

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A SZINYÁK-HEGYSÉG (KÁRPÁTALJA)
MIOCÉN VULKANIZMUSA, FÖLDTANI ÉS
VULKANOLÓGIAI KÖRNYEZETE**

PhD thesis

**THE MIOCENE VOLCANISM OF THE SYNIAK
MOUNTAINS (TRANSCARPATHIA) AND ITS GEOLOGICAL
AND VOLCANOLOGICAL BACKGROUND**

Gönczy Sándor

Témavezető: Dobosi Gábor DSc



DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2014

1. Bevezetés

Kárpátalja természetföldrajzi szempontból a Kárpát-medence ÉK-i részén, politikai szempontból pedig Ukrajnában helyezkedik el. Az ország legnyugatibb megyéjeként Magyarországgal, Szlovákiával, Lengyelországgal és Romániával határos, országon belül pedig a Lvivi és az Ivano Frankivszi megyékkel.

A térség földtani szakirodalma és maga a régió, mint kutatási terület a XX. század drasztikus történelmi eseményei miatt a magyar és a nemzetközi érdeklődő szakmai körök számára nehezen hozzáférhető területté vált. A szovjet határövezeti státusz, valamint az ott előforduló miocén színes- és nemesfemes ércesedések és a velük párhuzamosan megjelenő agyagos, alunitos, kvarcitos kísérezónák ipari jelentősége még az intézményesített állami együttműködésekkel is ellehetetlenítette. Így, kevés és alig kontrollálható földtani információ került ki nemzetközi szintre. Ezek jobbára áttekintő jellegű, szűrt információtartalmú, nagyszerkezeti, rétegtani, ill. vulkanológiai közlések voltak, megbízható térképmellékletek és helyszínrajzok nélkül. Nagyobb hangsúlyt fektettek a törések és a mélyszerkezet megismerésére, a törésvonalak mentén képződött, vulkanitokhoz kapcsolódó ércesedés felkutatására.

A felsorolt problémákból adódóan az egyes kárpátaljai vulkáni egységekkel kapcsolatosan is nagyon nehéz szakirodalmi adatokhoz jutni. Az ezekben a kiadványokban megjelenő, a kémiai összetételre, illetve az egyes formációk, komplexumok korára, területi kiterjedésére, felszíni gyakoriságára, tömegére vonatkozó konkrét adatmennyiség sem jelentős. További nehézséget jelent, hogy nem lehet tudni, honnan származnak azok a minták, amelyekből geokémiai vagy radiometrikus kor adatokat készítettek, továbbá a publikációkban a legritkább esetben tüntetik fel az adatok előállításának módszerét.

A meglévő adatokhoz, adattári munkákhoz, kutatási jelentésekhez nagyon nehéz hozzáférni. A nehézséget nem csak a szovjet rendszer örökségeként megmaradt titkosítások okozzák, hanem az is, hogy a rossz gazdasági helyzet miatt bezárják és megszüntetik az adattárakat.

Az itt felsorolt okok miatt indokoltnak láttuk egy olyan dolgozat elkészítését, amely egyrészt betekintést ad a kárpátaljai vulkáni egységek fejlődéstörténetébe, másrészt bemutat egy részletesebben feldolgozott vulkáni egységet, ami jelen esetben a Szinyák-hegység.

Az utolsó vulkanológiai kutatások a Szinyák területén az 1960-as évek elején befejeződtek. A földtani térképek újraértékelése az 1970-es években történt meg. Ennek megfelelően, felmerült a hegység újratérképezésének gondolata is, ami természetesen egy ilyen munka keretébe nem helyezhető be, de kísérletet tettem a minél részletesebb terepbejárások, mintavételezések és szelvényezés alapján a hegység vulkanizmusának újraértékelésére.

