

## AZ ANDEZIT SZIKLAFALAK FELÜLETI TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSA MAGNÉZIA HATÁSÁRA

*Petz Zsuzsanna*

BME, Építőmérnöki kar, e-mail: zsazsi4@yahoo.com

*Török Ákos*

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék e-mail: torokakos@mail.bme.hu

**Összefoglalás:** A sziklamászások gyakran használnak magnéziát, amely fehér felületi elszíneződést ad a kőzetnek. Az esztétikai hatás mellett az andezit falak a magnézia hatására még csúszóssá is válnak. Ennek a jelenségnek az okát kívántuk laboratóriumi vizsgálatokkal kideríteni, úgy, hogy andezit próbatesteket magnéziával kezeltünk és a változásokat optikai mikroszkópos, SRT-ingás, AFM mikroszkópos, pásztázó elektronmikroszkópos, röntgendiffrakciós és ICP-MS elemzésekkel detektáltuk. A vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a csúszósságnak fizikai, kémiai és mikrobiológiai okai lehetnek. A csúszósság egyik oka az, hogy az andezit pórusait igazoltak. Az ICP-MS elemzések és a pásztázó elektronmikroszkóppal készített elektronsugaras mikroanalízis alapján a kalcium, és kismértékben a kálium is feldúsult a magnézia masszával kezelt majd lemosott felületen. A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok azt mutatják, hogy az andezit felületén gombafonalak és egyéb mikroorganizmusok vannak. Feltételezéseink szerint ezek a gombafonalak a magnézia hatására elszaporodnak, ezzel hozzájárulva a felület síkossá válásához.

*Kulcsszavak:* andezit, magnézia, felületi tulajdonságok, csúszásvizsgálat

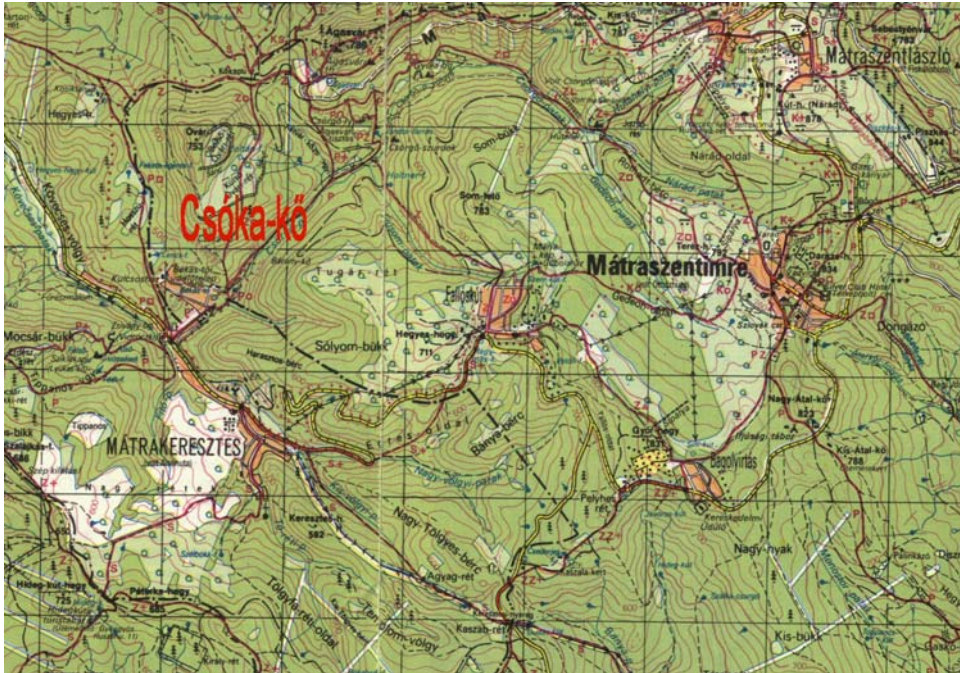
### 1. Bevezetés

A sziklamászók gyakran használnak magnéziát a sziklafalakon. Tapasztalatok azt mutatják, hogy sok esetben, különösen andezit falakon, magnézia használatával való mászástól a kőzet csúszóssá válik, amely ettől további mászásra alkalmatlan lesz. Erre a jelenségre kerestünk magyarázatot andezit sziklafalak helyszíni és magnéziával kezelt andezit próbatestek laboratóriumi vizsgálatával. A magnéziát (magnézium-karbonát készítmény kereskedelmi forgalomban lévő neve) a sziklamászók a kezük izzadás okozta csúszásának a megakadályozására, használják. A kőzet felületén létrejövő változások nyomkövetésére a lehető legszélesebb körű vizsgálatokat végeztük. Mátrából származó andezit mintákat, gyógyszerári, valamint sportolók részére készített magnéziát használtunk. Vizsgálataink során a természetes kőfelület tulajdonságait a magnéziával kezelt kőfelülettel hasonlítottuk össze. Nehezítette a méréseket, hogy nem állt rendelkezésünkre a témával foglalkozó szakirodalom.

