

IGNIMBRITNI TUFI PRI PODLJUBELJU

Ančka Hinterlechner-Ravnik

S 14 slikami v prilogi

Kratka vsebina. Na območju Podljubelja pri Tržiču smo v izdankih plasti, ki so jih doslej kartirali kot werfenske in anizične, z mikroskopsko raziskavo določili ignimbritne tufe v dveh horizontih. Ignimbritni tufi pod rudonosnim apnencem so v glavnem rdeči in beli. Vsebujejo vtrošnike prvotnega kalijevega glinenca nižetemperaturnega sanidina in ortoklaz. Nad rudonosnim apnencem pa najdemo poleg rdečih tudi zelene in sive različke, nikdar pa izrazito belih. Ti različki so pogosto spremenjeni. Značilno zanje je tudi, da so sestavljeni v glavnem iz kristalov sekundarnega albita in fragmentov plovca. Za oba horizonta pa velja, da so značilnosti ignimbritnih tufov v nekaterih vzorcih lepo ohranjene, v drugih pa zaradi devitrifikacije zabrisane. Kemično analizirani vzorec pripada ignimbritnemu tufu biotitnega porfirja.

Uvod

Jeseni leta 1965 so S. Buser, S. Dozet in J. Cajhen geološko kartirali ožjo okolico Podljubelja. V plasteh, ki so jih imeli za werfenske in anizične, so bili pozorni zlasti na izdanke kamenin, ki so jih geologi prištevali h kremenovemu porfiritu. Raznobarvne vzorce teh izdankov, ki so jih vzeli pod rudonosnim apnencem in nad njim, smo podrobno petrografsko analizirali. Nismo pa raziskali tufskih vzorcev iz tistega dela profila, ki so ga geologi že doslej šteli v wengen.

Doslej so geologi imeli orudenenje v Podljubelju za wengensko. Če je razdelitev celotnega zaporedja na werfenski, anizični in wengenski del točna, je orudenenje werfenske starosti. Vendar pa je za tak sklep treba prej ponovno preveriti celotno zaporedje plasti na podlagi paleontoloških dokazov.

O werfenskih sedimentih, podobnih tufom, je pisal Germovšek (1955, 117), o verjetni sedimentaciji produktov tedanjega vulkanizma Zorc (1955, 29), o tufih v plasteh skitske stopnje na območju Ljubljanskega prelaza pa Kahler (1959, 146).

O nastanku ignimbritnih tufov in njihovi terminologiji

Ignimbritni tufi so nastali tako, da je zelo viskozna steklasta magmatska masa zaradi velike vsebnosti plinov eksplodirala, preden se je razlila čez žrelo vulkana. Oblak eksplodiranega materiala, tako imenovani »nuée ardente«, sestavljen iz pepela plovca in značilnih konkavnih fragmentov sten prejšnjih votlin, ki so bile zapolnjene s plini, je padel še vroč na zemljo, kjer se je začel zaradi lastne teže premikati kot lavina. Od tod izvira psevdofluidalna struktura kamenine. Zaradi visoke temperature je bil ves material še plastičen, zato so se konkavni steklasti drobci in plovec, obteženi z maso premikajočega se materiala, povečini sploščili in razpotegnili. Deformacije so različne glede na lego drobcev v tufskem materialu, najmočnejše so v sredini. Najmanjši steklasti drobci in pepel so se plastično ovili okrog vtrošnikov in večjih kosov plovca, ki so predstavljali oviro za premikajoči se material.

Za ignimbritne tufe je tudi značilno, da so se lahko posamezni steklasti drobci med seboj zvarili, kar je posledica visoke temperature in njihovega neposrednega medsebojnega stika. Visoka temperatura, počasno ohlajanje in prisotnost plinov pa so navadno povzročili tudi devitrifikacijo steklastih komponent. Devitrifikacija je pogosto popolnoma zabrisala značilne strukture, zlasti vitroklastično, ki pa se je ohranila, če so drobci kristalizirali z aksiolitno strukturo. Zaradi limonitizacije pa značilne strukture kljub devitrifikaciji pogosto vidimo brez analizatorja. Strukturne razlike tufov je lažje ločiti v mlajših kameninah kot v starejših. Produkta devitrifikacije stekla predstavljajo po literaturnih podatkih ortoklaz, tridimit in kristobalit. V starejših vulkanskih kameninah preideta tridimit in kristobalit v kremen. Te zelo drobno zrnate agregate so analizirali po rentgenski difrakcijski metodi.

Vtrošniki, ki so za ignimbritne tufe tudi značilni, so idiomorfni, hipidiomorfni in pogosto nalomljeni. Nastajali so že v intratelurni fazi, ko so bili tudi magmatsko korodirani. Vtrošniki pripadajo večinoma kremenju in kislim plagioklazom.

Ignimbritni tufi nastajajo predvsem iz zelo viskoznih, kislih in srednjekislih magem.

Raziskovalci si danes glede pomena izraza ignimbrit niso enotni. Neenotnost izvira od tod, ker ga uporabljajo za različne pojme. Vulkanologi označujejo z njim vrsto erupcije, medtem ko ga nekateri geologi uporabljajo kot ime določene skupine kamenin, drugi pa celo kot vrsto kamenin.

Vulkanologi so prvotno razlikovali dve glavni vrsti eruptivnih produktov: lavo in tefro, oziroma tuf. Sčasoma se je pokazala potreba, da se za vmesne člene najdejo novi izrazi; Lewinson-Lessing (Armenskoje vulkaničeskoje negorje. Prir. 5, 1928), je vpeljal tufolave kot tretji tip efuzivov, Marshall pa leta 1932 pojem ignimbritov. Nekatere vrste kamenin obeh skupin so si zelo podobne. Vendar izraza tufolava in ignimbrit nista identična in ju mnogi avtorji nedosledno uporabljajo. Strukture tufolav in ignimbritov, ki jih opazujemo pod mikroskopom, pa so lahko enake (Pichler, 1963).

Tufolava je po Vlodavcu (1953) avtobrečasta lava; nastaja v notranjosti lavinih potokov, če razpoke v manj viskoznih delih lave zapolnijo drobci iz njenega bolj viskoznega toka. Pod nadaljnjimi mehaničnimi vplivi se zvišujeta pritisk in temperatura, tako pride do plastičnih deformacij in s tem v zvezi do podobnih struktur kot so ignimbritne. Vendar so tako nastale strukture redke. Po Pichlerju razlikujemo tufolave od ignimbritov po tem, da so plasti tufolave tanjše in manj razsežne.