2. Fő célkitűzések

A bevezetésben vázolt problémák miatt az alábbi célokat fogalmaztam meg:

I. A kárpátaljai magmás komplexumokra vonatkoztatva:

1. Egymással kompatibilis, kellő részletességű, kontrollált, georeferált topográfiai és geológiai térképek digitális szerkesztése, egybedolgozása. Ennek keretében a térképi névanyag megújítása, kétnyelvűvé tétele, a szakmai tartalom kritikai korszerűsítése, a magyarországi adottságokkal való összehasonlíthatóság szempontjainak figyelembevételével.
2. Létrehozni egy tisztázott módszerekkel és származási hellyel rendelkező geokémiai és radiometrikus kor adatbázist, amely bárki számára hozzáférhető.

II. A Szinyák-hegységre vonatkoztatva:

3. Módszeres, hálózatos terepbejárások tervezése, szervezése, lebonyolítása.
4. Terepi földtani-rétegtani, kőzettani-vulkanológiai, morfológiai észlelések, tereppontok dokumentálása, a leginformatívabb feltárások szelvényezése, amennyiben szükséges, légi és kozmikus fotók felhasználása, reprezentatív kőzetminták begyűjtése.
5. A beszállított kőzetminták vágása, polírozása, aprítása, makroszkópi leírása, laboratóriumi anyagvizsgálatokra való előkészítése, az anyagvizsgálatok technikai megvalósítása.
6. Tisztázni az ellentmondásos és elévült korhatárokat. E kérdés talán érthetőbbnek tűnik annak fényében, hogy a kárpátaljai vulkáni egységek koradatai túlnyomórészt $15,0 \pm 0,5$ millió év és $9,5 \pm 0,5$ millió év közé esnek és a földtani térképek pliocén (levanti) korúnak írják le őket. A magyar szakirodalomban az említett időintervallum a miocén kor szarmata–alsó-pannon korszakainak felel meg.

7. Az eredmények összevetése szomszédos miocén vulkáni területekkel, a folyamatok sorrendiségének, trendjeinek tisztázása.
8. Vizsgálati eredmények értékelése, összegzése, rendezése, ábrázolása, szakirodalmi adatokkal való összevetése, genetikai értékelése, komplex vulkanológiai, petrográfiai és fejlődéstörténeti rekonstrukció.

3. Anyag és módszer

A topográfiai és földtani digitális térképi adatbázis kialakítása után terepbejárásokat végeztem a Szinyák-hegység 280 km²-es területén. Összesen 180 km-nyi útvonalat jártam végig. A terepbejárások során 50 pontot mintáztam meg. Ezek közül hét nagyméretű szelvény, a többi pontszerű észlelés. A szelvényekről a terepen látottak és az elkészített fotódokumentáció alapján szelvényrajzokat készítettem. A feltárásokból összesen 108 minta lett begyűjtve. Ezek mindegyikét makroszkóposan leírtam, majd a különböző fáciesek 59 kőzetpéldányából készítettem főelem-geokémiai adatokat XRF-el, 5-ből nyomelem- és ritkaföld adatsorokat ICP-OES és ICP-MS módszerekkel, 8 mintából készült K/Ar korvizsgálat és 97 mintából vékonycsiszolati mikroszkópi vizsgálat.

4. Kutatási eredmények

1. tézis: Kialakítottam Kárpátalja digitális földtani térképét a magmás, az üledékes és a metamorf képződményekre vonatkozóan.

Az Északkeleti-Kárpátok területén végzett földtani tárgyú kutatások egyik legfontosabb hátráltatója, hogy nincsenek hozzáférhető térképek. A volt Szovjetunió területén általános gyakorlat volt, hogy a térképekhez csak külön engedéllyel lehetett hozzájutni. Amelyek forgalomba kerültek, azok bizonyos értelemben használhatatlanok voltak, mert nem kerültek fel rá azonosítási pontok vagy koordináták és nincs rajtuk kilométerháló sem. Ukrajnában 2000-ben oldották fel az 1:100 000 méretarányú topográfiai térképek titkosítását, melyeken a kiadáskor feltüntették a kilométerhálót. Földtani térképek 1:200 000 méretarányban hozzáférhetőek, azonosítási pontok nélkül. Egy földtani térkép munkapéldánya alapján tudtam azonosítási pontokat találni, majd

georeferálni, összekapcsolni a topográfiai térképpel, végül GeoMedia Professional szoftver segítségével kiépíteni az adatbázist.

