

X. Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia  
Kolozsvár, 2007. május 26 – 27

# Természetes üvegek

Szerzők:

Csog Árpád (IV. Év)

Pataki Bernadeth (II. Év)

Puskás Szilárd (II. Év)

Szabó Norbert János (II. Év)

BBTE, Kémia és Vegyészmérnöki Kar

Kémia szak

Témavezető

Lector Dr. Veress Erzsébet

BBTE, Kémia és Vegyészmérnöki Kar

Kémia szak, Szervetlen Kémia Tanszék

# TERMÉSZETES ÜVEGEK

## BEVEZETÉS

Az ember által ősidők óta ismert, használt és kedvelt oxidüvegek, bár szilárd anyagok, szerkezetüket tekintve voltaképpen jól meghatározott sztöchiometrikus összetétellel nem jellemezhető dermedt folyadékok, igen magas viszkozitással. Szerkezetét és tulajdonságait az úgynevezett rácsképző oxidok ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{TeO}_2$ , stb.) általában tetraédres egységeiből álló, többnyire csak rövid távú rendezettségű térhálós rács határozza meg. A rácsképzésre nem alkalmas komponensek (főleg alkálifém és alkáliföldfém oxidok) az üvegháló üregeiben helyezkednek el, bizonyos mértékben módosítva azt (rácsmódosítók). [9]

Bármennyire is elterjedt a jelenlegi civilizációban az üveg, nem az ember találta ki. Már millió évekkel ezelőtt a természet „készített” üveget. Erről tanúskodik az 1706-ban Németországban talált fosszilia, amit 1709-ben Withering „megkövesedett villámként” (fulguritként) azonosított: villámcsapáskor a magas hőmérséklet, és a megfelelő talajösszetétel hozzájárul ahhoz, hogy üvegesedések jöjjenek létre.

Amit a mindennapokban üvegnek nevezünk, tulajdonképpen tehát amorf, izotróp anyag, fizikai értelemben megszilárdult túlhűtött folyadék. Folyékony és szilárd állapotát különösen a belső súrlódás különbözteti meg, amely folytonos átmenettel szilárd állapotba érve nagy értéket vehet fel. A nagy belső súrlódás megnehezíti az átmenetet az üvegállapotból kristályosba. Az üveg sűrűsége  $2.2 \text{ gcm}^{-3}$  és  $6.3 \text{ gcm}^{-3}$  között változik (ez utóbbi 82 w/w % ólomoxidot tartalmaz), a Corning 015 üveg (72 mol%  $\text{SiO}_2$ -6 mol%  $\text{CaO}$ -22 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ) sűrűsége  $2.5 \text{ gcm}^{-3}$ . [9]

A  $\text{SiO}_2$  fénoxidokkal való összeolvasztása által **szilikát**üvegeket nyerünk. Az alkáli-szilikátok átlátszók, amorfak, vízben oldhatók, a földfémek szilikátjai kristályosak. A többféle fénoxidot tartalmazó szilikátok általában átlátszóak és amorfak, vízben és a legtöbb kémszerben nehezen oldhatók, rendelkeznek az ismert üvegtulajdonságokkal. A gyakorlati szempontból jó szilikátüvegek rendszerint kettőtől több fénoxidot tartalmaznak.

A természet tehát rég „rájött” az üvegtéskészítés módjára. Például, ha megfelelő összetételű talajba villámcsapás révén nagyon rövid idő alatt nagy mennyiségű energia jut, a talaj üvegesedik (helyileg megolvad, majd az olvadék üveggé, **fulgurittá** dermed). A talaj üvegesedéséhez szükséges energia a légköri kisülések (lecsapó villámok) mellett lehet vulkáni vagy meteoritikus eredetű is. A **vulkáni üvegek** (obszidián, perlit) általában a lávaolvadék hirtelen lehűlésekor keletkeznek, vulkáni üveg keletkezhet azonban akkor is, ha megfelelő összetételű kőzet huzamos ideig magas hőmérsékleten van (mintegy 1 millió évig  $300^\circ\text{C}$ -on,

vagy néhány ezer évig 400°C-on): ilyen körülmények között a kőzet szerkezeti átalakulást szenved, amorffá válik. A **meteoritok földkéregbe csapódásakor** keletkező üvegek legismertebb típusai a tektitek és impaktitok, amelyek akkor keletkeznek, amikor egy elég nagy tömegű izzó meteorit a földfelszínbe csapódik.

### **Az obszidián**

Az obszidián vulkanikus kőzet, egyik legelterjedtebb típusa a természetes üvegeknek. Akkor keletkezik, amikor a láva a felszínre tör, és mivel hirtelen hűl le, dermedt állapotban marad, nincs ideje kikristályosodni. Obszidiánt általában a riolitikus lávafolyamok határain belül találunk, ahol a láva lehűlése gyors („obszidián áramlás”). A kristályszerkezet hiánya miatt az obszidián lapok elülső részei csaknem molekuláris vékonyságúak, ennek köszönhetően az obszidiánból az ősidőkben alkalmas kést és nyílhegyet készítettek, a modern korban pedig (egyebek mellett) sebészi szike pengéjét készítik. [4]

### **Tulajdonságok**

Az obszidián viszonylag puha ásvány, keménysége 5-5.5 Mohs keménységi fok, sűrűsége mintegy  $2.6 \text{ gcm}^{-3}$ . Nem valódi ásvány, hanem csak ásványszerű anyag, mineraloid, mert szerkezete nem kristályos. Összetétele nagyon hasonló a gránitéhoz és a riolitéhoz (a bazalt-obszidián neve tachylit). Fe(II) és Mg tartalma miatt színe jellemzően sötét, zöldes, barnás vagy fekete. Víztartalma 1% alatti. A természetben előforduló obszidiánok összetétele általában hasonló. Jellemző  $\text{SiO}_2$  tartalmuk 50-75 w/w %: a gránit obszidiáné 75%, a riolit obszidiáné 72 %, a trachit, amely andezit obszidián, 60 %, a foszfát obszidiáné 56 %, a bazalt obszidiáné 50 % körüli (1. táblázat). [9]

Mivel az obszidián üvegszerkezete metastabilis (időben az üveg kristályosodik, ásvánnyá válik). krétakor előtti obszidián nem található. Az obszidián degradálódását a víz jelenléte gyorsítja. Régebb a tektitekről is azt hitték, hogy olyan obszidiánok, amelyek holdbeli vulkánkitörésekkor keletkeztek (a feltevéssel kevés tudós értett egyet, mostanra már el is vetették). Az üveges obszidiánba ágyazódva előfordulhatnak kis fehér krisztobalit kristályok, amelyek a fekete kőzetben hópehely-szerű mintát alakíthatnak ki (hópehely obszidián), és a vulkánkitörést kísérő gázok buborékai is, zárványként. A buborékok a kőzet érdekes arany vagy szivárvány színű ragyogását idézhetik elő (obszidián ragyogás). Az obszidiánnak a vágás irányától függően különböző eltérő megjelenése lehet, ha egy irányból vágják, a vágás koromfekete, más irányból vágva megsűrűkül. [5]

### **Előfordulás**

Obszidiánt világszerte találtak, olyan vulkanikus helyeken, ahol riolitos kitörések vannak. A lelőhelyek közül megemlítenénk a Newberry vulkán és a Medicine Lake vulkán térségét, az Északamerika nyugati részén található Cascade Range-ben, és a kaliforniai Inyo

kráter. A Yellowstone nemzeti park Mammoth Hot Springs és a Norris -geizír bazinja közötti hegyoldala sok obszidiánt tartalmaz. Az obszidián fellelhető Olaszországban, Skóciában és Mexikóban is.

**1.Táblázat. A természetes és a szintetikus obszidián összetétele\* [9]**

Oxid összetevő	Mennyiség (%)		
	Gránit obszidián	Andezit obszidián	Bazalt obszidián
SiO <sub>2</sub>	74.6	60.1	49.7
TiO <sub>2</sub>	....	0.8	1.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	17.5	15.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> **	2.0	6.6	11.9
MnO	-	-	0.3
MgO	-	2.8	6.2
CaO	-	5.1	9.1
Na <sub>2</sub> O	3.8	3.7	3.2
K <sub>2</sub> O	5.3	2.1	1.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0.3	0.5

\* A táblázat csak a 0.2 %-nál nagyobb mennyiségű összetevőket tartalmazza.

