



1966 1
LETO VIII

ACRONI

k r 669(091)
ŽELEZAR; teh.pril
1966



1004232,1

COBISS •

STROKOVNA ENJANINICA



ŽELEZAR

TEHNIČNA

PRILOGA

Tehniški muzej Železarne Jesenice je v založbi tehnične priloge Železarne Jesenice »Železar« izdal že tri publikacije z znanstvenimi razpravami o rudarstvu in železarstvu, predvsem antičnem železarstvu v Bohinju in njegovi bližnji okolici, to je na južnih obronkih Julijskih Alp. (Leta IV/1962 št. 2, V/1963 št. 2 in VI/1964 št. 1). V dveh izmed teh edicij je posebno obdelano gradivo v zvezi s poskusnim taljenjem bobovca v vetrnih pečeh pod Studorjem v Zgornji bohinjski dolini, in sicer v letih 1961 in 1962.

Ena izmed osnovnih nalog Tehniškega muzeja Železarne Jesenice je raziskovanje tehnologije železarstva na Gorenjskem v tistem času, ko zato nimamo pisanih virov. Za osnovo temu raziskovalnemu delu so služile in služijo še danes arheološke najdbe, ki jih prav s področja Bohinja ni malo in se je na podlagi teh že dalo locirati kraje antičnega pridobivanja železa. Pisani viri so žal mnogo mlajši in segajo v konec srednjega veka, bogatejši pa so od 16. stol. dalje.

Kemične in metalografske preiskave arheoloških železnih najdb, prav tako pa tudi žlinder in pa končnih izdelkov, so nam brezdvomno dokazale, da so bile le-te pridobljene ali izdelane iz domačih rud na kraju samem oziroma ožjem okolišu. Na podlagi teh analiz je dopustna domneva, da so v Bohinju pridobivali železo že v pozni halštatski oziroma zgodnji latenski dobi. S takšnimi predpostavkami smo tudi izvršili dvoje poskusnih taljenj železne rude v vetrnih pečeh na kraju izdatnejših arheoloških najdb železa in žlinder, pri

katerih smo uporabljali izključno domače materiale, torej bobovec z bohinjskih gora. Ta dva poskusa taljenja sta nam vsekakor dokazala s primerjavo analiz pravilnost naših hipotez, bila bi pa še izdatnejša in uspešnejša, če bi imeli na razpolago večjo količino sortirane železne rude — bobovca in če ne bi bila časovno omejena na relativno kratek, vnaprej določen čas.

Vzporedno s temi raziskavami in študijem tehnike antičnega topilništva, pa je Tehniški muzej Železarne Jesenice s svojimi in zunanjimi sodelavci usmeril raziskovalno delo tudi v področje rudarstva, pri čemer nas predvsem zanima bobovec, ki je predstavljal od prvih dni pa do propada železarstva v Bohinju koncem prejšnjega stoletja izključno surovinsko bazo.

V ta namen smo formirali raziskovalno ekipo, ki je v dneh od 25. julija do 8. avgusta 1963 raziskala dokaj široko področje Julijskih Alp. Njene naloge so bile predvsem sistematsko preiskati teren, kjer so po nam znanih podatkih izkoriščali železno rudo — bobovec za bohinjske plavže, preiskati geloški sestav omenjenega terena ter v te namene zbrati in kasneje analizirati čim več vzorcev rud, kakor tudi kamenin, zemlje, vegetacije in vod. Druga naloga je bila najti nahajališča večjih količin bobovca, ki so potrebne za nadaljevanje poskusov taljenja v vetrnih pečeh. Ne nazadnje pa je raziskovalna ekipa želela na terenu samem določiti mesta rudarjenja v preteklih stoletjih, ki so v ohranjenih podelitvenih listinah opredeljena zgolj z ledinskimi imeni.

Raziskovalno ekipo so sestavljali:

Erika Grobelšek, mineralog, Rudniki svinca in topilnice v Mežici

Janez Pohar, geolog, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Katedra za geologijo, Ljubljana

Rado Gospodarič, geolog, Institut SAZU za raziskovanje Krasa, Postojna

dr. Aleksander Rjazancev, strokovni sodelavec Tehniškega muzeja in raziskovalec metalurške zgodovine Gorenjske

Adolf Urbanc, kemik, Želzarna Jesenice

Franc Torkar, kustos Tehniškega muzeja Železarne Jesenice

Franc Ravnik, arhivar Tehniškega muzeja Železarne Jesenice

Božo Pibernik, arhivar Tehniškega muzeja Železarne Jesenice

Franc Kolman, fotograf, Železarna Jesenice

Marjan Dolinšek, maketar Tehniškega muzeja Železarne Jesenice in

jaz.

Z opravljenim terenskim delom pa seveda ni bilo opravljeno naše raziskovalno delo v laboratorijih in arhivih, ki je trajalo dve leti. Nešteti dobljeni podatki so bili sistematsko urejeni, primerjani z analizami arheoloških najdb. Zaključke

le-teh opravljenih raziskav so avtorji obdelali po temah v posameznih razpravah te publikacije. Zavedamo pa se, da s tem naše delo ni končano, saj na vrsto vprašanj, ki smo si jih zastavili, še vedno nismo dobili odgovora, prav tako pa nas čaka še raziskava goratega terena južno od Bohinjskega jezera in Jelovice.

Na tem mestu se vsem udeležencem naše raziskovalne odprave, predvsem pa strokovnim sodelavcem našega muzeja, ki so tudi avtorji naslednjih razprav, zahvaljujem za njihovo požrtvovalno delo in pomoč z željo, da bi del svojega znanstvenega dela tudi v bodoče posvetili raziskavam rudarstva in železarstva v preteklosti. Prav takšno zahvalo sem dolžan tudi vsem sodelavcem v metalurškem in kemičnem laboratoriju Železarne Jesenice, ki so z vso natančnostjo izvršili ogromno število analiz in preiskav.

Ne nazadnje pa gre zahvala celotnemu delovnemu kolektivu Železarne Jesenice, njenemu samoupravnemu in upravnemu vodstvu, ki z razumevanjem materialno in finančno podpira ne le Tehniški muzej, pač pa tudi njegove znanstvene akcije s področja proučevanja tehnologije rudarstva in železarstva.

Miloš Magolič

* Pogodba, sklenjena pred rudarskim glavarjem za Kranjsko dne 3. 5. 1747 med Gabrijelom Abrahamom Wartom, fužinarjem v Bohinju in predstavniki rudarjev o preskrbi Stare Fužine z železno rudo. Original hrani arhiv Tehniškega muzeja Železarne Jesenice, fasc. I/7.

3/5 747.

Zur dritten, das Heut's Enterge,
 zuzum dato, zweifeln kann Gabriel
 Abraham de Hert als Samant ge-
 wessen mit Finam. und respectu-
 mit Finis nicht by Samant's fassen, als
 alten Samant in der Thierin: Jan
 H. thum gewest als in incorporetum
 Kunst-Rudolph, denn steht in Jacob
 Frensch, und Cornuz Mühlh. bezueh-
 set vrschieden, das folgender Vergleich
 gegeben, und außgemacht worden.