2. tézis: Kialakítottam Kárpátalja magmás komplexumainak geokémiai és radiometrikus kor adatbázisát.

A főelem adatbázis kialakításához az 1950–2013 közötti szakirodalmat dolgoztam fel. Ennek eredményeképpen 293 adatsort találtam. Ehhez a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének laboratóriumában 59, a Szinyák-hegység területéről származó kőzetmintából készítettem elemzéseket, így az adatbázis 352 főelem adatsort tartalmaz.

A legtöbb adat származási helyét nem, vagy csak nagy vonalakban adták meg a szerzők. Több éves kutatómunka és a Kárpátaljai Geológiai Expedíció szakembereinek szóbeli közlése alapján sikerült a szakirodalmi adatok több mint 90 %-át 1 km²-en belül lokalizálni. Az elmondottaknak megfelelően a területi trendek kialakításánál jól használhatók, a kisebb képződmények elemzésénél kellő óvatossággal kell eljárni.

A felhasznált publikációk közül csak egyben találtam utalást arra nézve, hogy milyen módszerrel készültek a geokémiai adatsorok, bár a szerző megjegyzi, hogy nincs egységesen használt eljárás. Valószínű azonban, hogy az elemzések túlnyomó többsége a Magyarországon és a volt szocialista országokban elvileg egységes nedveskémiai módszerrel készült.

A nyomelemek és ritkaföldek esetében sokkal nagyobb hiányosságok tapasztalhatók. Az elmúlt három évtizedben Kárpátalja magmás komplexumairól egy publikáció közölt 34 elemzést, melyekhez hozzáadódik a Szinyák területéről általam gyűjtött mintákból készített öt adatsor, így 39 nyomelem sor került az adatbázisba.

Ehhez hasonlóan elkészült a kárpátaljai magmás komplexumok radiometrikus kor adatbázisa is. A 153 db szakirodalmi adathoz 8, saját mintából az ATOMKI-ban készítettett, a Szinyák-hegység területére eső adatot tudtam hozzátenni. Így összesen 161 abszolút kort tudtam adatbázisba rendezni, melyből 29 esik a Szinyák területére, ezek közül 22 felszíni, 7 pedig fúrásból származik.

3. tézis: Vizsgálataim azt mutatták, hogy a szakirodalmi adatokkal ellentétben a Szinyák területén csak egy rétegvulkán működött, melynek központi kráterátmérője megfelel a Kárpát-medencei átlagnak.

A Szinyák-hegység központi részét a szakirodalom somma-vezúvió típusú kalderás szerkezetű vulkánnak, vagy kettős kráteres kifejlődésű vulkánnak ábrázolja. A területén tíz 300–800 m átmérőjű krátert, valamint negyven egyéb kitörési centrumot azonosítottak, melyeket a szakirodalom 12 kisebb-nagyobb vulkánhoz sorol.

Vizsgálataim során sem a méretbeli, sem a földtani és vulkanológiai eredmények nem utaltak arra, hogy a területen több sztratovulkán működött volna. A terepen és a különféle vizsgálatok által kimutatott különbségek egy parazitakúpokkal és intrúziókkal kísért rétegvulkán szakaszos működésével magyarázhatók.

4. tézis: A hegység területén a vulkáni működés a szarmatában kezdődik és a pannon legelején fejeződik be.

A szovjet-ukrán földtani térképek a kárpátaljai vulkáni egységek fő felszínalkotóinak korát levanteiként határozzák meg. Az egész Kárpátalja területéről összegyűjtött magmás komplexumokra vonatkozó K/Ar korokat tartalmazó adatbázisból azonban egy sem esik a pliocén (5,33 millió év – 2,4 millió év) kor idejére. Konkrétan, a Szinyák területéről származó, elsősorban saját koradatok $13,3 \pm 1,5$ millió év és $8,88 \pm 0,39$ millió év közé esnek, így a vulkanizmus szarmata–alsó-pannóniai korú.