Izraz ignimbrit bi bilo možno opustiti. Ker pa je v literaturi tako zelo razširjen, ga bi bilo težko odpraviti. Vendar ga v petrografskem pomenu ne smemo več uporabljati v samostalniški obliki, temveč le v pridevniški. »Ignimbritni riolit« je petrografski izraz, medtem ko je »riolitni ignimbrit« vulkanološki pojem (Vlodavec, 1964). »Ignimbritni izbruh« je poseben tip vulkanskega izbruha. Njegovi produkti imajo obliko pokrova, sestavljenega v prerezu iz različnih kamenin: vulkanskega pepela, (nezvarjenega) tufa, delno zvarjenega tufa, zvarjenega tufa in rahlega plovca, ki kažejo posebne strukture. Za petrografsko vrednotenje je potrebno raziskati celoten profil, medtem ko na stratigrafski pomen kažejo tudi posamezni kosi tufolav oziroma ignimbritnih tufov. Ignimbritne usedline moramo petrografsko še posebej določiti kot npr. ignimbritni riolitni tuf. V tem smislu smo izraz ignimbriten v tem članku tudi uporabljali.

Petrografska raziskava podljubeljskih ignimbritnih tufov

Podrobno smo petrografsko analizirali vzorce ignimbritnih tufov iz izdankov v skitskih in anizičnih sedimentih. Tudi tufski različki v wengenskih skladih tega območja kažejo vitroklastično strukturo, natančneje pa njihovih vzorcev še nismo raziskali.

Analizirani različki se med seboj ločijo po barvi in po sestavi. Za ignimbritne tufe pod rudonosnim apnencem sta značilni predvsem rdeča in bela barva, medtem ko nad rudonosnim apnencem najdemo poleg rdečih različkov tudi več zelenih in sivih, nikdar pa izrazito belih. Zaradi različnih odtenkov barv vidimo pogosto že megaskopsko, zlasti na rdečih različkih, da so sestavljeni iz fragmentov različne velikosti od enega milimetra do nekaj centimetrov, s čimer prehajajo že v breče.

Bistvena značilnost ignimbritnih tufov pod rudonosnim apnencem je, da vsebujejo kot vtrošnik prvotni kalijev glinenec, nižetemperaturni sanidin kriptopertit, ki včasih prehaja v ortoklaz. Nižetemperaturni sanidin dokazuje počasno hlajenje tufske mase. Vtrošniki in osnova ignimbritnih tufov, ki leže nad rudonosnim apnencem, pa so spremenjeni. Plagioklaz je zastopan v vseh pregledanih vzorcih s sekundarnim albitom, ki je pogosto že tudi kalcificiran in sericitiziran. V laboratorijski zbirki pa imamo tudi vzorce, ki jih je v zgornjem horizontu nabral Berce leta 1953; ti vsebujejo svež sanidin. Vtrošniki glincev v starejših ignimbritnih tufih so redki (do 15 %), medtem ko kristali glincev v mlajših ignimbritnih tufih včasih v kamenini prevladujejo.

Iz izdankov pod rudonosnim apnencem smo petrografsko raziskali vzorce št. 701, 1173 (štirje različki), 1216, 1259, 1381, 1454, ki so vijoličasto rdeči, sivi, beli in zeleni. Zaradi različnih odtenkov vidimo pogosto že megaskopsko, zlasti na rdečih različkih, da so sestavljeni iz fragmentov različne velikosti od enega mm do nekaj cm.

Strukture teh vzorcev smo pod mikroskopom zlasti lepo opazovali brez analizatorja v zbruskih rdečih različkih. Vulkanski fragmenti so včasih precej močno deformirani (sl. 1a in 1b). Plovec je pogosto popolnoma stisnjen ali (v belih različkih) zelo razpotegnjen ter žarkovito kristaliziran. Redki fragmenti, predvsem večji, ki imajo jasno laminacijo in včasih drobne spremenjene vtrošnike plagioklaza, pa niso deformirani (sl. 2). Take fragmente smo našli tudi v ignimbritnih tufih v krovnini rudonosnega apnenca.

Osnovo pregledanih ignimbritnih tufov sestavljajo steklasti drobci značilnih oblik (sl. 1a in 2a) in najfinejši vulkanski pepel. Redko smo opazovali skoraj popolnoma ohranjene podolgovate votlinice nekdanjih plinskih mehurčkov (sl. 1a). Steklo je mikro do zelo drobno devitrificirano in ga pod mikroskopom ni mogoče natančneje določiti. Značilna je aksiolitna struktura devitrificiranih drobcev (sl. 1a in 1b). Beckejeva črta osnove je glede na vtrošnike sanidina pozitivna, glede na kanadski balzam pa negativna. V enem samem zelo silificiranem vzorcu pa smo ugotovili pozitivno Beckejevo črto. V tem vzorcu (št. 1454) je tudi vtrošnik sanidina včasih nadomeščen z drobnozrnatim kremenom in albitom (sl. 3). V osnovi rdečih različkov sta drobno dispergirana magnetit in hematit, osnova belih različkov pa je kalna. V rdečih vzorcih ni samo osnova obarvana z železovimi oksidi, temveč tudi litoidni fragmenti, ki se pa zaradi različne koncentracije oksidov jasno odražajo od osnove kamenine. V osnovi zelenkastih različkov je drobno dispergiran klorit; večje luske smo opazovali le redko. Včasih je osnova delno sericitizirana. Akcesorna so posamezna nekoliko večja zrna železovih oksidov in apatit.

