

Dr. Földesi János¹

A VÁRHTÓ REZGÉSI SEBESSÉG ELŐZETES BECSLÉSÉNEK HIBÁJA, A JELENLEG ÉRVÉNYES ÁRBSZ VONATKOZÓ ÖSSZEFÜGGÉSE SZERINT

(FAILURE OF ESTIMATION OF EXPECTED SEISMIC SPEED OF VIBRATION BASED ON THE VALID GENERAL SAFETY REGULATION OF BLASTING)

Robbantások műszaki leírásának készítésénél minden esetben meg kell határozni a szeizmikus biztonsági távolságot, és a várható rezgési sebesség értékét. Gyakorlati tapasztalatok, és a tanulmányban bemutatott példák alapján egyértelmű, hogy a tényleges szeizmikus rezgési sebességek nagyobbak lesznek, mint az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésével számított rezgési sebességek. A mért és számított rezgési sebességek különbözőségét a „K” tényező hibás megválasztása eredményezi, mert „K” rögzített értékei csak részben veszik figyelembe a robbanóanyag és kőzet jellemzőket, az akusztikus és geometriai illesztés tényezőjét, és a védendő objektumoknál az alapozási talaj fizikai jellemzőit. A tanulmányban javaslatok kerülnek megfogalmazásra az új ÁRBSZ előírásainak megváltoztatására, úgymint: a mértékadó töltet, az ipari és bányászati robbantásokkal keltett rezgési sebességek megengedhető értékei és a várható rezgési sebesség értéke.

Kulcsszavak: szeizmikus rezgési sebesség, mértékadó töltet, akusztikus és geometriai illesztési tényező

Preparing technical description of explosion seismic safety stand-off distance and expected seismic speed of vibration have to be determined in every case. Practical experiences and the examples presented in the study clearly show that the real magnitude of these values of seismic speed were higher than they were calculated previously based on the correlations given by the General Safety Regulation of Blasting. The differences between the calculated and experienced values derive from the wrongly chosen “K” factor. The characteristic of the rocks and the explosives, the factor of acoustic and geometric join and the physical characteristics of the soil of foundation of the defended building are only partially taken into consideration by the fix values of “K” factor. In the study the following suggestions for transformation in regulations of General Safety Regulation of Blasting were drafted out: standard charge sizes, the maximum scale of speed of vibration generated by industrial and mining blast, and the expected value of the speed of vibration.

Keywords: seismic speed of vibration, standard charge sizes, factor of acoustic and geometric join

1. BEVEZETÉS

Robbantások műszaki leírásának készítésénél minden esetben meg kell határozni a szeizmikus biztonsági távolságot és a várható rezgési sebesség értékét.

A szeizmikus biztonsági távolság értékét az ÁRBSZ 2. melléklete szerint az

$$L = \frac{K}{2} \sqrt{Q_f}, \quad \text{m,}$$

a maximálisan várható rezgési sebességet a módosított Koch-féle

¹ Okleveles bányamérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, ny. egyetemi docens, a DETONET Kft. ügyvezetője. E-mail: <http://www.detonet.hu/index.php>

$$v_{\text{várható}} = \frac{K \sqrt{Q_f}}{2 l}, \quad \text{mm/s}$$

összefüggésekkel kell meghatározni, ahol:

- K – a robbantás körülményeitől függő állandó, értéke az ÁRBSZ 2. melléklete szerint 20–160 között változik;
- Q_f – a mértékadó töltet tömege, kg, (fejlett robbantástechnikával rendelkező országokban az egy késleltetési fokozatban, a 8 ms-on belül robbanó töltet tömege);
- l – a robbantás és védendő objektum közötti távolság, m.

Megjegyzések:

- azért írtuk, hogy módosított Koch-féle összefüggés, mert $k = K/2$;
- mérési adatok alapján a Koch-féle összefüggésből számított „ k ” értéke igen tág határok között változhat. Pl. az erdőbényei kőbányában végzett vizsgálatok szerint [9]:
 - Az „A” mérési területen 10 db robbantás rezgési sebességét 5 ponton mérve, 50 mérési adat alapján számított $k = 3,3 - 193,2$ között,
 - A „B” mérési területen 14 db robbantás rezgési sebességét 5 ponton mérve, 70 mérési adat alapján a számított $k = 5,0 - 138,3$ között,
 - A „C” mérési területen 9 db robbantás rezgési sebességét 5 ponton mérve, 45 mérési adat alapján számított $k = 4,9 - 91,8$ között változott.

A fenti példa alapján joggal merül fel az a kérdés, hogy az adott bányában a robbantások várható rezgési sebességének számításánál milyen „ k ” tényezővel számoljunk?

Az ÁRBSZ 2. melléklet szerinti „K” figyelembevételével a robbantások szeizmikus rezgési sebességeinek mérésekor számos esetben azt tapasztaltuk, hogy a számított, várható rezgési sebességek jóval kisebbek, mint a mért értékek. Az ÁRBSZ 2. melléklet 2.3.1. pontja ennek a tapasztalatnak az ellenkezőjét állítja.

Nem kell különösebben magyarázni, hogy a nagyobb rezgési sebességek milyen problémákat jelentenek a robbantások közelében élőknek és a különböző objektumoknál. Nagyon fontos, hogy a robbantásokkal keltett rezgési sebességeket alacsony szinten tartsuk.