5. tézis: A főelem-geokémiai adatokból klaszteranalízissel jól definiálható egységeket hoztam létre, melyek nagyrészt területileg is összpontosulnak. A csoportosítás elsősorban az SiO_2 tartalom alapján.

Amint fentebb említettem, az egész kárpátaljai vulkáni vonulat erős adathiánnyal jellemezhető. A legtöbb adat főelemekből áll rendelkezésre, így kézenfekvő, hogy ezt az adatbázist tekintsem alapnak egy olyan modell kialakításához, amely reprezentálja a hegység vulkáni működésének szakaszosságát.

A főelemekből hierarchikus klaszteranalízissel csoportokat hoztam létre, melyeket párhuzamosítottam a koradatokkal. Ennek alapján a Szinyák területén történt kitöréseket hat nagyobb szakaszba soroltam a kor és a SiO_2 tartalom szerinti, valamint a területi eloszlás alapján.

6. tézis: A Szinyák vulkanizmusának működési szakaszaiban jól megfigyelhető differenciációs folyamatok mentek végbe, hiszen a kitörések bazaltos andezittal kezdődnek és andezittel folytatódnak, majd savanyú andezittel, esetleg dácittal fejeződtek be. Elsősorban bázisos plagioklász, olivin(?), piroxén, magnetit és ilmenit frakcionáció történt.

A főelem és a K/Ar kor adatbázisból kialakított kitörési sorrend közettípusainak változása azt mutatja, hogy az egymás után következő működési szakaszok két esetben ismétlődnek úgy, hogy a bázisosabb kitörési termékektől a savanyúbbak felé tendálnak.

A különböző frakcionációkhoz kapcsolódó megállapításokat a Harker-féle diagramokból vontam le. A főelemeket a SiO_2 függvényében ábrázolva a TiO_2 csökken (titanomagnetit és ilmenit frakcionáció), az Al_2O_3 csökken (bázisos plagioklász frakcionáció), a Fe és a Mg csökken (piroxén frakcionáció), a CaO csökken (plagioklász, esetleg klinopiroxén frakcionáció), a Na_2O nem mutat trendet, a K_2O pedig növekszik a differenciáció előrehaladásának megfelelően.

7. tézis: A Szinyák a legnagyobb térfogatú vulkán a kárpátaljai vulkáni vonulatok erózióbázis feletti vulkanitjainak tekintetében, ugyanakkor Kárpát-medencei viszonylatban az átlagnak felel meg.

Összehasonlító térfogatszámítási vizsgálatokat végeztem Kárpátalja vulkánmorfológiai egységein, illetve ahol sikerült elkülöníteni a palástot a szomszédos vulkánoktól, ott egy-egy vulkánra külön-külön is elvégeztem a számítást. Ennek eredményeképpen a Szinyák erózióbázis feletti vulkanitjainak térfogata 74 km^3 . A két szomszédos vulkánmorfológiai egység térfogata meghaladja a Szinyák köbtartalmát, azonban figyelembe kell venni, hogy az egyikben a mai ismereteink szerint legalább három, a másikban pedig legalább négy sztratovulkán(?) hozta a felszínre a nagyobb anyagmennyiséget.

Más Kárpát-medencei vulkánokkal összevetve a Hargitabeli Somlyóhoz (86,4 km³) hasonlít leginkább. Ugyanakkor jóval kisebb, mint a Keleti-Kárpátok legnagyobb vulkánjai: a Kelemen (247,4 km³), a Fancsal (225,4 km³) vagy a Mezőhavas (161,6 km³), de jóval nagyobb, mint a Csomád (12,2 km³) vagy a Piliske (17,4 km³).