Kot vtrošniki nastopajo kalijeve glinenci. V belih različkih so pogosto popolnoma kaolinizirani, v rdečih pa smo našli kristalno čist sanidin kriptopertit (sl. 1a, 1b, 2a in 2b). Skoraj pri vseh meritvah sanidina po metodi Federova smo ugotovili rahla odstopanja od monoklinske mreže, ker ta metoda za določanje kalijevih glinencev ni najbolj natančna. Kot optičnih osi, kemična analiza kamenine, steklast lesk in prosojnost kristala pa jasno govore za sanidin. Njegovi kristali so hipidiomorfni, včasih nalomljeni, z lepimi sledovi magmatske resorpcije. Navadno so poedinci, redko dvojlični, predvsem po bavenskem zakonu, a tudi po karlovarskem in manebaškem ter tvorijo lepe kombinacije. Sliki 1a in 1b kažeta magmatsko korodiran sanidinov vtrošnik, zraščen po levem in desnem bavenskem ter po manebaškem zakonu. Na dveh rahlo conarnih zrnih (sl. 2a in 2b) smo lahko neposredno zmerili spremembo kota optičnih osi od jedra proti ovoju; vrednosti $2V_x$ so se spreminjale pri prvem zrnju od 24° do $36,5^\circ$, pri drugem pa od $17,5^\circ$ do $28,5^\circ$. Na drugih zrnih se je neposredno izmerjen kot optičnih osi $2V_x$ spreminjal od 14° do 40° , povprečje znaša $26,7^\circ$ (merjenih 35 zrn). Ravnina optičnih osi je pravokotna na ploskev (010), kar dokazuje nižetemperaturno obliko sanidina in

počasno hlajenje tufske mase. Variaciji kota optičnih osi ustreza do 62 % albita in anortita, glede na povprečni kot $2V_x$ pa je 23 % te komponente v seriji sanidin-anortoklaz kriptopertit (Deer, Howie, Zussman, 1963, 58).

V belih različnih nastopajo predvsem vtrošniki ortoklaza. V nekaterih različno obarvanih vzorcih opazujemo posamezna zrna s prehodi sanidina v ortoklaz, pri tem je del zrna, ki pripada ortoklazu, kalen. Na sl. 4 tega karlovarskega dvojčka pripada na temnem zrnju svetlejši del ortoklazu, temnejši sanidinu; na svetlem zrnju dvojčka pa je obratno.

Vtrošniki ortoklaza so idiomorfni in hipidiomorfni, včasih nalomljeni, le redko magmatsko korodirani. Povečini so poedinci, redkeje dvojčični, zraščeni po karlovarskem, manebaškem in tudi bavenskem zakonu. Vedno so rahlo kalni. Neposredno merjen kot optičnih osi $2V_x$ variira od 52° do 72° in znaša povprečno $61,5^\circ$ (merjeno na 12 zrnih). Območje vrednosti kota optičnih osi ustreza ortoklaz kriptopertitu z 22 do 43 % albita in anortita, povprečna vrednost kota optičnih osi pa ustreza 33 % te komponente (Deer, Howie, Zussman, 1963, 58).

Za ignimbritne tufe nad rudonosnim apnencem je značilno, da so sestavljeni v glavnem iz kristalov in drobcev plovca [vzorci št. 514 (dva različka), 515, 516 (dva različka) in 1116 (štirje različki); sl. 5a, 5b, 6a, 6b in 7]. Relativna količina obeh komponent se zelo spreminja. Vzorec pravega kristalastega tufa kaže sl. 8; takšni tufi so na območju Podljubelja redki. Velika nehomogenost teh vzorcev je vidna že megaskopsko. Litoidni fragmenti sami lahko tudi vsebujejo posamezne manjše vtrošnike. Deli, kjer opazujemo v zbrusku najfinejši vulkanski pepel, so pogosto še skoraj izotropni (sl. 6b). Kristali mlajših ignimbritnih tufov pripadajo sekundarnemu albitu, ki je zelo neenoten (sl. 5b in 6b). Prvotna oblika kristalov pa je ohranjena; zrna so hipidiomorfna in pogosto magmatsko korodirana. V rdečkastih različkih so plagioklazi rahlo limonitizirani. Pogosto so kalcificirani in sericitizirani. V zrnih, merjenih po metodi Fedorova, znaša količina anortita nekaj procentov, redko do 10 % an, v enem samem zrnju pa 20 % an. Kot optičnih osi $2V_x$, merjen neposredno, variira od 84° do 88° , povprečni kot optičnih osi je $87,7^\circ$ (merjenih 9 zrn). Pri meritvi ene same optične osi pa variira kot $2V_x$ od 84° do 92° in znaša povprečno 89° (merjenih 15 zrn). Glede na povprečni kot optičnih osi ustreza sestava plagioklaza nizkotemperaturnemu oligoklazu s 16 % an (Deer, Howie, Zussman, 1963, 134). Na fragmentih plovca in ob zrnih plagioklaza kamenin tega horizonta opazujemo pogosto zelo lepe plastične deformacije. Prav tako so ohranjeni lepi steklasti fragmenti z aksiolitno strukturo in s sledovi sintranja (sl. 6a in 7). Fragmenti plovca so pogosto žarkovito kristalizirani. Redki fragmenti kažejo tudi koncentrične zunanje robove okrog radialno kristaliziranih sferulitov (sl. 5b in 6b). Zanimivi so fragmenti plovca s scefраниmi robovi, ki so nastali ob eksplozijah plinskih mehurčkov in so zelo lepo ohranjeni (sl. 7) ter le delno deformirani. Posamezni večji litoidni in majhni steklasti fragmenti nekaterih vzorcev so močno kalcificirani.

Značilni vtrošnik, zastopan skoraj v vsakem vzorcu s posameznimi luskami, je biotit. Pogosto je svež, včasih pa limonitiziran. Luske svežega

biotita kažejo pleohroizem svetlo zelene do temno rjave, skoraj črne barve. Včasih so le rjavo pleohroične. Luske so navadno nalomljene. Zanimivi so redki, a lepi pojavi magmatske korozije tudi na tem kristalu (sl. 9). Zelenkaste rogovače, ki po literaturnih podatkih nastopa v magmatskih kameninah Podljubelja (Berce, 1954), v naših vzorcih nismo našli. Isto velja za vtrošnik kremena (sl. 8).

Pregledani vzorci imajo psevdofluidalno (sl. 2 in 2b, 5a in 5b, 6a in 6b, 7), in eutaksitsko (sl. 1a in b) strukturo, poudarjeno s subparalelno ali paralelno orientacijo litoidnih fragmentov in vtrošnikov. Ta struktura ignimbritnih tufov je tem bolj izrazita, čim večje so bile obtežitve med konsolidacijo kamenine. Steklasti drobcí so pod velikimi pritiski izgubili svoje značilne konkavne oblike in so zelo sploščeni. Opazujemo različne stopnje plastičnih defomacij; nedeformirani drobcí so redki (sl. 1a in 7). Tuji fragmenti, naknadno vključeni v tufsko maso, niso plastično deformirani.

