

# Mélyművelésű ásványbánya üregeinek biztosítására és tömedékelésére használt anyagok vizsgálata

## Testing backfilling, baseplate and roof support materials used in an underground industrial mineral mine

DEBRECZENI Ákos<sup>1</sup>, MOLNÁR József<sup>2</sup>, FAITLI József<sup>3</sup>

Miskolci Egyetem, <sup>1,2</sup>Bányászati és Geotechnikai Intézet, H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Magyarország,  
e-mail: <sup>1</sup>[bgtda@uni-miskolc.hu](mailto:bgtda@uni-miskolc.hu), <sup>2</sup>[bgtmj@uni-miskolc.hu](mailto:bgtmj@uni-miskolc.hu),

<sup>3</sup>Nyersanyag-előkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, e-mail: [ejtfaitj@uni-miskolc.hu](mailto:ejtfaitj@uni-miskolc.hu)

### Abstract

*Not far from the Hungarian border in Slovakia there is a new talc mine in operation. The mine itself is located northwest of Roznava close to village Gemerská Poloma. The mine is owned and operated by EUROTALC s.r.o. firm. Due to the excellent quality of the mined out talc it became one of main objects to mine out the total mineral reserve without significant extraction losses. That is why backfilling, shotcreting and reinforcing the base of the drifts and chambers is in question. Utilization of the total amount of mine and mineral processing plant waste for this purpose is intended. Beside the waste other kinds of fine grained bulk materials could be used for backfilling too. A European Union project named MineTALC was established in EIT Raw Materials program. It will be finished till March, 2023. The leader of the project is Technical University of Kosice (Slovakia) and numerous European universities and research firms joined to it. Institution of Mining and Geotechnical Engineering and institution of Raw Materials Preparation and Environmental Processing of University of Miskolc (Hungary) are fulfilling preparation of samples prescribed by the project and their mechanical material and strength laboratory testing. Testing and its main results are discussed in the paper.*

**Kulcsszavak:** talk, tömedékelés, üregbiztosítás, nyomószilárdság, húzószilárdság

### 1. Bevezetés

Magyarország határa közelében Szlovákiában, Rozsnyótól északnyugatra, Gemerská Poloma (magyar nevén Veszverés) falu mellett egy új mélyművelésű talkbánya üzemel. A bánya tulajdonosa és üzemeltetője az EUROTALC s.r.o. cég. A kitermelt talk kiváló minősége miatt a bányaművelést folytató társaság arra törekszik, hogy gyakorlatilag a teljes ásványvagyonot lefejtsék, jelentősebb fejtési veszteségek nélkül. Emiatt fontos feladatuk lett az, hogy a bányászati üregeket, elsősorban a kamrafejtéseket – a kitermelés során – lőtt-betonozással megerősítsék, a kamrák talpát a gépek akadálytalan mozgásának biztosítása céljából betonozzák, és a felhagyáskor tömedékeljék.

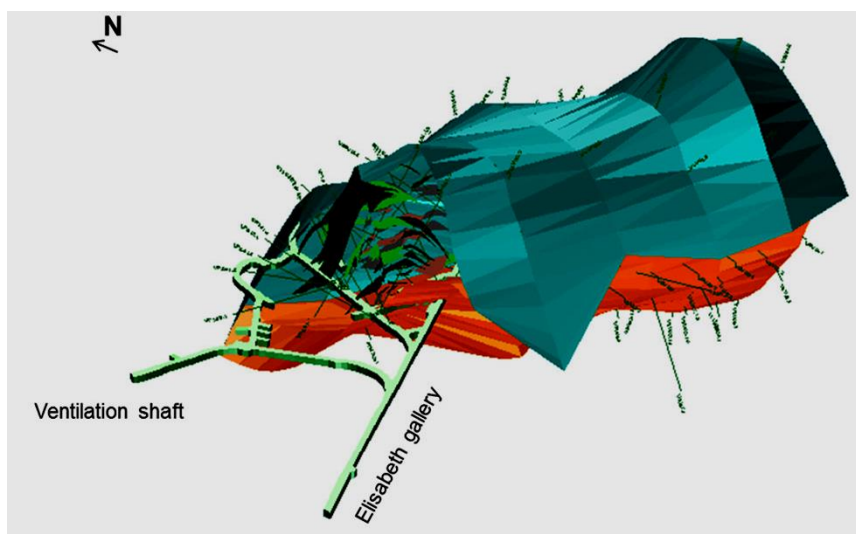
### 2. A MineTALC kutatási projekt és az EUROTALC s.r.o. mélyművelésű talk bányája