5. Az értekezés új tudományos eredményei

A doktori értekezés legfontosabb következtetései:

- ✓ A Kárpátalja magmás komplexumain mutatkozó adathiány a teljes újratérképezést teszi szükségessé korszerű adatelemzési technikákkal megerősítve.
- ✓ A Szinyák területén csak egy rétegvulkán működött, a szakirodalmi adatokkal ellentétben.
- ✓ A vulkáni működés a szarmata–alsó-pannon korszakokban történt.
- ✓ A Szinyák vulkanizmusát a differenciációs folyamatok, a területi eloszlás és a kor alapján hat szakaszra osztottam:
 1. Szarmata–alsó-pannon bazaltos andezites és andezites vulkanizmus
 2. Alsó-pannon dácitos vulkanizmus
 3. Alsó-pannon bazaltos andezites vulkanizmus
 4. Alsó-pannon bazaltos andezites és andezites vulkanizmus
 5. Alsó-pannon andezites vulkanizmus
 6. Alsó-pannon andezites és dácitos vulkanizmus
- ✓ A Szinyák területén a vulkáni működés során bázisos plagioklász, olivin(?), piroxén, magnetit és ilmenit frakcionáció történt.
- ✓ A térfogatszámítások azt mutatják, hogy a Szinyák a legnagyobb térfogatú vulkán a kárpátaljai vulkáni vonulatok erózióbázis feletti vulkanitjainak tekintetében.

1. Introduction

In terms of natural geography Transcarpathia is situated in the northeastern part of the Carpathian Basin, politically in the state of Ukraine. As the westernmost region of the country it borders on Hungary, Slovakia, Poland and Romania and also on the L'viv and Ivano-Frankivs'k regions within the state.

Geological professional literature of Transcarpathia and the region itself as a research area has become hardly accessible for the Hungarian and international inquisitive technical circles due to drastic historical events of the 20th century. The Soviet borderland status, the Miocene base and precious metal mineralizations and the industrial significance of the accompanying zones of clay minerals, alunite and quartzite have hindered even the official international cooperations. Thus, only little and barely controllable pieces of geological information have reached the international scene. These were mainly overview style publications with filtered information in the field of tectonics, stratigraphy or volcanology without reliable map appendices and profiles. They have emphasized the recognition of deep structures and the quest for mineralization by the fault-lines connected with the volcanites.

As a sequel of the problems listed above it is very difficult to find professional data on certain Transcarpathian volcanic units. The factual information in these publications regarding the chemical composition, the age of individual formations and complexes, their areal distribution, surficial abundance and volume is not significant either. A further difficulty occurs from the fact that the exact localities of the geochemically analyzed and radiometrically dated samples are often uncertain, and what is more, the publications almost never indicate the analytical details of the relevant data.

It is also very troublesome to access the existing information, data data repository materials and research reports. Difficulties are caused not only by classifying the results as a legacy of the Soviet system but also by closing and putting down the data repositories through the bad economic situation.

Due to the reasons listed above we considered it reasonable to prepare a disseration which on one hand gives an insight into the evolution of the Transcarpathian volcanic units, and on the other hand

presents a detailed investigation of a significant volcanic unit, which in our case is the Syniak Mountains.

The latest volcanological explorations in the Syniak area were finished in the beginning of the 1960s. Re-evaluation of the geological maps took place in the 1970s. Accordingly, the idea of re-mapping the mountain range has occurred, what, of course, cannot fit in the frame of such a work, but we attempted to re-evaluate the volcanism of the mountains based on more detailed field work, sampling and profile segmentations.

2. Primary aims:

Owing to the problems sketched in the Introduction we conceived the following aims:

I. Regarding the magmatic complexes of Transcarpathia:

1. Digital editing and reconciliation of mutually compatible, adequately detailed, controlled, georeferenced topographic and geologic maps. As part of this, renewing the complex of geographic names on the maps, making it bilingual, critical modernization of the professional content, taking into consideration the aspects of comparability with the Hungarian endowments.
2. Creating a widely accessible geochemical and radiometric age database with clarified methods and provenance.