Pregledani vzorci pripadajo ignimbritnemu tufu biotitnega porfirja oziroma trahita. Kamenine mlajših izbruhov, nad rudonosnim apnencem, so albitizirane in predstavljajo ignimbritni tuf biotitnega keratofirja.

Vtrošniki vulkanske kamenine lahko dajo nepravilno indikacijo o njeni sestavi. Zato smo en vzorec tudi kemično analizirali. Ker beli različki vsebujejo delno spremenjene plagioklaze, smo za analizo izbrali rdeč različek s svežimi vtrošniki sanidina. Povprečni neposredno merjeni kot optičnih osi $2V_x$ sanidina tega vzorca, merjen na 9 zrnih, je $26,9^\circ$. Podatki kemične analize se skladajo z opazovanji pod mikroskopom. V 1. tabeli je podana kemična analiza, preračunana na CIPW formulo in na Nigglijeve parametre. Nigglijevi parametri nam povedo, da pripada analizirana kamenina kalijski (mediteranski) provinci, natančneje leukosienitskemu-granitskemu rapakiwitskemu tipu magme in je salična, kisla, bogata z alkalijami in siromašna s c (Burri, 1959). Vzorec spada med redke različke triadnih vulkanskih kamenin pri nas, ker je zelo bogat s kalijem in skoraj ne vsebuje natrija in kalcija.

Kamenine, ki smo jih določili kot ignimbritne tufe biotitnega porfirja in biotitnega keratofirja, je Berce imenoval kremenov porfirit in pripomnil, da kemične analize govore bolj za kremenov keratofir. Našel ga je samo v werfenskih plasteh in ga je imel za produkt wengenskega vulkanizma (Berce, 1954).

Ob vulkanskih eksplozijah na območju Podljubelja so drobcí padali delno tudi v morje. Tam so se relativno hitro ohladili in pomešali z večjimi količinami drugega sedimentacijskega materiala. Taka kamenina lahko nakazuje, kako daleč je prišel pepel ob določenem vulkanskem izbruhu. V teh vzorcih ne opazujemo struktur, značilnih za ignimbritne tufe. Pregledali smo en sam tak različek (vz. 701), sestavljen pretežno iz steklastih drobcev značilnih konkavnih oblik, ki pa vsebuje tudi rekristalizirane, s kloritom zapolnjene mikrofosile. Na steklastih fragmentih smo opazovali sicer določeno orientacijo, vendar kot posledico sedimentacije.

Povzetek

V okolici Podljubelja smo ugotovili ignimbritne tufe. Nahajajo se pod rudonosnim apnencem in nad njim v plasteh, ki so jih do sedaj kartirali kot werfenske in anizične. Značilnosti ignimbritnih tufov so v nekaterih vzorcih lepo ohranjene, v drugih pa zaradi devitrifikacije zabrisane. Ignimbritni tufi pod rudonosnim apnencem so ohranjeni sveži in vsebujejo vtrošnike nižetemperaturnega sanidina in ortoklaza, nad rudonosnim apnencem pa so včasih še delno steklasti, albitizirani, kalcificirani in sericitizirani. Kemično analiziran vzorec pripada ignimbritnemu tufu biotitnega porfirja.

IGNIMBRITNI TUF BIOTITNEGA PORFIRJA — IGNIMBRITE TUFF OF BIOTITE PORPHYRY

1 173 b/11 474

1. tabela

Table 1

a) Kemična analiza Chemical analysis			b) Normativni mineralni sestav CIPW norms	
SiO ₂	70,72	71,17		
TiO ₂	0,17	0,17		
Al ₂ O ₃	13,24	13,32		
Fe ₂ O ₃	1,87	1,88	q	25,44
FeO	0,63	0,64	c	0,82
MgO	0,94	0,95	or	61,72
CaO	0,30	0,30	ab	6,29
Na ₂ O	0,70	0,71	hy _{Mg}	2,4
K ₂ O	10,40	10,46	mt	0,70
P ₂ O ₅	0,07	0,07	hm	1,44
H ₂ O ⁺	0,37	—	il	0,31
H ₂ O ⁻	0,21	—	ap	0,31
CO ₂	0,07	0,07	cc	0,2
S	0,26	0,26	pr	0,48
Vsota Total	99,95	100,00		100,11
c) Nigglijevi parametri The Niggli-parameters			Sal Fem	16,14
	al	41,46	Q F	0,37
	fm	18,04		
	c	1,58		
	alk	38,92	K ₂ O' + Na ₂ O' CaO'	∞
	si	378		
	k	0,9	K ₂ O' Na ₂ O'	9,25
	mg	0,42		
			Formula CIPW	I,4,1,1

Analiziral:

Analyzed by:

M. Treppo, Metalurški inštitut, Ljubljana

IGNIMBRITE TUFFS AT PODLJUBELJ (SLOVENIA)

Abstract. In the region of Podljubelj in Karavanke mountains by petrographical analyses ignimbrite tuffs in two distinct horizons mapped up to now as Werfenian and Anisian were determined. The ignimbrite tuffs laying under the mineralized limestone generally are red or white in colour, and characterized by phenocrysts of low-sanidine and orthoclase. The ignimbrite tuffs occurring over the mineralized limestone are of green and gray colour too, but never distinctly white, often composed essentially of crystals and pumice fragments. Phenocrysts are albitized, samples in the whole rather altered. The ignimbrite tuffs characteristics in some samples of both horizons are good conserved, in others due to devitrification obliterated. The chemically analyzed sample belongs to biotite-porphyry ignimbrite tuff.

Introduction

In the year 1965 the near vicinity of Podljubelj was mapped geologically by S. Busser, S. Dozet, and J. Cajhen. Examining the strata considered as Werfenian and Anisian, they paid especially attention on rock outcrops, which were determined by geologists as quartz porphyrite. Variegated samples of those outcrops occurring under and over the mineralized limestone were petrographically examined, while tuff intercalations in Wengenian sediments, which follow in the section, are not closely determined.