\*\* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és FeO együttesen.

Minden vulkán, esetenként minden vulkánkitörés során képezhet obszidiánt, a régészek számára lehetővé téve egy-egy különös lelet eredetének felkutatását.

### ***Felhasználása***

Az obszidiánt bizonyos kőkorszaki kultúrákban nagyra értékelték, mivel éles késeket és nyílhegyeket készítettek belőle. Az üvegekkel hasonlóan, a sziklával ellentétben az obszidián jellegzetes kagylóház stílusban törik. Ezt csiszolva korai „tükrök” készültek. Az obszidiánnak az őslakos indiánok általi kiterjedt és fejlesztett felhasználása magában foglalta a faragott és dekoratív tárgyak készítését. Az indiánok obszidián pengéjű kardot is használtak, a pengét fából készült testre erősítették (macuahuit). A fegyver rettenetes sebesülések okozására volt alkalmas, mivel félelmet keltően egyesítette egy fűrész fegyver rongyos vágását az obszidián penge éles vágásával. [4]

Napjainkban obszidián szikét használnak a szívsebészetben, mivel az obszidián pengék, valóságos molekuláris vékonyságot elérve, akár ötször élesebbek lehetnek a jó

minőségű acélszikék pengéinél, így tisztább vágást és kisebb szövettraumát okoznak, ami gyorsabb gyógyulást és kisebb sebhelyet eredményez. Obszidiánt használnak dekoratív célokra és drágakőként is.

Az obszidiánok akár több millió éven keresztül képesek ellenállni a környezeti hatásoknak. Geológiai korokon át megnyilvánuló nagy kémiai és szerkezeti stabilitásuk az egyik kiinduló pont a nagy aktivitású nukleáris hulladék (végleges tárolás céljából történő) üveg-matrixba való hosszútávú elszigetelésével kapcsolatos kutatásokban. [4]

## **Fulgurit**

A fulguritokat a közettan olyan ásványokként határozza meg, melyek villámütés következtében keletkeznek a talaj felső rétegében. Neve a villámot jelentő latin fulgur szóból származik.

Keletkezésük körülményei szerint a fulguritok többfélék lehetnek. Az egyik típus akkor alakul ki, mikor a villám kemény kőzetbe csap, és az energia nem vezetődik el azonnal. Ennek következtében a kőzetolvadéknak ideje lesz részben kristályosodni, a kőzet olyan lesz, mintha zománca lenne. Ez a jelenség figyelhető meg az Arara hegységben és az Alpokban. Másik fulgurit típus keletkezik, amikor a villám száraz homokba csap. Ez esetben többé-kevésbé függőleges üveges „csövek” keletkeznek, amelyek átmérője 2-4 cm, hossza pedig több m is lehet. Amikor a villám belecsap a homokba, a közrezárt levegő és a talajnedvesség nagyon hamar felmelegszik, és robbanásszerűen kitágul. Ez hozza létre a középső üres lyukat a fulguritban. A keletkező nyomás a megolvadt üveget a lyuk szélé fele nyomja, és az olvadék az ottani aránylag alacsony hőmérsékleten megszilárdul. A fulguritcsövek üreges része tehát kör- vagy ovális alakú, a környezetnek a kezdetben meleg és puha olvadéokra ható nyomása következtében. A „csövek” több méter mélységben is lefele hatolva elágazhatnak, átmérőjük csökken. Az ilyen fulguritpéldányok  $\text{SiO}_2$  tartalma általában nagy. Az előbbiektől különböznek az Ausztráliában található, agyagos talajban keletkező, megjelenésükben a kohósalakra emlékeztető fulguritok. [8]

Mivel a villámnak nagy szerepe van a fulgurit kialakításában, érdemes kicsit jobban megvizsgálni.

A villámokat rendszerint három csoportba szokás osztani:

1. A vonalas villám a legközönségesebb, ez az elektromos gép szikrájához hasonlít. Zegzugos alakú fő sugarat vagy sugarakat és kisebb elágazó sugarakat mutat, alakját a különböző légrétegek eltérő vezetőképessége határozza meg..

2. A felületvillám egy-egy zivataros felhő nagyobb terjedelmű felvillanásában mutatkozik.

3. A gömbvillám gömb alakú. Aránylag lassan halad, nyomában nagy pusztításokkal. Magyarázata még ismeretlen, annyit azonban tapasztaltak, hogy nem lép fel egyedül, hanem a másik két alak kíséretében.

A Földön másodpercenként körülbelül 100 villámlás történik, ennek mintegy egyharmada olyan vonalas villám, amely lecsap a talajba, és fulguritot képezhet. Az egyes kisülések energiája  $10^9$ - $10^{10}$  J. Az energia nagyobb része a villámlást kísérő jelenségek: menydörgés, meleg levegő, fényhatás, rádióhullámok létrehozására fordítódik, a hatalmas energiamennyiségnek csak egy töredéke kerül le a Földre. Ez a töredék is elég nagy azonban ahhoz, hogy embereket és állatokat öljön, tüzeket gyújtson, és kemény anyagi károkat okozzon.

A villám fő „erének” hőmérséklete elérheti a 30.000 K-t - ez ötször nagyobb a Napkorona hőmérsékleténél. Így hát könnyen elképzelhető, hogy meg tudja olvasztani az 1700°C körüli olvadáspontú  $\text{SiO}_2$ -ből álló homokot. A villámlás időtartama legtöbbször ms nagyságrendű, bár elérheti a másodperc töredékét is. Áramerőssége átlagban 60- 70 kA, de sokszor meghaladja a 100 kA-t. Ennek köszönhetően képződhet a fulgurit.

A villámokat már régóta kutatják, vizsgálják. Laboratóriumban nagyenergiájú elektromos kisüléssel „mesterséges fulguritot” is elő lehet állítani, de a laboratóriumi termék „minősége” nem éri el a villám képezte fulguritét. Ennek több magyarázata is van, esetünkben leglényegesebb az, hogy a laboratóriumban előállított villám közel sem áll a természeti jelenséghez. A laboratóriumi eredmények felhasználhatók azonban egy hatáskála felállítására, amelynek segítségével (típusuk és energiájuk függvényében) következtetni lehet a villámcsapások keltette hatásokra, és következtetni lehet a természetes fulguritok keletkezési körülményeire. A fulguritok tulajdonságából pedig a villám milyenségére (típusára és energiájára) lehet következtetni.

A képződéshez elengedhetetlen, hogy a talajban nagy mennyiségű kvarc, vagy valamilyen más üvegeképző anyag legyen, ez és a talaj nedvessége határozza meg, hogy képződik-e fulgurit, és ha igen, mekkora és milyen megjelenésű lesz.

Keletkezési módjukból adódóan a fulguritok kémiai összetétele közel áll a talaj (kőzet) összetételéhez a keletkezési helyen, a homokban keletkező fulguritok összetétele és szerkezete például gyakorlatilag a kvarcüvegé. Ha a talajban előfordulnak változó oxidációs állapotú fémek oxidjai is, a talajhoz képest fulguritban általában a nagyobb mértékben feloxidáltak. A fulguritok víztartalma általában nagyon kicsi. Rendkívül rövid keletkezési idejük miatt pedig sem összetételük, sem szerkezetük nem homogén.

A fulguritok a meteorológiai hatásokkal szemben ellenálló szilikátüvegek, tulajdonságaikat hosszú időn keresztül jól megőrzik. Ennek következtében alkalmas paleokörnyezeti, paleoklimatikus indikátorok. Például fulguritot találtak a Szahara sivatagban, ahol jelenleg nincsenek villámlások, egyik itt talált fulgurit 250 millió éves. Ez arról árulkodik, hogy mintegy 250 millió év előtt a Szahara éghajlata és időjárási viszonyai teljesen mások voltak.