Az EIT Raw Materials programjában létrejött egy MineTALC nevű európai uniós projekt, mely egyebek között azt is céljává tűzte ki, hogy a működő és a felhagyott bányatársaságok biztosítására használt lőtt beton, talpbeton és tömedék anyagok összetételét optimalizálja, új receptúrák kikísérletezésével (EIT Raw Materials, 2020). Szándékuk az is, hogy a bányameddőt és az előkészítőművi meddőt lehetőség szerint teljes egészében felhasználják a tömedékelésre. A meddő mellett más finomszemcsés ömlesztett hulladék anyagok használata is felmerült. A projekt további céljai az ásványvagyon modellezésének, a bányászati módszernek valamint a flotálás technológiájának fejlesztése is. A projekt a tervek szerint 2023 márciusáig tart. Vezetője a Kassai Műszaki Egyetem (Szlovákia) és számos európai (brit, finn, lengyel, magyar és német) egyetem és kutatócég csatlakozott hozzá.

A Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Intézete és Nyersanyag-előkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete végzi a projektben előírt minták előkészítését és azok mechanikai laboratóriumi vizsgálatát. A tanulmányban a tesztelést és annak főbb eredményeit tárgyaljuk.

Az EUROTALC s.r.o. bányájában nagy tisztaságú nyers talkot termelnek. Fehérségi foka legalább 90 %-os, meddő tartalma legfeljebb 3 %. Magát a lelőhelyet mélyműveléssel termelik ki, melyhez a fő feltáró

rendszer gerincét a külszínről kelet felé haladó Erzsébet táró és egy légakna, valamint az azokat összekötő vágatok alkotják (1. ábra).



1. ábra Az EUROTALC s.r.o. Gemerská Poloma-i mélyművelésű talk bányájának fő feltáró rendszere és az ásványi nyersanyag test térbeli axonometrikus számítógépi modellje [1]

A lelőhely ásványvagyona a tárón a külszínről befelé haladva először elérhető tömbben mintegy 1,6 Mt. További 3,5 Mt-t már megkutattak, míg a reménybeli vagyon a lelőhely keleti végénél mintegy 10 Mt. A tömbök mélysége a felszín alatt 350-450 m. A részletes kutatást a bányavágatokból fúrt – 100 m-nél hosszabb – magfúrásokkal végezték.



2. ábra LHD gép az egyik kamrafejtésben. A felvételen jobbra látható a löttbetonba ágyazott háló [1]

Az ásványvagon kitermelésére kamrafejtéseket használnak. A fejtésekben a rakodást három műszakban 5 t raktömegű LHD gép végzi, ami a termelvényt a vagonokhoz szállítja. Egy-egy vagon 3 merítéssel rak meg. A napi termelést (40 vagon) az Erzsébet tárón közlekedő vonattal szállítják ki a táró szájánál levő előkészítő üzembe. A bánya termelése 125 000 t/év.

A 2. ábrán fejtésben rakodást végző LHD gép látható. A felvétel jobb szélénél a vágat falán jól látható a löttbeton biztosításba ágyazódott háló. A tiszta lefejtést úgy tudják elérni, hogy a fejtések között nem hagynak végleges pilléreket. A fejtési üregeket szilárduló tömedékanyaggal töltik fel a felhagyás előtt, és a két egymást időrendben követő fejtés közti (éppen egy kamra szélességével azonos szélességű) sávba a zagy megszilárdulása után egy újabb fejtést telepítenek. A megszilárdult tömedék és a beton talplemez alatt az újabb szeletben már kialakíthatók a kamrák.

### 3. Anyagok és módszerek

A löttbeton és a tömedékanyag vizsgálatához különféle receptúrák alapján próbatesteket készítettünk. Ezek szilárdsági vizsgálatával kapott eredmények az optimális receptúrák megválasztására szolgálnak. Elsőként az alapanyagok fizikai jellemzőit vizsgáltuk, majd a próbatestek előállítását, érlelését, a szilárdsági vizsgálatokat, és végül az eredmények értékelését. Az alapanyagok szemcseméret-eloszlásának a mérésére 200 mm-es szabványos laboratóriumi szitasorozatot és Horiba LA-950V2 Laser Particle Size

Analyzer berendezést használtunk. A minták összes nedvességtartalmát szárítószekrényben 105°C-on, tömegállandóságig történő szárítással, az ömlesztett anyagok szemcsesűrűségét laboratóriumi piknométerben mértük meg.

