

## **MINERALOGICAL INVESTIGATION OF PYROCLASTIC BOMBS FROM POLANA NEAR STRELNIKI NEAR LUBIETOVA. SLOVAKIA**

### **Badania mineralogiczne bomb piroklastycznych z Polany koło Strelnik koło Lubietova. Słowacja.**

Maciej Pawlikowsk\*, Stanisław Jeleń\*\*, Piotr Bożęck\*, Urszula Buszkiewicz\*\*\*\*

\*/ Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, Polaska, e-mail:mpawlik@agh.edu.pl

\*\*/ Faculta Prirodných Vied, Universita M. Bela, . Národná 12, 974 01 Banská Bystrica, Slovakia

\*\*\*/ *Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Wydziałowe Laboratorium, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska*

\*\*\*\*/ Studenckie Koło Naukowe Geologów, Akademia Górniczo-Hutnicza, 30-059 Kraków, Polaska,

### **Abstrakt**

Mineralogical investigation of volcano bombs present in pyroclastic sediments of Polanka near Lubietova (area of Bańska Bystrzyca) was conducted. The aim of the investigation was to determine the mineral and chemical composition of pyroclastic material in order to reconstruct the mineralogical alternation of volcano activity in Miocene. Examination was conducted using polarizing light microscopy, SEM and EDS methods. Obtained results confirmed a variation of mineral composition of volcano bombs, i.e. local stratovolcano. Alternations in size of crystals as well as their chemical composition were also observed. All obtained data was used for reconstruction of volcano activity in Miocene near Lubietova, in the Bańska Bystrica district. Moreover, secondary silicification of local Miocene wood as a result of lahar activity was described.

**Key words:** Miocene, volcano bombs, mineralogy, wood mineralized with opal

### **Streszczenie**

Wykonano badania mineralogiczne bomb wulkanicznych występujących w koamieniolomie Polanka koło Lubietowej (rejona Bańska Bystrzyca). Celem badań było rozpoznanie zmienności mineralogicznej i chemicznej źródła materiału piroklastycznego w Miocenie. Badania prowadzono z wykorzystaniem mikroskopii polaryzacyjnej, SEM i EDS. Badania wykazały zmienność lawy

wyrzucanej przez lokalny stratowulkan. Stwierdzono także zmienność wielkości i mineralnego charakteru skłaników bomb. Otrzymane wyniki badań posłużyły rekonstrukcji aktywności wulkanicznej lokalnego stratowulkanu w Miocenie w pobliżu Lubietowej (rejon Bańska Bystrzyca). Opisano ponad to opalową mineralizację skamieniałych drzew występujących w badanym terenie.

**Słowa kluczowe:** Miocen, bomby wulkaniczne mineralogia, drewno zmineralizowane opalem.

**Badania finansowane częściowo z grantu AGH nr 11.11.140.319, częściowo z finansów własnych Maciej Pawlikowskiego.**

### **Stratovulkán Polana – polygenetická stavba**

Lokalizacje kamieniołomu Polana z którego pobrano próbki do badań przedstawiono na Fig. 1.



Fig. 1 Lokalizacja kamieniołomu Polana koło Strelník z którego brano próbki piroklastycznych bomb do badań.

**Wprowadzenie: etapy rozwoju stratowulkanu Polana**

**Introduction - Polana, etapový vývoj**

Badania miały na celu rozpoznanie zmienności składu mineralnego i chemicznego kolejnych cykli eruptywnych stratowulkanu występującego w rejonie Lubietovej. Do tego celu wykorzystano bomby piroklastyczne występujące w profilu tufów w miejscowości Polana.

Wulkaniczne centrum stratowulkanu Poľana było zainicjowane w niższym sarmacie (13,6 mln lat – Fig. 2.). Składa z trzech reliktyw stratowulkanów nałożonych na siebie: Stratowulkan Šútovka (dolna część), tufowy ryodacytowy wulkan Bobrowo (środkowa część) oraz Veľká Detva i kaldera erozyjna Kyslinky (górną część)

Vulkanické centrum stratovulkánu Poľana bolo iniciované v spodnom sarmate (13,6 mil. rokov – Fig. 2). Tvoria ho relikty troch stratovulkánov uložených nad sebou: stratovulkán Šútovka (spodná stavba), tufový ryodacitový vulkán Bobrovo (stredná stavba), stratovulkán Veľká Detva a Kyslinky (vrchná stavba).

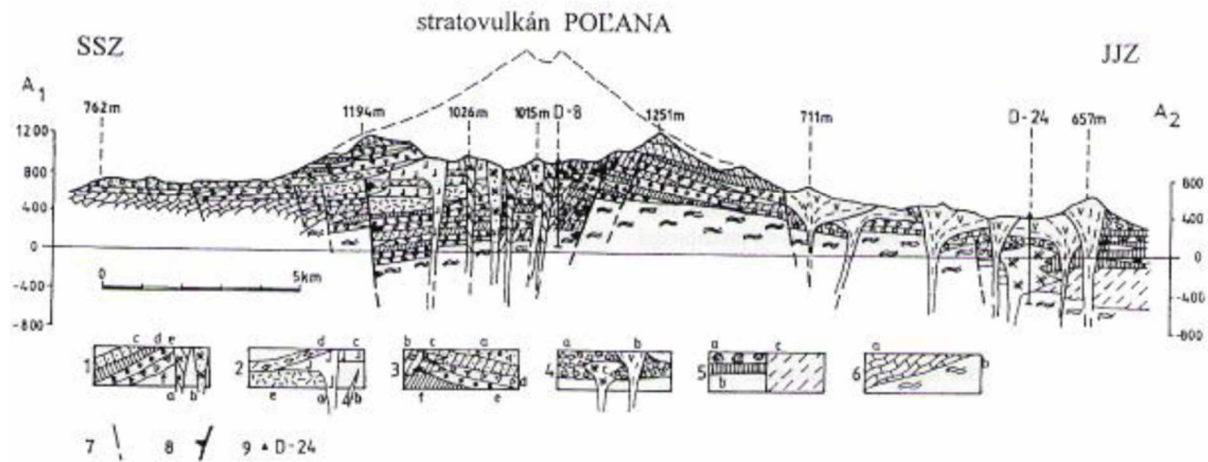
Formacja Rohy ( $16,05 \pm 0,14$  mil lat Dublan, 1993) jest najstarszą formacją stratowulkanu Poľana, na którą nałożona jest formacja Šútovka (13,32 – 13,58 mln lat), następnie formacja Strelníky (12,85 – 13,03 mln lat) oraz dalej formacja Abčina (12,65 – 12,74 mln lat) i formacja Veľká Detva (12,35 – 12,63 mil. r.)

Formácia Rohy ( $16,05 \pm 0,14$  mil. r., Dublan, 1993) je najstaršou formáciou stratovulkánu Poľana, na ktorú sa v rámci Poľany ukladá formácia Šútovka (13,32 – 13,58 mil. r.), následne formácia Strelníky (12,85 – 13,03 mil. r.), ďalej Abčina (12,65 – 12,74 mil. r.) a Veľká Detva (12,35 – 12,63 mil. r.)