### 3. A vizsgált terület és a sziklafalak jellemzése

A vizsgálatokat a Mátrában elhelyezkedő Csóka-kő andezit falán és az onnan származó mintákon végeztük (1. ábra). A Csókakő kedvelt mászó hely, amelyről részletes mászókalauz is készült (Babcsán és társai, 2005). A Magyarország két legmagasabb

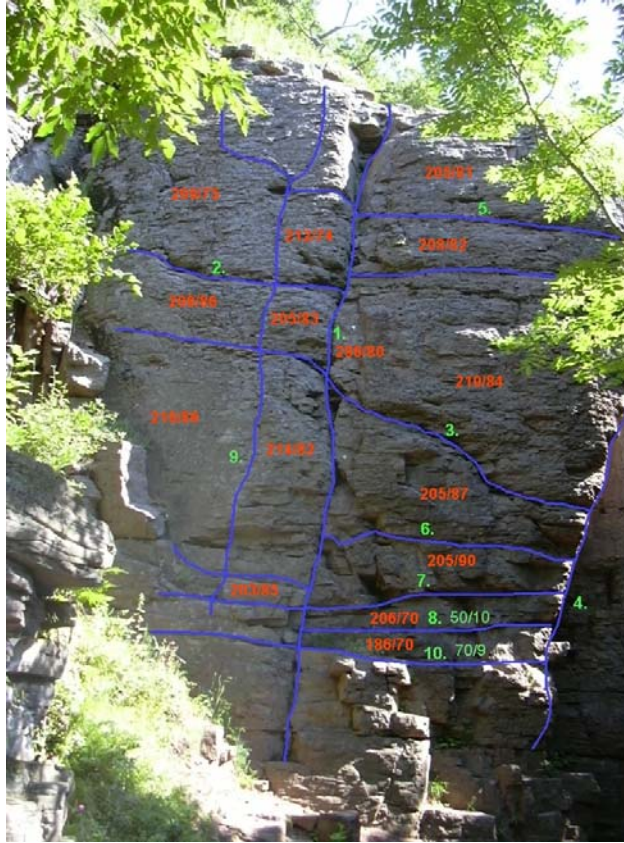
csúcsát hordozó Mátra a belső-kárpáti miocén vulkáni koszorú tagja. Ami bizonyos: nagyformáit, amelyeket az utólagos szerkezeti mozgások és az erózió jelentősen átalakított, elsősorban a bádeni andezitvulkánosság hozta létre (Horváth 1997). A középső-miocén folyamán, azon belül a bádeni korszakban 13-19 millió évvel ezelőtt, rétegvulkáni működés során alakult tovább. Riolittufa-szórással kezdődő kitöréssorozatot követően piroxénandezitláva-, riolitláva-ömlés következett be, majd a folyamatot újabb riolittufa-szórás zárta. Így a Mátra fő tömegét a középső miocén piroxénandezit, andezittufa és agglomerátum váltakozásából álló több száz méter vastag kőzet képezi (Mátra, 2002).



1. ábra. Mátra térkép részlete a Csóka-kő feltűntetésével.

A Nyugati-Mátrát félkörívű gerinc, míg a Keleti-Mátrát egyenes gerinc alkotja. A Nyugat-Mátra mai forma-kincsét vetőkhöz igazodó, feldarabolt, túlnyomórészt lávakőzetek alkotta vulkáni takarómaradványok alkotják. A „fedőandezitek” részben kráterekből, részben más egyedi kitörésközpontokból származhattak, amelyek főleg lávadómok lehettek (Horváth, 1997).

A terepi mérések részét képezte dokumentációja és a sziklafal mászómezőjének a feltérképezése. A Csóka-kövön geológuskompasszal a falsíkok és törésvonalak irányát valamint az andezitpadok elválási síkját mértük meg (2. ábra). A mászófal síkja párhuzamos a fő repedési irányokkal, a kis dőlésszögű síkok pedig nagy valószínűséggel az andezit lávarétegek felszínét és lehülési repedéseket jelentik.