The mineralization with cinnabar at Podljubelj has been considered to be of Wengenian age. If the stratification of the geological sequence of strata in Werfenian, Anisian and Wengenian is correct, the mineralization is of Werfenian age. But for this conclusion the stratigraphical sequence is to be proved again paleontologically.

Germovšek for the first time (1955, 17) wrote about Werfenian sediments like tuffs, Zorc (1955, 29), supposed the sedimentation of products of Werfenian volcanism, while Kahler (1959, 146) stated tuffs in the beds of Scythian stage in the region of Ljubelj pass.

Petrographic characteristics of ignimbrite tuffs at Podljubelj

Ignimbrite tuffs petrographically analyzed occur in two distinct horizons varying in colour and in composition. For ignimbrite tuffs overlain by the mineralized limestone red and white colour are characteristic, while the tuffs underlain by the mineralized limestone are of green and gray colour too, but never distinctly white. Owing to different colour shades especially in red samples, we see often megascopically that ignimbrite tuffs are composed of fragments of different size, varying from one millimeter to some centimeters, thereby, grading over into breccias.

The ignimbrite tuffs overlain by mineralized limestone are characterized by phenocrysts of low-sanidine, which sometimes passes over into

orthoclase. But phenocrysts and matrix of ignimbrite tuffs occurring over the mineralized limestone are altered. Plagioclase phenocrysts belong to secondary low-albite and are often calcitized and sericitized. In our laboratory collection there are also some samples from the upper horizon collected by Berce (1954), which contain low-sanidine phenocrysts too. In tuffs of lower horizon phenocrysts of alkali feldspar are scarce (to 15 %), while plagioclases in younger ones sometimes prevail.

From the lower horizon lying under the mineralized limestone nine samples were analyzed (No. 701, 1173 four varieties, 1216, 1259, 1381, 1454). The original structures have been in a great extent destroyed. But the characteristics indicating the origin of rocks are distinct, especially on limonitized samples, observed under the microscope with parallel polars. Glass shards are sometimes highly deformed (Fig. 1a and 1b). Pumice fragments are compressed or rather flattened showing development of spherulites with radial aggregates. Some larger volcanic fragments, probably alien material, showing distinct lamination, and sometimes including small altered phenocrysts of plagioclase, have not been deformed at all (Fig. 9). Similar fragments are found in the ignimbrite tuffs overlying the mineralized limestone too.

The matrix is composed of glass shards (Fig. 1 and 2a) and finest volcanic dust. Seldom circular glass-bubble walls, only slightly flattened are preserved (Fig. 1a). The devitrificated glass products are too fine grained to be identifiable under the microscope. Axiolitic structure of shards is often developed (Fig. 1a and 1b). The refraction index of the matrix is higher to sanidine phenocrysts and lower to Canada balsam. Only one sample (No. 1454) is very silicified, and even its sanidine phenocrysts are sometimes replaced with fine grained quartz and albite (Fig. 3). The magnetite and hematite microlites in the matrix, as well as in the lithic fragments give the red colour of samples. Different concentration of iron oxides makes possible megascopic distinction of tuff components. The matrix of green specimens contains microlites, and seldom fine chlorite scales.

In red ignimbrite tuffs sanidine cryptoperthite with vitreous luster occurs (Fig. 1a and 1b, 2a and 2b). Feldspar phenocrysts are generally subhedral, some edges are irregular or fractured, some are rounded or irregularly embayed. Twinning is seldom absent, principal observed twin laws are Carlsbad, Baveno (left and right), and Manebach (Fig. 1a and 1b). Directly determined values of $2V_x$ for 35 sanidine phenocrysts are ranging from 14° to 40° , averaging $26,7^\circ$. The average optic axial angle corresponds in composition to sanidine cryptoperthite with 23 % of albite-anorthite (Deer, Howie, Zussman, 1963, 58). In two slightly zoned sanidine phenocrysts the variation of the optic axial angles from the core to the rim has been determined. In the first grain the $2V_x$ ranges from 24° to $36,5^\circ$, in the second grain it ranges from $17,5^\circ$ to $28,5^\circ$. The optic axial plane is always normal to the plain (010). This orientation is characteristic for low-sanidine.

Phenocrysts of alkali feldspar in samples of white colour belong to orthoclase and are often rather turbid due to alteration, caused by

development of kaolinite and sericite. In some samples of different colour, there are crystals of sanidine passing to orthoclase as shown in Fig. 4. In the dark individual of this Carlsbad twin the lighter part belongs to orthoclase and the darker one to sanidine. In the lighter individual the relation is opposite.

Orthoclase phenocrysts are euhedral or subhedral, sometimes fractured, rarely rounded or embayed. Twinning, not always present, is on the Carlsbad, Manebach, seldom Baveno laws. The range of directly measured optic axial angles $2V_x$ in twelve orthoclase grains changes from 52° to 72° , averaging $61,5^\circ$.

The ignimbrite tuffs occurring over the mineralized limestone are often composed essentially of crystals and pumice fragments [samples No 514 (two varieties), 515, 516 (two varieties and 1116 (two varieties); Fig. 5a, 5b, 6a, 6b, and 7]. Relative proportion of both components varies even in individual sections of the same sample. A crystal tuff is shown in Fig. 8, but such samples in the region of Podljubelj are scarce. Matrix composed of glass shards and finest volcanic dust is often preserved glassy (Fig. 6b). Felspar phenocrysts of the upper ignimbritic horizon are characterized by albitization. The primary crystal shapes are preserved: they are subhedral, and often embayed and rounded. Albite is generally partly or completely replaced by calcite and sericite. In red coloured varieties albite shows slight turbidity due to limonitization. Twinning on albite law is generally present. The Fedorow-Nikitin method gives the anorthite content of some per cent, seldom about 10 %. The range of directly measured optic axial angles $2V_x$ in nine grains changes from 34° to 88° , averaging $87,7^\circ$. The optic axial angle corresponds to low-temperature oligoclase. Pumice fragments and the matrix around the phenocrysts often show plasticity, molding and distortion. Highly flattened and unflattened characteristically shaped shards, sometimes welded (Fig. 6a and 7), with axiolitic structure, are observable.

The pumice structure of larger pumice fragments is because of devitrification eliminated or hardly preserved. Some pumice fragments show development of spherulites with radial aggregates and one concentric outer rim (Fig. 5b and 6b). Two pumice fragments with characteristic rims showing remnants of exploded vesicle walls are shown in Fig. 7. Pumice fragments alone are devitrified. Some of them are calcitized.