Daselbst, und das thum ist gemalte Kunst-
 thum v's weise fassen: was auf thum
 auf ihre Hand, und nicht auf bezueh-
 thetten gemachten worden: Inzwischen
 verthert, und thum Beobigung Dichter,
 Lufft cyclagru nicht patriot, inhumaner
 alpine Citist, und ihre beywundern au-
 gefort worden, Leben ist vrselbe Kunst
 Anzeigen bezueh't weise: was zur Zeit
 so thet geworhen, altzobvünfiger
 megen, ist thum v' thort, ein puer
 des thum alten thum's selbsten Critik
 zu vrselgen fassen, so ein d' thum
 des thum geworhen, was so thum's obge-

1801
keogn, und selbigen Feld grüßten
Linn v. Thott obgleich im Jahr 1790 ganz
hingesunken sind. keognen Thott

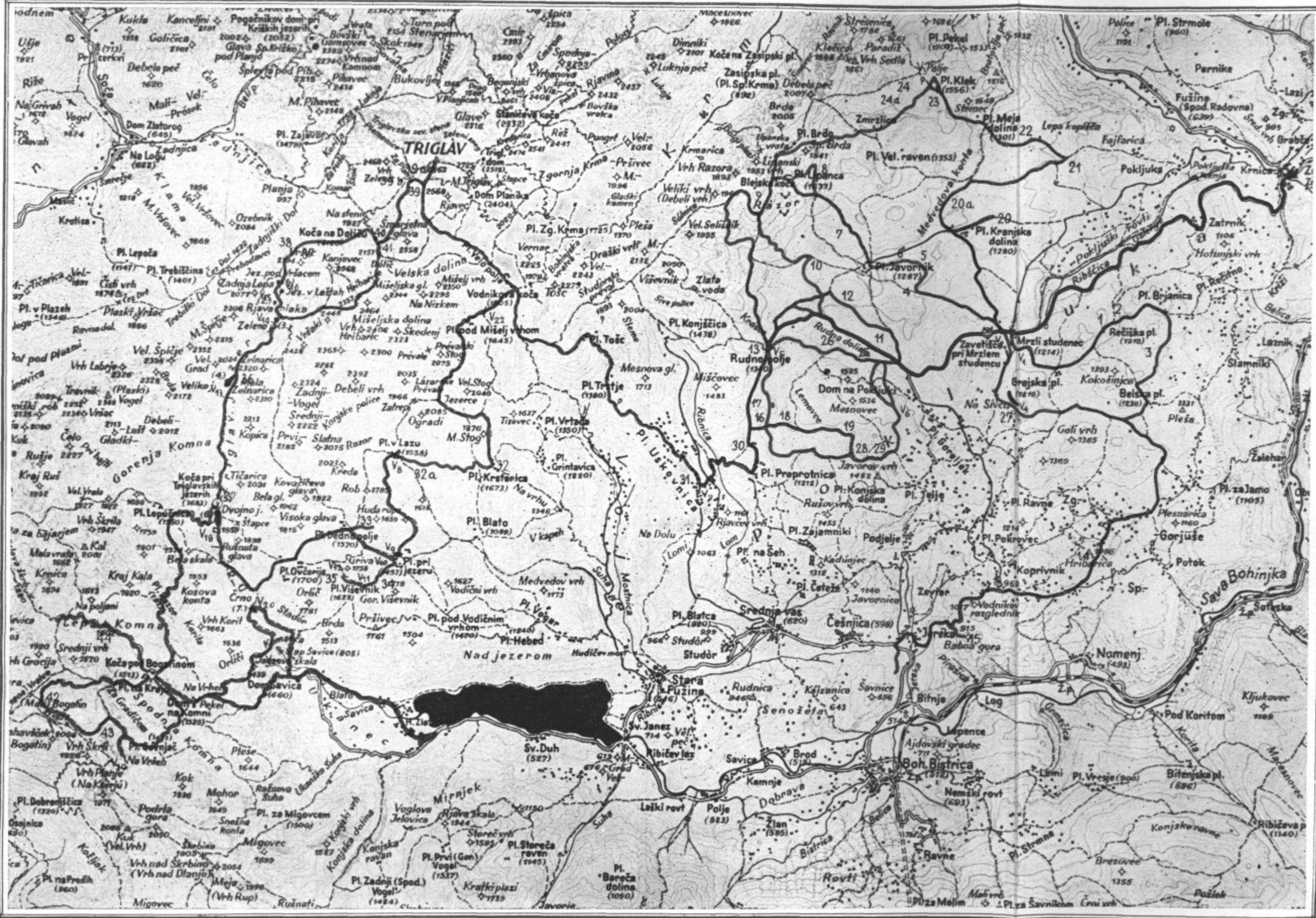
Zweite Anordnung ist namentlich der
Selbstbau des Pappus das Jahr 1790
er ist auf dem Grund, und nicht durch
Kultur auf Kosten des Landes mit
Kegelsteinen abgetrennt worden, sondern
abgetrennt ist durch den alten Obsee,
dann durch den Furchen (in dem Centen
terzt, als manblifan, so nicht leicht
zu Gwaiss zu sein, aber 8. Lr. 13. gewo.
pferd aber zu vier zu sein, aber 16. zu
Leitungsrichtung zu sein, zuerst
aber die Thott: Thott, und selbst
Linn v. Thott selbst mit Linn, also zu
vier zu sein, anzugehen, auf dem 17. es
pectu an dem Grund, in an
pfung der selbst Thott Thott Thott
Linn Thott, so Thott, es ist mit der
selbstigen Thott Thott, zu Obsee sein.

Drittes ist Linn v. Thott Thott Thott,
Linn v. Thott Thott Thott Thott Thott, so
Linn v. Thott Thott Thott Thott Thott, und also
Linn v. Thott Thott Thott Thott Thott Thott Thott

wurden durch, so selbst die ersten Augen
in prägnanter Weise zeigt den steten geistlichen
hinterwärtigen Absichten. Und selbst die steten
Lehrer übergeben zu dem physischen sein, und

Die ersten Lehren sind: dass die antwortliche
den Vergleich im Finanz: Samstagen über,
graben, und nicht zu selbstem meiste, so jeder
Angebot in Europa ist, in die Abrechnung,
Ausschluss der Bestimmung würdigen Vergleich,
sein. Alles Gottesreichlich,
und ohne Zweifel auf die Verbindung der
Allgemeinen Landeskommunikation in Europa.
Vollständig sind diese Vergleichs,
dieser geschichtlichen Instrumente auf
gewist, und ich in die mich. hundert für,
denn Abrechnung der ersten geistlichen Arbeit
Vollständig für den Welt werden. so die
"den zu Leipzig den 2. Mai 1747"
Joseph. Wenzeslaus Kaiser. König
Herzogtümer.

Zemljevid dela Julijskih Alp z vrisano potjo raziskovalne ekscurzije, najdišči železne rude in odvzemi vzorcev vode. Merilo 1 : 75.000.



Geološka svojstva nahajališč železovih rud

Uvod

Po starejših raziskavah bobovcev v Julijskih Alpah, ki so danes zgolj zgodovinskega pomena, se je lotil te odgovorne naloge Tehniški muzej Železarne Jesenice. V letih 1961 in 1962 so muzejski sodelavci raziskovali v okolici Bohinja in drugod po Julijskih Alpah ter nakazali mnogo problemov o pogojih nastanka, naravi in kemizmu teh železnih rud. Rjazancev (1962, 1963, 1964) se v svojih razpravah sklicuje na geološke in morfološke pogoje, ki so vplivali na oblikovanje bobovca in njegovih nahajališč v Julijskih Alpah. Poudarja tudi mehanski vpliv ledu in vode na zaobljenost rude in na delno sortiranje rude v naravi.

Ostali pa so številni problemi, ki so zahtevali poglobljene preiskave. Zato je Tehniški muzej organiziral dobro pripravljeno odpravo, ki se je mudila na Pokljuki, okrog Triglava in na Komni kar dva tedna. Poleg kemijskih, metalurških in mineraloških strokovnjakov sva sodelovala tudi midva in bila zadolžena za geološka in speleološka raziskovanja. Ker se poleg zaobljene železne rude često najdejo tudi zaobljeni kremenovi prodniki, je postalo vprašanje nastanka bobovcev za geologijo še posebno zanimivo. Z rešitvijo tega problema se obetajo nova spoznanja o geološki zgodovini Julijskih Alp in njihove podobe v preteklosti.

Ob tej priložnosti se zahvaljujeva Tehniškemu muzeju Železarne Jesenice, ki nama je omogočil, da sva sodelovala pri tej zanimivi odpravi in nama vsestransko pomagal pri obdelavi obsežnega gradiva.

Dosedanje geološke preiskave

Julijske Alpe so po geološki zgodovini in zgradbi zelo zanimiva gorska skupina. Raziskovali so jih številni geologi, ki so podali dokaj jasno sliko o njihovi stratigrafiji in tektoniki. Žal so te raziskave precej stare in v marsikaterem oziru ne drže več. Zato bi bilo potrebno znova temeljito pregledati vse ozemlje Julijskih Alp. Natančno in z mikroskopskimi preiskavami podprto raziskovalno delo bi morda odgovorilo na številna vprašanja, ki so ostala nerešena.