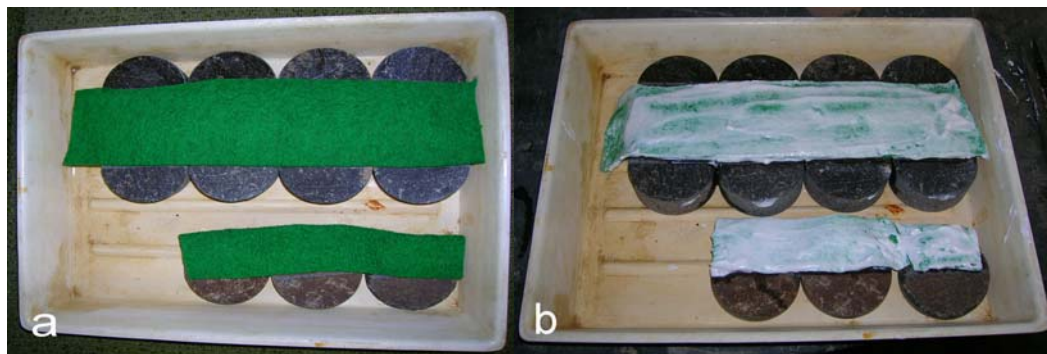
2. ábra. Mért falsíkok és törésvonalak iránya (piros) és az andezit padok elválási síkja (zöld)

### 3. Vizsgálati módszerek

#### 3.1 Próbatestek készítése, magnéziás kezelés

A természetes sziklafalon végbemenő változásokat laboratóriumi körülmények között modelleztük és vizsgáltuk. A labor vizsgálatokhoz különböző méretű és alakú próbatestekre volt szükség. Alakjukat tekintve háromfajta próbatestet készítettünk: lemez-, korong- és téglatest alakú formákat vágtunk ki az andezit tömbökből. A próbatestek felszínét a vizsgálati módszerekhez igazodó felszínűre alakítottuk, így természetes, csiszolt és polírozott felszínű próbatestek készültek. A Mátrából behozott nagyobb andezit tömböket koronafűrővel és gyémántvágóval aprítottuk. Az így kialakult próbatestek egy részét vas-karbiddal csiszoltuk és ón-oxiddal políroztuk, másik részét természetes felszínűnek hagytuk.

A próbatestek egyik felét magnézia masszával kezeltük 3 héten keresztül napi rendszerességgel, míg a másik fele természetes felszínű maradt (3. ábra). Az így kialakított próbatesteken vizsgáltuk a természetes és magnéziával kezelt kőzetfelszín közötti különbséget. A magnéziamasszát, amit a 3 hetes kezelés után eltávolítottunk a próbatestről, az összetételét összehasonlítottuk a kereskedelmi forgalomban lévő magnézia összetételével. A mért különbségekből következtetni lehet az andezit felszínén a magnézia hatására végbemenő folyamatokra.



**3. ábra. A kísérleti elrendezés, méretre szabott posztó (a) és magnézia masszával átítatott posztó (b) alatta az andezit próbatestekkel.**

### **3.2. A magnézia hatásának vizsgálata**

A természetes andezit szöveti felépítését optikai mikroszkóppal, a természetes és magnéziával kezelt felület csúszóssága közötti különbséget SRT-ingával (Slip Resistance Testing Taglinator) vizsgáltuk meg. Az SRT-ingás mérés (útfelületek csúszósságának mérésre kifejlesztett vizsgálat) alapján a nagyobb SRT-érték nagyobb csúszási ellenállást jelent (MSZ 18287/5-78, lásd még részletesen SRT, 2005). Két különböző felszínű andeziten - természetes- és csiszolt felület – a 3 hetes magnéziamasszás kezelése előtt és után végeztünk méréseket.

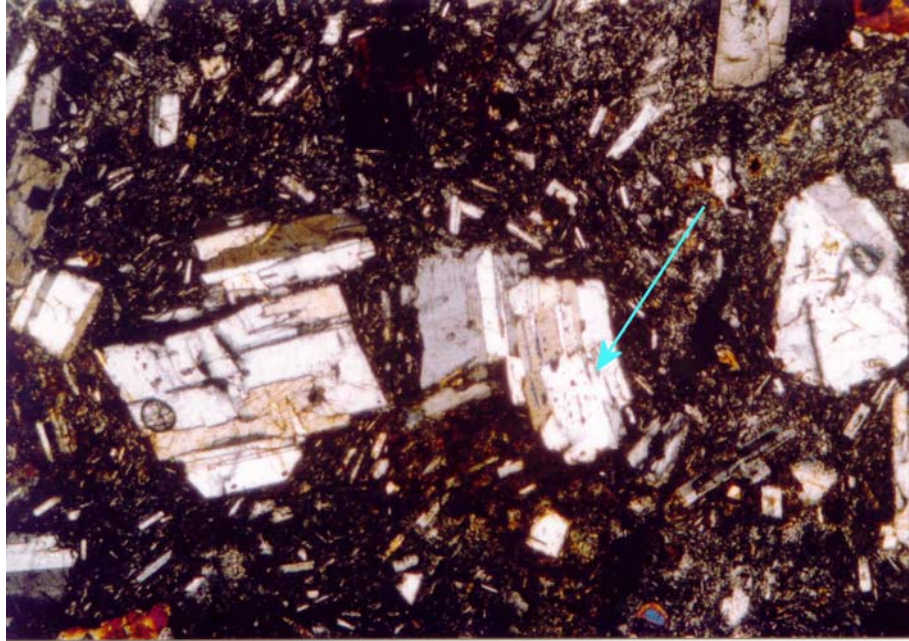
A pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) két elemzés készült: elektronsugaras mikroanalízissel meghatároztuk a vizsgált anyag elemi összetételét és felvételeket készítettünk az andezit felszínéről. A vizsgálati elvet és a berendezés működési elvét Pozsgai (1995) ismertette részletesen és az interneten a SEM (2005) hivatkozás alatt találjuk meg.