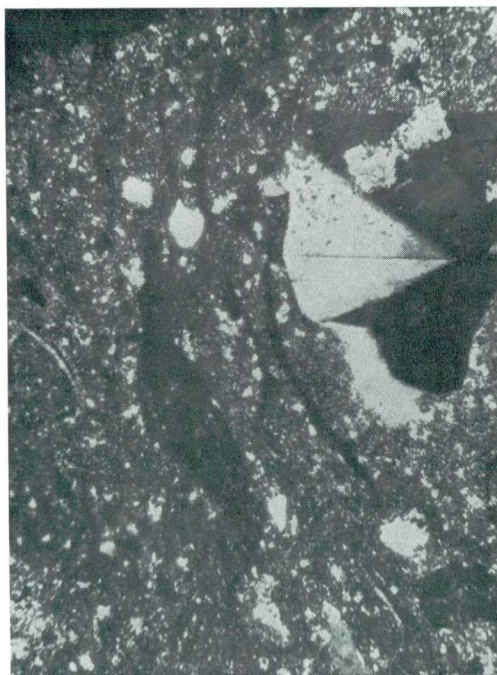
Characteristic phenocryst, present in nearly every section with single flake is biotite. It is often unaltered showing pleochroism from light green to very dark brown colour, but is often limonitized too. Its flakes are usually broken. Interesting are rare deeply embayed phenocrysts of biotite (Fig. 9).

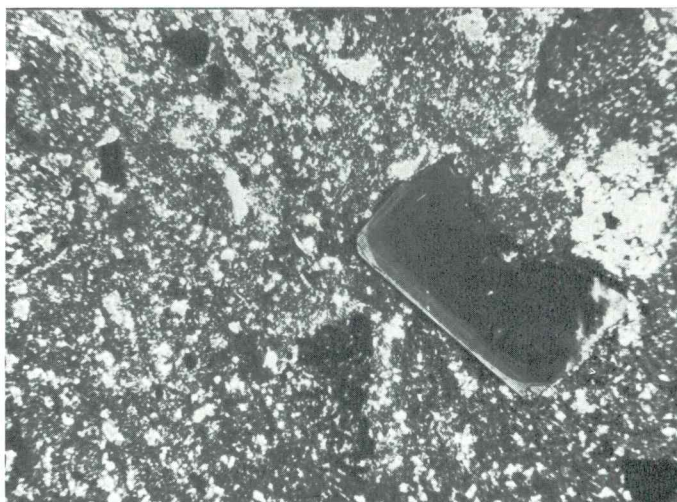
Examined samples have for ignimbrite tuffs characteristic pseudo-fluidal (Fig. 2a and 2b, 5a and 5b, 6a and 6b, and 7) and eutaxitic texture (Fig. 1a and 1b), stressed with subparallel or parallel orientation of lithic fragments and phenocrysts.



Sl. 1 a in 1 b, vz. 1 173 b/11 747, nikola
 || in +, 35X, Tominčev graben. Rdeč
 ignimbritni tuf z eutaksitsko tekstu-
 ro. Magmatsko korodiran vtrošnik
 sanidina, delno razpočen mehurček
 z aksiolitno strukturo

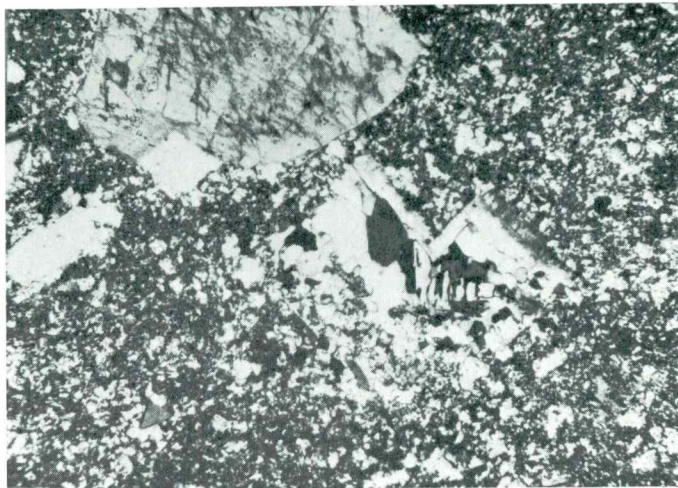
Fig. 1 a and 1 b, sam. 1 173 b/11 747,
 polars || and +, 35X, Tominčev gra-
 ben. Red ignimbrite tuff with
 eutaxitic texture. Resorbed pheno-
 cryst of sanidine, axiolitic structure
 in a partly broken bubble





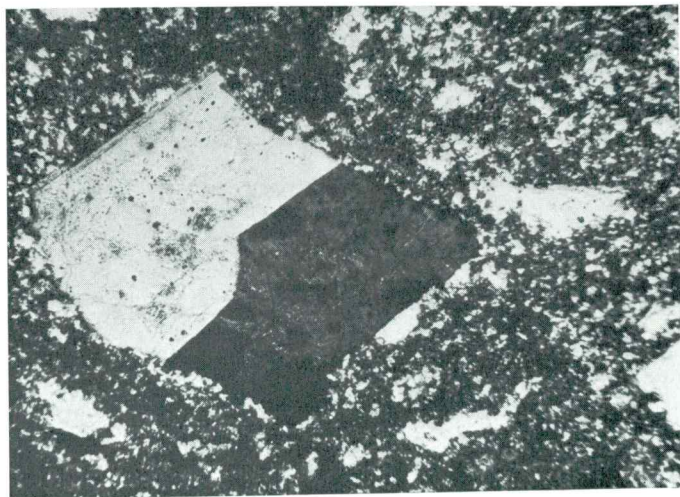
Sl. 2a in 2b, vz. 1173 b/11 747, nikola || in +, 35 $\times$, Tominčev graben. Rdeč ignimbritni tuf. Idiomorfen in magmatsko korodiran vtrošnik sanidina, ki je rahlo conaren. Devitrificirana osnova iz zelo drobnega vulkanskega pepela in steklastih drobcev

Fig. 2a and 2b, sam. 1173 b/11 747, polars || and +, 35 $\times$, Tominčev graben. Red ignimbrite tuff. In the middle of the figure a sharply euhedral irregularly embayed slightly zoned sanidine phenocryst. The devitrified matrix is composed of glass shards and volcanic dust