II. Regarding the Syniak Mountains:

3. Planning, organizing and performing systematic, network-oriented field trips.
4. Documentation of field geologic-stratigraphic, petrographic-volcanologic, morphologic observations and beacons, segmentation of the most informative outcrops and, if necessary, utilization of aerial and satellite images, collecting representative rock samples.
5. Sectioning, polishing, chopping, macroscopically documenting the collected rock samples, preparing them for laboratory tests, technical implementation of the tests.
6. Clearing up the controversial and out-of-date age limits. This question may seem to be more understandable in the light of the fact that age data of the Transcarpathian volcanic units predominantly range from $15,0 \pm 0,5$ million to $9,5 \pm 0,5$ million years. Still they are

described as Levantian which corresponds to Sarmatian – lower-Pannonic era in Hungarian geological literature.

7. Comparison of the results with neighbouring Miocene volcanic territories, explaining the sequence and trends of the processes.
8. Evaluating, summarizing, settling, imaging the research results, comparing them with professional data, genetic rating, complex volcanologic, petrographic and genetic reconstruction.

3. Material and methods

After working up the topographic and geologic digital mapping database we have fulfilled ground-scoutings in the 280 square kilometre area of the Syniak Mountains. We have covered a 180-kilometre long route altogether. In the course of scoutings we have moulded 50 field points. Seven of these were great-sized profiles, the others were pointwise sightings. Based on what has been observed in the field and the completed photo documentation we made profile drawings of the segments. Altogether 108 samples were collected from the outcrops. All of them were macroscopically documented, and then major elements were determined by XRF method in 59 rock samples of different facies. Five samples (from the samesample set) were analysed for trace and rare earth elements by ICP-MS and ICP-OES. From 8 samples a K/Ar age determination was performed, and from 97 samples a thin section microscopical study was carried out.

4. Research results

Thesis 1: I developed a digital geological map of Transcarpathia concerning igneous, sedimentary and metamorphic formations.

One of the main problems in the geological research of the North-eastern Carpathians is the lack of available maps. In the former USSR, it was a common practice that maps could be accessed only with special permission. The ones that were available for public, in a certain sense were useless, because neither identification points or coordinates, nor kilometre-grids were denoted on them. In Ukraine, the secrecy of 1:100 000 scale topographic maps was lifted in 2000, and they were published with kilometre-grids indicated. Geological maps are available in 1:200

000 scale, without identification points. I could find identification points based on a working copy of a geological map then georeference and connect them with a topographic map, and finally, with the help of GeoMedia Professional software I was able to build the database.

Thesis 2: I developed a geochemical and radiometric age database of the igneous complexes of Transcarpathia.

To develop the major element database, I reviewed the literature between 1950 and 2013. As a result, I found 293 data sets. Moreover, I analyzed 59 rock samples from the territory of the Sinyak Mountain, in the laboratory of the Department of Mineralogy and Geology, at the University of Debrecen. Thus the database includes 352 major element data sets.

The localities of most of the -analysed samples were vague or not given by the authors at all. Based on a several year research and oral communications with the specialists of the Transcarpathian Geological Expedition, it was managed to localize 90% of the literature data within 1 square kilometre. According to the discussions, the data can be used in the study of regional trends, but caution should be exercised in studying smaller formations.

Thesis 3: The results of the investigation suggest that, in contrast with the results of earlier studies, only one composite volcano (stratovolcano) existed in the area of Szinyák. The diameter of the central crater of Szinyák composite volcano corresponds with the average diameter of the Carpathian Basin's volcanic craters.

Certain studies describes the Szinyák composite volcano as Somma-Vesuvio type caldera or double craters, and ten craters with 300-800 m diameters and forty other volcanic centers belonging twelve bigger or smaller volcanoes were identified earlier.

Neither volcanological nor geological results of my detailed studies indicate activity of more than one composite volcanoes were active in the Szinyák. The differences observed in the field and indicated by the results of other investigations can be explained as a consequence of a periodic activity of composite volcano associated with parasite cones and intrusions.

Thesis 4: The volcanic activity in the Szinyák began in the Sarmatian and ceased in the Early Pannonian.

On Soviet-Ukrainian geological maps the age of the main volcanic units of Transcarpathia is regarded as Levantine. In the database concerning igneous complexes of Transcarpathia, however, there are no K/Ar data indicating Pliocene age (5.33-2.4 myrs); data coming from the Szinyák range from Sarmatian ($13,3 \pm 1,5$ myrs) to Early Pannonian ($8,88 \pm 0,39$ myrs).