Az andezit „mikrodomborzatának” magnézia hatására végbemenő változását AFM mikroszkóppal, az andezitfelület elemi összetétel változását – kezelés hatására - pásztázó elektronmikroszkóppal követtük nyomon. A friss magnéziapor és a magnéziamasszás kezelés után az andezit felületéről eltávolított magnézia közötti különbséget ICP-MS elemzéssel állapítottuk meg. A gyógyszertárban vásárolt magnézia összetételét röntgendiffrakciós vizsgálattal hasonlítottuk össze a hegymászóboltban vásárolt magnéziával.

## **4. Vizsgálati eredményeik**

### **4.1. Vékonycsiszolat**

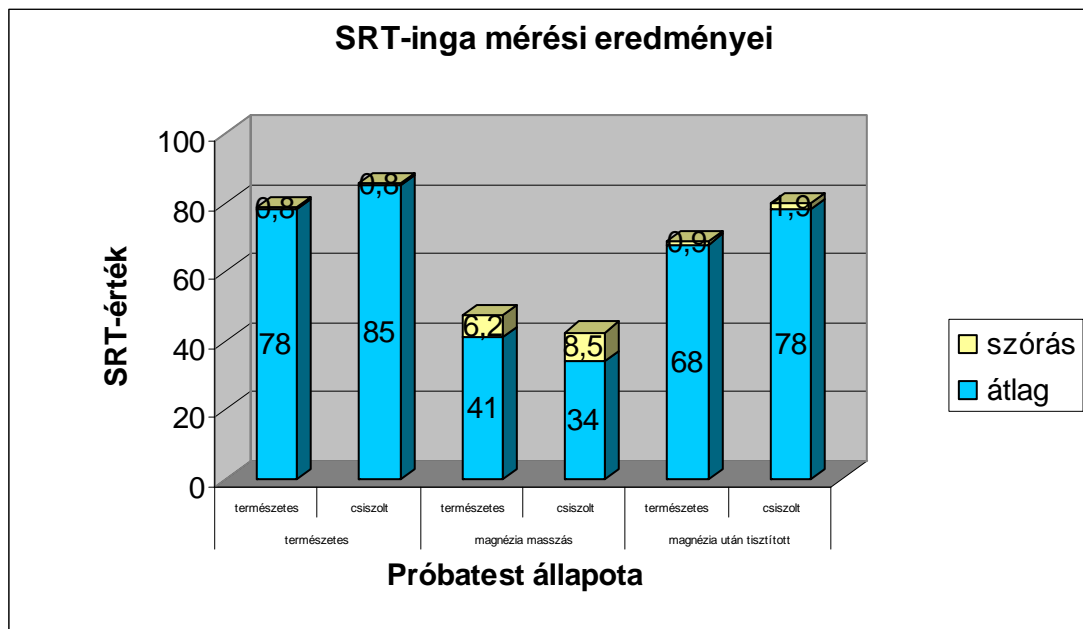
A szöveti jellegek meghatározására vékonycsiszolatokat készítettünk, amelyekről optikai mikroszkópos elemzés készült. Az üde andezitcsiszolaton ikres plagioklászok figyelhetőek meg. A nagyméretű ikres plagioklászok mellett az alapanyagban apró plagioklászok láthatók. A színes elegyrészeket az amfibólok képviselik (4. ábra).



4. ábra. Üde andezit szövete képe plagioklász iker kristályokkal (kék nyíl)  
(a kép 2,2 mm x 3,2 mm-es részt ábrázol)

#### 4.2 SRT-ingás vizsgálat

A mérési sorozat eredményeinek számtani közepét és a szórását grafikonon ábrázolva a különbség szembevető (5. ábra). A magnéziamasszával kezelt felületen végzett mérések során kisebb SRT értékeket kapunk, mint a természetes felületen, azaz kisebb a csúszási ellenállást mértünk, így a felület csúszósabbá vált a magnéziás kezelések hatására.