Powstanie stratowulkanu charakteryzowały naprzemiennie eksplozje i wysieki (wypływy lawy), które wytworzyły wokół krateru wulkanu stożek wulkaniczny, w którym znajdują się naprzemiennie tufy, brekcje i inne produkty wulkaniczne z stosunkowo krótko funkcjonujących strumieni andezytowych (Dublan et al., 1997). Po pewnym okresie bezczynności wulkanicznej doszło do ogromnego wybuchu, po której szczyt wulkanu został rozrzucony, wewnątrz zostało opróżnione i rozrzucone, w wyniku czego doszło do utworzenia kociołkowatego wgłębienia – kaldery. Depresja Kyslinky pośród Poľany jest nieprawidłową kalderą, powstałą w wyniku erozji centralnego krateru po ostatecznym zakończeniu wulkanizmu. Stratowulkan Poľana zakończył swoją aktywność w połowie środkowego Sarmatu (12,35 mln. lat), natomiast w późniejszym okresie był narażony na zniszczenia erozyjne. Zakładając że minimalna wysokość wulkanu wynosiła około 2 500 m to oderwany fragment miał wysokość około 1 000 m a w centrum kaldery nawet aż 1 700 m (Dublan et al., 1997).

Pre vznik stratovulkánu boli charakteristické striedavé explózie a efúzie (výlevy lávy), ktoré vytvorili okolo vulkanického krátera sopečný kužeľ, v ktorom sa striedajú tufy, brekcie a iné vulkanoklastiká s relatívne krátkymi andezitovými prúdmi (Dublan et al., 1997). Po období vulkanickej nečinnosti došlo k mohutnej explózii, pri ktorej bol vrchol sopky rozmetaný, vnútro sa vyprázdnilo a pokleslo, v dôsledku čoho sa vytvorila kotlovitá depresia – kaldera. Depresia Kyslinky uprostred Poľany je nepravou kalderou, vznikla eróziou centrálnej časti krátera po definitívnom ukončení vulkanizmu. Stratovulkán Poľana skončil

svoju aktivitu v strednej časti stredného sarmatu (12,35 mil. r.), pričom ďalšie obdobie bol vystavený erozívnej deštrukcii. Pri predpokladanej výške vulkánu min. 2 500 m bolo oderodovaných asi 1000 m a v báze erozívnej kaldery až 1700 m (Dublan et al., 1997).



**Fig. 2.** Przekrój geologiczny stratowulkanu Poľana. Wierzchnia warstwa (środkowy sarmat): 1 – intruzje stokowe: **a** - porfir andezytowy, **b** – porfir diorytowy, **c** - wypływy lawy amfibolowo-piroksenowej andezytu, **d** – andezytowe lawy piroksenowe, **e** – osady piroklastyczne, **f** – epiklastyczne brekcje wulkaniczne; średnia warstwa (dolny sarmat): 2 – wulkanizm ryodacytowy; **a** – ekstruzje, **b** – porfir diorytowy, **c** – andezytowe lawy amfibolowo-piroksenowe, **d** – epiklastyczne brekcje wulkaniczne, **e** – osady piroklastyczne, 4 – andezytowe produkty ekstruzji wulkanizmu piroksenowo – amfibolitowego; **a** – brekcje (grube do blokowych), **b** – kupała ekstruzyjna, **c** – lakolit, 5 – produkty stratowulkanu Javorie (jednolite), 6 – podłoże przed wulkaniczne: **a** – mezozoik, **b** – podłoże krystaliczne, 7 – uskok, 8 – uskok kalderowy, 9 – odwierty strukturalne (Konečný i inn. 2001).

**Fig. 3** Geologický rez stratovulkánu Poľana. Vrchná stavba (stredný sarmat): 1 – štokové intrúzie: a. andezitových porfýrov, b. dioritových porfýrov, c. lávové prúdy amfibolicko-pyroxenického andezitu, d. lávové pyroxenického andezitu, e. pyroklastický prúd, f. epiklastické vulkanické brekcje; stredná stavba (spodný sarmat): 2 – ryodacitový vulkanizmus; a. extrúzie, b. dajky, c. lávové prúdy, d. pemzové tufy, e. redeponované tufy, epiklastiká; spodná stavba (stredný-vrchný báden): 3 – a. epiklastické vulkanické brekcje a konglomeráty, b. ložné intrúzie andezitových porfýrov, c. lávové prúdy amfibolicko-pyroxenického andezitu, d. epiklastické vulkanické brekcje, e. pyroklastické prúdy, 4 – produkty extruzívneho vulkanizmu pyroxenicko-amfibolického andezitu; a. hrubé až blokové brekcje, b. extruzívny dóm, c. lakolit, 5 - produkty stratovulkánu Javorie (nečlenená), 6 – predvulkanické podložie: a. mezozoikum, b. kryštalikum, 7 – zlom, 8 – kalderový zlom, 9 – štruktúrny vrt (Konečný et al., 2001).

## **Podłoże skalne:**

Kryształinikum Veporika (wiek Proterozoik? – paleozoik) – granitoidy z różnymi typami metamorfizmu, w północnej części (Lubietovska część strefy krakłovskej) według Zoubka (1957) wyróżnia się w szczególności ortognejsy, paragnejsy oraz amfibolity, w południowej części kryształiku są to głównie granitoidy i ich płaszcz metamorficzny. Charakterystyczną cechą tej drugiej strefy jest permski magmatyzm (porfirowate granitoidy, aplity, granitowe porfiry, porfiroidy)

Mezozoik – kwarcyt, łupek piaskowiec, węglany (dolomity, wapienie organodetrytyczne)

## **Predvulkanické podložie:**

kryšťalinikum veporika (Proterozoikum?-Paleozoikum) - granitoidy a rôzne typy metamorfitov, v severnej časti (ľubietovskej a sčasti krakľovskej zóny) podľa Zoubka (1957) vystupujú hlavne ortoruly, pararuly a amfibolity, v južnej časti kryšťalinika sú to najmä granitoidy a ich metamorfny plášť. Typickým znakom tejto druhej oblasti je permský magmatizmus (porfyrické granitoidy, aplity, granitové porfýry, porfyroidy).

Mezozoikum – kremence, bridlice, pieskovce, karbonáty (dolomity, kalové organodetritické vápence)

## **Metody badań**

### **Lupa binokularna**

Tym badaniom tym poddano wszystkie próbki. Stanowiły one podstawę przygotowania materiału dla szlifierzy wykonujących preparaty mikroskopowe do badań w przechodzącym świetle spolaryzowanym oraz podstawę badań SEM. Obserwowane struktury dokumentowano fotografiami.

### **Mikroskop polaryzacyjny**

Badania mikroskopowe obejmowały głównie obserwacje składu mineralnego i ziarnowego oraz struktur i tekstur próbek. Przeprowadzono je przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego Motic produkcji chińskiej z przystawką fotograficzną do fotografii cyfrowych Nikon. W Obserwacjach stosowano powiększenia do 400 x. Obecność interesujących obiektów dokumentowano mikrofotografiami.

Próbki analizowano w sposób standardowy w celu otrzymania wyników nadających się do porównywania ze sobą. Stosowano ilościową analizę punktową, którą wykonano z wykorzystaniem integracyjnego stolika do analiz mikroskopowych ELTINOR (produkcji niemieckiej).

Cechy mikroskopowe obejmowały wyniki analiz składu mineralnego i ziarnowego. Wykonano je zliczając po około 500 punktów pomiarowych w



każdej próbce. Wyniki tych analiz przeliczano na procenty i zestawiono w tabelkach i na wykresach.

W każdej próbce oznaczono wielkości prakryształów tkwiących w szklwie. W tym celu zliczono średnicę około 300 ziarn, a wyniki przeliczono na procenty zestawiono w tabelkach i na wykresach.