Med prvimi je proučeval okolico Triglava avstrijski geolog Diener (1884). Za njim so raziskovali njegovi rojaki Teller (1910), Kossmat (1913a, 1913b, 1924), Härtel (1920), Winkler (1923) in drugi. Ozemlje med Triglavom in Bohinjem je preiskoval tudi naš rojak Seidel (1929). Kasneje imamo s triglavskega pogorja le delne raziskave in redke študije.

Morfološke študije sta napisala Winkler (1923, 1936) in Rakovec (1936/37, 1951, 1958), ki je podal tudi paleogeografske razmere ozemlja današnjih Julijskih Alp. Poledenitve sta proučevala Melik (1929/30) in Šifrer (1953).

Julijske Alpe so zajete na geoloških manuskriptnih kartah listov Bovec in Radovljica v merilu 1:75.000, katere je napravil Peters že leta 1855. Kasneje je napravil Vettters (1933) po geoloških kartiranjih Tellerja (1900 do 1912), Košsmata (1913), Härtla (1920) in Ampfererja (1910) popravljeno geološko manuskriptno karto lista Radovljica.

Morfološka in geološka zgradba pregledanega ozemlja

Julijske Alpe prištevamo skupaj z Ziljskimi Alpami, Karnijskimi Alpami, Karavankami, Savinjskimi Alpami, Ljubljansko kotlino, Posavskimi gubami in Celjsko kotlino k Južnim apeniškimi Alpam. Julijske Alpe so na severu narinjene ob savskem prelomu na Karnijske Alpe in Karavanke. Na zahodu poteka meja od Kanalske doline proti jugu ob Beli, tako imenovanem Železnem kanalu (Canal del Ferro) in ob Tilmentu. Ta meja je orografsko zelo izrazita, z geološkega vidika pa je konvencionalna, ker se Alpe z obeh strani niti stratigrafsko niti tektonsko ne ločijo med seboj. Na jugu segajo Julijske Alpe do kaninske in krnsko-koblanske dislokacije, medtem ko tvorijo vzhodno mejo prelomi ob robu Jelovice, ki jo ločijo od selške in savske doline (Rakovec, 1956).

Pri raziskovanju bobovcev smo se v letu 1963 omejili na triglavsko skupino: od Pokljuke na vzhodu, do Komne na zahodu, Triglava na severu in Bohinja na jugu. Pri geološkem opisu se bomo omejili predvsem na to ozemlje in podali le tiste podatke, ki se zde pomembni za poznavanje nahajališč bobovcev.

Stratigrafski podatki

Pretežni del Julijskih Alp sestavljajo zgornjetriadni dachsteinski apnenci. To so debeloskladoviti ali neskladoviti grebenski apnenci, ki vsebujejo mnogo školjk iz rodu *Megalodus* in številne druge fosile kot so različne korale, polži itd. Apnenci so beli, svetlosivi ali rožnati ter zelo gosti. Preprežajo jih s kalcitom in limonitom zapolnjene žilice. Ponekod so vključeni v apnencu tudi gomalji rožencev. Ta silikatni material se je presedimentiral iz srednjetriadnih kamnin, ki so nastajale med izbruhi vulkanov.

Starejši od dachsteinskega apnenca so srednjetriadni apnenci in dolomiti, ki jih v Julijskih Alpah omenjajo vsi dosedanji raziskovalci, čeprav jih ni nihče oddvojil od apnencev zgornje triade. Zdi se, da lahko povsod tam, kjer so dolomitne plasti med apnenimi, računamo na srednjetriadno starost (n. pr. Krstenica, Klek), kajti v celotnem razvoju dachsteinskih apnencev, ki so jih navrtali v bohinjskem predoru, ni našel Kossmat (1907) nobenih dolomitnih plasti. Točnejša razmejitev srednjetriadnih plasti od zgornjetriadnih bi bila mogoča le s pomočjo mikrofavne. Zanimivo je, da so poleg omenjenih kamnin razviti v bližini Triglava in pri Vodnikovih koči na Velem polju tudi wengenski skladi (Seidel, 1929). Med temi plastmi so zelenkasti kremenovi peščenjaki (pietra verde) vulkanskega nastanka, ki dokazujejo vulkansko delovanje v srednji triadi na področju Julijskih Alp in sosednjih pokrajin (Rakovec, 1946). Melik (1929/30) omenja med morenskim materialom z Mrzlega studenca zelene porfirje in se sprašuje, odkod naj bi prišli. Tudi med našim raziskovanjem smo opazili zelene kremenove peščenjake na planini Jezero. Vse kaže, da so ti kosi wengenske starosti. Najti bi jih morali nekje na grebenih Draškega vrha, Klečice, Mišelskega vrha ali Zlatne.

Se starejše od srednjetriadnih so spodnjetriadne werfenske plasti. Sem spadajo nepropustne skrilave in apnenčeve plasti z Velega polja in Vernarja, kjer gledajo izpod pokrova apnencev in dolomitov. Seidel (1929) meni, da leže na teh vododržnih plasteh tudi nekatere druge planine: n. pr. Konjska planina, planina V lazu in planina Blato. Werfenske plasti so sicer mnogo bolj razgaljene okrog Bohinjske Bele.

V vzhodnem delu Julijskih Alp ni odkritih paleozojskih kamnin, razen pri Bledu in Bohinjski Beli ter pri Kranjski gori. So pa onstran Save v Karavankah in na jugu v škofjeloškem hribovju.

Nad dachsteinskim apnencem leže diskordantno jurski skladi iz zgornje liade, doggerja in malma. Najdemo jih ob južni meji Julijskih Alp onstran Bohinjskega grebena, na severni strani Bohinjskega jezera pri Češnjici, posamezne krpe na Pokljuki, Jelovici in v dolini Triglavskih jezer. Ladne sklade sestavljajo priobalni marogasti laporji, rjavi apneni laporji in skladnati apnenci. Na Pokljuki jih dobimo južno od Mrzlega studenca in v Rudni dolini, so pa še okrog Gorjuš, Černice in Babne gore. Povsod jih na debelo prekriva morenski grušč in pesek. Malmski rdeči apnenci in laporji so na planini Viševnik, južno od Dednega polja in v dolini Triglavskih jezer. Ker so te kamnine vododržne, so se po umiku diluvialnih ledenikov v njih ohranila Triglavska jezera.

Na področju Julijskih Alp ni kamnin iz kredne dobe.

Od terciarnih kamnin poznamo oligocenske konglomeratne in laporne plasti pri Bohinjski Bistrici. Do sem je takrat segal zaliv iz Panonskega morja.

Nevezane gruščnate, peščene in ilovnate sedimente so v triglavskem pogorju odložili ledeniki v pleistocenu. Dobro ohranjene morene so na Pokljuki in okrog Gorjuš (Melik, 1929/30, Šifrer, 1953). Šifrer je na Pokljuki ugotovil čelne morene ledenikov, ki so segali z okoliških grebenov Klečice, Debelega vrha, Lipance in Viševnika tja do Mrzlega studenca, Lepih Kopišč, Rudne doline in Rudnega polja. Ledeniške reke so odnašale morenski material v nižje predele, umikajoči led pa je zapuščal robne in talne morene. Pretežni del moren je nastal med zadnjo würmsko poledenitvijo.

Tudi bohinjski ledenik, ki je sicer odložil večino materiala ob Savi Bohinjski do Radovljice (Melik, 1929/30), je segal s krajšim jezikom na Gorjuše in se pri Mrzlem studencu ter pri Praprotnici močno približal manj obsežnim poključkim ledenikom. Gradivu bohinjskega ledenika pripada tekoči kremenčev pesek v jami Aušterlovc na Gorjušah.

Morenski material se je odlagal tudi v postwürmski dobi. Ledeniki so se v treh interstadialih vsakokrat pomaknili za 300 višinskih metrov nazaj, dokler niso dosegli današnje ločnice večnega snega pod Triglavom na 2400 m (Melik, 1929/30). Umikajoči led je zapuščal vedno manj moren, ker ni imel več tako obsežnih zbirališč kot prej. Te skromne ostanke moren je odstranjevala še padavinska voda s korozijo, tako da so se le redko kje ohranili (n. pr. na Dednem polju in na planini Pri jezeru). Fluvioglaciacijski material pa je najbrž ohranjen v jami na Viševniku. Začetnemu delu würmskega postglaciala pripadajo verjetno tudi jezerske plasti kot so: pesek in prod na Koprivniku, jezerska glina v Zgornjih Gorjušah in jezerske usedline na Pokljuki — Mlake (Rakovec, 1956).