Thesis 5: The geochemical units were defined by cluster analysis from major element database, which largely concentrated regionally. The classification is based primarily on the SiO_2 content.

As mentioned above the whole Transcarpathian Volcanic Chain is characterized by significant lack of data. The database was consisting mainly of major element analysis so it was obvious that was used as basis to develop a geochemical model which represents the multi-phase volcanic activity of the mountains.

The grouping was based on hierarchical clustering of major elements analysis which paralleled with radiometric (K-Ar) dating database. On this basis (areal distribution, SiO_2 content, K/Ar dating) the eruptions of Szinyák Mountains were classified into six main eruption phases

Thesis 6: The differentiation processes shows a well-defined SiO_2 enrichment during main eruption phases. The phases were started by basaltic andesite, continued with andesite and completed by acidic andesite or infrequent dacite. The rock-forming mineral fractionation processes were represented by calcic plagioclase, olivine(?) clino- and orto-pyroxene, magnetite and ilmenite.

The alternating of the rock types in the geochemical (major element) and radiometric dating based eruptional sequence showed the successive eruptional events repeated in two cases from basic intermediate products toward to more acidic rocks.

The following findings related to geochemical trends in Harker diagrams where the major elements were plotted as the function of SiO₂: The following elements showed a well pronounced depletion as the function of the given rock forming minerals fractionation: TiO₂:-titano-magnetite, ilmenite, Al₂O₃ - calcic plagioclase , Fe and Mg-pyroxene fractionation. The K₂O had a very incompatible nature, while the Na₂O concentrations did not show any clear differentiation trend.

Thesis 7: The Szinyák has the largest volume above the erosion base amongst Trans Carpathian Volcanic Chains which represents an average value in the Carpathian – Pannonian Region

Comparative volumetric measurements were carried out on the volcano – geomorphological units of Trans Carpathia. Where the volcanic subunits were managed to isolate from the nearby cones the calculation performed separately. As a result the total volume of Szinyak Mountains above erosional base level is 74 km³. The volume of the two adjacent volcano-geomorphological units exceeds the Szinyák data but at least 3 composite volcanos operated simultaneously in the first (Borlo), and four in the another unit (Makovica) resulted in greater effusion of intermediate lavas.

Comparing with another palaeo volcanoes of Carpathian – Pannonian Region, the Szinyák is very similar in size to Somlyó, Hargita, Transylvania. However, much smaller than the largest volcanoes in the Eastern Carpathians: the Kelemen (247.4 km³), the Fancsal (225.4 km³) or the Mezőhavas (161.6 km³), but much voluminous than the Csomád (12.2 km³) or Piliske (17.4 km³).

5. New scientific results of the theses

Most important conclusions of the PhD thesis:

- ✓ Lack of data regarding the igneous complexes in Transcarpathia makes their complete mapping necessary together with modern data analysis techniques.
- ✓ Only one composite volcano was active in the area of the Szinyák contrary to what the literature suggests.
- ✓ Volcanism was active in the Sarmatian – Lower Pannonian.

- ✓ The volcanism of the Szinyák is divided into six periods based on the differentiation processes, spatial distribution and age:
 1. Sarmatian – Lower Pannonian basaltic andesite and andesite volcanism
 2. Lower Pannonian dacite volcanism
 3. Lower Pannonian basaltic andesite volcanism
 4. Lower Pannonian basaltic andesite and andesite volcanism
 5. Lower Pannonian andesite volcanism
 6. Lower Pannonian andesite and dacite volcanism
- ✓ In the course of the volcanic activity in the Szinyák basic plagioclase, (olivine?), pyroxene, magnetite and ilmenite fractionation took place.
- ✓ Volume calculations suggest that the Szinyák has the largest volume among the volcanic ranges in Transcarpathia regarding the volume of the volcanics above the base level.