## SEM + EDS

W badaniach wykorzystano elektronowy mikroskop skaningowy (SEM) Jeol oraz firmy mikroskop FEI Quanta 200 FEG. Próbki analizowano bez napyłania by nie zaburzać wyników analiz chemicznych.

Badania wstępne miały na celu rozpoznanie struktur bomb wulkanicznych i opalowego drzewa. Ustalenie składu chemicznego koncentrowano na badaniach szkliwa wypełniającego przestrzenie między prakryształami. W każdej z prób wykonano trzy analizy chemiczne szkliwa metodą EDS.

### A. Próby do badań - bomby wulkaniczne z Polanki

Mały, nieczynny kamieniołom w Polanie eksploatował osady wulkaniczne (Fot. 1A). Obok drobnego materiału piroklastycznego występują w nim niewielkie bomby wulkaniczne (Fot. 1B). Z profilu pobrano 6 małych bomb piroklastycznych (Fig. 3, próbki L1-L6), które poddano badaniom.



**A**



**B**

Phot. 1 A – profil piroklastyków z Polany, B – przykład bomby wulkanicznej przeznaczonej do badań

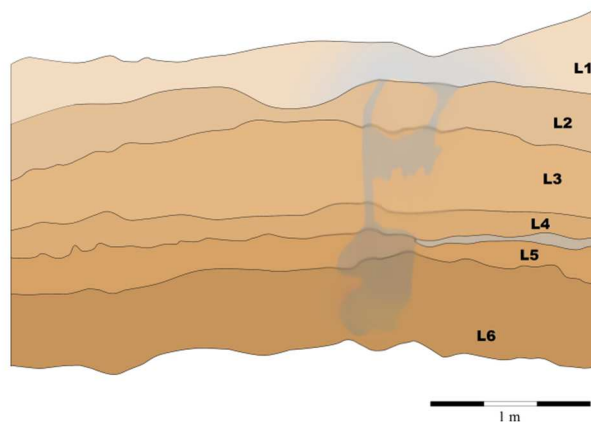


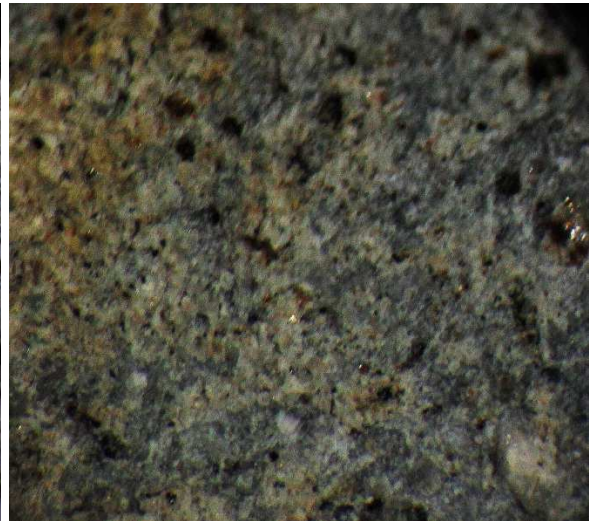
Fig. 3 Schemat występowania warstw pyłów wulkanicznych w Kamieniołomie Polanka. L1-L6 – miejsca pobrania prób do badań.

Obserwacje wykonane przy pomocy lupy binokularnej wskazują, że struktura bobm pobranych do badań jest zróżnicowane. Dotyczy to zarówno proporcji prakryształów do cementującego je szkliva jak też wielkości prakryształów (Fot. 2, L1-L6). Zmienna jest także w próbkach ilość minerałów ciemnych.

Te obserwacje wskazują na zmienny chemizm i mineralogie wulkanizmu w rejonie Polanki.



L1



L2

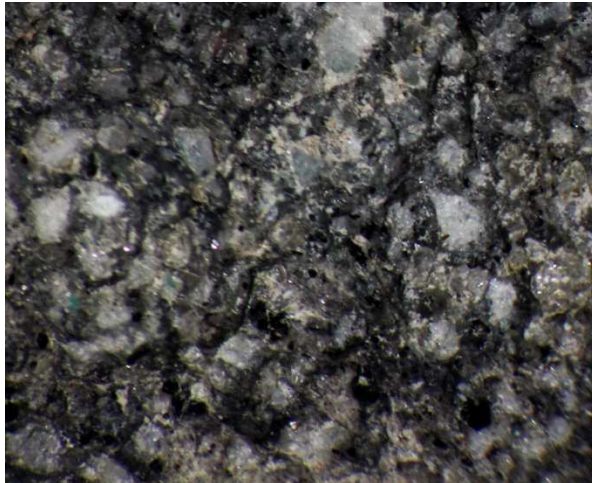




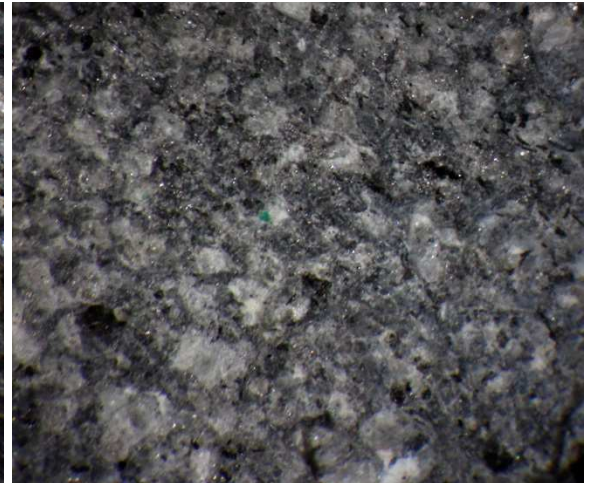
**L3**



**L4**



**L5**

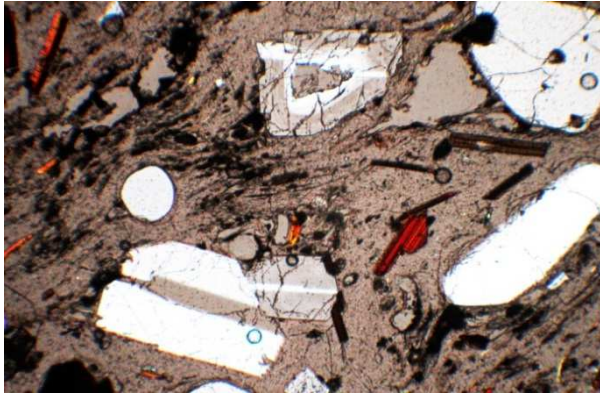


**L6**

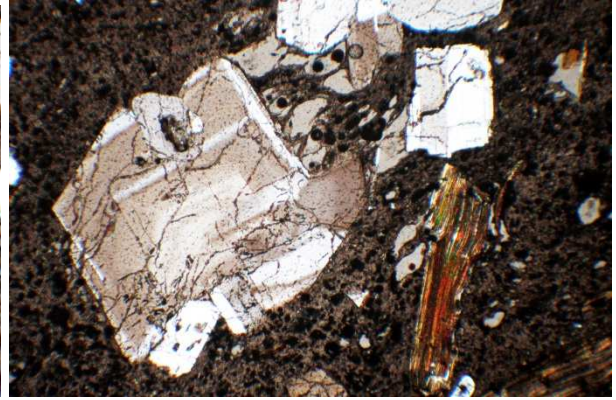
Fot. 2 Różne struktury badanych bomb wulkanicznych. Można zauważyć jasne skalenie i kwarc rozproszone w ciemnym szklwie wulkanicznym. L1-L6 numery badanych prób . Powiększenie 10 x.