Strukturna zgradba

Odkar so se konec jurske dobe Julijske Alpe dvignile povsem iz morja, pa tudi že med samim odlaganjem jurskih in triadnih kamnin, je mogoče v geološki sestavi kamnin zaznati živahno delovanje gorotvornih sil. V triadni dobi so se te sile odražale v izlivih lave iz vulkanov na sosednjem površju in v podmorskih erupcijah. Triadni vulkanizem dokazujejo porfirji na Jelovici, grohasti peščenjaki nad Zgornjo Krmo in druga nahajališča predornin in njihovih tufov v sosednjih pokrajinah (Kamniške Alpe, Karavanke).

V kredni, predvsem pa v terciarni dobi, so nastale pri alpski orogenezi številne gube, narivi in drugi prelomi, ki jih lahko opazujemo po vseh Julijskih Alpah. V zahodnem delu so gube usmerjene

od zahoda proti vzhodu, v vzhodnem delu pa potekajo skladi zaradi prehoda v Dinaride in številnih prelomov proti severovzhodu in jugovzhodu.

Julijske Alpe delimo v vzhodni in zahodni del. Meja med njima poteka ob mojstrovški dislokaciji, ki se vleče od izliva Belce v Savo, prečka dolino Velike Pišnice in gre dalje proti zahodu, se nato obrne ob vzhodnem pobočju grebena med Malo in Veliko Pišnico proti jugu in gre nato čez Vršič do bovškega kotla. Vzhodno od Bovca se prelom obrne v ostrem kotu proti jugovzhodu, kjer poteka pod stenami slemena Javoršček—Krn skozi povirje Tolminke in ob južnem pobočju Koble. Ob tej dislokaciji se je vzhodni del Julijskih Alp popolnoma odločil od zahodnega. Mojstrovškemu prelomu sta vzporedna preloma v dolini Vrat in ob Krmi. Prelom ob Krmi že omejuje severno stran tako imenovane Zlatenske plošče. Zahodni rob te plošče je ob dolini Triglavskih jezer, na južni strani pa poteka mimo Viševnika na Srednjo vas in Gorjuše. Tod je rob prestavljen ob prelomu proti severozahodu in gre šele od Mrzlega studenca proti severovzhodu mimo Zatrnika v dolino Save pri Dobravi. Ves obod Zlatenske plošče spremljajo krpe jurskih kamnin. Prelom, ki seče Zlatensko ploščo na dva dela, gre od Gorjuš proti severozahodu na Mesnovec in Rudno polje ter dalje na Konjsko planino.

Winklerju se zdi s tektonskega stališča pravilnejša razčlenitev Julijskih Alp v podolžni smeri na tri dele: v severno karbonsko-spodnjetriadno antiklinalo, ki se vleče ob kanalski in savski dolini, v triadni nagubani sistem osrednjih Julijskih Alp, in v luskasto zgrajeno julijsko zunanjo cono na jugu. Slednja je ločena od prvih dveh delov po kaninski in krnsko-koblanski dislokaciji in zato ne pripada pravim Julijskim Alpam.

Medtem ko v zahodnih Julijskih Alpah prevladujejo gube (štiri antiklinalne in tri sinklinalne), ki se vlečejo od zahoda proti vzhodu in so delno prevržene, delno narinjene proti severu in jugu, predstavljajo vzhodne Julijske Alpe v glavnem velikansko plitvo in po številnih dislokacijah močno deformirano sinklinalo. Sinklinala se od bovškega kotla vedno bolj širi proti vzhodu. Na njenem severnem krilu se dviga vrh Triglava, na južnem krilu pa Bogatin in Bohinjski greben (Rakovec, 1956).

Vsi dosedanja raziskovalci menijo, da imajo prelomi v Julijskih Alpah narivni značaj. Vzhodni del Julijcev se je narinil na zahodnega ob mojstrovški prelomnici, ob savskem prelomu pa na Kamniške Alpe in Karavanke. Dachsteinski apnenci so se narinili na jurske plasti tudi ob krnsko-koblanski dislokaciji. Celo v samem vzhodnem delu so se izvršili narivi proti zahodu, kar ustvarja stopničastvo ali luskasto zgradbo (Rakovec, 1956).

Najbolj vzhodna luska je že omenjena Zlatenska plošča, ki predstavlja najbolj pomembno tek-

tonsko enoto Julijskih Alp. Njen položaj še do danes ni povsem pojasnjen. Najbolj se upošteva Kossmatova teorija. On meni, da so dachsteinski apnenci izskočili ob poševnih prelomih iz enotnega kompleksa in se narinili na sosednje jurske plasti, ki so se tako ohranile pred denudacijo. Winkler (1923) zastopa mišljenje, da je prvotno nahajališče Zlatenske plošče na karavanški strani in so jo v terciarni dobi tektonske sile potisnile na današnje mesto. Tretjo razlago je podal Seidel (1929), ki meni, da Zlatenska plošča ni doživela nobenega transporta, pač pa so se pod njo iz juga podrinile jurske in druge plasti. Problem Zlatenske plošče je hkrati tudi problem vseh nahajališč bobovcev, saj so na tej tektonski grudi najbogatejša najdišča n. pr. v Rudni dolini, Rudnem polju, na Medvedovcu, Krstenici, Viševniku in Dednem polju.

Paleogeografski podatki

Po kamninah in tektonski zgradbi je mogoče približno spoznati geografsko podobo Julijskih Alp v geološki zgodovini. Ta podoba je toliko bolj verna, kolikor je bližja današnjemu času.

Ozemlje današnjih Julijskih Alp je bilo v paleozoiku in mezozoiku del tako imenovane Tetide, to je velike morske kadunje ali geosinklinalne, ki se je raztezala od Španije do vzhodne Azije in ločevala kopna ozemlja severne Evrope od afriške plošče ob ekvatorju. V geosinklinali so se odlagali sedimenti, iz katerih sestojte Alpe ter ostala mlajša gorovja v Evropi in Aziji kot so Pireneji, Apenini, Dinaridi, Kavkaz, Himalaja itd.

Po sedimentih iz okolice Julijskih Alp lahko sklepamo, da okoli Triglava v paleozoiku ni bilo kopnega ozemlja, temveč je vse prekrivalo morje. To se je nadaljevalo tudi v triadi pred približno 160 milijoni let. Najprej so se odlagale werfenske usedline, ki so značilne za plitvo morje in bližino obale, nad njimi pa apnenci in dolomiti srednje triade. Sedimentacijo so večkrat prekinili vulkanski izbruhi. Vulkani so bili na majhnih otokih, izbruhi lave pa so bili tudi pod morjem, kjer se je na široko usedal vulkanski pepel. V srednjem, še bolj pa v zgornjem oddelku triade, ko so nastajali dachsteinski apnenci, se je morsko dno počasi a neprestano grezalo. Le tako si lahko razlagamo debelino dachsteinskega apnenca, ki doseže v Severni triglavski steni nad 1600 m.

Z vzhodnega dela Julijskih Alp se je morje umaknilo v začetku jure pred 130 milijoni let. Kopno je bilo izpostavljeno denudacijskim silam podnebja, ki je bilo precej toplejše od današnjega. Južna obala kopnega je potekala od Bovca proti Krškemu polju, severna pa onstran Karavank. Pas kopnega je potekal proti jugovzhodu, medtem ko je bilo proti severozahodu še odprto morje. V spodnji juri je bilo pod morjem tudi ozemlje današnjega Bohinja in Pokljuke, kar pričajo laporni in apnenčevi sedimenti srednje liade. Kopno pa se ni dvigovalo visoko nad morje niti v na-

slednjih oddelkih jure. V malmu pride celo do ponovne transgresije morja, kar dokazujejo rdeči apnenci in laporji v dolini Triglavskih jezer, južno od Dednega polja in na planini Viševnik. Sicer pa se že takrat kaže splošna tendenca dviganja ozemlja, ki se je uveljavilo posebno v kredi. Od krede do danes Julijske Alpe niso bile nikoli več povsem zalite z morjem. V kredni dobi so tvorile otok sredi morja z najbližjim kopnim na ozemlju današnjih bosanskih gora. Do združitve obeh je prišlo pred 50 milijoni let na prehodu iz kredne v terciarno dobo.