Gyakorlati tapasztalat, hogy a mért és számított rezgési sebességek különbözőségét a „ K ” tényező hibás megválasztása eredményezi, mert „ K ” rögzített értékei csak részben veszik figyelembe a robbanóanyag és közeg jellemzőit, az akusztikus és geometriai illesztés tényezőjét, és a védendő objektumoknál az alapozási talaj fizikai jellemzőit.

Adott bánya esetén a Koch-féle összefüggés szerint a várható rezgési sebesség akkor csökkenthető, ha a Q_f – mértékadó töltet tömege kicsi, vagy a „ K ” értéke kicsi.

2. A „ k ” TÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSÁRA ALKALMAS ÖSSZEFÜGGÉS

Több mint 20 éve ismert, hogy a „ $k = K/2$ ” tényező értéke az alábbi összefüggéssel határozható meg [1]:

$$k = \frac{160}{\sqrt{\lg l}} \sqrt{\frac{\left[1 - \left(\frac{\rho_{ra}D - \rho_k C}{\rho_{ra}D + \rho_k C}\right)^2\right] \left[\frac{1}{e^{d_{ly}/d_{ra}-1,71}}\right] \varepsilon}{K_f \rho_k C (\lg l)}}$$

ahol:

ρ_{ra} – a robbanóanyag töltési sűrűsége a robbantólyukban, kg/m³,

ρ_k – a robbantott közet sűrűsége, kg/m³,

ε - az alkalmazott robbanóanyag fajlagos energiája, J/kg,

d_{ly} – a robbantólyuk átmérője, mm,

d_{ra} – a robbanóanyag átmérője a robbantólyukban, mm,

D - a robbanóanyag detonációs sebessége, m/s,

C_l – a rugalmas hullám terjedési sebessége a kőzetben, m/s,

l - a robbantás és a védendő objektum közötti távolság, m,

K_f – a robbantás környezetében lévő kőzetek szilárdságától függő tényező,

melynek értékei:

- vizes homok és kavics esetén: 0,11...0,13,
- tömör alluviumoknál: 0,06...0,09,
- kemény és tömör kőzeteknél: 0,01...0,03.

Megjegyzés: 2012-ben a fenti összefüggés használatát javasoltuk a 13/2010. (III.4.) KHEM rendelet módosítását végző MARE bizottságnak. A javaslatot sajnos figyelmen kívül hagyták [5].

A fenti összefüggés alapján egyértelmű, hogy a „k” értéke nem lehet néhány konkrét érték. A „k” tényező rögzített értéke mellett a mért és számított rezgési sebességek igen eltérőek lehetnek. A nemzetközi gyakorlatban is a várható rezgési sebesség számítására az ú.n. Koch-féle képletet használják, mely szerint:

$$v = k \frac{Q_f^n}{l^m}, \text{ mm/s}$$

Néhány országban alkalmazott **k**, **n** és **m** értékei az 1. táblázatban láthatók.

A fenti táblázat adatai alapján az is látható, hogy nagy eltérések vannak a „k” tényezőknél, a mértékadó töltet és a távolságok kitevőinél is. A táblázat adatai szerint a legkisebb „k”-val hazánkban számolnak.

Nézzünk példákat arra vonatkozóan, hogy a jelenleg érvényben lévő ÁRBSZ, rezgési sebességek számítására megadott összefüggése miért alkalmatlan a várható rezgési sebességek előzetes becslésére.

A „k, n és m” tényezők értékei

Ország	k	n	m
USA	714,4 ²	0,8	1,6
Svédország	100 - 400	0,5	0,75
Magyarország	k = K/2 = 10 - 80 (ÁRBSZ)	0,5	1,0
Szlovákia	120 - 350	0,5	1,0
Irán	347,83	0,768	1,586
Olaszország	$k = 160 \sqrt{\frac{e_1 - \frac{r_{ra} D - r_k C_l}{e_1} \frac{0^2 u_e}{e_1} \frac{1}{e^{d_y/d_{ra}} - 1,71 u_e}}{K_f r_k C_l (\lg l)}}$	0,5	1,0

3. A JELENLEGI ÁRBSZ ÖSSZEFÜGGÉSÉVEL SZÁMÍTOTT VÁRHA- TÓ REZGÉSI SEBESSÉGEK ÉS A MÉRT REZGÉSI SEBESSÉGEK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK

1. példa:

Robbantás helye: Debrecen Kishegyesi út 209. (2 db téglakémény robbantása 2013.06.20.)

Adataink a számításnál: $k = 25$, $Q_f = 4,8$ kg, $l = 30$ m

A várható rezgési sebesség az ÁRBSZ szerint: $v_{\text{várható}} = 1,545$ mm/s.

A mért rezgési sebesség: $v_{\text{mért}} = 8,065$ mm/s. (Lásd 1. ábra)

A mért rezgési sebesség alapján a $k_{\text{mért}} = 118,4 \leftrightarrow k_{\text{ÁRBSZ max}} = 80$.

A „k” tényező számítására ajánlott összefüggés szerint a $k = 118,7$. Ezzel a k-val számolva a várható rezgési sebesség értéke:

$$v_{\text{várható}} = 8,13 \text{ mm/s} \quad \leftrightarrow \quad v_{\text{mért}} = 8,065 \text{ mm/s!}$$

Fontos megjegyzés: Az új ÁRBSZ 2. melléklet 1.1.2. c) pontja szerint $K = 40$ -nel, $k = 40/2 = 20$ számolhatjuk az építmények robbantásoknál várható rezgési sebességeket. Az adott esetben ez a K tényező, $118,44/20 = 5,92$ -szer kisebb, mint a valóságos érték.