## **Tektit**

A tektitek, impaktitok meteoritbecsapódáskor keletkező természetes üvegek.  $\text{SiO}_2$  tartalmuk elérheti a 90-95 %-ot. Tektit vagy impaktit nem akárhonnan található a Föld felszínén. Előfordulása négy ismertebb helyre korlátozódik, három közülük ismert becsapódási kráter. Egyedül a Dél-Sziámban található, földtanilag legfiatalabb tektitlelőhely nincs becsapódási kráterrel társítva. A tektit név a görög tektosz (olvadt, olvadék) szóból származik. A tektitek ásványneve többnyire lelőhelyükhöz kapcsolódik: a moldavitet Közép-Európában (főleg Csehországban), a billitonitot Észak-Indiában, az ausztrolitot Ausztráliában találták. [7]

A tektitek eredete még nem teljesen tisztázott, két egymásnak gyökeresen ellentmondó magyarázata is van. A földi ütközés elmélete szerint a földkéregbe csapódó meteoritokkal való ütközéskor a Föld felszínén megolvadt anyagból állnak, amely akár több száz km-re elrepülhet, és amely gyors lehűlése során üveggé szilárdul meg. E szerint az elmélet szerint, bár a tektitüveg kialakulását meteoritok Földdel való ütközése okozza, kiinduló anyaga elsősorban földi eredetű. Más kutatók véleménye szerint a tektitek anyagukban sem a Földről, hanem más égitestről, például a Holdról származnak. Az anyag hosszú űrbéli utazását igazolhatja az, hogy a tektitekben a kozmikus sugárzás által létrehozott nemesgázokat fedeztek fel. A holdbéli eredetet alátámaszthatja, hogy mintegy 1 millió év szükséges ahhoz, hogy a Holdról a Földre átkerüljön egy meteorit, cáfolja azonban egyrészt az, hogy a Holdról származó meteoritokban lényegében nem található nemesgáz, másrészt, hogy a legtöbb tektit a Föld néhány jól behatárolt területén lelhető fel.

A tektitek átlátszatlanok vagy áttetszőek, színük sárgás, szürkés, zöld, barna, fekete lehet, keletkezési helyüktől függően. Összetételük, akár a fulguritoké, hasonló a keletkezési hely talajösszetételéhez. Vizet gyakorlatilag nem tartalmaznak. A természetes üvegek között viszonylag kemények, keménységük 6-7 Mohs fok. Sűrűségük átlagértéke  $2.4\text{-}2.5\text{ gcm}^{-3}$  (líbiai sivatagi üveg:  $2.2\text{ gcm}^{-3}$ , moldavit:  $2.8\text{ gcm}^{-3}$ ) [10]

## **KÍSÉRLETI RÉSZ**

### **A vizsgált minták**

A dolgozat három természetes üveg (egy-egy obszidián, fulgurit, illetve tektit) minta vizsgálatával foglalkozik. Mindhárom minta a BBTE ásványtani tanszéke mellett működő ásványtárból származik, lelőhelyük és pontos besorolásuk bizonytalan. A három minta közül csupán a líbiai sivatagi üveg néven nyilvántartott tektit üveg hovatartozását lehetett valamennyire behatárolni, ezt is csak akkor, helyes az azonosítása.

Vizsgálatunk célja tehát a minták ásványtípusának meghatározása pontos összetételük alapján, szerkezeti jellemzésük, és amennyiben a kapott adatok lehetővé teszik, a szakirodalomban található idevonatkozó adatok segítségével a lelőhelyek minél pontosabb meghatározása.

A vizsgálatra a BBTE ásványtani tanszékével való együttműködés keretében került sor.

### **Elemanalízis**

A minták elemi összetételét elektronsugaras mikroanalízissel (EPMA) határoztuk meg. A méréseket az MTA MFA Nanoszerkezetek Osztályának Elektronmikroszkópia Laboratóriumában végeztük, egy AMRAY-600 pásztázó elektronmikroszkóphoz csatolt Bruker Quantax energiadiszperzív (EDS) röntgensugár detektor (15 kV, 1.5 nA) segítségével, az analíziseket kétszer megismételve. Sztatikus (rögzített) elektronnalábbal dolgoztunk, minden elem  $K\alpha$  kibocsátott sugárzását detektáltuk. A röntgen spektrumokat és az egyes mérések adatait függelékként csatoltuk. A minták mérési eredmények alapján kiszámított oxidösszetételét a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az oxidmennyiségek kiszámítását elvégeztük Fe(II) és Fe(III) esetére is. Mivel a vizsgált üvegek vastartalma viszonylag csekély, és ezért a két adatsor eltérése a mérési hibahatár alatti, a Fe(II) és Fe(III) megkülönböztetését az összetétel kiszámításánál mellőzhetőnek tekintettük. [11]

Mint a 2. táblázat adatai mutatják, mindhárom minta esetében beigazolódott a feltételezett besorolás helyessége. A származási hely pontos felderítéséhez azonban ennyi adat nem elegendő. A Fe(II)–Fe(III) arány meghatározása az alkalmazott módszerrel értelemszerűen nem lehetséges. Amennyiben a továbbiakban a minták származási helyének meghatározásához feltétlenül szükséges, ezt az arányt Mössbauer vagy EPR spektroszkópiával lehet majd meghatározni.



## 2.Táblázat. A vizsgált minták oxidösszetétele.

Oxid komponens	Obszidián		Fulgurit*		Líbiai sivatagi üveg	
	mol %	%	mol %	%	mol %	%
SiO <sub>2</sub>	81.67	75	48.73	67.43	97.63	96.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.59	14.93	3.57	8.09	1.85	3.08
Na <sub>2</sub> O	4.68	4.43	3.78	5.39	0.05	0.05
K <sub>2</sub> O	2.48	3.57	2.71	5.87	-	-
CaO	1.02	0.87	-	-	-	-
MgO	-	-	0.65	0.60	0.13	0.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.41	1	0.36	1.32	0.15	0.39
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.18	0.07	1.28	0.18	0.23
C	-	-	**40.27	11.13	-	-

\* A Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mennyiség tartalmazza a viszonylag kisebb FeO mennyiséget is.

\*\* Mivel a mintakészítés megkövetelte a minták szenezését, a szenet kizárólag a fulguritként nyilvántartott minta esetében vettük figyelembe, és csak a másik két minta esetében meghatározott C háttért meghaladó mennyiségben..

### IR spektrometria

Az anyaggal való kölcsönhatás során az IR sugárzás meghatározott hullámhosszai elnyelődnek. Az elnyelt energia megváltoztatja az atomok vibrációs és rotációs energiaszintjeit, azaz az anyag egyes részei vibrációjának amplitúdóját vagy rotációjának sebességét. Az egyidőben megjelenő többféle vibrációs átmenet következtében az abszorpciós spektrum igen bonyolult, de sajátosan jellemzi az anyagban levő kovalens kötések s ennek révén az anyag szerkezetére nézve értéke információkat ad. Egy anyag IR abszorpciós spektruma lényegében az egyes kötéseknek megfelelő abszorpciós sávokból tevődik össze, de tükrözi a környező atomokkal való gyenge kölcsönhatásokat is.[1,2]

Szilárd anyagokat többféleképpen készíthetünk elő IR spektrometriás analízisre. Bármely eljárást választjuk, a mintát olyan finoman kell elporítani, hogy a szemcseátmérő kisebb legyen, mint az IR sugárzás hullámhossza, különben a sugárzás nem halad át a mintán. Az általánosan alkalmazott eljárás a pasztilla-technika, amelynek során a finoman elporított, legfennebb 1-2 mg tömegű próbát 100-300 mg KBr porral összekeverjük, s evakuált edényben nagy nyomáson lapos korongokká, pasztillákká sajtoljuk (nagy nyomáson a középső IR tartományban IR átlátszó KBr plasztikussá válik). Ezt a pasztillát helyezük a spektrofotométerbe. Hosszabb hullámhossztartományban hordozóként CsI vagy CsBr használatos. Mivel lényeges, hogy a porelegy ne tartalmazzon nedvességet, ha szükséges, vákuumfagyasztással szárítják (liofilizálás). Az eljárás belső standard alkalmazásával

mennyiségi célokra is jól használható, a szerkezet jellemzéséhez azonban csak minőségi analízis szükséges. Egy anyag infravörös spektruma lényegében az egyes specifikus kötéseknek megfelelő csoportok abszorpciós sávjainak az egymásra tevődéséből áll. Ez, valamint az egyes atomok kölcsönhatása sajátos környezetükkel egyéni jelleget kölcsönöz minden anyag IR spektrumának. Minőségi analízis során a megfelelő hullámhossz tartományban jelentkező abszorpciót vagy ennek a hiányát kapcsolatba hozzák az egyes atomcsoportok vagy kötések jelenlétével vagy hiányával a vizsgált anyagban. [3]