V začetku terciarja so začele oživljati gorotvorne sile, ki so polagoma dvignile večino slovenskega ozemlja iznad morja. Vršilo se je gubanje in prelamljanje kamninskih paketov. Mogočni premiki so se izvršili v oligocenski dobi, ko se je pri Bohinju morje iz panonske smeri za kratko dobo zelo približalo današnjim Alpam. Alpe so takrat izgledale kot nizek priobalni svet. Reke so spočetka manj, z umikom morja proti vzhodu pa vedno bolj zarezovale svoje struge v planotasto kopno in odnašale kamninski material v morje. Morda je prav v tem obdobju začela Zlatenska plošča svojo pot iz Karavank na Julijske Alpe, če privzamemo Winklerjevo hipotezo. Vsaka premaknitev skladov iz severa proti jugu, kar velja tudi za eventualni transport bobovcev, se je mogla izvršiti samo v oligocenu ali pa poprej, kajti po tej dobi so se ob savskem prelomu ločile med seboj dotlej enotne Julijske in Savinjske Alpe ter Karavanke. V miocenu je še obstajala zveza z zahodnimi Julijskimi Alpami, ki se je prekinila tik pred nastopom pliocena.

Ob prelomih so se posamezne grude premikale ena na drugo, istočasno pa so začele tod reke urezovati svoje struge. S tem se je ustvarjal relief, ki je bil vse bolj podoben današnjemu. Reke so odtekale s kopnega od zahoda na vzhod v Panonsko morje ali na jug v Jadransko morje. Svoj strmec so povečale v pliocenu, ko je evropsko kopno in s tem tudi naši kraji zavzemalo domala današnji obseg.

Rečna erozija je zapustila v Julijskih Alpah več nivojev ali uravnjav, ki pomenijo obdobja bolj bočnega kot vertikalnega erodiranja ali z drugimi besedami bolj počasno dvigovanje kopnega iznad morske gladine.

Najstarejše površje je okoli Triglava (okrog 2500 m), ki zajema proti jugu vse višine iznad 1850 m. Ostanke tega površja vidimo še severno in zahodno od Triglava. Medtem ko se je površje nižalo proti jugu in severu (Rakovc, 1936/37), se je širilo proti zahodu domala v isti višini (Winkler, 1957). Uravnava se je izvršila v drugi polovici miocena in se je raztezala prav tja do Centralnih apneniških Alp. Od tam so lahko reke prinašale prodnike tudi v obliki bobovcev in

jih odlagale na apneno površje blizu miocenskega morja pri Radovljici. To je bila poslednja možnost, da bi bobovci prispeli iz zahoda, kajti pliocenski relief Julijskih Alp tega ni več dopuščal.

Uravnavi ob zaključku miocenske dobe je sledilo obdobje daljšega mirovanja v pliocenu, ko so nastale planote Komne, Jelovice, Pokljuke in Mežaklje. Vendar je mogoče po nekaterih nivojih sklepati na vmesna kratkotrajnejša dvigovanja posameznih delov planot. Tako sta se na Pokljuki hitreje dvigovala severni in južni del, medtem ko je sredinski del zastajal. V ta srednji del so se stekali površinski potoki, ki pa so se zaradi zakraševanja kmalu izgubili v podzemlje. Z višjega obrobja so prihajale sem tudi ledeniške mase z mnogo morenskega gradiva. Seveda so se pred nastopom ledene dobe še izoblikovali nivoji med omenjenimi planotami in nižino (n. pr. na višini 1000 m, 750 m itd.).

Nahajališče bobovcev

Poizkus, da bi klasificirali nahajališča železove rude po njihovem nastopanju v morenah, brezni, vrtačah in na skalni podlagi, ni rodil zelenega uspeha. Kemične in mineraloške analize so namreč pokazale, da gre za takoimenovana sekundarna sedimentna rudišča, ki so neodvisna od različno oblikovanega površja in geološkega sestava podlage. Zato smo opisali železova nahajališča in rudne vzorce v takem vrstnem redu, kot smo jih našli od prvega do zadnjega dne raziskovanja leta 1963. Najprej smo opisali nahajališča na Pokljuki, nato nahajališča od Velega polja do Dednega polja in končno še najdišča okrog Triglava in na Komni.

Pri zbiranju gradiva smo posebno pazili na geološko okolje, kjer so bili najdeni bobovci, pseudomorfoze in kosovna ruda. Te tri oblike rude so najbolj pogostne. K bobovcem smo šteli vse oglajene in polirane kose, k pseudomorfozam pa tisto rudo, pri kateri se makroskopsko vidi kristalna oblika. Kosovna ruda je nepravilnih oblik in ni zaobljena. Ta ločitev je seveda zgolj vizualna, saj smo dejansko našli vse mogoče oblike rude, pa tudi mineraloška in kemična preiskava sta pokazali, da moramo biti pri tej klasifikaciji zelo previdni. Poleg rude, ki smo jo nabrali v morenah, brezni in na skalni podlagi izven morenskega gradiva, smo analizirali tudi zemljo in smrekove ter jelkine iglice s številnih rudnih nahajališč, da bi dognali eventualno zvezo rude z okolico. Enakega značaja so bile tudi kemične analize voda in snega.

Najdišča smo opisali kot celoto z vsemi geološkimi, pedološkimi, speleološkimi in drugimi značilnostmi, pri čemer je bil upoštevan predvsem makroskopski videz celotnega vzorca. V tabelah pa smo prikazali glavne kemične sestavine različnih rudnih oblik z istih nahajališč z namenom, da s primerjavo ugotovimo njihovo medsebojno

zvezo. Posebno pozornost smo posvetili zaobljenosti, ki je ena od najvažnejših lastnosti za ugotovitev izvora rude.

Zal je slika najdišč na podlagi opisanih vzorcev nekoliko nepopolna. Vzorcevali namreč nismo vse rude od kraja, temveč smo pravzaprav le izbirali čim lepše primerke bobovcev, psevdomorfoz in kosovne rude iz vsakega najdišča. Ker je bil poleg tega del vzorcev porabljen tudi za kemične, mineraloške in fizikalne analize, nam naši opisi železovih nahajališč ne morejo odgovoriti predvsem na dve važni vprašanji: kakšen je koeficient zaobljenosti bobovcev v posameznih nahajališčih in kakšno je granulacijsko razmerje velikosti posameznih primerkov.

Najdišče Berjanca

Nahajališča so na področju Rečiške planine, Berjance in Velikega Vokla (vzorci 1, 2, 3). Železna ruda nastopa v obliki bobovcev, psevdomorfoz in kosovne rude. Dobimo jo raztreseno po skalnati podlagi skupaj z drobci rožencev in malo humusa, ter v ilovnatih zapolnitvah dolin. Na skalnati podlagi je železova ruda na pobočju Kokošinca (1396 m) vzhodno od Rečiške planine, v ilovnatih zapolnitvah dolin pa ob kolovozih na planini Berjanca in v sedlu med kotama 1331 m in 1355 m. Podlago tvori zgornjetriadni dachsteinski apnenec, ki je zelo bogat z gomolji rožencev. Vmes se pogosto vključujejo apnene breče, ki so zlepljene z apnenim vezivom. Pred Rečiško planino so razgaljeni jurski skladi. V ilovnati in humusni prsti je mnogo drobcev rožencev, ki so se ohranili, medtem ko je bil dachsteinski apnenec korodiran. Po Šifrerju (1953) na omenjenem ozemlju okrog Kokošinca ni morenskega gradiva.

Vzorec 1. Bobovci so močno ploščato zaobljeni in tudi na novo obkrušeni. So gosti in homogeni. Dosegajo velikost ena in pol centimetra in imajo rjavo razo. Psevdomorfoze in kosovna ruda so nepravilno oblikovani, vendar ni opaziti ostrih robov, pa tudi take stopnje zaobljenosti ne, kot jo imajo bobovci. Od bobovcev se ločijo zlasti po tem, ker nimajo površinske politure. Zelo pogosto razijo jeklo, kar priča za prisotnost kremenice in precejšnje trdoto. Z istim kosom lahko istočasno napravimo svetlo rjavo in rdečo črto. V preseku se ostali kosi razlikujejo od bobovcev po bolj rjavkasti barvi in po poroznem ter žarkovitem sestavu heterogene snovi.