2. példa:

A gyakorlatban azok a robbantások problémásak, amelyek rendszeresen ismétlődnek. Ilyenek a külszíni bányákban végzett nagyfűrőlyukas robbantások.

Kilenc hazai nagyfűrőlyukas kőzet robbantásnál és egy gátrobbantásnál, (2. táblázat) folytonos és osztott töltetekkel végzett, 68 db szeizmikus mérési eredmény alapján, regressziós úton meghatározott összefüggés a

$$v_{i,max} = 136,66 \frac{Q_f^{0,5}}{l^{1,02}}, \text{ mm/s}$$

² Bureau of Mines

kifejezéssel írható le, ahol:

$v_{i,max}$ – mért, maximális rezgési sebesség-komponensek értékei, mm/s.

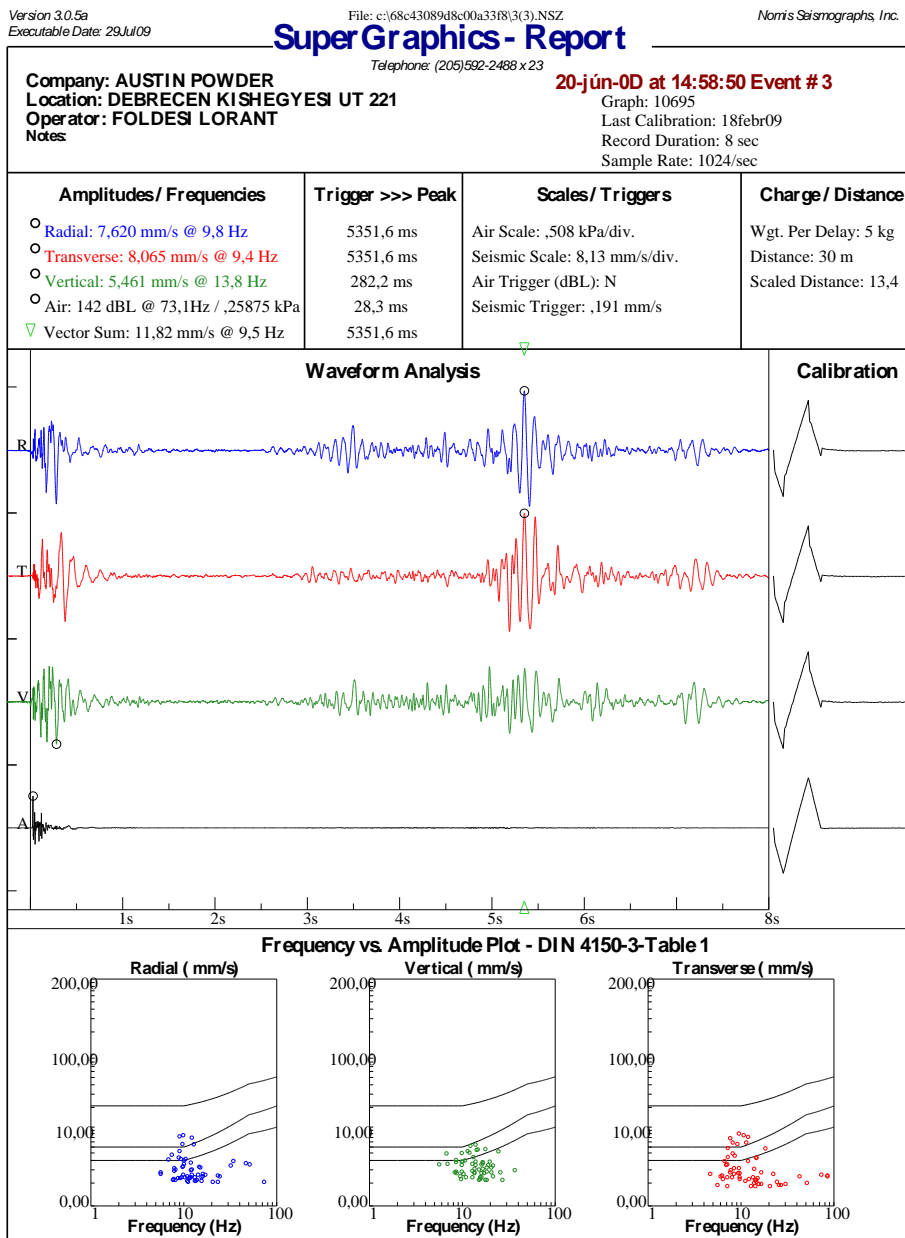
A függvény szorosságára jellemző korrelációs index négyzete, $r^2 = 0,96$, a szórás, $D_{dvi,max} = \pm 2,38$ mm/s és $k = 136,66$. Az „n” és „m” értéke gyakorlatilag azonos az 1. táblázatban megadott, Magyarországon alkalmazott értékekkel. A számított „k” tényező értéke viszont jóval nagyobb, mint az ÁRBSZ-ben ajánlott $k = 80/2 = 40$.