Sl. 3, vz. 1454/11748, nikola +, 35 $\times$, Tominčev graben. Rdeč ignimbritni tuf, devitrificiran, silificiran; plagioklaz, nado-meščen s kremenom in lamelicami kislega plagioklaza

Fig. 3, sam. 1454/11748, polars +, 35 $\times$, Tominčev graben. Red ignimbrite tuff, devitrified, rather silicified. The euhe-dral felspar replaced with fine grained quartz and sodic plagioclase



Sl. 4, vz. 1454/11748, nikola +, 35 $\times$, Tominčev graben. Rdeč ignimbritni tuf s psevdofluidalno teksturo. Sanidinov vtroš-nik prehaja v ortoklaz. Drobnozrnata devitrificirana osnova

Fig. 4, sam. 1454/11748, polars +, 35 $\times$, Tominčev graben. Red ignimbrite tuff with pseudo-fluidal texture. Sharply euhedral sanidine phenocryst, passing to orthoclase. In the fine grained devitrified matrix all structures are obliterated



Sl. 5a in 5b, vz. 1 116 c/12 185, nikola || in +, 85 $\times$, Drmalka. Rdeč ignimbritni tuf. Sferuliti v fragmentu plovca. Dva velika, delno kalcificirana vtrošnika albita. V osnovi večinoma šibka kompresija

Fig. 5a and 5b, sam. 1 116 c/12 185, polars || and +, 85 $\times$, Drmalka. Red ignimbrite tuff. The pumice fragment is showing development of spherulites. Two large partly calcitized phenocrysts of albite. In the matrix slight compression and distortion



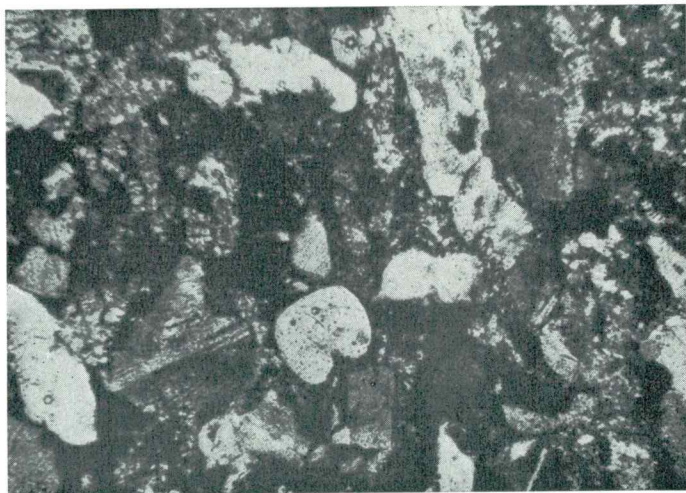
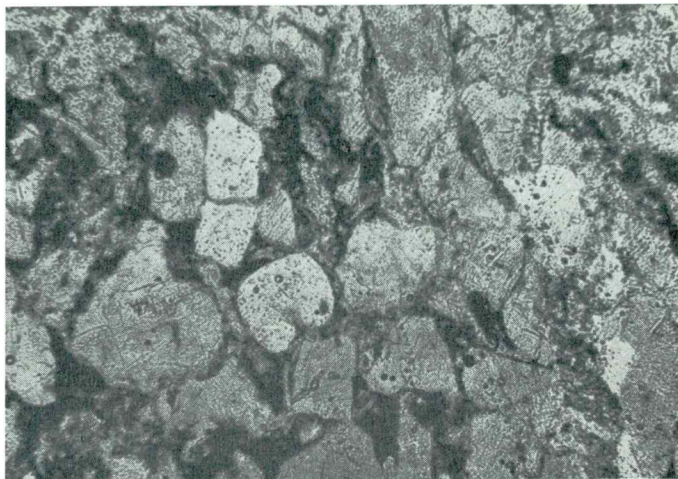
Sl. 6a in 6b, vz. 1 116 c/12 185, nikola || in +, 35 $\times$, Drmalka. Rdeč ignimbritni tuf z vitroklastično strukturo, Vtrošniki albitiziranega plagioklaza, velik s sferuliti kristaliziran fragment plovca. Na različnih mestih različno deformirani in sintrani drobci stekla

Fig. 6a and 6b, sam. 1 116 c/12 185, polars || and +, 35 $\times$, Drmalka. Red ignimbrite tuff with vitroclastic structure. Phenocrysts of albitized plagioclase, a large pumice fragment, showing development of spherulites. Shards thorough welded and differently compressed and distorted



Sl. 7, vz. 1 116 c/12 185, nikola ||, 85 $\times$, Drmalka. Rdeč ignim-
britni tuf. Dva fragmenta plovca z značilnimi scefranimi
robovi, nastalimi ob eksplozijah plinskih mehurčkov. Ste-
klasti fragmenti osnove so sintrani, deformacije niso najbolj
močne

Fig. 7, sam. 1 116 c/12 185, polars ||, 85 $\times$, Drmalka. Red ignim-
brite tuff. Two pumice fragments with characteristic rims
showing remanent junctions of exploded vesicles walls.
Matrix is composed of recrystallized welded shards and glass
dust. Compression slightly expressed



Sl. 8a in 8b, vz. 1883/9, nikola || in +, 35 $\times$, Potočnikov graben. Rdeč kristalast tuf. Kristali albitiziranega plagioklaza, zrno kremena

Fig. 8a and 8b, sam. 1883/9, polars || and +, 35 $\times$, Potočnikov graben. Red crystal tuff. Crystals belong to albitized plagioclase, a single grain of quartz



Sl. 9. vz. 1 116 b₁/12—189, nikola +, 35 ×, Drmalka. Zelenkast ignimbritni tuf, sestavljen iz plovčevih fragmentov ter vtrošnikov albitiziranega in kalcificiranega plagioklaza. Vidimo tudi vtrošnik magmatsko korodiranega biotita. Osnova je sestavljena iz steklastih fragmentov in vulkanskega prahu, ki so delno kristalizirani in kalcificirani

Fig. 9, sam. 1 116 b₁/12 189, polars +, 35×, Drmalka, Greenish ignimbrite tuff, composed of pumice fragments and albite phenocrysts. In the middle of the figure an embayed biotite grain. Matrix shards and dust partly devitrified and calcitized

According to the petrographic description the discussed specimens belong to biotite-porphry ignimbrite tuff or trachytic ignimbrite tuff. Younger ones, when albitized belong to biotite-keratophyre ignimbrite tuff.