Az IR spektrumok felvételéhez KBr pasztillákat készítettünk. A minták készítésekor az obszidiánból és a líbiai sivatagi üvegből 0.4 mg-ot, a fulgurit mintából 0.2 mg-ot őröltünk össze 300 mg KBr-dal agát mozsárban, majd az őrletet 100-120 bar nyomáson pasztilláztuk. A spektrumokat FTIR JASCO 6100 spektrométerrel vettük fel, a 4000 - 400  $\text{cm}^{-1}$  hullámszámnak megfelelő középső IR tartományban. A spektrométer felbontása 2  $\text{cm}^{-1}$  volt. (az infravörös spektroszkópiában a sugárzás energiáját a hullámhossz helyett a hullámszámmal fejezzük ki). Az adatok feldolgozását Origin programmal végeztük. Az IR spektrumokat függelékként a dolgozathoz csatoltuk.

A következőkben röviden összefoglaljuk az egyes minták IR spektrumában megjelenő abszorpciós sávokat és azoknak az egyes lehetséges rezgési és (vagy) forgási módusokhoz rendelését.

A három spektrum nagymértékben hasonló, mindhárom legjellegzetesebb elnyelési sávjait a  $\text{SiO}_4$  teraéderek, illetve a mintákban levő vízmolekulák rezgései, a Si-O és H-O kötések „rugózása” és elhajlása adják. Az egyetlen minta, amelynek spektrumában 2350  $\text{cm}^{-1}$ -nél megjelenik egy, a  $\text{CO}_2$ -nak tulajdonítható abszorpciós sáv, a tektit. A sáv tényleges jelenlétét alátámasztja a mikroszkópos felvételeken a mintában látható buborékok (gáztartalmú, esetleg gáz- és folyadéktartalmú zárványok) elég nagy száma.

A három spektrum közös elnyelési sávjai, a hullámszám csökkenő sorrendjében, az alábbiak:

- ❖ 3440  $\text{cm}^{-1}$  a  $\text{H}_2\text{O}$  molekulák H-O-H szimmetrikus rugózása
- ❖ 1630  $\text{cm}^{-1}$  a  $\text{H}_2\text{O}$  molekulákban jelentkező H-O-H elhajlások
- ❖ 1522  $\text{cm}^{-1}$  a  $\text{CO}_3^{2-}$  csoport aszimmetrikus O-C-O rugózása
- ❖ 1250-1300  $\text{cm}^{-1}$  az aluminoszilikátokra jellemző, kisebb intenzitású elnyelési sáv, ezeken a spektrumokon csupán vállként látható a  $\text{SiO}_4$  csoport nagy intenzitású és széles, 900 és 1250  $\text{cm}^{-1}$  között megjelenő, több rezgési módusnak megfelelő, egymást átfedő elnyelési sávjának a nagyobb frekvenciaértékeknek megfelelő felén

- ❖  $1060\text{ cm}^{-1}$  ( $900\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$ ) a  $\text{SiO}_4$  sávja, amelyben a Si-O elongációs rezgések dominánsak; a sáv széles volta az üvegek nagyfokú rendezetlenségére utal
- ❖  $800\text{ cm}^{-1}$  Si-O-Si elongációs rezgések
- ❖ a  $400\text{-}600\text{ cm}^{-1}$  közötti spektrumtartományban a fulgurit minta esetében több elnyelési sáv is látható, a másik két minta esetében azonban csak egy,  $460\text{ cm}^{-1}$ -nél; az energiatartomány a  $\text{SiO}_4$  egységek „lélegzésének”, illetve a szomszédos tetraéderek  $\text{SiO}_4$  egységek egymáshoz képest való elmozdulásainak felel meg, amelyeket a  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionok elmozdulása kíséri.

## Fénymikroszkópia

Az üvegek optikai mikroszkópos vizsgálatának célja a minták homogenitásának, belső mikroszerkezetének jellemzése. A vizsgálatot  $30\text{ }\mu\text{m}$  vastagságú síkpárhuzamos vékonycsiszolatokon végeztük. A mintavékonyítás elektromos meghajtású csiszolókorongon történt, előbb SiC, majd  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  csiszolópor segítségével. Az elkészült vékonycsiszolatokat optikai gyantával mikroszkópos tárgylemezek közé rögzítettük, ezek (a megfelelő fényerő biztosítása érdekében) az elérhető legvékonyabb fajtájúak voltak.

A méréseket áthaladó fényben végeztük, Olympus BX 41 típusú optikai mikroszkóppal, nem polarizált fényben, illetve keresztpolarizációt használva, 10x, 15x és 50x nagyítással (BBTE, Ásványtani Tanszék). A mikroszkóphoz csatolt digitális fényképezőgéppel készült mikrofelveleteket függelékként a dolgozathoz csatoltuk.