($\Delta = k_{számított} / k_{ÁRBSZ} = 136,66 / 40 = 3,41$)

2. számú táblázat

Szeizmikus mérésekkel ellenőrzött magyarországi robbantások

Sorszám	Robbantás		Robbantott kőzet	Megjegyzés
	helye	módja		
1.	Tarcal János Pince	nagyfűrőlyukas	dácit és tufa keveréke	osztott töltetekkel
2.	Vakond Kft. Gyöngyöstarján	nagyfűrőlyukas	andezit	folytonos töltet
3.	Basalt-Középkő Kft. Vindornyaszőlős	nagyfűrőlyukas	bazalt	folytonos töltet
4.	Varga Murvabánya Litér	nagyfűrőlyukas	murva	folytonos töltet
5.	Zempléncő Bányászati Kft. Sárospatak	nagyfűrőlyukas	andezit	osztott töltetekkel
6.	Dráva-Kavics Kft. Máriagyűd	nagyfűrőlyukas	vastagpados mészkő	osztott és folytonos töltetekkel
7.	Palota-Vidék Zrt. Inota	nagyfűrőlyukas	murva	folytonos töltet
8.	Colas Északkő Kft. Sárospatak	nagyfűrőlyukas	andezit	folytonos töltet
9.	KŐ-KA Kft. Iszkaszentgyörgy	nagyfűrőlyukas	dolomit	folytonos töltet
10.	KIHI gát Szeghalom	nagyfűrőlyukas	tömörített talaj	folytonos töltet



1. számú ábra: Kémény robbantásnál regisztrált szeizmogram (Debrecen, 2013. 06. 20.)

3. példa:

A KŐKA KŐ – és Kavicsbányászati Kft. IDÓKŐ Iszkaszentgyörgyi Dolomitbányájában 2013. november 21. robbantásnál a mért rezgési sebesség, $v_{\text{mért}} = 1,461 \text{ mm/s}$. Az olasz összefüggéssel számított $k = 141,49$. Ezzel a „k” – val számolva a várható rezgési sebesség, ha $Q_f = 170 \text{ kg}$, $l = 1200 \text{ m}$, akkor:

$$v = k \frac{\sqrt{Q_f}}{l} = 141,46 \frac{\sqrt{170}}{1200} = 1,5363 \text{ mm/s}$$

Ebben az esetben is a $v_{\text{számított}} \leftrightarrow v_{\text{mért}}$.

4. példa:

A volt Borsodi Szénbányák Vadnai külfejtésében a kőzet és robbanóanyag jellemzők alapján meghatározott „k” tényező értéke: 128- ra adódott. Ezzel a „k” tényezővel meghatározott mértékadó töltet tömege azonos nagyságrendű volt, a mérési eredmények felhasználásával készített helyi érvényességű összefüggésből számított töltet tömegével.

$$v_{helyi} = 30.445,73 \left(l / \sqrt{Q} \right)^{-2,284}, mm / s$$

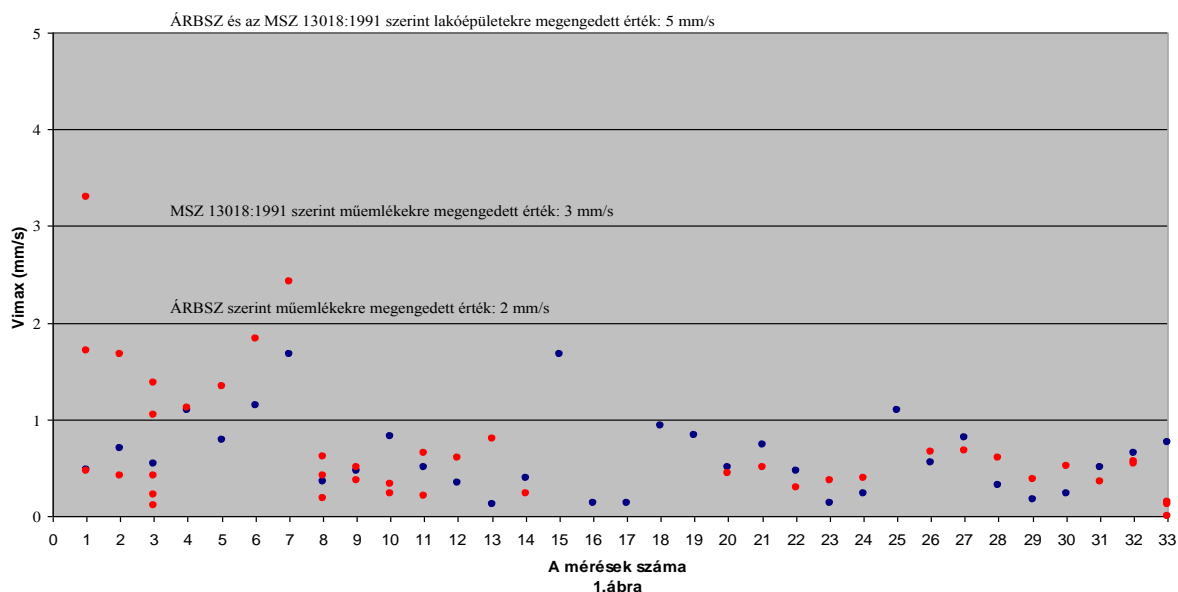
(A vadnai külfejtésben végzett robbantások szeizmikus rezgési sebességei alapján a regresszió számítás minőségi mutatói: $r^2 = 0,9769$, a szórás értéke, $D_{dv} = \pm 0,24$ mm/s, a becslés %-os hibája: $\pm 9,55$ % volt.)

A bemutatott példák alapján egyértelmű, hogy nagy a különbség a hazai mérések és a bányákban használatos robbanóanyag és a kőzetjellemzők alapján meghatározott „k” tényezők és az ÁRBSZ-ben ajánlott “k” tényezők között.