Obserwacje struktury, tekstury i składu mineralnego wykonane przy małych powiększeniach potwierdziły badania szlifów w spolaryzowanym świetle przechodzącym oraz obserwacje przeprowadzone przy pomocy mikroskopu skaningowego. Zróżnicowane materiału piroklastycznego w bombach dotyczy także drobnych kryształów występujących w szklwie wulkanicznym cementującym prakryształy (Phot. 3).

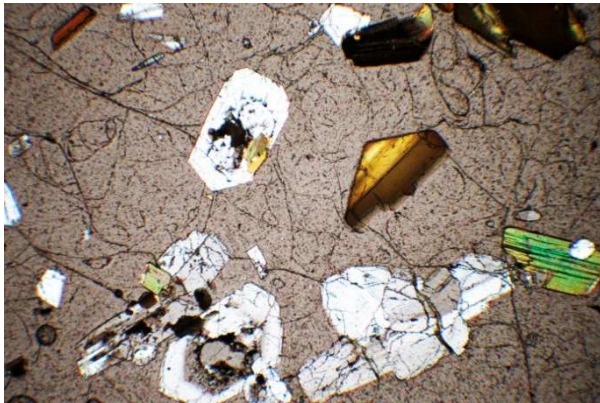




**A**



**B**



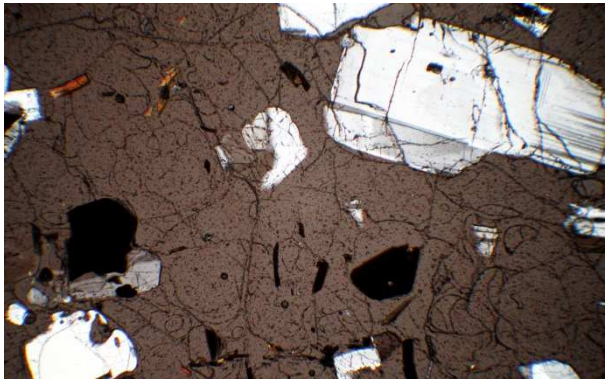
**C**



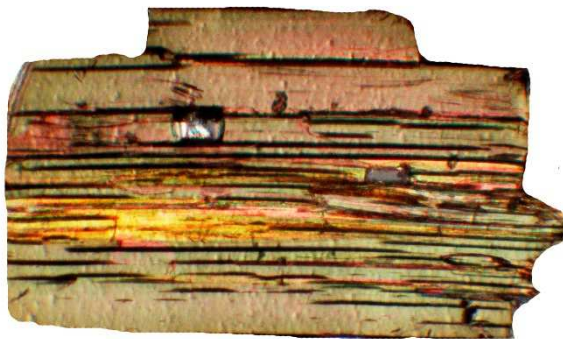
**D**



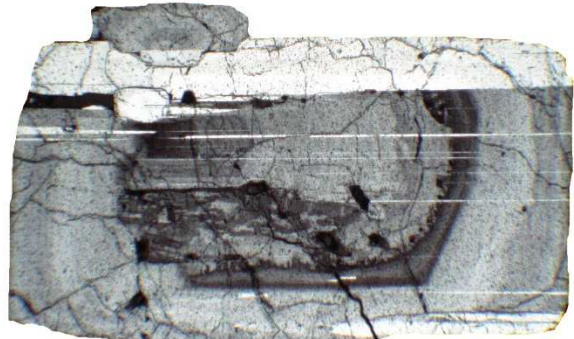
**E**



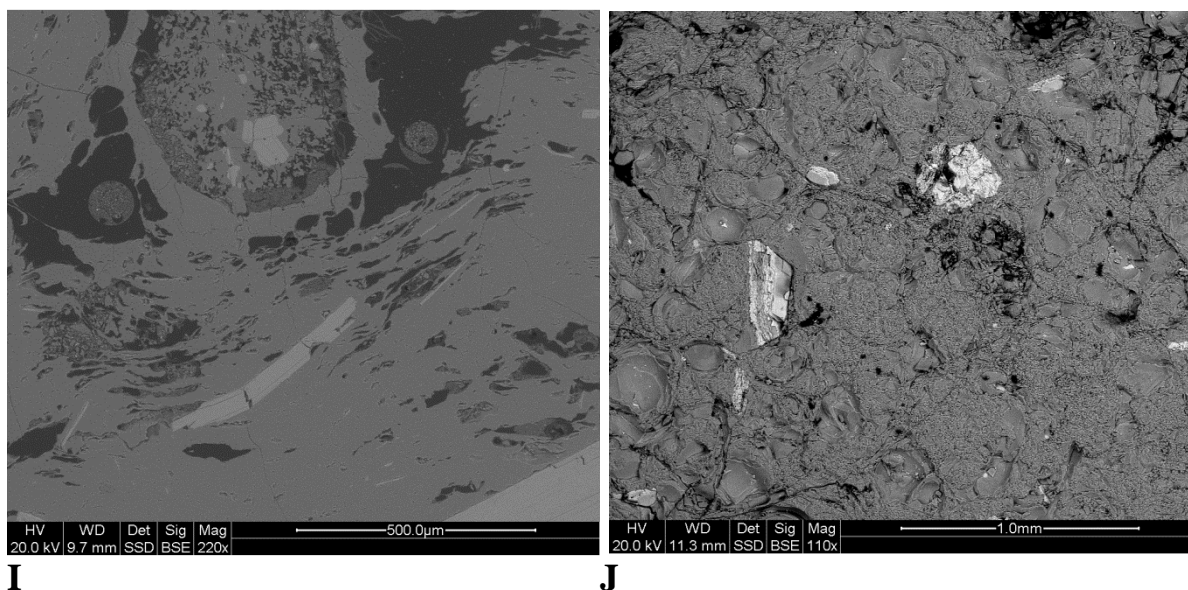
**F**



**G**



**H**

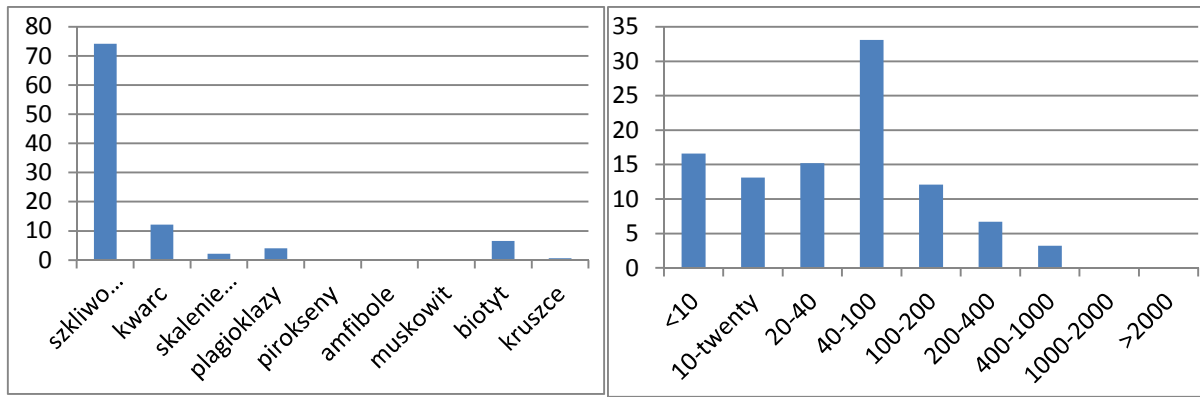


**Fot. 3 A-** próbka L1. Prakryształy plagioklazów, i kwarcu tkwiące w szklowie zawierającym biotyt i minerały kruszców. Widoczna tekstura fluidalna. **B-** próbka L2. Plagioklaz (andezyn) o złożonej budowie tkwiący w cementującym szklowie o dużej zawartosci minerałów kruszczowych i drobnym krysztalów plagioklazów. **C-** próbka L3. Czyste szklivo typu obsydianowego z prakryształami plagioklazów i amfiboli. **D-** próbka L4. Fluidalna tekstura szkliva podkreślona obecnością mikrokryształów o pokroju listewkowym oraz drobnymi minerałami kruszczowymi. **E-** próbka