Vzorec 2. V vzorcu ni bobovcev, pač pa psevdomorfoze po piritu in markazitu. Piritni kristalčki se drže žarkovite psevdomorfoze markazita. Podolgovat primerok velikosti 1 cm kaže na eni strani kristale spremenjenega pirita, na drugi strani pa gladko spolirano površino s podobnim sijajem, kot ga opazujemo pri bobovcih. Bobovcem je podobna tudi notranjost primerka. Snov delno razi jeklo, delno pa pušča rjavo črto. Najdena kosovna ruda doseže velikost 5 cm, vendar ostri robovi kažejo, da gre za razbite kose in je tako prava velikost še večja. Nepravilni kosi imajo nekaj obkrušenih ploskev, ki so močno oksidirane (svetlo rjava barva), medtem ko je notranjost porozna s svetlo rjavimi lisami v temni osnovi (izgled limonitne rude). Na delno obkrušenih ploskvah in tudi hrapavih delih, ki so bolj podvrženi preperevanju, so vzporedne, zelo tanke zvezne črte. Ustvarjajo vtis plastovitosti, ponekod celo križne slojevitosti. Mogoče gre tudi za mehnično povzročene raze (oraženci, talna morena). Po fizikalnih lastnostih rude sklepamo, da je prišla v današnje najdišče od drugod.

Kemična analiza vzorcev, Berjanca:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Psevdomorfoze		Kos. ruda		Zemlja	Igljice	
		1	2	1	2	1	2			
SiO ₂		2,06	3,20	2,24	3,24	73,20		27,04	55,52	
Al ₂ O ₃		0,22	0,47	0,52	0,63	9,87		4,69	15,26	
Fe ₂ O ₃		83,15	80,57	81,90	80,15	7,72		2,39	7,26	
CaO		0,53	0,56	0,45	0,56	1,00		40,76	14,4	
MgO		0,16	0,40	0,16	0,40	1,12		4,16	2,08	
CO ₂ + H ₂ O		11,86	12,32	12,14	12,60	5,50		—	—	
P ₂ O ₅		0,56	0,56	0,75	0,69	0,29		3,98	—	

Bobovci in ostala železova ruda imajo približno enak odstotek železa, bolj siromašna je le ruda z Velikega Vokla. Iz analize je razvidno, da nastopa predvsem velika količina kremenice v zemlji oziroma ilovici, kar potrjuje ugotovitev, da vsebujejo dachsteinski apnenci okrog Berjance številne gomolje rožencev. Dva preiskana kosa roženca sta vsebovala preko 90 % SiO₂.

Tudi v smrekovih iglicah iz Berjance in Velikega Vokla je velika količina kremenice, ki gradi skupaj s kalcitom skelet iglic. Odstotek kremenice je odvisen od podlage, kjer smreke rastejo. Kjer je več kremenca v prsti, tam ga je več tudi v iglicah.

Področje Berjance je od vseh preiskanih predelov najbogatejše s kremenico. To potrjuje do-

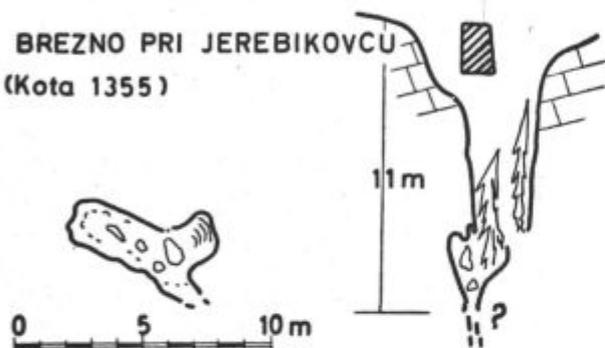
mnevo Rjazanceva, da so stari železarji prav s tega področja prinašali rožence, ki so jih rabili za znižanje tališča bobovcev v vetrnih pečeh. Druga zanimivost je visok odstotek P_2O_5 v bobovcih, psevdomorfozah in kosovni rudi, medtem ko se v zemlji in iglicah ne dvigne nad povprečje. Kvalitetno ta ruda torej ni posebno ugodna za pridobivanje železa.

Najdišče Jerebikovec

Med Mrzlim Studencem in planino Javornik se iznad ravnicaštega sveta dviguje več gričev (kote 1355 m, 1368 m, 1359 m), ki sestavljajo področje Jerebikovca. Griče gradijo dachsteinski apnenci, okrog in okrog pa so morene zadnje poledenitve.

BREZNO PRI JEREBIKOVCU

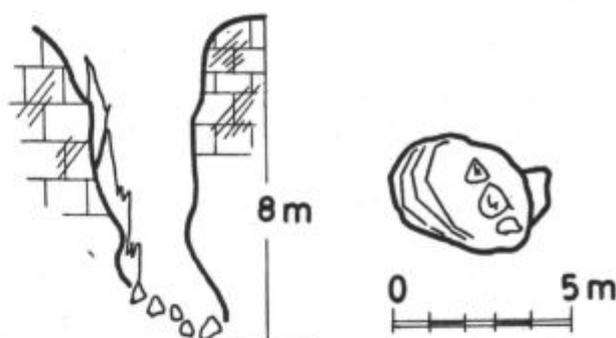
(Kota 1355)



V sedlu med kotama 1368 m in 1355 m je navpično kraško brezno. S smrekovimi debli je zadelano tako, da je mogoče doseči le 7 m globine, čeprav vse kaže, da se brezno pogloblja še za nadaljnjih 5 ali več metrov. Nobenih znakov ni, da bi tod kdaj rudarili. Lesena lestev, ki je prislonjena k zahodni steni, je iz partizanskih časov. Po pripovedovanju domačinov so imeli partizani v

BREZNO NA JEREBIKOVCU

(Kota 1368)



jami hladilnico. Ob breznu je majhna uravnava, kjer je prst močno kisl.

Kraško brezno je tudi ob vrhu kote 1368 m. Brezno je globoko 8 m in ima 4×3 m širok vhod. Opazili nismo nobenih znakov o kopanju rude. V okolici brezna je močno brečast dachsteinski apnenec; vezivo med delci je limonitizirano.

Sele severno od omenjene kote, na višini okrog 1300 m smo našli posamezne bobovce in kosovno rudo tam, kjer začne morena prekrivati skalno podlago. Moreno je prinesel ledenik z Debele peči (Šifrer, 1952).

Vpadljiv je visok odstotek kremenice v zemlji. Vzorec je močno podoben onemu na Berjanci. Mogoče izhaja kremenica iz rožencev, vendar jih v dachsteinskih apnencih iz bližnje okolice doslej nismo ugotovili. Zanimivo je tudi dejstvo, da je v smrekovih iglicah zelo visok odstotek P_2O_5 , medtem ko v psevdomorfozah in v zemlji ne presega običajne količine.

Kemična analiza vzorcev, Jerebikovec:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec	Psevdomorfoze 2	Kos. ruda	Zemlja 5	Iglice 6
SiO_2			1,54		71,90	5,50
Al_2O_3			1,20		12,80	1,47
Fe_2O_3			80,33		6,77	5,53
CaO			1,46		1,47	32,20
MgO			0,56		1,12	5,80
$CO_2 + H_2O$			12,80		4,90	—
P_2O_5			0,32		0,32	13,16

Najdišče Medvedovec

Severno od planine Javornik vodi pot na Lipanico. V začetnem delu poti, kjer prekriva dachsteinski apnenec še talna morena lipanskega ledenika, je zelo bogato najdišče rude, ki bi ustrezalo Müllerjevimi nahajališčem »V Medvedovci« in »Za Medvedovcem«. Na obeh straneh poti so ohranjene jame v obliki lijakov z globino okrog

1 m. Vse je prekopano, kar kaže na stara rudarska dela. Povsod dobimo posamezne kose raznovrstne rude, največ pa je ob mlaki v višini 1330 m, kjer je bilo verjetno staro izpirališče rude. Moreno sestavljajo oglati kosi raznobarnega apnenca in nekaj rožencev, vmes pa je več sipke ilovice in mastne glin. Med tem materialom je pomešana raznovrstna ruda. Izkopali smo tudi skupek

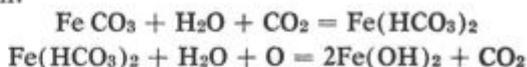
kalcitnih kristalov, ki so prepereli in prepojeni z železom. Podobni so sigi. Rudo dobimo še v bližnji Medvedovi konti. Tu morena še vedno prekriva dachsteinske apnenec, proti severu na višini 1400 m pa je ni več.