A „k” tényezőkben meglévő különbségek azt eredményezhetik, hogy az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésének alkalmazásával a várható rezgési sebességeket alulbecsüljük. A tényleges rezgési sebességek nagyobbak lesznek, mint az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésével számított rezgési sebességek. Ez azt jelenti, hogy a robbantás környezetében élők a nagyobb rezgési sebességek miatt tiltakozni fognak. A robbantások tárgyában laikus polgárok az építményeik károsodását összefüggésbe hozzák a közelükben végzett robbantásokkal és kártérítési pereket kezdeményeznek.

A robbantásokat végzők csak úgy kerülhetik el a károk megfizetését, ha szeizmikus és léglökésmérési eredményeik vannak. A perek akkor sem elkerülhetők, ha a mérési eredmények jóval a megengedett érték alatt vannak. Ezt a kijelentésünket igazolja a 2. ábra, melyen a Vakond Kft. Gyöngyöstarjáni kőbányájában, 2005-től végzett robbantások szeizmikus mérési eredményei láthatók [7]. A per 5 évig tartott és közel 16 millió Ft károkozásról szólt. A károk tényleges oka, (duzzadó agyag) egyetlen panaszost sem érdekelt.

2005.04.13-tól a Vakond Kft. Gyöngyöstarjáni kőbányájában végzett robbantások szeizmikus rezgési sebességeinek maximális értékei



2. számú ábra

5. példa:

A Duna-Dráva Cement Kft. Beremendi Gyár Nagyarsányi kőbányájában a „k” tényező számítására javasolt összefüggés alapján a várható rezgési sebesség a

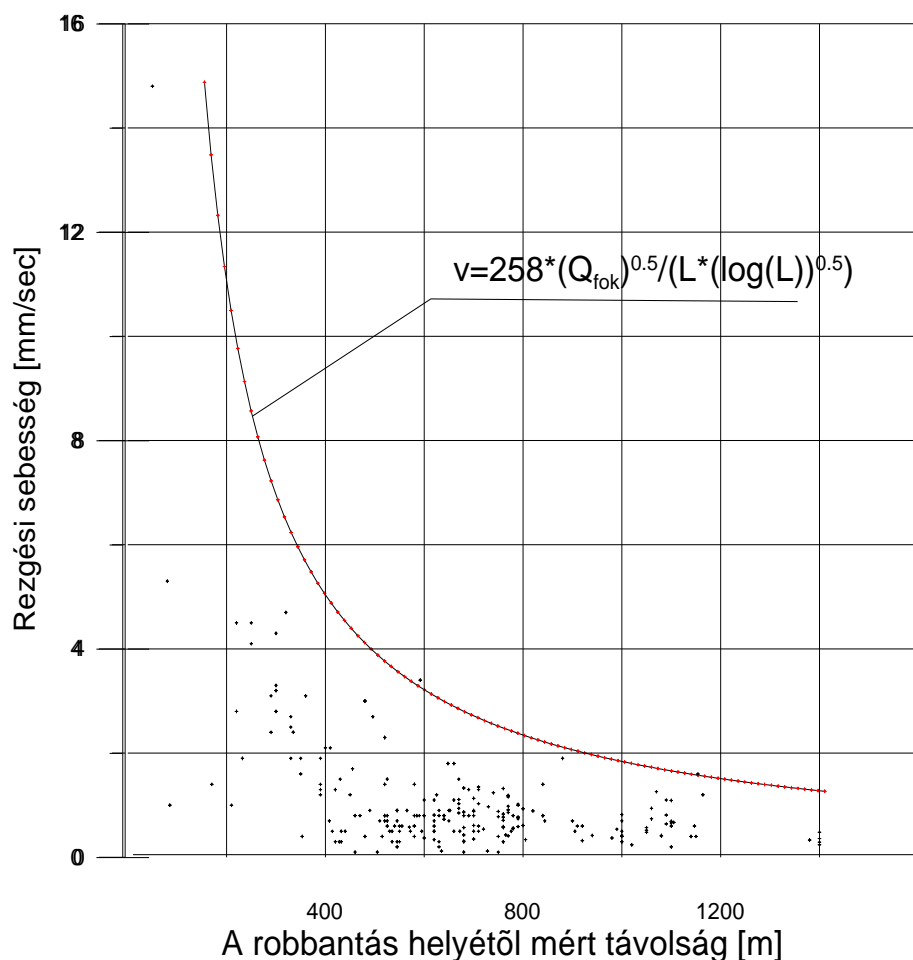
$$v_{\text{várható}} = 258 \frac{\sqrt{Q_f}}{l \sqrt{lg l}}, \text{ mm/ s}$$

összefüggéssel számítható. A 3. ábrán az látható, hogy a „k” számított értékével meghatározott szeizmikus rezgési sebesség várható értéke a mérési adatoktól nagyobb, minden mérési pont a görbe alatt helyezkedik el [8]. Abban az esetben, ha a 3. ábrán megadott összefüggéssel számítjuk a várható rezgési sebességet, akkor biztosak lehetünk abban, hogy a mért rezgési sebesség nem lesz nagyobb, mint a számított.

Fontos megjegyzés:

Azok, akik a robbantások várható rezgési sebességének meghatározásával foglalkoztak számos esetben tapasztalták, hogy a „k” tényező értéke a robbantás és mérés közötti távolságtól is függ. A „k” tényező számítására javasolt összefüggésben ezt a $\sqrt{lg l}$ -el vehetjük figyelembe.