L5. Ciemne zony w szklowie objętym procesem wietrzenia i przeobrażania się w minerały ilaste. **F-** próbka L6. Agregatowe formy szkliva typu obsydianowego widoczne jako grudi oddzielone strefami bardzo drobnokrystalicznych minerałów kruszczowych. **Fot. A-F** – mikroskop polaryzacyjny, polaroidy częściowo X, powiększenie 80 x, powiększenie 120 x. **G-** amfibol w przekroju równoległym do wydłużenia kryształu (próbka L5). **H-** prakryształ plagioklazu o budowie wskazującej na wiele faz krystalizacji i zmienność chemizmu magmy z ktorej krystalizował (próbka L4). **Fot. G-H** - mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 120 **I** – zaburzenia w struktury szkliva w pobliżu polimineralnego agregatu, próbka L3. **J-** agregatowa budowa szkliva typu obsydianowego zmieszanego z niewielką ilością szkliva pumeksowego, próbka L6. **Fot. I-J** – SEM - FEI Quanta 200 FEG.

Szczegółowe wyniki badań mikroskopowych składu mineralnego i ziarnowego próbek zestawiono w formie wykresów (Fig. 4-9)



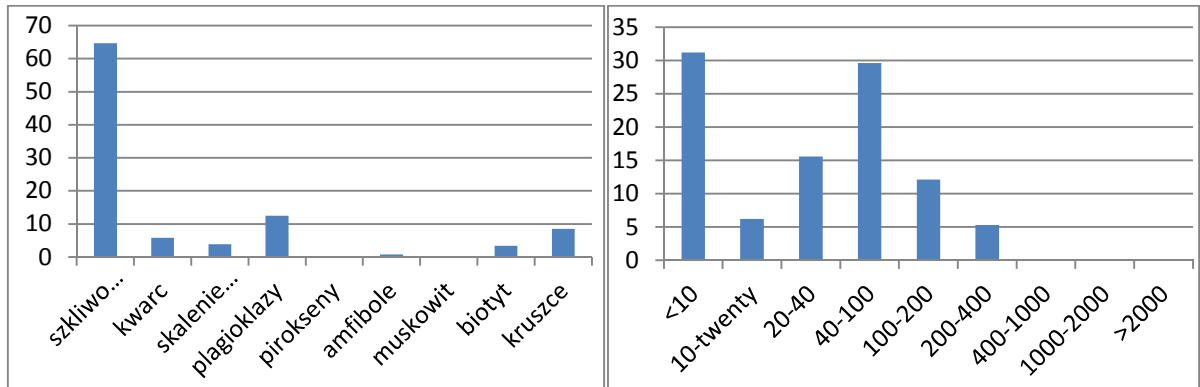
**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki 1 (Fig. 4 A, B)**



**A**

**B**

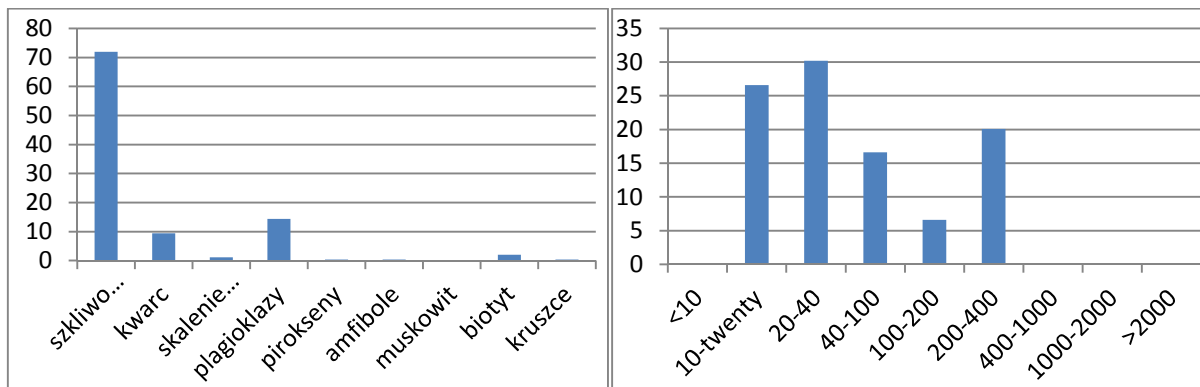
**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki 2 (Fig. 5 A, B)**