A próbatetek elkészítéséhez CEM II AS 42,5 típusú cementet, flotációs meddőt, különféle szemcseméretű aggregátumot, technológiai vizet, kétféle adalékanyagot és cementgyári hulladék port használtunk fel. A cement szemcsesűrűsége 2980 kg·m<sup>-3</sup>, a nedvességtartalma jellemzően 0 % volt. A cement viszonylag finom szemcseméret eloszlású volt, az 50 %-os szemcsemérete 16 µm, míg a 80 %-os szemcsemérete 31 µm volt. A vizsgált flotációs meddő minta a bánya flotációs dúsító üzeméből származott. Összes nedvességtartalma 12,25 %, szemcsesűrűsége 2760 kg·m<sup>-3</sup> volt. A flotációs meddő szélesebb szemcseméret eloszlású anyag, a mért 50 %-os szemcsemérete 20 µm, míg a 80 %-os szemcsemérete 144 µm volt. A 0-10 mm jelű aggregát minta szintén a bányából származott. Összes nedvességtartalma 5,12 %, a szemcsesűrűsége 2780 kg·m<sup>-3</sup>, 50 %-os szemcsemérete kb. 3 mm, míg a 80 %-os szemcsemérete kb. 6 mm volt. A Kassa közeli cementgyárból származó cementgyári hulladék por minta alapvetően szintén finom szemcsészetű anyag volt, azonban számos összetapadt, akár 10-30 mm-es agglomerátum szemcsét tartalmazott. Az eredeti állapotában – száraz kézi szitálással mérve – az 50 %-os szemcsemérete kb. 0,5 mm, míg a 80 %-os szemcsemérete kb. 18 mm volt. Ezt az anyagot a próbatetek készítése előtt mozsárban, kézzel előaprítottuk. A technológiai víz és az adalékanyagok fizikai és kémiai tulajdonságait nem vizsgáltuk, ezek a minták szintén a bányából származtak.

Komponens / Próbatest	Lőttbeton	Tömedék 0	Tömedék 1	Tömedék 2	Tömedék 3
cement [kg]	400	200	150	200	200
flotációs meddő [kg]	–	1600	1600	1600	1600
aggregát 0-10 mm [kg]	1530	–	–	–	–
cementgyári hulladékpor [kg]	–	–	50	50	100
technológiai víz [l]	250	410	410	420	430
adalékszer MG504 [l]	5,0	–	–	–	–
adalékszer HCA [l]	3,5	–	–	–	–

1. táblázat A vizsgált lőttbeton és tömedék próbatetek receptúrái

A szilárdságvizsgálatokhoz az 1. táblázatban szereplő receptúrák szerinti arányban, az adott próbatethez szükséges mennyiségben mértük ki a szükséges komponensek száraz tömegeit az előzőleg 105°C-on kiszárított ömlesztett anyagokból. Ezeket összekevertük és előre gyártott acél hengerekbe töltöttük, amelyek belső átmérője 42 illetve 56 mm, magassága pedig 30, 80 és 100 mm volt. , attól függően, hogy az adott szilárdságvizsgáló berendezés milyen próbatestet kívánt. A próbateteket egy napig állni hagytuk, majd kiszalutuk és biztosítottuk a kötéshez szükséges víztartalmat. A szilárdsági méréseket a próbatetek 28 napos korában végeztük el.

#### 4. Szilárdsági vizsgálatok

A szilárdsági vizsgálatok egytengelyű nyomó-, Brazil húzó- és triaxiális nyomóvizsgálatokból álltak. A triaxiális nyomóvizsgálatoknál a palástnyomás 20 MPa volt. A kapott mérési eredmények a 2. táblázatban olvashatók. Az eredmények alapján meghatároztuk a nyírószilárdsági paramétereket is.

Az egytengelyű nyomóvizsgálatokhoz az 56 mm átmérőjű és 100 mm magas hengerekbe öntött próbateteket használtuk. A megszilárdult minták véglapjait párhuzamosra kellett munkálnunk, ezért a végleges magasságuk 97-98 mm lett. A mintatestek pontos geometriai adatait 3-3 mérés átlagolásával határoztuk meg. Minden mintaanyagból (minden receptúra szerin) 5-5 szilárdsági vizsgálatot végeztünk az ISRM (International Society of Rock Mechanics) ajánlásai szerint [3]. A mérési eredményeket statisztikailag feldolgoztuk. Az egytengelyű nyomóvizsgálatok elrendezését a 3. ábra, a mérési eredményeket az 2. táblázat tartalmazza.



3. ábra Az egytengelyű nyomóvizsgálatok elrendezése

A húzóvizsgálatokat is az 56 mm átmérőjű hengerekbe öntött mintaanyagokon végeztük el. Mint a kőzeteknél általában, most is Brazil kísérlettel határoztuk meg az egytengelyű húzószilárdságot [3]. A leöntött mintákból 40 mm széles tárcsa alakú próbatesteket alakítottunk ki. Mintaanyagonként 5-5 vizsgálatot végeztünk.