Because phenocrysts of a volcanic rock may give an incorrect indication of its chemical composition, a red specimen with unaltered sanidine phenocrysts has been analyzed. The data of chemical analyses are in agreement with petrographical observation, and are given in table 1. The Niggli parameters are showing potassium province, leucosyenitic-granitic rapakiwitic magma type, which is salic, acid, rich in alkalis and scarce in c (Burri, 1959). The analyzed sample has among Triassic volcanic rocks in Slovenia an exceptional composition, being rich in potassium and scarce in sodium and calcium.

Rock determined now as biotite-porphry ignimbrite tuff and biotite keratophyre ignimbrite tuff, considered Berce (1954) as quartz porphyrite noting already, the chemical analyses correspond better to quartz keratophyre. He found these magmatic rocks only in Werfenian strata considering them to be of Wengian age.

About the meaning of the term "ignimbrite" different authors have not been in agreement. Confusion results from different application of the term ignimbrite. Volcanologists use it for a special kind of eruption, while geologists for special deposition or group of rocks, some even for a special kind of rock. It were possible to discard the term ignimbrite. But owing to its extended use, we have to except it. It is suggested to use this term for petrographical determinations in the adjective form only. The term "ignimbritic rhyolite" has a petrographical meaning, while the term "rhyolitic ignimbrite" has a volcanologic meaning (Vlodavec, 1964). "Ignimbritic eruption" represents a special kind of volcanic eruption named "nuée ardente", resulting in the form of a sheet, giving in the section different rocks: volcanic ash, (nonwelded) tuff, partly welded tuff, welded tuff, and a loose pumice deposition with great porosity, each of them showing special structures. Ignimbritic depositions have to be petrographically specified in addition, i. e. rhyolite ignimbrite tuff. In this manner the author used the term of such a kind of tuffs.

LITERATURA

Berce, B., 1953, Rudnik živega srebra Sv. Ana nad Trzičem, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

Berce, B., 1954, Kremenov porfirit v ožji okolici rudnika Sv. Ana nad Trzičem, Geologija 2, Ljubljana.

Burri, C., 1959, Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage, Basel.

Buser, S., 1966, Poročilo o geološkem kartiranju ozemlja bližnje okolice živosrebrnega rudnika v Podlujbelju, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

Buser, S., Hinterlechner-Ravnik, A., 1966, Preliminary communication about the outcrops of ignimbrites in the Scytian and Anisian layers northwest of Trzič (Slovenija), Bull. Sci., Zagreb.

Carozzi, A. V., 1960, Microscopic Sedimentary Petrography, London.

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 1963, Rock-forming Minerals. Vol. 4, London.

Germovšek, C., 1955, O geoloških razmerah na prehodu Posavskih gub v Dolenjski kras med Stično in Šentrupertom, *Geologija* 3, Ljubljana.

Grad, K., 1957, *Geologija Litije in okolice*, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

Grad, K., 1960, Tolmač h geološki karti FLRJ — list Polžnik, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

Heinrich, E. W. M., 1956, *Microscopic Petrography*, London.

Hinterlechner-Ravnik, A., 1965, Magmatske kamenine v grōdskih skladih v Sloveniji, *Geologija* 8, Ljubljana.

Hjelmqvist, S., 1956, On the occurrence of ignimbrite in the pre-Cambrian, *Sveriges Geologiska Undersökning*, Ser. C. No. 542, *Arsbok* 49 (1955), No. 2, Stockholm.

Kahler, F., 1959, *Sedimentation und Vulkanismus im Perm Kärntens und seiner Nachbarräume*, *Geologische Rundschau* 48/1959, Stuttgart.

Karamata, S., 1959, Alkalni feldspati u našim intruzivima, *Glasnik Prirod. muzeja u Beogradu*, Serija A, knj. 11, Beograd.

Kropač, J., 1925, Rudnik živega srebra v Sv. Ani, Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

Lewinson-Lessing, F. Ju., 1928, Armenskoje vulkaničeskoje negorje. *Prir.* 5.

Maucher, A., 1960, Der permische Vulkanismus in Südtirol und das Problem der Ignimbrite, *Geol. Rundschau*, 49/2, Stuttgart.

Pichler, H., 1963, Zur Problematik der Ignimbrit-Diagnose, *N. Jb. Geol. Paläont.*, Abh., Bd. 118, 3, Stuttgart.

Pouliéff, C. N., Rainoff, N. Iw., 1965, Sanidin in grobporphyrischen Rhyodazit aus Spahievo, Bez. Haskovo — nordöstliche Rhodopen (Bulgarien), *Chemie der Erde*, 24. Bd., H. 3/4.

Rittmann, A., 1952, Nomenclature of Volcanic Rocks, *Bull. Volcanol.*, Ser. II, 12, 75—102, Napoli.

Rittmann, A., 1960, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, Stuttgart.

Roberts, R. J., Peterson, D. W., 1961, Suggested magmatic differences between welded ash tuffs and welded crystal tuffs, Arizona and Nevada (Art. 320), *Geol. Survey Research*, *Geol. Survey Prof. Paper* 424-D, Washington.

Ross, C. S., Smith, R. L., 1961, *Ash-Flow Tuffs: Their Origin, Geologic Relations and Identification*, *Geol. Survey Prof. Paper* 36, Washington.

Santar, A. A., 1966, Permske ignimbritovje otloženija južnogo sklona čatkaljskogo hrebta Tjanj-Šanja, *Litologija i poleznie iskopaemije*, 2.

Teller, F., *Manuskriptna geološka karta 1:75.000*, Radovljica.

Vlodavec, V. I., 1964, O termine »ignimbrit«, *Izv. Akad. Nauk SSSR*, Ser. geol., 6, Moskva.

Weyl, R., 1961, *Mittelamerikanische Ignimbrite*, *N. Jb. Geol. Paläont.*, Abh., Bd. 113, H. 1, Stuttgart.

Zorc, A., 1955, Rudarsko geološka karakteristika rudnika Mežica, *Geologija* 3, Ljubljana.