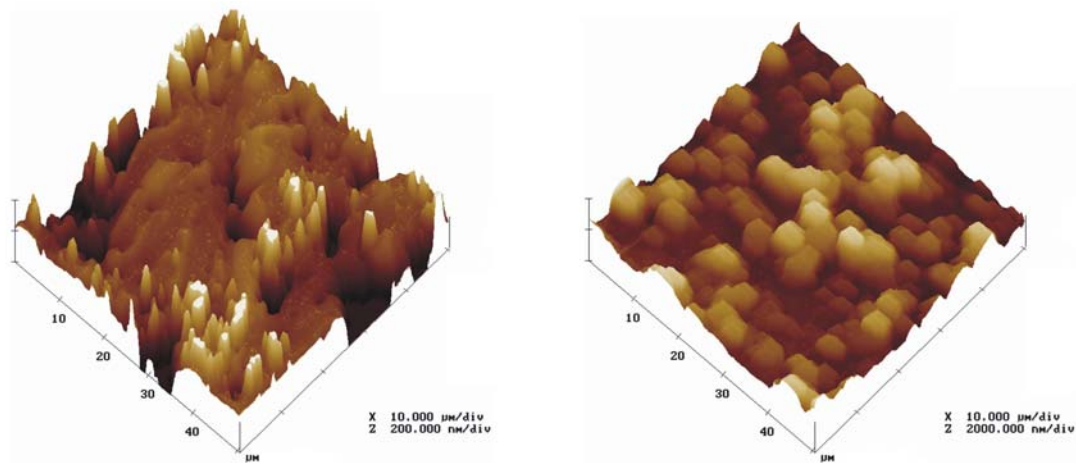


5.

5. ábra. SRT ingás mérési eredmények természetben előforduló csiszolatlan és csiszolt felületekről – természetes állapotában, magnéziamasszával kezelt és a magnéziás kezelést követően letisztítva

### 4.3 Az AFM mikroszkópos vizsgálat

Az atomi erőmikroszkóppal (AFM – atomic force microscopy) a polírozott felületű andeziten – mivel az AFM mikroszkóp maximum 5 µm-es domborzatot képes tapogatni - a természetes és a magnéziamasszával kezelt területek összehasonlítására törekedtünk. Az AFM mikroszkóp egy mechanikus letapogatóval pásztázza a mintát és az így letapogatott domborzatot rekonstruálja nagyított kép formájában. A 6. ábrán az andezitpróbatest természetes és magnéziamasszával kezelt felszíne látható, a képek 50 µm-es felületet ábrázolnak. A két AFM mikroszkópos felvételt összehasonlítva jól látszik, hogy a magnézia hatására a pórusok feltöltődtek, simább lett a felület. Kisebbségek lettek a domborulatok, a csúcsok eltompultak. A természetes felszínű andeziten pórusok még láthatóak, míg a magnézia masszával kezelt felületen a massa eltávolítása után is megfigyelhető, hogy a felületen megragadt a magnézia.



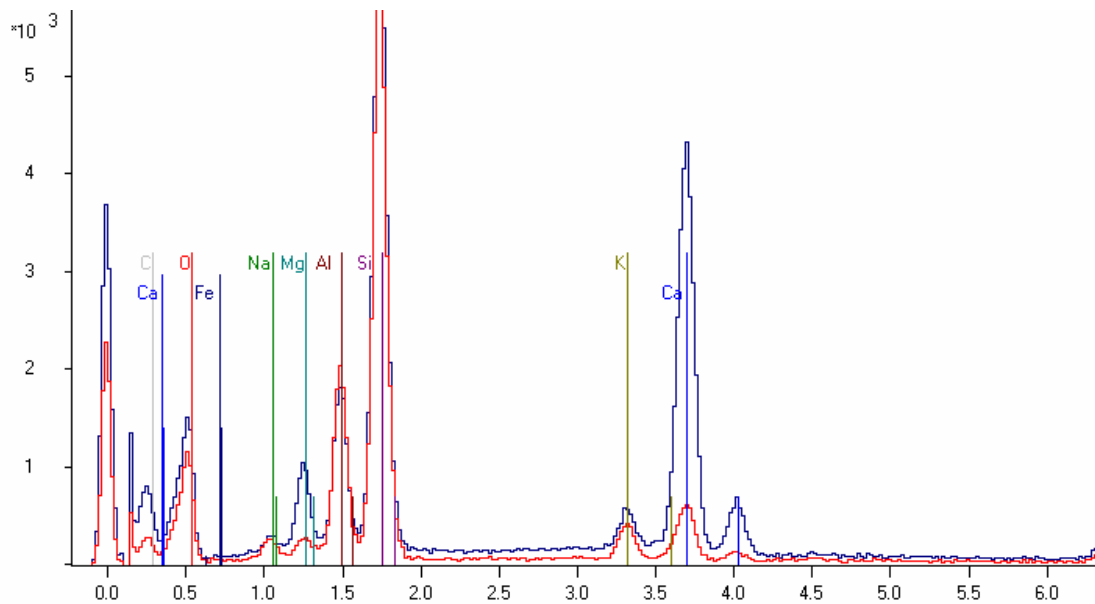
6. ábra. Természetes (bal) és magnéziás (jobb) andezit AFM mikroszkópos képe (50 µm).