Az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésében a távolság hatását a képletben szereplő „2”-es tényező képviseli. A javasolt összefüggéssel pontosabban tudjuk meghatározni „k” tényleges értékét, mint a jelenleg érvényes ÁRBSZ-ben megadott „2”. (Az ÁRBSZ vonatkozó összefüggésében szereplő 2-es érték $l = 10.000$ m-hez tartozik, mert $2 = \sqrt{lg 10.000}$). Abban az esetben, ha a védendő objektum 10 km-re van a robbantás helyétől, akkor a szeizmikus károk miatt nem kell aggódnunk.



A mért rezgésértékek a távolság függvényében és a számításra használatos összefüggés görbéje

3. ábra: Nagyharsányi kőbányában mért rezgési sebességek és a „k” tényezővel számított függvény (a mérési adatok száma: 234 db)

4. JAVASLAT AZ ÚJ ÁRBSZ ELŐÍRÁSAINAK VÁLTOZTATÁSÁRA

4.1. 2. §. 18. mértékadó töltet (Q_f):

A robbantások szeizmikus hatásának előzetes számításánál a mértékadó töltet, „ Q_f ” a **8 ms-on** belül robbanó töltet tömege.

A robbantási terveknél minden töltet robbanási idejét ki kell számolni és akkor egyértelmű, hogy 8 ms-on belül milyen tömegű robbanóanyag robban.

4.2. Javaslat az ipari és bányászati robbantásokkal keltett rezgési sebességek megengedhető értékeire

Különböző objektumokra megengedhető rezgési sebességeket az alábbi táblázat szerint kell meghatározni.

Épületfajta	A maximális rezgési sebesség komponens, v_i megengedett értékei, (mm/s)			
	Az épület alapjánál			A legfelső teljes szint földem síkjában
	$f < 10\text{Hz}$	$f = 10\text{-}50\text{ Hz}$	$f = 50\text{-}100\text{ Hz}$	Bármely frekvencián
Ipari és hasonló jellegű épületek	20	$15 + 0,5f$	$30 + 0,2f$	40
Lakó és hasonló jellegű épületek	5	$2,5 + 0,25f$	$10 + 0,1f$	15
Épületek, melyek különleges rezgés-érzékenységük miatt nem tartoznak az előző csoportokba és különösen fontos a védelmük. (Pl. műemlékek)	3	$1,75 + 0,125f$	$6 + 0,04f$	8
Statikailag bizonytalan, építési előírásoknak nem megfelelő épületek	Szakértői mérlegelés szerint			
100 Hz feletti frekvenciák esetén az irányérték még nagyobb is lehet, de a 100 Hz-hez tartozó értékeket kell figyelembe venni.				

4. számú ábra: A v_i rezgési sebesség komponensek megengedett irányértékei a rövid idejű vibrációs hatások megítéléséhez az MSZ13018:1991 és a DIN 4150-3 jelű szabvány szerint

Abban az esetben, ha a keltett rezgések frekvenciájára vonatkozóan nincs mérési adat, akkor a tervezésnél az $f < 10\text{ Hz}$ - nél megengedett rezgési sebességeket kell figyelembe venni.

Indoklás:

Véleményünk szerint alkalmazni kellene a nemzetközi gyakorlatban és Európában is elfogadott DIN 4150-3 jelű szabvány, „módosított” változatát, mely azonos az MSZ 13018:1991 szabvány előírásaival. A különbség csak az, hogy a DIN 4150-3 használatával a frekvenciák ismeretében pontosan számíthatjuk a megengedett rezgési sebességeket. A műszergyártó cégek is a DIN 4150-3 szabvány megengedett értékeit építik be a kiértékelő szoftvereikbe.

Az 5. ábrán a NOMIS mini-Supergraphs műszerrel regisztrált szeizmogram látható. A 6. ábrán az INSTANTEL MINImate Plus szeizmóméterrel végzett mérés adatait ábrázoltuk. A gyártócégek műszereikbe beépítették a DIN 4150-3 előírásainak megfelelő ábrát, amelyeken ábrázolják a mért rezgési sebesség-komponenseket.

A DIN 4150-3 módosított változata csak annyit jelent, hogy a rezgések frekvenciájának figyelembevételével – épület kategóriánként – pontosan számítani tudjuk a megengedhető rezgési

sebességek értékét. Az eredeti határértékeket nem változtattuk meg, csak javaslatunk szerint a frekvencia függvényében nem az ábráról kell leolvasni a megengedhető rezgési sebességek értékeit. A táblázat szerinti értékeket a régebbi demokráciákban határozták meg, tehát nálunk is jól alkalmazható lenne, sőt a MSZ13018:1991 és az ÁRBSZ is összhangba kerülne.

Version 32.6
Executable Date: 03Oct2012

File: c:\SuperGraphics\TMP\Sample Data\8.NSZ

Norris Seismographs, Inc.

SuperGraphics - Report

Company: **AUSTIN POWDER HUNGARY**

Telephone: (205)592-2488 x23

Unit #: 11373

2013.12.20. at 10:38:54 Event # 8

Location: **PÁNCÉLHEGY GÁZVEZETÉK**

Operator: **FÖLDESI LÓRÁNT**

Notes:

Record Duration: 5,0 sec
Sample Rate: 1024/sec

Distance: 150 m Wgt. Per Delay: 55 kg Scaled Distance: 20,2

Seismic

Gain: 2 Trigger: ,381 mm/s Vector Sum: 3,83 mm/s @ 16,52 Hz

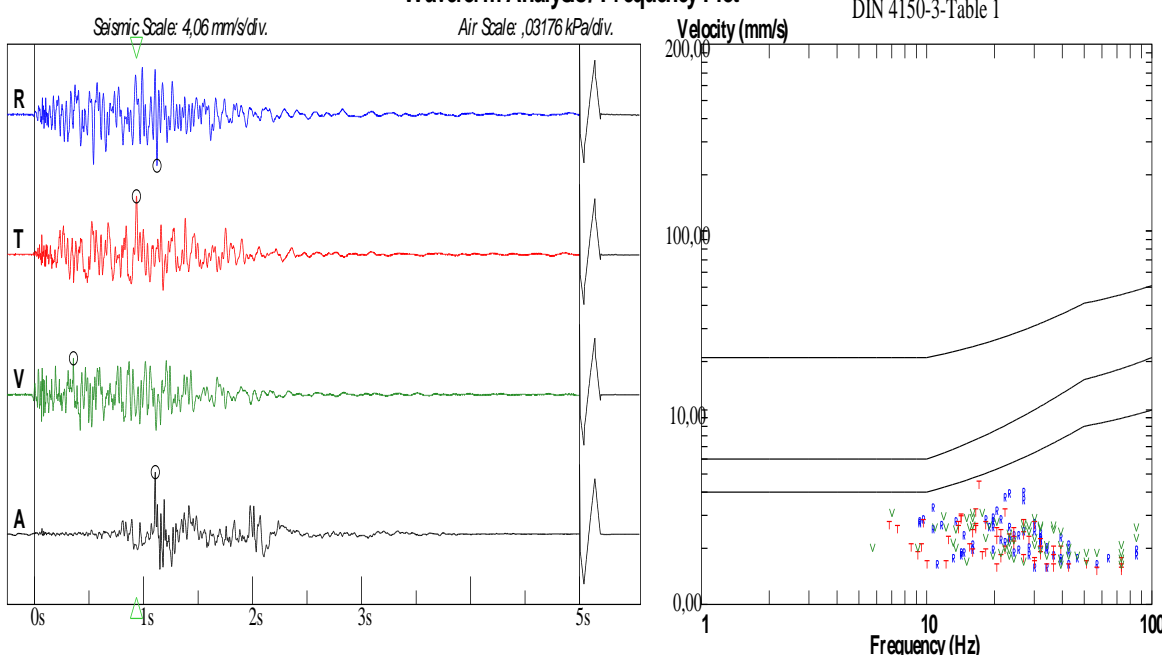
Channel	Radial	Transverse	Vertical
○ Velocity (mm/s)	2,985	3,366	2,096
Frequency (Hz)	26,90	17,00	7,00
Trigger >>> Peak	1123,0	934,6	356,4

Air

Gain: 1 Air Trigger: N

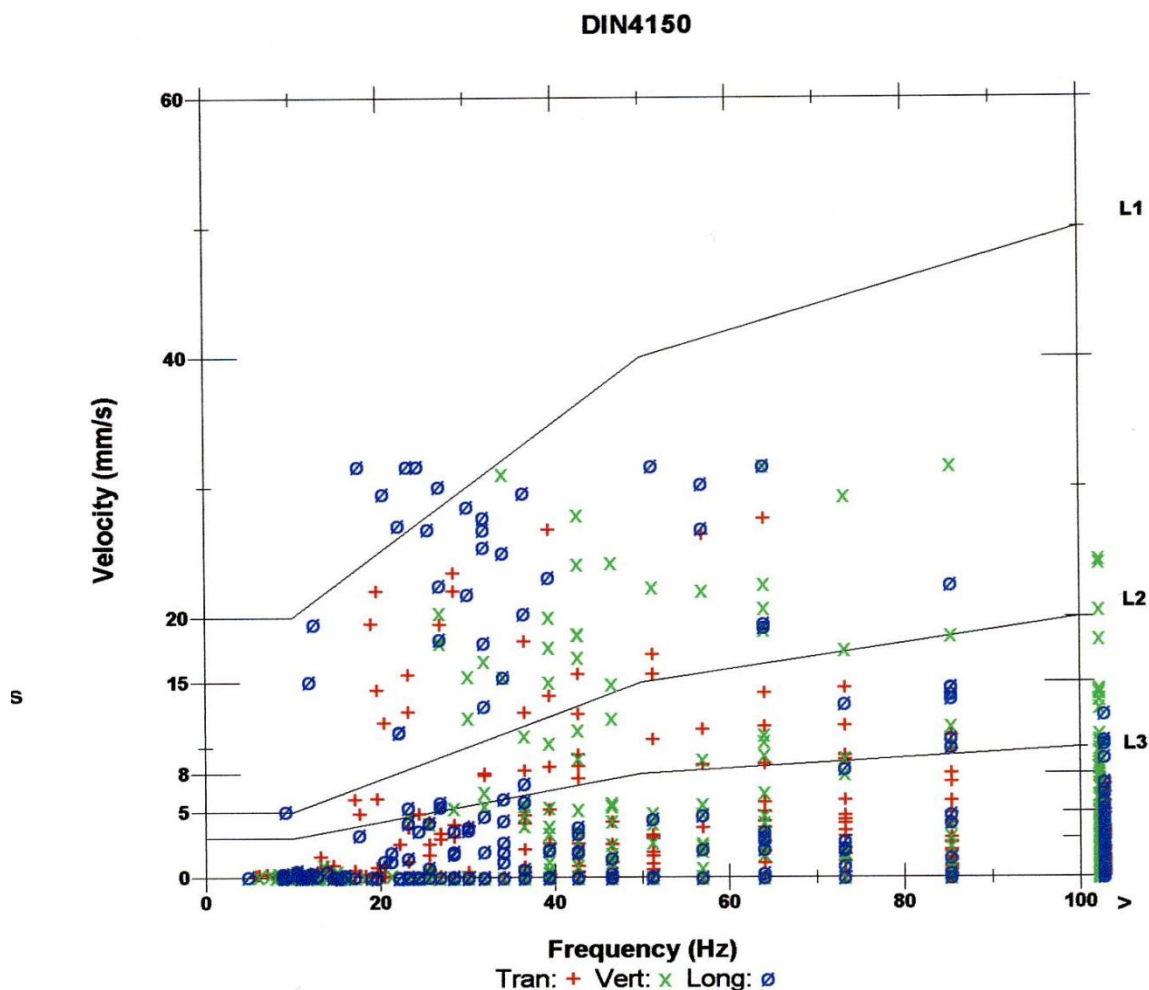
Measurement	Value	Trigger >>> Peak
		1107,4
kPa	,0285	
dBL	123,1	
Hz	10,2	