**A**

**B**

**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki L3 (Fig. 6 A, B)**

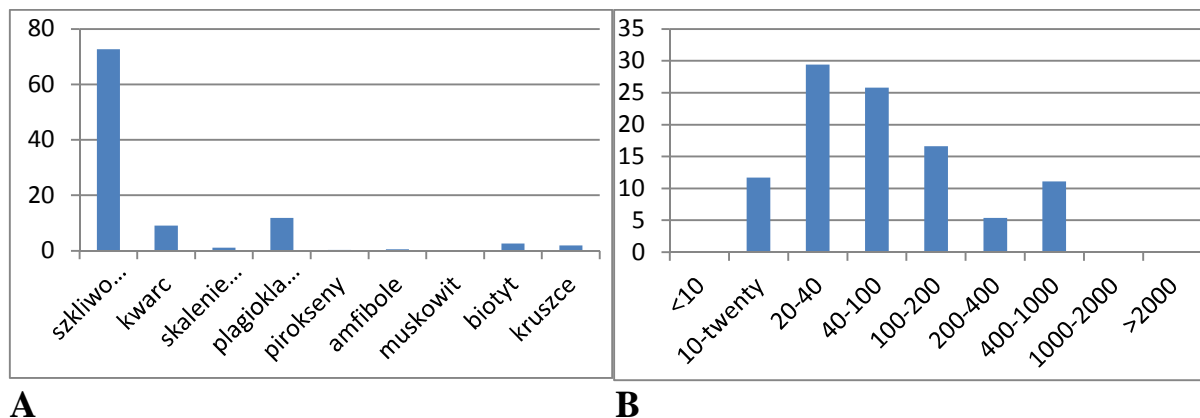


**A**

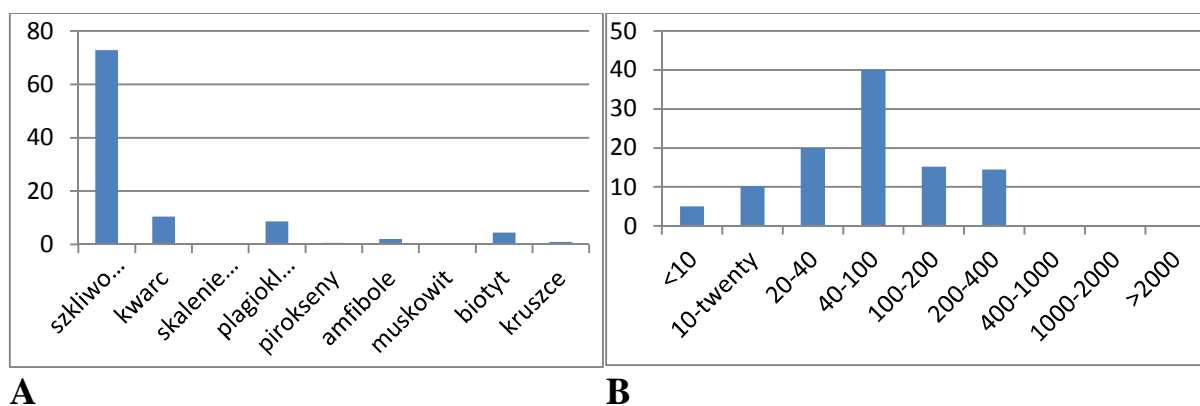
**B**

**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki L4 (Fig. 7 A, B)**

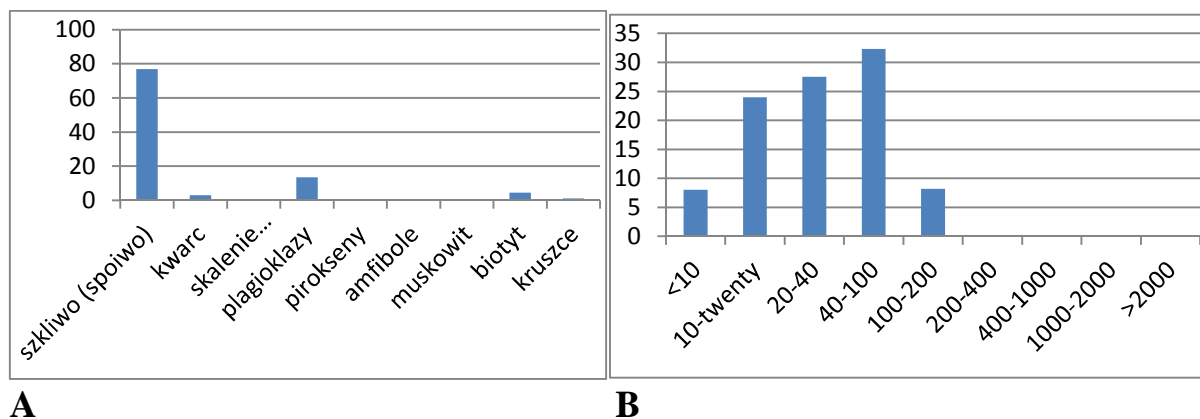




**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki L5 (Fig. 8 A, B)**



**Wykresy skład mineralnego i ziarnowego próbki L6 (Fig. 9 A, B)**



Analizy chemiczne szkliwa bomb wulkanicznych zestawiono w tabeli 1. Wskazują one na zmienność chemizmu magmy w zakresie magmy andezytowej i ryolitowej. Potwierdza to wcześniejsze obserwacje mikroskopowe biomb wulkanicznych,

Tab. 1

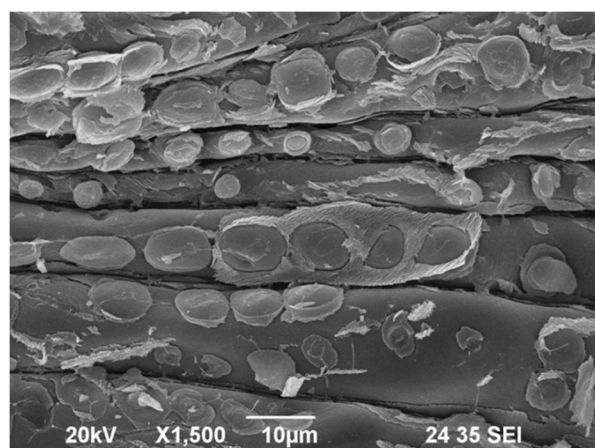
Zestawienie wyników analiz składu chemicznego szkliwa w próbkach L1-L6 (m1, m2, m3 – miejsca wykonania analiz szkliwa)

Próbka	miejsce		Pierwiastek								
			C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
L1 (szlif)	m1	[% wag.]	0,00	45,55	2,77	0,00	8,81	38,29	3,41	0,00	1,17
	m2		0,00	46,28	2,52	0,00	8,57	39,19	3,43	0,00	0,00
	m3		6,19	44,18	2,59	0,00	7,98	34,05	2,89	1,00	1,11
	średnia		2,06	45,34	2,63	0,00	8,45	37,18	3,24	0,33	0,76
L2	m1	[% wag.]	4,73	43,29	4,79	0,00	14,37	26,55	0,68	5,08	0,50
	m2		7,26	42,91	4,50	0,00	14,03	25,07	0,61	5,09	0,54
	m3		4,84	47,23	2,32	0,00	7,05	33,14	3,05	1,03	1,34
	m4		4,43	45,53	3,85	0,00	11,71	28,34	1,43	3,68	1,02
średnia	5,32	44,74	3,87	0,00	11,79	28,28	1,44	3,72	0,85		
L3	m1	[% wag.]	4,13	46,67	1,86	0,00	7,56	33,95	3,57	0,87	1,40
	m2		7,84	46,21	1,97	0,00	8,29	29,78	2,79	1,73	1,38
	m3		7,09	44,22	2,10	0,00	7,94	32,80	3,28	1,13	1,42
	m4		9,62	44,96	1,82	0,00	6,87	31,23	3,26	0,78	1,46
średnia	7,17	45,52	1,94	0,00	7,67	31,94	3,23	1,13	1,42		
L4	m1	[% wag.]	5,77	46,18	2,03	0,00	7,53	32,96	3,58	0,56	1,40
	m2		5,25	45,51	1,82	0,00	7,24	34,40	3,73	0,68	1,36
	m3		4,90	46,18	2,12	0,47	8,36	32,57	3,00	1,14	1,26
	m4		7,14	47,30	1,94	0,32	7,71	30,56	2,89	1,00	1,16
	m5 (szlif)		13,13	44,51	2,38	0,13	6,99	28,89	2,59	0,64	0,75
średnia	7,24	45,94	2,06	0,18	7,57	31,88	3,16	0,80	1,19		
L5	m1	[% wag.]	9,82	43,86	2,05	0,18	7,08	31,00	3,25	1,25	1,50
	m2		5,99	43,50	2,12	0,27	7,56	34,32	3,54	1,11	1,59
	m3		6,35	45,37	2,27	0,34	7,44	32,84	3,01	1,08	1,31
	m4		9,21	42,61	2,13	0,13	7,20	32,94	3,14	1,06	1,58
średnia	7,84	43,84	2,14	0,23	7,32	32,78	3,24	1,13	1,50		
L6	m1	[% wag.]	4,33	46,25	2,75	0,00	8,56	32,55	2,90	1,41	1,25
	m2		5,59	45,79	2,07	0,00	7,28	33,11	3,41	1,14	1,61
	m3		4,33	43,76	2,16	0,00	7,98	35,14	4,26	0,94	1,42
	m4		5,28	45,23	2,57	0,00	8,35	33,21	3,00	1,06	1,29
	m5 (szlif)		6,78	47,90	2,56	0,00	7,41	32,08	2,32	0,00	0,95
	m6 (szlif)		9,63	48,80	2,84	0,00	7,13	28,40	2,22	0,00	0,99
średnia	5,99	46,29	2,49	0,00	7,79	32,42	3,02	0,76	1,25		
			C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe

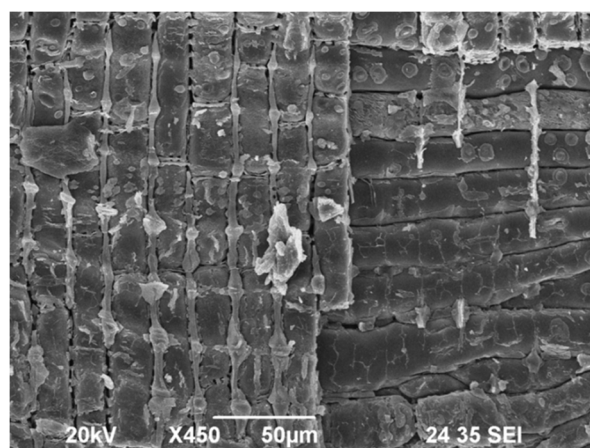
## B. Zolną, opalizované drevo z laháru

### Vnúťorná stavba opalizovaného dreva, mikrofoto – SEM, elektrónový mikroskop JEOL

Badania opalowej mineralizacji drewna w pobliżu stratowulkanu w Polanie obejmowały obserwacje struktur drewna przy pomocy mikroskopu skaningowego. Otrzymane obrazy ujawniły tkanki i komórki drewna wypełnione opalem (Fot. 4 A, B)



A



B

Fot. 4 A – Komórki tkanek drewna zmineralizowane opalem. B – struktura drewna wskazująca na występowania pustek wzdłuż zmineralizowanych tkanek struktury drewna. SEM.

Stwierdzono, że niektóre opály majú výrazné zastúpenie Fe, ktoré je viazané v amorfnej forme v SiO<sub>2</sub> géle. Zároveň sa preukázal trend zvyšovania obsahov fosforu v opáloch so zvyšujúcim obsahom železa. Bolo preukázané, že časť prvkov v pôvodnom hydrotermálnom SiO<sub>2</sub> géle mohla pochádzať z rozkladu pyroxénov. Rôzna farba drevných opálov je spôsobená najmä stavom pôvodného dreva v čase opalizácie, z časti tiež prítomnosťou smektitov alebo enormne zvýšeným obsahom železa. Nezistila sa žiadna preferencia nejakého druhu stromu pri opalizácii a tiež závislosť farby drevného opálu od druhu stromu. Identifikované boli rody Pinuxylon sp. (Pinaceae), Zelkovaxylon sp. (Ulmaceae) a Laurinuxylon sp. (Lauraceae).

Mineralogical investigation of wood petrified by opal confirmed mineralization species between cells as well as mineralization of cells. Observed phenomenon document migration of solutions containing silica. This phenomenon was observed at many other types of silicified wood (Holcer, Pawlikowski 1994, Lipiarski, Pawlikowski 2014). Migrating and mineralizing solutions removed part of organic liquids present in tissues of wood leading to secondary petrification. It means solutions transporting silica migrated along structure of wood tissues but across cell membranes. The process of migration of solutions was related with concentration of silica and next formation of solid phase represented by opal. Ten proces następował w zniszczonym i połamanym drewnie w trakcie spływu laharów po stoku aktywnego wulkanu (Fig. 10, 11).



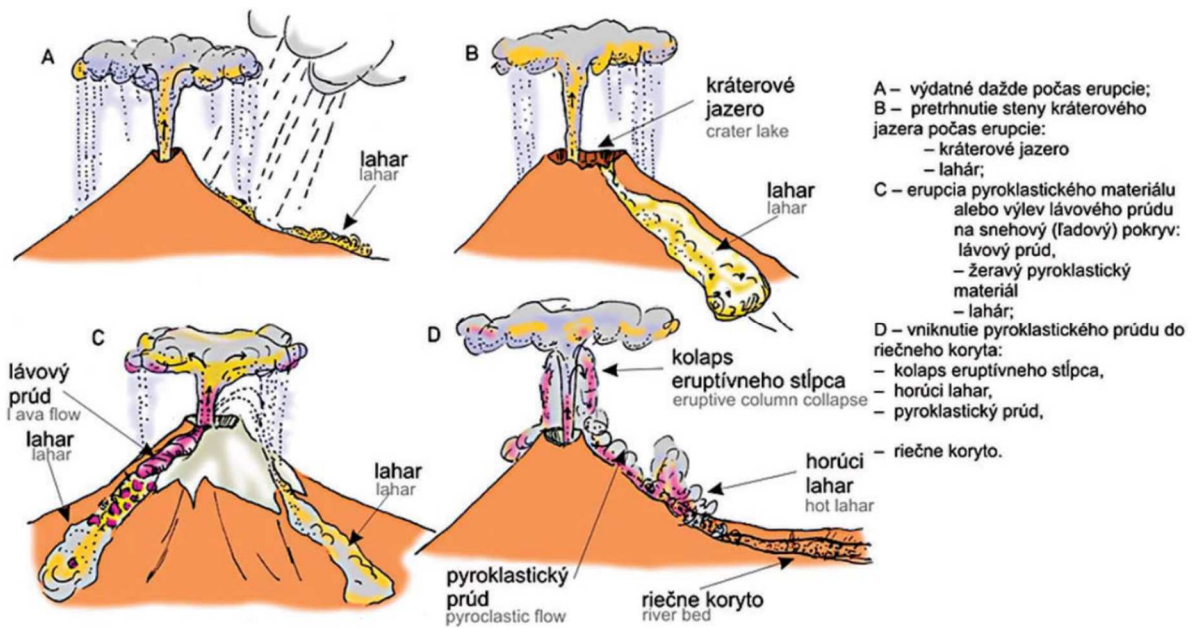


Fig. 10 Vulkanova aktyvnosť i príčiny vzniku laharov (V. Konečný)

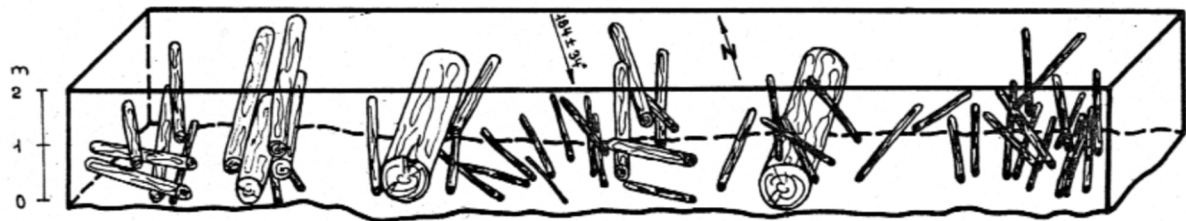


Fig. 11 Umiestnenie kmeňov stromov v spodnej časti laharu pri Zolnej po transporte po svahu Poľany pred cca 13 mil. rokov

## Podsumowanie

Europejski Miocen jak też młodsze osady zawierają wiele warstw piroklastycznych. Część z nich jest efektem wulkanicznej aktywności centrów znajdujących się w Słowacji. Jedno z nich znajduje się koło Strelnik, miejsce Polanka.