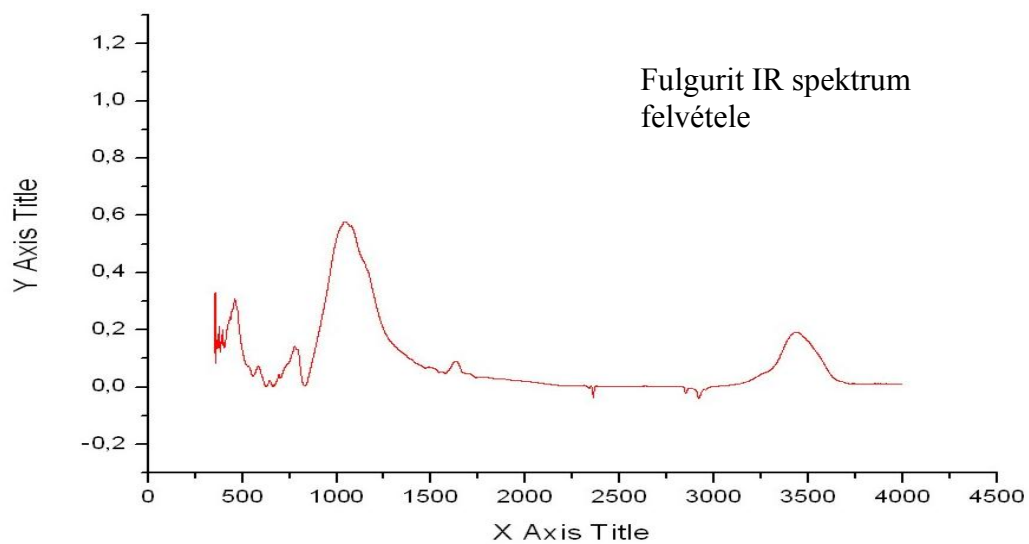
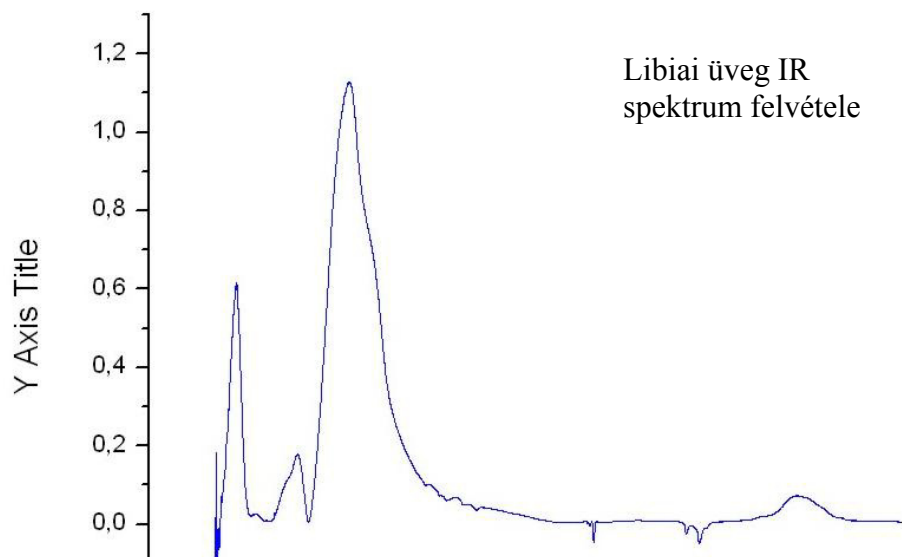
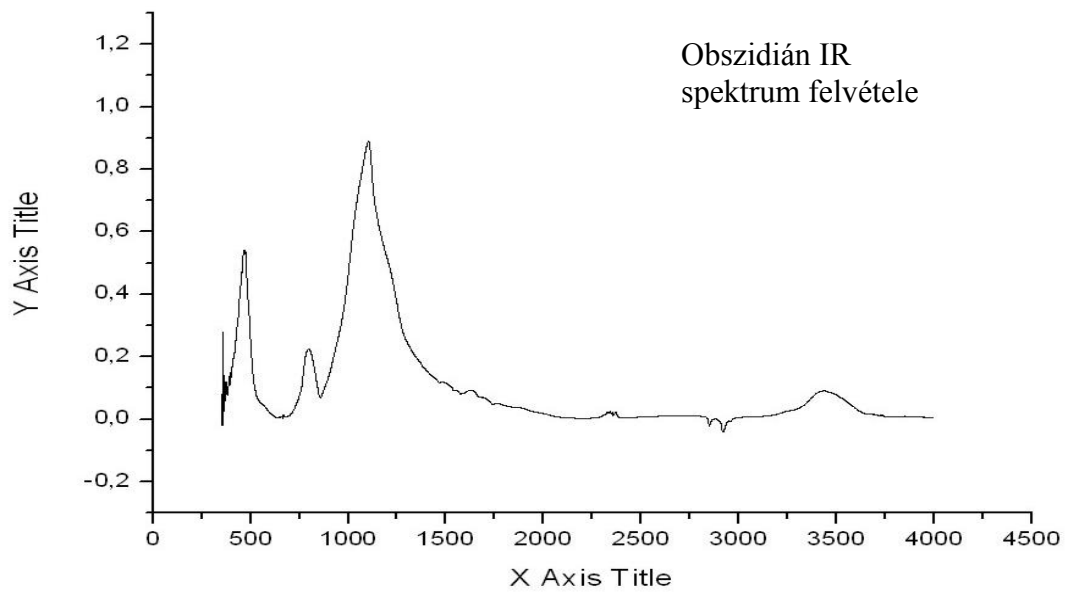
Az 1.1-es képen egy 10x-es nagyítású obszidián metszetet látunk. Tipikus jelenség az obszidiánban észlelni a láva folyásától vissza maradt sávokat ami ezen a képen  $0,25\text{ mm}$ . A 1.2-es kép ami 15x-es nagyítással készült mutatja hogy egyes sávok között elég nagy távolságok vannak. Ezért van az hogy az obszidián némely helyen ahol az zárványok is ritkábbak majdnem teljesen áttetsző.

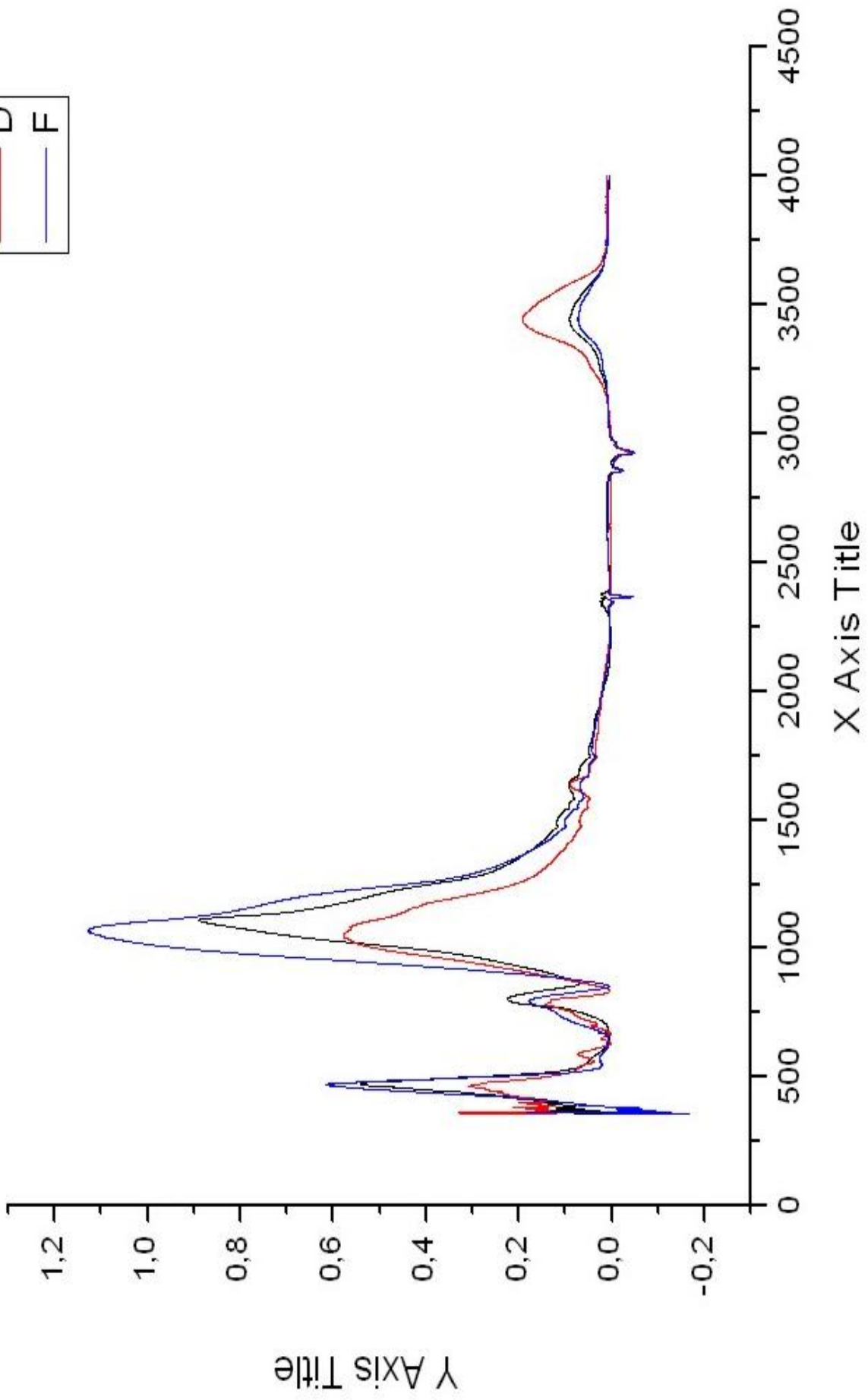
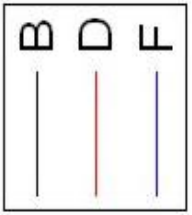
A 2.1-es kép egy fulgurit mintát mutat be 10x-es nagyításon. Látni lehet az elemanalízis által megállapítottakat, miszerint magas a C tartalma. A 2.2-es kép az előzőnek a polarizált fényvel történt megvilágítása. Látni lehet hogy az anyag egyáltalán nem üveghez hasonló szerkezetű, hanem inkább kristályos elrendeződést mutat.