Waveform Analysis/ Frequency Plot



5. számú ábra: Zempléncő Kft. Páncélhegyi kőbányájában végzett robbantás szeizmogramja (Sárospatak, 2013. december 20.)

Természetesen nem szabad elfeledkezni arról, hogy a rezgések frekvenciájának pontos meghatározása, csak mérésekkel lehetséges. Azok, akik a rezgések frekvenciájának figyelembevételével akarják a megengedhető rezgési sebességeket meghatározni, az első robbantásoknál mérni kell.



6. számú ábra: Az INSTANTEL MINImate Plus szeizmométerrel végzett mérés adatai (Románia Huta-Certeze, 2008.)

4.3. A várható rezgési sebesség értékének meghatározása:

A várható rezgési sebesség értékét az alábbi összefüggéssel kell meghatározni:

$$v_{\text{várható}} = k \sqrt{\frac{Q_f}{l}}, \text{ mm/s}$$

ahol:

- Q_f – a mértékadó, 8 ms alatt felrobbantott töltet tömege, kg,
- l – a robbantás és védendő objektum közötti távolság, m,
- a „k” tényező értékét, amely a védendő környezet jellemzőit, a robbanóanyag munkavégző képességét és a robbantás körülményeit is tartalmazza az alábbi összefüggéssel kell meghatározni:

$$k = \frac{160}{\sqrt{lg l}} \sqrt{\frac{\frac{1}{K_f r_k C_l} \left(\frac{e^{d/d_{ra}} - 1,71}{e^{d/d_{ra}} - 1} \right) \frac{1}{e^{d/d_{ra}} - 1,71}}{K_f r_k C_l}} \quad [2]$$

ahol:

- ρ_{ra} – a robbanóanyag töltési sűrűsége a robbantólyukban, kg/m^3 ,
- ρ_k – a robbantott közet sűrűsége, kg/m^3 ,
- ε - az alkalmazott robbanóanyag fajlagos energiája, MJ/kg ,
- d_{ly} – a robbantólyuk átmérője, mm ,
- d_{ra} – a robbanóanyag átmérője a robbantólyukban, mm ,
- D – a robbanóanyag detonációs sebessége, m/s ,
- C_l – a rugalmas hullám terjedési sebessége a közetben, m/s ,
- l – a robbantás és a védendő objektum közötti távolság, m ,
- K_f – a robbantás környezetében lévő közetek szilárdságától függő tényező, melynek értékei:
 - vizes homok és kavics esetén: 0,11...0,13,
 - tömör alluviumoknál: 0,06...0,09,
 - kemény és tömör közetekenél: 0,01...0,03.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott példák alapján egyértelmű, hogy a jelenleg érvényben lévő ÁRBSZ, szeizmikus rezgési sebesség várható értékének és a szeizmikus biztonsági távolság meghatározására ajánlott összefüggésében szereplő „ k ” tényező értéke nem jó, mert kisebb, mint a valóságos érték.

A regressziós úton meghatározott függvényeknél is van valamilyen nagyságú szórás, amely azt jelenti, hogy azok alkalmazásánál a mért sebességek \pm irányban szóródnak.

FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

1. Giorgio Berta: Explosives: an engineering tool. ITALESPLOSIVI – Milano 1990
2. Calvin J. Konya, Ph.D.: Blast Design. 1995. Intercontinentel Development Corporation, Montville, Ohio 44064, USA, ISBN 09649560-0-4
3. Stig O. Olofsson: Applied explosives technology for construction and mining, Nora Boktryckeri AB ISBN 91-7970-634-7
4. DETONET Kft. szeizmikus mérési adatai különböző hazai kőbányákban végzett nagyfűrőlyukas robbantásoknál. Kézirat 2013.
5. Dr. Földesi János: Javaslat az új ÁRBSZ előírásainak változtatására. 2012.
6. S.M.F. Hossiani/G.c. Sen: Iranian Journal of Science and Technology. Volum 30, Number B3, 2006.

7. A Vakond Kft. Gyöngyöstarján Füledugói kőbányájában végzett szeizmikus mérési eredményei 2005-2013 között.
8. DETONET Kft.: Duna-Dráva Cement Kft. Beremendi Gyár Nagyharsányi kőbányájában alkalmazott robbantástechnológia felülvizsgálata. Miskolc, 2008.
9. Böhm Szilvia: Robbantástechnológiai megoldások az erdőbényei kőbánya környezeti problémáinak csökkentésére. A Magyar Robbantástechnikai Egyesület, "Fúrás-Robbantástechnika 2008" Nemzetközi Konferencia kiadványa, Vác, 2008. szeptember 16-18.