### 4.4 A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat

Pásztázó elektronmikroszkóp elektronsugaras mikroanalízisével az andezit felületének elemi összetételének változását követtük nyomon a természetes és a magnéziamasszával bekent andezit-próbatesteken. Az andezitpróbatest elemi összetételét az 1. táblázat és 7. ábrák spektruma mutatja. A spektrumról leolvasható (7.ábra), hogy a magnéziamasszás kezelés után nőtt a próbatest magnézium-, szén- és kalciumtartalma. Az ilyen mértékű kalciumtartalom- növekedésnek az egyik lehetséges oka, hogy a gyógyszerárban árult magnézium-karbonát nem tiszta, hanem magnézium-karbonát és kalcium-karbonát keveréke. Másik lehetséges ok, hogy az andezit felületére fizikai, kémiai illetve mikrobiológiai folyamatok következtében kalcium kerül. A vizsgált andezitfelületen a szilícium- és alumíniumtartalom jelentősen csökkent, ami azzal is magyarázható, hogy a szilícium- és alumínium-oxidokból képződött csúszós nyákot eltávolítottuk a mérések előtt.

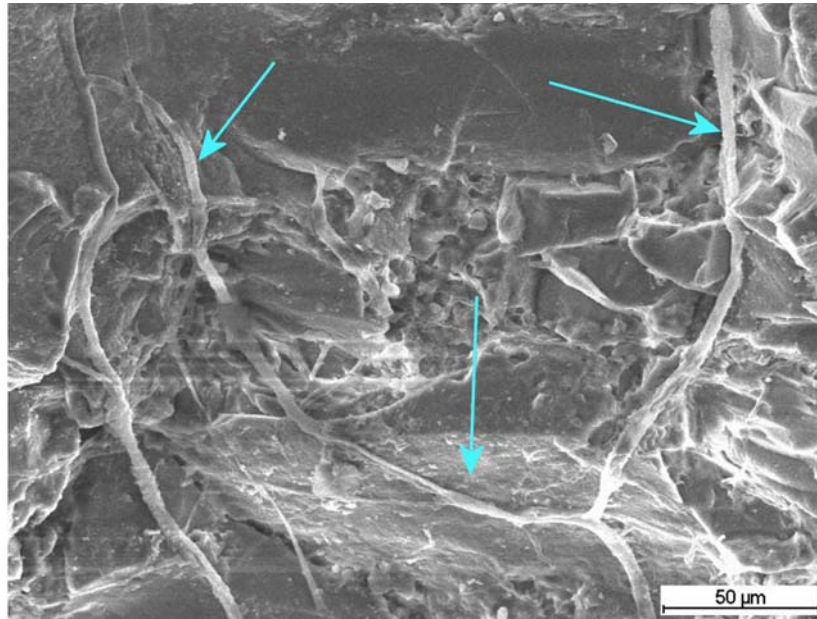
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Eredeti 1.	11.37	23.96	2.05	1.92	13.77	36.40	2.67	4.15	3.70
<b>Magnéziás 1.</b>	<b>24.43</b>	<b>25.47</b>	<b>0.93</b>	<b>3.61</b>	<b>06.03</b>	<b>19.20</b>	<b>1.79</b>	<b>15.59</b>	<b>2.95</b>
Eredeti 2.	11.42	21.48	2.30	1.62	15.94	36.71	2.64	5.32	2.59
<b>Magnéziás 2.</b>	<b>19.00</b>	<b>31.33</b>	<b>1.20</b>	<b>6.75</b>	<b>07.11</b>	<b>15.39</b>	<b>1.40</b>	<b>16.18</b>	<b>1.65</b>

1. táblázat. A természetes (eredeti) és a magnézia masszával bekent andezit felület elemi összetétele két különböző próbatesttel