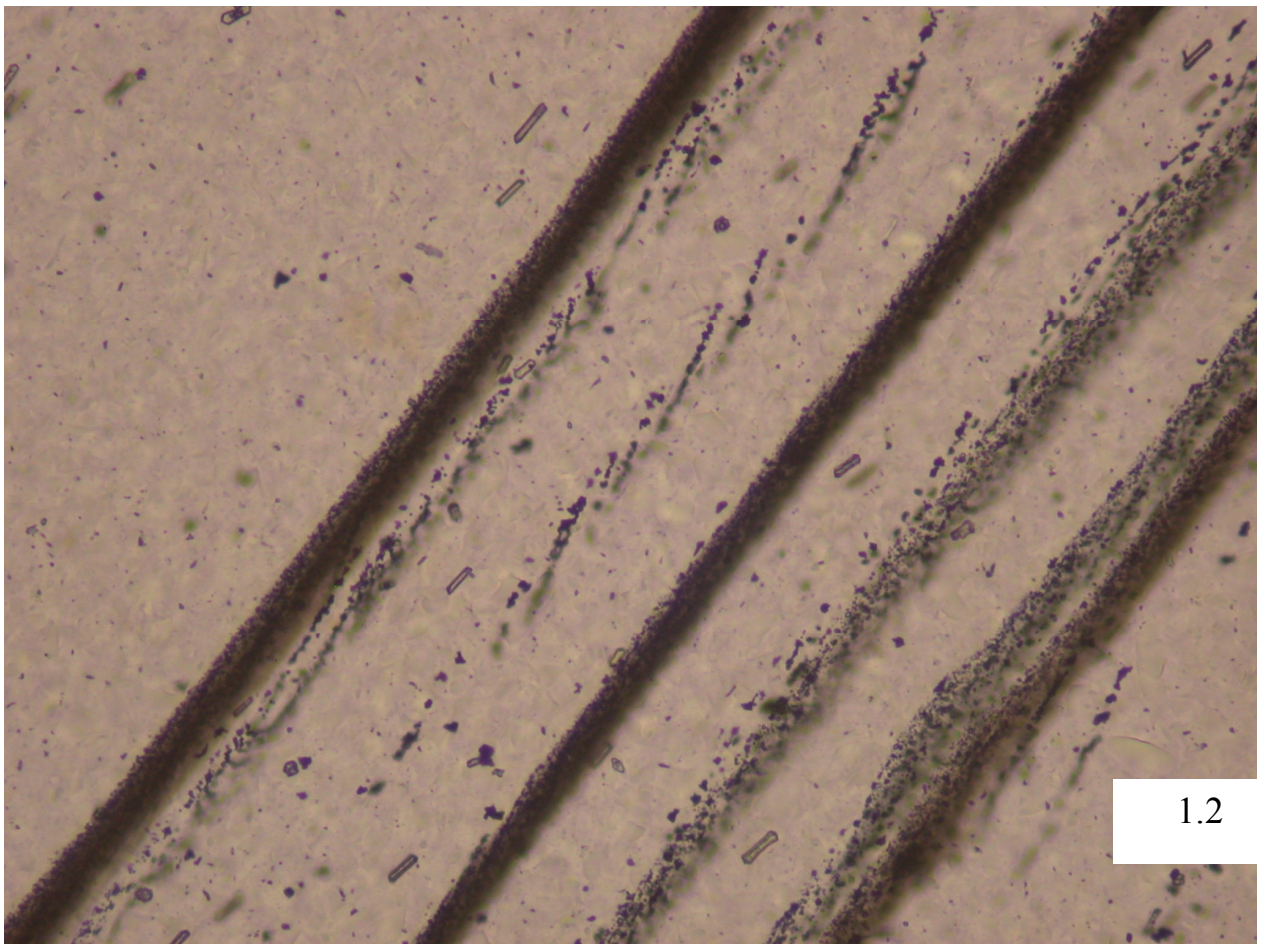
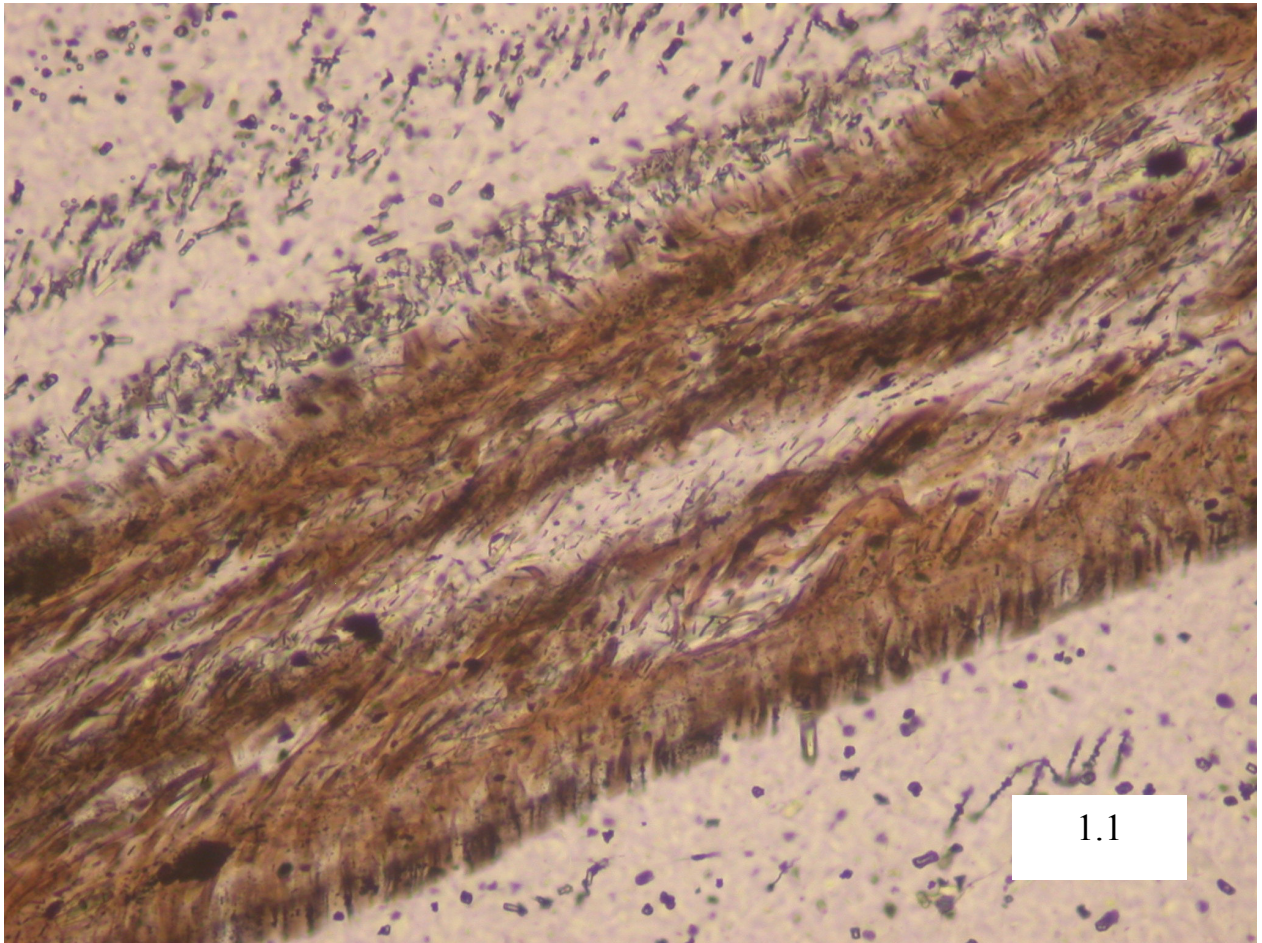
A 3.1-es kép a Libiai sivatagi üveg 10x-es polarizált fényvel készült felvétele. Nagyon jól látható az üveges szerkezet (nem látszodnak kristály élek, hanem mintha megdermedt folyadék volna). A sötét foltok a gáz vagy folyadék zárványok, amelyek akkor maradtak benne amikor a felhevülés után az olvadék megdermedt. A 3.2-es kép szintén polarizált fényvel készült 50x-es nagyítással. Egy folyadék zárványt mutat be közelebbről, benne egy azonosítatlan szuszpenzióval.