Prezentowane wyżej wyniki badań bomb wulkanicznych znajdujących się w lokalnych tufach potwierdziły zmienność mineralogiczną i chemiczną lokalnego stratowulkanu w trakcie jego aktywności. Dotyczy to zarówno zmienności składu chemicznego badanych plagioklazów jak też szkliwa występującego w badanych bombach.

W zależności od kierunku wiejących wiatrów materiał ze Słowackich stratowulkanów transportowany był na teren Polski południowej. Wkładki tufitów ryolitowych i andezytowych znane są z Sarmatu w rejonie między

Tarnobrzegiem i Sandomierzem i w wielu innych miejscach. Oznacza to, że materiał piroklastyczny z terenów Słowacji przeleciał ponad 300-400 km zanim opadł w Polsce (Pawlikowski 1983). Prawdopodobnie materiał piroklastyczny odnaleziony w wierceniach, w Neogenie Podhala jest także pochodzenia słowackiego (Kępińska et al. 2000).

Andezytowa aktywność wulkaniczna w polskim Miocenie znana jest dotychczas z jednego słabego źródła znajdującego się w Pieninach koło Krościenka (Pawlikowski 1976, Książek et al. 1980).

## **Závery**

Európske, miocénne rovnako ako aj mladšie sedimenty obsahujú mnoho pyroklastického materiálu. Časť z nich je výsledkom činnosti sopečných centier fungujúcich na Slovensku. Jedno z týchto centier bolo aktívne v blízkosti skúmaného odkryvu pri obci Povrazník, v ktorom sa študovali sopečné bomby. Tieto sopečné produkty sú prítomné v tufoch miocénneho veku a nachádzajú sa v oblasti obcí Ľubietová, Strelníky, Povrazník pod Poľanou a potvrdzujú isté zmeny magmy počas erupzívnej činnosti miestneho stratovulkánu. Spomínané oscilácie sa vzťahujú tak na minerálne zloženie „prakryštálov“ ako aj na chemické zloženie sopečného skla, ktoré vytvára tmel „prakryštálov“.

Opalizované drevo prítomné neďaleko skúmaného odkryvu v lome je výsledkom činnosti termálnych, mineralizovaných postmagmatických vôd spojených so sopečnou aktivitou.

Štúdium štruktúr skúmaných bômb potvrdilo, že sú fragmentmi chladnúcich sopečných hornín prítomných na svahoch sopky vytrhnutých v okamihu výbuchu, transportovaných v priestore a uložených v oblasti stratovulkánu Poľany. Pyroklastický materiál z aktívnych vulkánov bol transportovaný v závislosti od smeru vetra a uložený v južnom Poľsku. Vrstvy tufov a bentonitov (andezitové a ryolitové) sú pozorované v sarmate aj blízko Sandomierzu a Tarnobrzegu teda asi 300 - 400 kilometrov od sopečného zdroja na Slovensku (Pawlikowski 1983). Neogénne tufy objavené v Tatrách (Kępińska et al., 2000) sú pravdepodobne tiež slovenského pôvodu. Vulkanická činnosť v miocéne je známa aj v južnom Poľsku. Až do teraz bolo identifikované jedno slabé centrum neďaleko Krościenko v Pieninách. - (Pawlikowski 1976, Książek a kol 1980.).

## **Conclusions**

European, Miocene as well as younger deposits contain many pyroclastic sediments. The part of them is result of activity of volcano centers functioning in Slovakia. One of these centers was active near Povrazník village in outcrop, where the volcano bombs were studied. Investigation of volcano bombs present at tuffs of Miocene age located at Poľana area near Lubietová, Strelníky, Povrazník villages confirm alternation of magma during eruptive activity of local stratovolcano. Mentioned oscillation concern as mineral composition of pracrystals as well as chemistry of volcano glass cementing pracrystals.

Opalized wood present near investigated outcrop is the result of activity of thermal, mineralized postmagmatic waters connected with volcano activity.

Observation of structures of examined bombs confirm they are represented fragments of cool volcanic rocks, which were present on slopes of volcano, and teared at the moment of explosion, transported in the space and deposited at Poľana area. Depending on direction of wind pyroclastic material from active volcanos was transported and deposited in Southern Poland. Layers of tuffs and bentonites (andezitic and rhyolitic) are observed at sarmation even near Sandomierz and Tarnobrzeg i.e. about 300-400 km from volcanic source in Slovakia (Pawlikowski 1983). Probably Neogene tuffs discovered at Tatra Mts. (Kępińska et al. 2000) are of Slovak Origin too. Volcano activity at Miocene is known at South Poland. Up to now was identified one weak center near Krościenko at Pieniny Mts. - (Pawlikowski 1976, Książek et al. 1980).

## **Literatura**

Alexandrowicz S.W., Pawlikowski M., 1978 Tufity miocenijskie w Chełmie Wielkim nad Przemszą. *Kwart. Geol.*, T. 22, nr 1, 131-144.

Alexandrowicz S.W., Pawlikowski M., 1978a Policykliczny poziom tufitowy w miocenie okolic Gliwic. *Kwart. Geol.*, T. 24, nr 3, 663-578.

Holcer Z., Pawlikowski M., 1994 Badania mineralogiczne skrzemionkowanych pni arkozy kwaczalskiej. *Arch. Mineral.* T., z. 1, 69-89.

Kępińska B., Pawlikowski M., Nagiel J., 2000 Tufity biotytowe w eocenie otworu Biały Dunajec PAN-1 na Podhalu. *Przeegl. Geol.* v.48, nr 11, 1045-1052.



Konečný V., Lexa J., Šimon L., Dublan L. 2001: Neogénny vulkanizmus stredného Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 3, 33, Bratislava, 159-178.

Książek E., Parachoniak W., Pawlikowski M., Wiewiórka J., 1980 Badania amfiboli z andezytowego tufitu wielickiego i andezytów pienińskich. *Prace Miner.* nr 66, 7-17.

Lipiarski I., Pawlikowski M., 2014 Uwęglony i zsylikowany pień kordaitu w warstwach libiąskich (westwał D – moskow) koło Chrzanowa, Górnośląskie Zagłębie Węglowe. *Przegląd Geologiczny* t.62, nr 1, 22-27.

Parachoniak W., Pawlikowski M., 1980 Hornblenda z tufitu andezytowego z Wieliczki. *Spraw. z Pos. Kom. Nauk. PAN. Oddz. Kraków* T.XXI/2, 127-128.

Pawlikowski M., 1976 Studium mineralogiczno-petrograficzne utworów terrygeniczo-chemicznych złoża solnego Wieliczki *Prace Mineralogiczne*, nr 56, 67-123.

Pawlikowski M., 1979 Z badań mineralogiczno-petrograficznych tufitów występujących nad seria chemiczna w rejonie złoża siarki Wydrza. *Spraw. z Pos. Komisji. Nauk. PAN. Oddz. Kraków*, T.XXIII, 273.

Pawlikowski M., 1983 Studium mineralogiczno-petrograficzne produktów przeobrażeń gipsów mioceńskich w złożu siarki Wydrza. *Prace Miner.* nr 72, 1-59.

Pawlikowski M., 1992 Analysis of tephra layers from TD-II and TD-V excavations. In: Kozłowski, Laville, Ginter: *Temnata Cave. Jagiellonian University Press*, 501 p.

Pawlikowski M., Koshut M., Duda P., 2012 Badania neogenskich andezytów i tufów z okolic miejscowości Skaros (południowo-wschodnia Słowacja). *Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii* T.III, 266-276.