7. ábra. Az természetes felszínű (piros) és a magnézia masszával bekent (kék) felület elemi összetétele

Pásztázó elektronmikroszkópos felvételen, ami az andezit tört felszínéről készült (8. ábra) jól látható gombafonalak vannak. A felvétel 50  $\mu\text{m}$  felbontású. Az andezit felszínének a környezete révén van szervesanyag-tartalma, továbbá pórusos szerkezete révén nagy felületén gombafonalak, mikroorganizmusok tapadnak meg. Feltételezéseink szerint a mállott andezit savas pH-ját a lúgos kémhatású magnézia eltolhatja a semleges, esetleg lúgos pH felé. Ezzel kedvező táptalajt biztosít a gombafonalaknak. A gombafonalak anyagcseréjéhez hozzájárulnak a sziklamászók kezéről a sziklafalra kerülő zsírok, enzimek, szénhidrátok és fehérjék is. A leírt feltételezés alapjául szolgál a magnéziamasszával bekent andezit felszínén pásztázó elektronmikroszkópos mikroanalízissel kapott szignifikáns kalciummennyiség növekedés (7. ábra). Így a gyakorlatban a magnéziás andezit sziklafalon tapasztalt nyákosodás mikrobiológiai folyamatokkal magyarázhatóvá válik. Ennek igazolása további vizsgálatokat igényel.



8. ábra. Gombafonalak (lásd nyíl) az andezit felszínén

#### 4.5. ICP-MS vizsgálat

Az ICP-MS vizsgálatnak az volt célja, hogy megtudjuk, milyen változás ment végbe a magnéziummasszában, ami az andezit felületén volt három héten keresztül. A magnéziummasszában végbemenő változásokból következtetni lehet az andezit felületén lejárló változásokra is. Ehhez 22 különböző elem mennyiségi változását vizsgáltuk összehasonlítva a gyógyszerárban kapható 'tisztá' magnéziát az andezit felszínéről leszedett megváltozott összetételű magnéziával. (9. ábra). A legjelentősebbek eltérés a magnézium és kalcium mennyiségében látható. A magnéziumtartalom harmadára csökkent, míg a kalciumtartalom 20 %-al nőtt. Feltételezéseink szerint az andezit és a magnéziában lévő magnézium-karbonát között ionvándorlás indult meg. További vizsgálatokat igényel a 20 %-os magnéziumvesztés okának feltárása.

Az andezitről leszedett massa nedvességtartalma meghaladja a gyógyszerári magnézium-karbonát-por víztartalmát, ez torzíthat a vizsgálati eredményen. Így ha azt vesszük alapul, hogy a magnéziumtartalom nagyjából állandó, ehhez viszonyítva vizsgáljuk a többi elem mennyiségváltozását, akkor a kalciummennyiség-növekedés jóval nagyobb, megközelítőleg 1 %-os növekedést jelent. Így ez a vizsgálat ugyanazt az eredményt hozta, mint a pásztázó elektronmikroszkópos mikroanalízis, azaz a kezelt andezitfelületen kalciumdúsulás tapasztalható.

#### 4.6 Röntgendiffrakciós vizsgálat

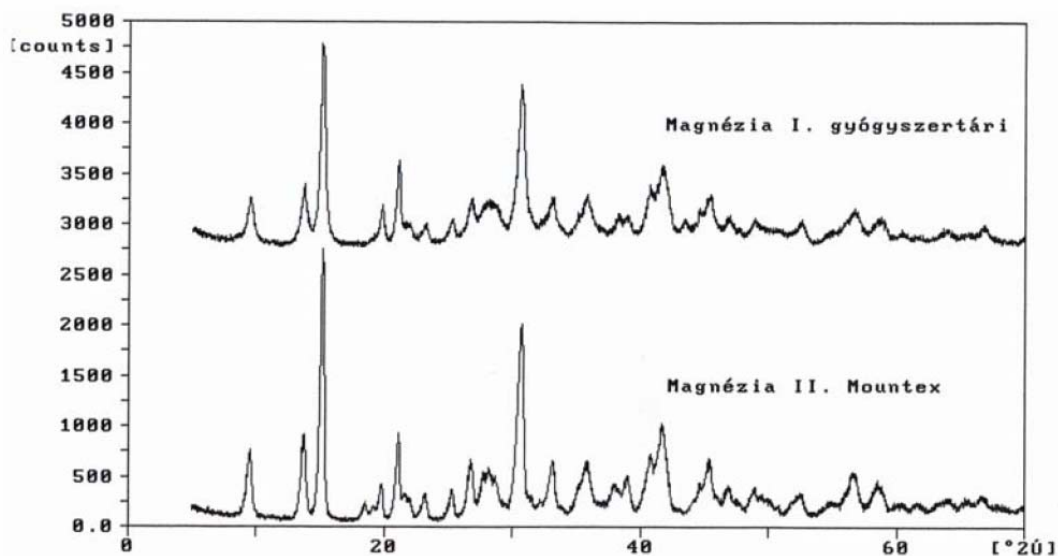
Röntgendiffrakciós vizsgálatnál a gyógyszerárban és a hegyászó boltban vásárolt magnézia közötti különbséget kerestük. A két magnézia közötti gyakorlati különbség: a gyógyszerári sokkal finomabb porrá van őrölve, ezt a különbséget a vizsgálat is igazolta. A két magnézia diffraktogramja közötti különbség jól látható, az üzletben vásárolt magnézia diffraktogramján intenzívebb csúcsok láthatók, ami több kötőanyagot