V najdišču so zaobljeni bobovci, kosovna ruda in psevdomorfoze. Oglati kosi so odkruški. Bobovci in delno psevdomorfoze imajo (samo po kristalnih ploskvah) polirano površino, ostala ruda pa ima moten izgled brez sijaja. Velikost kosov se spreminja od nekaj milimetrov (bobovci) do 5 cm (kosovna ruda in psevdomorfoze). Po barvi raze je material sestavljen iz limonita (svetlo rjava črta) in hematita (rdeča črta). Zanimiva je najdba za pest velikega in zaobljenega kosa konglomerata, ki ni preveč trdno sprijet. Vezivo je apneno in močno reagira s solno kislino. Vidi se poroznost; drobni kristali kalcita zaraščajo luknjice. Vezivo je rjavkasto, kar kaže na limonitizacijo. Enakomerno veliki vključki so močno zaobljeni; izjemo tvorijo le bela kremenova zrna, ki so bolj ogлата. Pretežni del vključkov sestavljajo rjavo rdeči prodniki, ki se lepijo na jezik in ne reagirajo s solno kislino. Sklepamo, da gre za boksit, čeprav imajo nekateri prodniki tudi zrnat izgled kremenovih peščenjakov. V konglomeratu dobimo tudi zaobljene bobovce v velikosti prosa.

Omenjena svojstva konglomerata dopuščajo domnevo, da prodniki niso bili zlepljeni v konglomerat v sami talni moreni. Verjetneje je prinesel ledenik konglomerat s seboj. Vprašanje je, odkod izvirajo sestavni, pretežno boksitni prodniki konglomerata. Ali ga lahko primerjamo s silikatnim materialom iz Komne, ki je tudi delno zlepljen z apnenim vezivom? Tudi na Komni je razlika v sestavi prodnikov precejšnja. Medtem ko imamo na Spodnji Komni (vzorec 43) pretežno nevezan silikatni material (mivka, bel in obarvan kremen, roženci, liditi, različni kremenovi peščenjaki), ki je le na površini zlepljen z apnenčevim vezivom v tanko skorjo, je na Lepi Komni (vzorec 44) rjav gost peščenjak z apnenčevim vezivom, ki delno prehaja v peščen konglomerat.

V moreni dobimo še drugo vrsto konglomerata. Ta združuje večje kose bobovca in druge železove rude ter kose apnenca. Vse prepleta porozno li-

monitno vezivo. Ta pojav je mogoče razložiti z zakraševalnim procesom, kateremu je izpostavljena tudi morena. V sipkem gradivu pride voda še posebno hitro v stik s karbonatnimi sestavinami. Po eni strani voda karbonate (predvsem apnenec) topi, po drugi pa zopet odlaga v obliki sige, ki je močno prepojena z železovimi oksidi (Stano v, 1959). Kemični proces bi se lahko vršil po formuli:



Značaj konglomerata in zaobljenost bobovcev jasno kažejo na sekundarno zlepljenje v moreni.

Bauer (1955) opisuje konglomerat iz Mamutove jame v Dachsteinu pri Obertraunu. Opisan primerek sestavljajo dobro zaobljeni prodniki raznobarnega kremenja in kremenovega peščenjaka s premerom do 1 cm (Augensteine) in psevdomorfoze po piritu z delno zaobljenimi robovi kristalov. Tako psevdomorfoze kot silikatni prodniki so bili prineseni od daleč, kar kaže njihova zaobljenost, pa tudi konglomerat ni nastal v moreni, ker se mu pozna določen transport.

Opisani konglomerat lahko primerjamo z našim konglomeratom iz rjavo rdečih silikatnih prodnikov in drobnih zaobljenih bobovcev, ki nas je vodil do enakih zaključkov.

Vsa železna ruda tega nahajališča ima zelo visok odstotek ferooksida in je skoraj brez kremenice. V zemlji izstopa visok odstotek kalcijevega in magnezijevega oksida, v iglicah pa magnezijevega oksida.

Nahajališča v Kranjski dolini, na Lepih Kopiščih in Mejnem vrhu

Planina Kranjska dolina leži v vrtači. Podlago ji tvorijo sivi in rjavkasti dachsteinski apneneci, ki so ponekod rdečkasti in rožnati ter prepleteni z rdečkastimi žilicami. Poleg njih dobimo še apnenčeve breče in dolomitizirane apnenec. Rožencev nimajo. Apnenec prekriva morena klečičkega dolomita, ki je segal tudi navzdol v dolino Radovne. Morena prekriva tudi planino Lepa Kopišča, medtem ko je na Mejnem vrhu dachsteinski apnenec.

Kemična analiza vzorcev, Medvedovec (1330 metrov):

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec 7	Psevdomorfoze 7	Kos. ruda 7	Zemlja 7	Iglice 8
SiO ₂		sled	sled	sled	38,90	13,56
Al ₂ O ₃		0,68	0,21	0,18	11,41	2,81
Fe ₂ O ₃		85,72	86,00	85,86	12,30	4,30
CaO		0,53	0,24	0,24	12,09	36,73
MgO		0,24	0,15	0,20	6,56	7,63
CO ₂ + H ₂ O		10,58	11,60	11,00	17,20	—
P ₂ O ₅		0,36	0,30	0,25	0,29	7,05

V morenskem materialu, ilovnati prsti in na skalnati podlagi so vse tri različne vrste rude: bobovci, psevdomorfoze in kosovna ruda. Nekaj zelo lepih bobovcev je na Lepih Kopiščih. Vsi so ploščati. Imajo izrazit sijaj. V rjavkastih, tudi močno zaobljenih kosih, ki so le podobni bobovcem, so drobne svetlikajoče se ploskve. Morda pripadajo sljudi. Struktura kosov je podobna drobnozrnatim peščenjakom.

Material z Mejnega vrha se nekoliko loči od opisanih vzorcev. Je rjav in bolj malo zaobljen. Kosi rude imajo robate in nepravilne razjede ploskve, kjer so vidne psevdomorfoze po piritu. Kristalčki so zelo drobni in v notranjosti

prepereli. Bobovci so redki, ostala ruda pa ne kaže na prenos iz večje daljave. Ruda je morala biti izpostavljena močnemu površinskemu prepevanju in preoblikovanju. Med hematitnimi in limonitnimi kosi so še svetlo rjavi in drobno zrnati peščenjaki prepojeni z limonitom.

Kemična analiza kaže visok odstotek ferooksida v vseh rudnih različkih. Posebno izstopa velika količina kremenice in majhen odstotek kalcijevega oksida v iglicah. Obe spojini sta v zemlji v normalni količini. Izgleda, da na zgradbo iglic ne vpliva bistveno sestav zemlje, še manj pa seveda sekundarno prinesena železova ruda.

Kemična analiza vzorcev, Lepa Kopišča (21), Mejni vrh (22):

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Psevdomorfoze 20 a	Kos. ruda 22	Zemlja		Iglice	
		21	22			21	22	21	22
SiO ₂		0,04	0,80	0,06	3,04	42,96	55,30	22,28	44,24
Al ₂ O ₃		sled	0,52	0,14	0,42	17,05	17,77	10,30	13,55
Fe ₂ O ₃		86,22	83,98	85,84	80,14	8,04	8,73	3,13	5,54
CaO		0,32	0,50	0,33	1,00	2,34	2,80	44,96	25,08
MgO		0,24	0,36	0,24	0,88	0,72	1,36	1,44	2,08
CO ₂ + H ₂ O		11,84	10,62	11,82	11,54	20,36	10,16	—	—

Nahajališča na Kleku

Klek je velika vrtača v nivoju, ki je za 200 m višji od ostalih nahajališč na Pokljuki in tvori stopnjo na prehodu h grebenu, ki omejuje Krmo na jugovzhodni strani. V dolini ni morenskega materiala, razgaljeni so dachsteinski apnenec, apnenčeva breča in glavni dolomit (39,15 % CaO in 20,16 % MgO). To je doslej edini primer najdišča na dolomitu.

