B., Mockovčiaková, A., Cehlár, M., Jelšovská, K.: Hodnotenie porušenosti horninového masívu pomocou impulzových dynamických metód z pohľadu ekonomickej efektívnosti trhacích prác, *Acta Avionica III/2001 č. 4, VLA Košice s. 116 – 121 ISSN 1335-9479.*