jelent, azaz teljesebb a kristályszerkezete (10. ábra). De a csúcsok elhelyezkedése közel azonos, így a két anyag alkotórészei egymással megegyeznek.

Minta jele		Mg tiszta	Mg szennyezett
Mintaelőkészítés kezdete:		2005.10.28.	
Ag	mg/kg	0,06	0,14
Ba	mg/kg	0,63	9,85
Ca	mg/kg	2780	3380
Cd	mg/kg	<0,01	0,13
Co	mg/kg	0,40	0,20
Cr	mg/kg	1,26	0,66
Cu	mg/kg	1,66	5,59
Fe	mg/kg	118	106
K	mg/kg	8,99	26,5
Mg	mg/kg	331000	101000
Mn	mg/kg	12,2	14,8
Mo	mg/kg	0,03	0,01
Na	mg/kg	118	111
Ni	mg/kg	146	43,9
Pb	mg/kg	1,07	1,30
Se	mg/kg	<0,01	<0,01
Sn	mg/kg	0,05	1,48
Zn	mg/kg	13,9	11,6

9. ábra. A gyógyszerárban kapható magnézia és az andezit felületéről leszedett magnézia elemi összetétele



10. ábra: Magnézia diffraktogramja

## 5. Következtetések

Az eddigi vizsgálatok alapján a csúszósság fizikai, kémiai és mikrobiológiai eredetű. A csúszósság egyik legfontosabb okozója az, hogy az andezit pórusaiba berakódik a magnézium, amit az SRT-ingás mérések is igazoltak. Az andezit felszínéről nehéz eltávolítani a magnéziát, ezt mutatják az AFM mikroszkópos felvételek is. A csúszósság mikrobiológia hátterében azok a mikroorganizmusok állnak, amelyek jelenlétét a pásztázó elektronmikroszkóppal igazoltuk is. A különböző elem-összetételi vizsgálatok (elektronsugaras mikroanalízis, ICP-MS vizsgálat) eredményeit összevetve szembevetve a kalcium, kismértékben a kálium mennyiségének változása is a magnézium masszával kezelt, majd lemosott felületen. Ez a változás lehet ionvándorlás következménye, de összefüggésbe hozható a mikroorganizmusok jelenlétével is.

## Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokban nyújtott segítségért köszönettel tartozunk a BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék munkatársainak, és dr. Nagy Péter Miklósnak a KKKI munkatársának.

## Hivatkozások

- Babcsán G., Kangyal A., Ravadits K. 1997. Magyarország sziklái – sziklamászó kalauz (3. javított, bővített kiadás), Mega Print, p. 121.
- Horváth G. 1997. A Mátra. In: Karátson Dániel (szerk.) Magyarország földje: Kitekintéssel a Kárpát-medence egészére, Magyar Könyvklub, Budapest, 362-364.
- ICP (2005): Az ICP-MS vizsgálat német honlapja: <http://www.icp-ms.de/wasist.html>
- Mátra (2002): A Mátra Turistakalauz és útikönyv, 2002. Cartographia Kft., Budapest
- MSZ 18287/5-78 Szabványgyűjtemény 4. kötet, Szabványkiadó, Budapest, 1981. (3. bővített átdolgozott kiadás) 430-438.
- SEM (2005) Pásztázó erőméréses mikroszkópia (Department of Biological Physics Group of Molecular BioPhysics honlap) <http://esr.elte.hu/~noemi/labor/afm/afm1.html#elv>
- Pozsgai I. 1995. A pásztázó elektronmikroszkópia és az elektronsugaras mikroanalízis alapjai. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 7-9., 102-103., 124-125.
- SRT (2005) Az SRT-inga angol nyelvű ismeretterjesztő honlapja: <http://www.custard.com/CIA/Services/SlipResistanceTesting.htm>