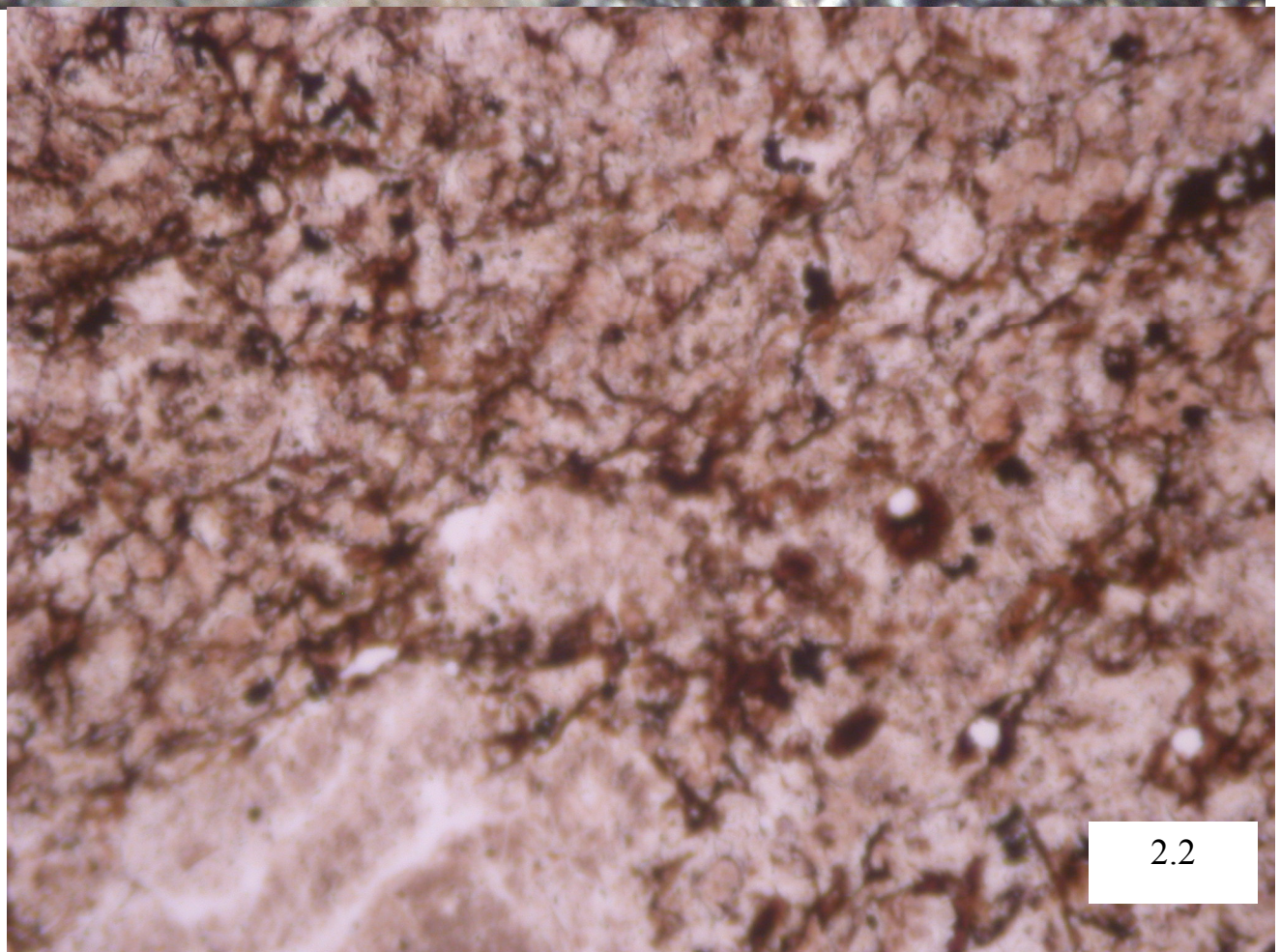
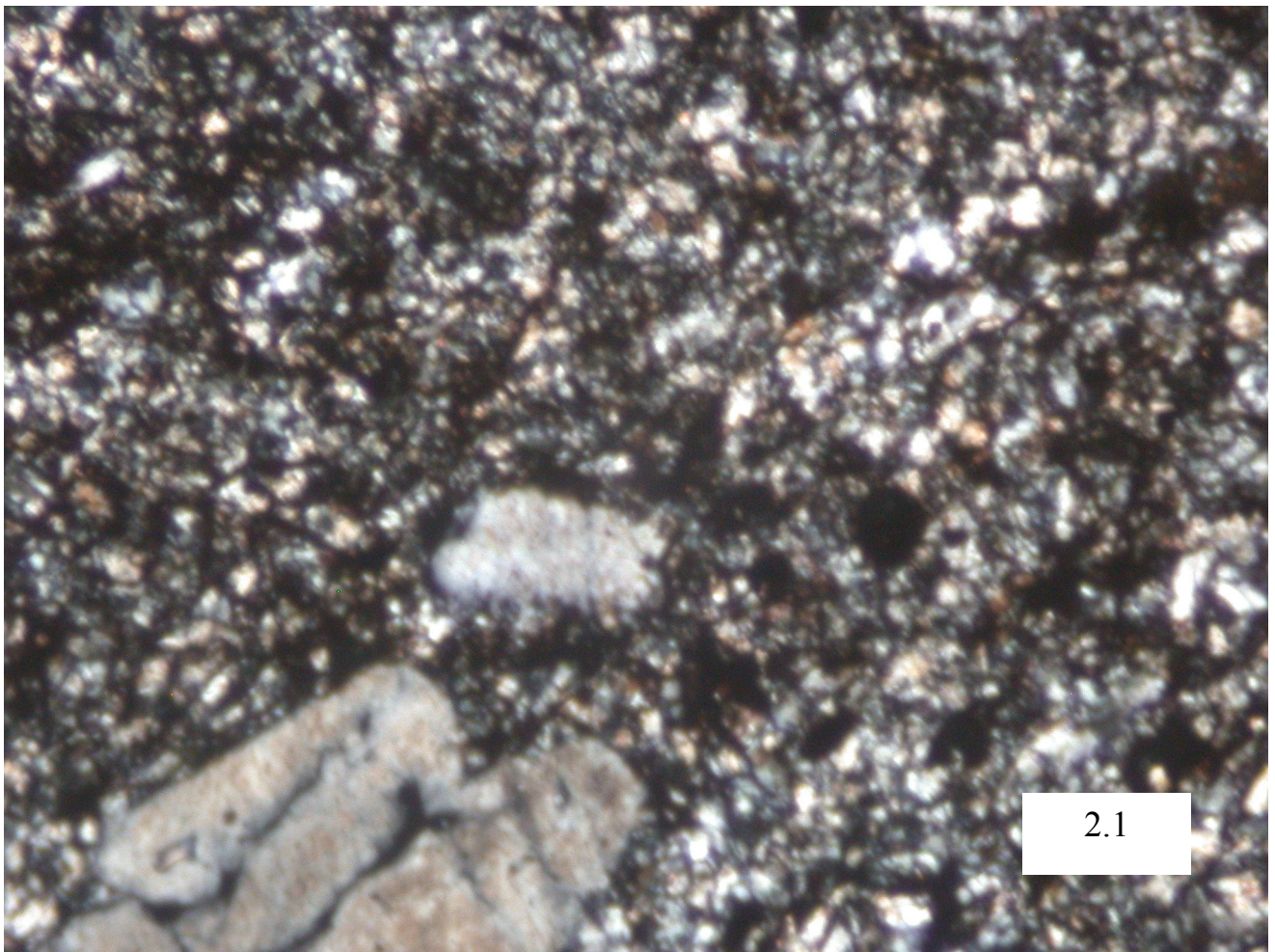
## **Könyvészet:**

1. Brame, H. G., Grasselly, J.G., eds., Infrared and Raman Spectroscopy, M. Dekker, New York, 1977.
2. Colthup, N. B., Daly, L. R, Wiberley, S. E., ,Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy, 2nd ed., Academic Press, New York, 1975.
3. Smith, A. L., Infrared Spectroscopy, in Elving,P.J., Meehan,E.J., Kolthoff ,I.M., Treatise on Analytical Chemistry. Chap. 5, Part I. V. 7., 2nd ed., Wiley, New York, 1981.
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Obsidian>
5. [http://volcano.und.edu/vwdocs/vw\\_hyperexchange/obsidian.html](http://volcano.und.edu/vwdocs/vw_hyperexchange/obsidian.html)
6. <http://www.galleries.com/minerals/mineralo/obsidian/obsidian.htm>
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tektite>
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fulgurite>
9. Faulques, E., Fritsch, E., Ostroumov, M., Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 96 (2001), 120
10. Zotov, N., Journal of Non-Crystalline Solids, 323 (2003), 1
11. Lábár, J.L., Analitikai elektronmikroszkópia, egyetemi jegyzet, KLTE, 1996.