Mintaanyag	Löttbeton	Tömedék 0	Tömedék 1	Tömedék 2	Tömedék 3
<b>Egytengelyű nyomóvizsgálatok</b>					
<b>átlagos nyomószilárdság [MPa]</b>	<b>15,5</b>	<b>3,98</b>	<b>4,14</b>	<b>5,63</b>	<b>7,67</b>
szórás [MPa]	2,45	0,28	0,21	0,54	0,27
relatív szórás [%]	15,8	7,05	5,13	9,53	3,58
<b>Brazil húzóvizsgálatok</b>					
<b>átlagos húzószilárdság [MPa]</b>	<b>2,72</b>	<b>0,807</b>	<b>1,146</b>	<b>0,707</b>	<b>1,237</b>
szórás [MPa]	0,34	0,061	0,087	0,043	0,101
relatív szórás [%]	12,31	7,60	7,57	6,01	8,16
<b>Triaxiális nyomóvizsgálatok 20 MPa oldalnyomás mellett</b>					
<b>átlagos triaxiális nyomószilárdság [MPa]</b>	<b>62,4</b>	<b>41,28</b>	<b>52,85</b>	<b>48,14</b>	<b>52,79</b>
szórás [MPa]	9,69	4,12	5,65	1,48	1,46
relatív szórás [%]	15,53	9,97	10,69	3,07	2,76

2. táblázat Az egytengelyű nyomóvizsgálatok a Brazil húzóvizsgálatok és a triaxiális nyomóvizsgálatok mérési eredményei (átlagos érték, szórás és relatív szórás)

Annak érdekében, hogy pontosabban megismerhessük az anyag viselkedését, triaxiális nyomóvizsgálatokat végeztünk 20,0 MPa oldalnyomás mellett. A vizsgálatokat ún. konvencionális feszültségi állapotban ( $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 > 0$ ) végeztük, Kármán-féle triaxiális cellában. A kísérletek anyagául a 42 mm-es hengerekbe öntött minták szolgáltak. A mintatestek véglapjait itt is párhuzamosra munkáltuk, majd felragasztottuk az önbeálló véglapokat. Az előkészített próbatestek a 4. ábrán láthatók. Most is 5-5 vizsgálatot végeztünk mintaanyagonként az ISRM ajánlásai szerint [5].



4. ábra Triaxiális vizsgálatra előkészített próbatestek

A bemutatott mérési eredmények alapján a nyírószilárdsági paraméterek számíthatók. A lineáris tönkremeneteli határgörbe feltételezésével számított eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze.

Mintaanyag	Belső súrlódási szög [°]	Kohézió [MPa]
Lőttbeton	<b>23,7</b>	<b>5,07</b>
Tömedék 0	<b>17,6</b>	<b>1,46</b>
Tömedék 1	<b>24,7</b>	<b>1,33</b>
Tömedék 2	<b>21,1</b>	<b>1,93</b>
Tömedék 3	<b>22,7</b>	<b>2,55</b>

3. táblázat Nyírószilárdsági paraméterek

Amennyiben a bányavállalkozó modellvizsgálatokat szeretne végezni a fejtési üregek állékonyságának megítéléséhez, akkor ehhez mérési eredményeink alapján (egytengelyű nyomószilárdság, triaxiális nyomószilárdság, egytengelyű húzószilárdság) a mintaanyagok hiperbolikus tönkremeneteli határgörbéjét is meg tudjuk adni. Tapasztalatunk szerint ezek a másodfokú határgörbék gyakorlati szempontból kielégítő pontossággal leírják az anyagok in situ viselkedését.

## 5. Összefoglalás

A Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Intézete valamint Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete az európai uniós EIT Raw Materials MineTALC projektje keretében részt vett a szlovákiai Gemerská polomai talkbányában az üregek megerősítésére és tömedékelésére használható anyagok összetételének optimalizálásában. A szilárdsági tesztek eredményeit ismerteti a cikk. Az eredmények a tanulmány táblázataiban olvashatók.

## Acknowledgement

This research was carried out within the 19007 - MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low and Medium-Strength Deposits EIT Raw Materials R&D Project Co-funded by the European Union.

## IRODALOM

1. EuroTALC (2020): Az EuroTALC bányászati cég honlapja. URL: <https://www.eurotal.sk/>
2. EIT Raw Materials (2020): A MineTALC projektet bemutató honlap – Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium- Strength Deposits, 2 March, 2020 – 2 March, 2023. URL: <https://eitrawmaterials.eu/project/minetalc/>
3. Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strenght and Deformability of Rock Materials, ISRM 1979.
4. Suggested Methods for Determining Tensile Strenght of Rock Materials, ISRM 1978.
5. Suggested Methods for Determining the Strenght of Rock Materials in Triaxial Compresson, ISRM 1983.