A szerző publikációi

Kiemelt tudományos közlemények:

- 1. Kozák M. – Püspöki Z. – Gönczy S. (1999):** Structural connections between the NE part of the Carpathian basin and Ukrainian Forelands. Biuletyn Panstwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa. pp. 126–127. <http://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=56072&tip=sid>
- 2. Kozák M. – Püspöki Z. – Gönczy S. (1999):** The relationship between Neogene magmatism and the structure of the crust in the inner foreland of the Ukrainian Carpathians. Biuletyn Panstwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa. pp. 127–129. <http://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=56072&tip=sid>
- 3. Szalai K. – Demeter G. – Püspöki Z. – McIntosh R.W. – Gönczy S. (2002):** The connection between tectonic endowments and valley development on a Palaeo-Mesozoic block and in an area consisting of Tertiary Molasse sediments (NE Hungary) – *Geologica Carpathica*, Vol. 53. pp. 132–136. IF: 0,167.

Az értekezés témájában megjelent egyéb publikációk:

- 4. Püspöki Z. – Gönczy S. – Izsák T. (2000):** Párhuzamok a kárpátaljai és magyarországi neogén kifejlődésekben. *Acta Beregsasiensis* 2000, Beregszász. pp. 149–155.
- 5. Gönczy S. (2006):** Kárpátalja tektono-vulkanológiája a kutatási statisztikák tükrében. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina*. pp. 85–99.
- 6. Gönczy S. – Kozák M. (2007):** Petrogenetic observations in the valley of the Viznyica stream. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina. Geology, Geomorphology, Physical Geography Series*. Debrecen. Vol. 2. pp. 133–141.
- 7. Gönczy S. (2008):** Vulkanológiai és petrográfiai vizsgálatok az erdőpataki kőbányában (Kárpátalja). *Acta Beregsasiensis*, VII. évfolyam, II. kötet. pp. 121–143.
- 8. Gönczy S. – McIntosh R. W. (2010):** Petrology of the andesite outcrop in Bányafalu (Transcarpathia, Ukraine). *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina. Geology, Geomorphology, Physical Geography Series*. Debrecen. Vol. 4–5, pp. 31–41.
- 9. Gönczy S. – Papp I. (2014):** Petrographic and Morphogenetic Study of a Double Andesite Body in the Valley of River Latorytsia

(Chynadiyovo, Transcarpathia). Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina. Geology, Geomorphology, Physical Geography Series. Debrecen. In press.

10. Gönczy S. – Dobosi G. – Kozák M. – Papp I. (2014): Kárpátalja magmás képződményeinek geokémiai megkutatottsága. Konferencia kötet. V. Közöttani és Geokémiai Vándorgyűlés. Révfülöp, 2014. szeptember 4–6. In press.

Könyvrészlet:

11. Gönczy S. (2009): Földtani viszonyok, domborzat. In: **Baranyi B. szerk.:** Kárpátalja. – Kárpát-medence régiói 11. MTA RKK – Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest. pp. 108–117.

Poszterek:

12. Püspöki Z. – Kozák M. – Gönczy S. (1999): Neogén vulkanosztratigráfiai analógiák az ÉK-i Kárpát-medence határmenti részein. Dr. Balogh Ernő és Dr. Tulogdy János emlékére rendezett Tudományos Ülésszak programja, Kolozsvár, 1999. május 29.

13. Szalai K. – Gönczy S. – McIntosh R.W. (2001): Aljzatszerkezet hatása a geomorfológiai paraméterekre. Bányászat, Kohászat, Földtan Konferencia. EMT, Csíksomlyó, 2001. április 5–8.

14. Kozák M. – Csámer Á. – Gönczy S. – Kovács-Pálffy P. (2001): Intruzív hialoklasztitok képződése neogén molassz környezetekben. Bányászat, Kohászat, Földtan Konferencia, EMT, Csíksomlyó, 2001. április 5–8.

15. Gönczy S. (2008): Vulkanológiai vizsgálat a Szinyák nyugati peremén (Kárpátalja, Erdőpatak). X. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Nagyszeben, 2008. április 3–6.