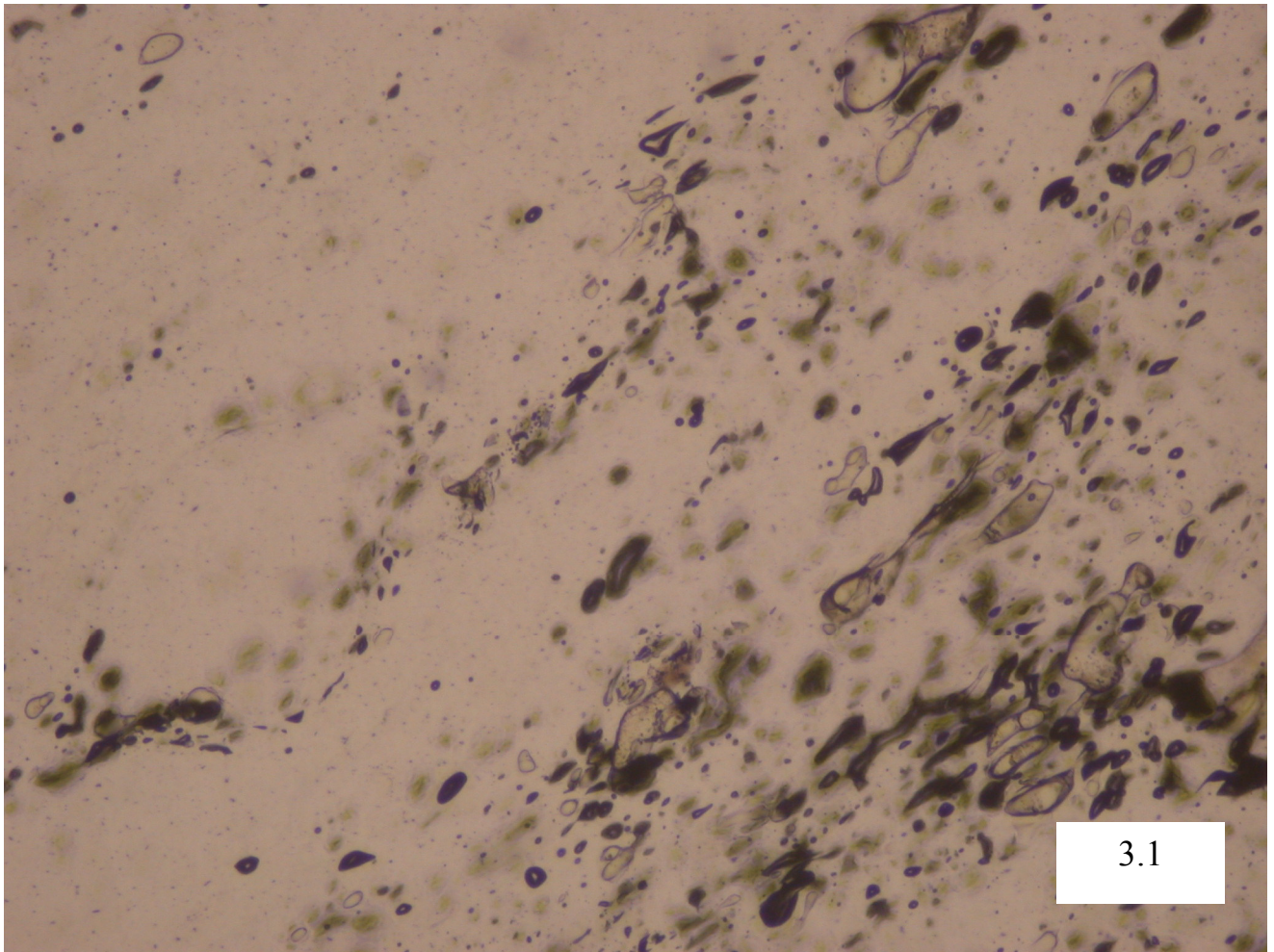




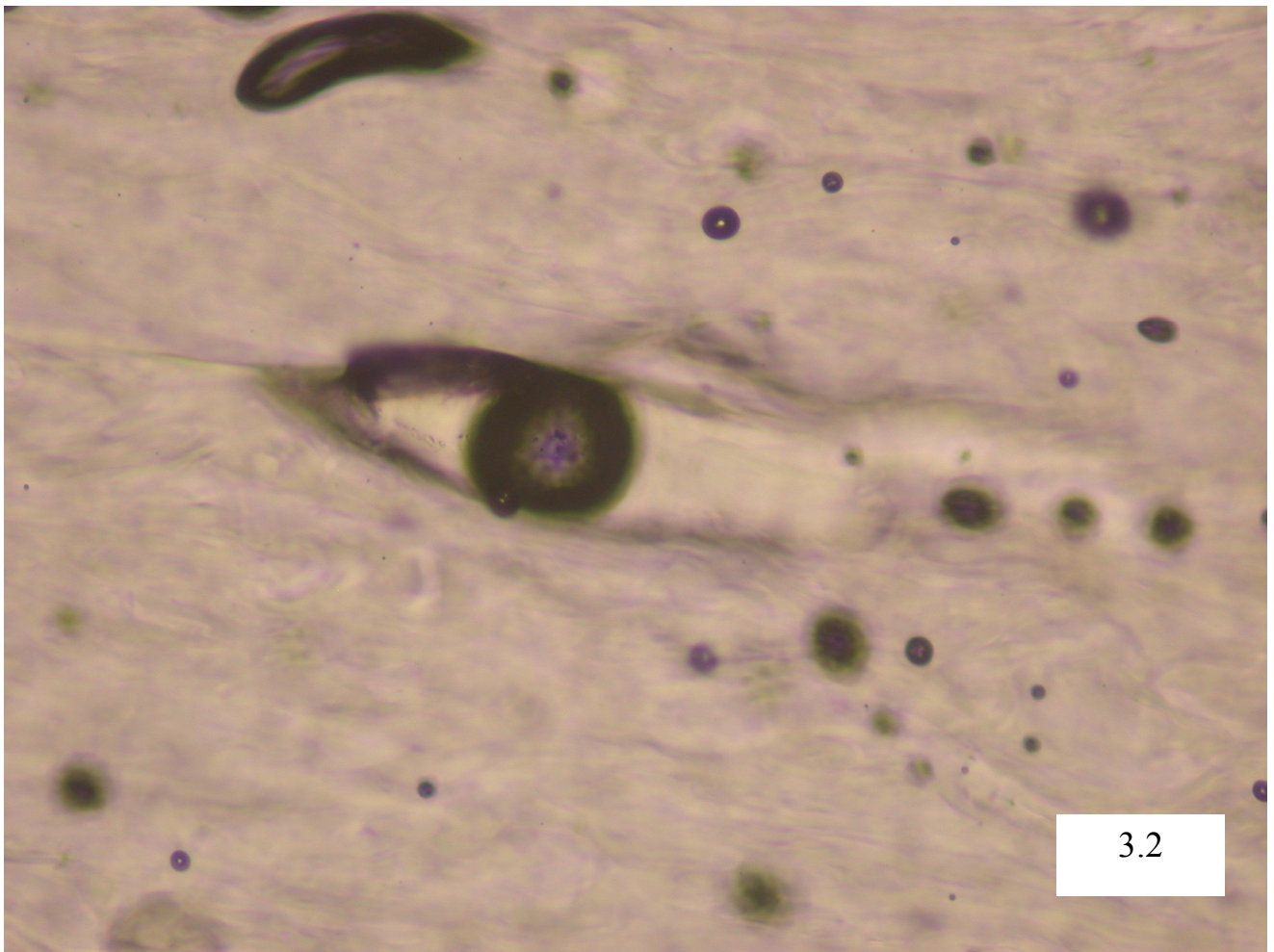








3.1



3.2