Ruda je v južnozahodnem delu vrtače, kjer je pomešana z ilovico. Podlaga je dolomitna. V juž-

nem delu vrtače pa so bobovci pomešani s humusom, ki je nastal na dachsteinskih apnencih in apnenčevih brečah. Rudo sestavljajo večinoma bobovci v lepih, do pesti velikih primerkih ploščate in okrogle oblike. Nekatera ploščata in rdeča zrna se lepijo na jezik, kar bi govorilo za boksit. Znake zaobljenosti kaže tudi kosovna ruda.

Rudo dobimo tudi v dolinici vzhodno od stanov na Kleku. Bobovci so pod rušo in med grobim apnenčevim gruščem. Podlaga je dachsteinski apnenec, ki pa je zelo zdrobljen.

Kemična analiza vzorcev, Klek:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec	Psevdomorfoze	Kos. ruda		Zemlja		Iglice 23
				23	24 a	23	24	
SiO ₂				0,60	5,04	28,86	51,42	15,48
Al ₂ O ₃				0,28	50,57	25,43	17,50	3,20
Fe ₂ O ₃				84,57	27,95	16,85	9,50	7,51
CaO				1,34	0,56	1,12	1,54	59,52
MgO				0,24	0,32	0,80	0,64	2,40
CO ₂ + H ₂ O				11,46	12,86	23,54	13,82	—
TiO ₂				—	0,84	1,37	0,65	0,46

Kosovna ruda je zelo bogata z železom, zato lahko sklepamo, da imajo tudi bobovci in psevdomorfoze enako količino železa. Analiza vzorca 24 a pa kaže, da gre za kos boksita. Preseneča se-

stav zemlje oziroma ilovice vzorca 23, ki ima zelo mnogo aluminijevega in železovih oksidov, medtem ko ima kremenice najmanj med vsemi drugimi vzorci. Visoko vrednost predstavlja tudi

količina kristalne vode in ogljikovega dioksida. V prav majhnih količinah so navzoči kalcijev in magnezijev oksid. To pomeni, da je apnenčeva ali pa dolomitna komponenta že povsem izprana in da imamo na Kleku močno boksitno zemljo. Omenili bi še največjo vrednost TiO_2 v zemlji (1,37%), ki po našem mnenju dokazuje bližino tektonske cone. Ob dislokacijah se v zdrobljenih kamninah pogosto pojavljajo take redke prvine skupaj z radioaktivnimi emanacijami. Zaradi velike količine železa v prsti vsebuje tudi tukajšnja voda mnogo

železa. Dobro odvisnost od tal kaže kemični sestav iglic. Čudno je pravzaprav le to, da vsebuje toliko CaO in tako malo kremenice.

Najdišče Lipanca

Bobovce smo našli na vzpetini nad planinsko kočo v višini 1700 m. Tod vodi pot na Rudno polje. Bobovci in kosovna ruda leže prosto na površini ali pa so z apnenim vezivom prilepljeni na skalno podlago, ki jo sestavljajo srednjetriadni apnenci z vložki lapornih pol.

Kemična analiza vzorcev, Lipanca (1700 m):

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec 9	Pseudomorfoze 9 10	Kos. ruda	Zemlja 9	Iglice 9
SiO_2		0,62	0,54 4,38		55,06	5,36
Al_2O_3		0,32	0,45 1,04		24,68	7,52
Fe_2O_3		84,82	85,37 79,36		5,37	4,54
CaO		0,67	0,77 0,45		2,24	21,48
MgO		0,32	0,64 0,22		1,38	5,28
$CO_2 + H_2O$		11,52	10,32 12,86		—	—
P_2O_5		0,25	0,39 0,34		0,27	14,06
TiO_2		0,024	0,024 0,016		1,18	sled

Med rudo izstopa trda kosovna ruda, ki dobro razi jeklo in ima rdečo črto. Je močno hrapava na površini (kot dober smirk) in nezaobljena. Podobna je drobnozrnatemu peščenjaku.

V kvaliteti bobovca, pseudomorfoz in kosovne rude ni nobenih razlik. Prst je močno lateritna in ima mnogo kremenice. To je značilen sestav za zemljo na apnencih izven moren. Iglice odlikuje visok odstotek P_2O_5 (14,06%).

Nahajališče Rudna dolina, Rudno polje

Rudna dolina z Rudnim poljem (od 1250 m do 1350 m) leži med Mesnovcem (1481 m, 1450 m), griči Jerebikovca (1370 m, 1362 m) in vzhodnimi pobočji Krasce (1786 m). To je več ali manj ravnica svet, pokrit z moreno viševniškega ledenika. Morena vsebuje raznolike kose apnenca in sipko peščeno ilovico. Med gruščem je tudi primerek zelenega kamna, ki ima po analizi 93,8% SiO_2 . Bržkone izhaja iz wengenskih plasti imenovanih pietra verde. Ker tvori na tem ozemlju podlago moreni le dachsteinski apnenci in jurski laporji, morajo biti wengenske plasti razgaljene nekje ob Velikem in Malem Dražkem vrhu. Stik med triadnimi in jurskimi kamninami se vidi v Rudni dolini ob avtomobilski cesti pri koti 1251 m in ob gozdni cesti, ki obkroža Mesnovec. Skozi Rudno polje poteka prelom od jugovzhoda proti severozahodu, ki deli Zlatensko ploščo na jugozahodni in severovzhodni del.

Viševniški ledenik je segal z enim krakom proti Rudni dolini, z drugim pa na Rudno polje. Ni

še ugotovljeno, če je segal tudi naprej v Španove jame in na Praprotnico. Zdi se, da sta se na koti 1336 m stikali veji bohinskega in viševniškega ledenika.

Zelo drobna, zaobljena zrna rude smo našli v humusu nad moreno in ob gozdni poti blizu kote 1269 m. Pot je bila sveže nasuta z morenskim materialom. Ob kolovozu je več starih kopov, ki so delno zasuti. Luknje so napravili tudi oglarji. Na mesnovški strani avtomobilske ceste so pri koti 1257 m bobovci in pseudomorfoze pomešani v grušču morene in v humusu. Na majhni uravnavi (1350 m) na pobočju Mesnovca je polno lijakastih do 3 m globokih jaškov, ki so zatrpani z vejevjem. Izgleda, da so na uravnavi še ostanki morene, čeprav jo na tej višini Sifrer (1952) ne omenja. Morda je tu ohranjen celo kak rečni sediment iz pred zadnje ledene dobe, ko je imela Pokljuka še razvito vodno omrežje.

V morenskem materialu je po sestavi, velikosti in zaobljenosti zelo mešana ruda. Posamezni kosi so precej večji, kot jih dobimo na drugih najdiščih, saj dosežejo velikost pesti. Tej velikosti se najbolj približujejo bobovci. Bobovci so včasih zleppljeni z morenskim gradivom v brečo, v enem primeru pa tudi siga oklepa kos bobovca (vzorec 12). V vseh primerih gre za sekundaren nastanek breče v moreni (in situ).

Kosovna ruda in pseudomorfoze kažejo dokajšnjo zaobljenost, pri čemer so bolj okrogli tisti deli, ki štrle iz površine (n. pr. kristalne tvorbe). Povr-

šina je ponekod razjedena, kar bi pripisali kemičnemu preperevanju v morenskem okolju ali izven njega. Polirani deli površine bi bili potemtakem ostanki nekdanje politure celotnega primerka.

Vzorec 17 iz področja med Rudnim poljem in Španovimi jamami ima v primerjavi s sosednjimi nahajališči manjše kose, ki so tudi zlepljeni v konglomerat.

Kemična analiza vzorcev, Rudna dolina, Rudno polje:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Pseudomorfoze 17	Kos. ruda 17	Zemlja		Iglice	
		12	17			12	17	12	17
SiO ₂		1,10	2,74	0,10	0,06	51,22	27,28	25,80	19,44
Al ₂ O ₃		0,20	0,80	sled	0,12	18,59	25,05	12,54	4,10
Fe ₂ O ₃		86,44	83,42	86,22	86,43	13,08	17,77	5,60	6,43
CaO		0,45	0,45	0,22	0,32	2,46	5,60	39,20	50,00
MgO		0,23	0,32	0,16	0,16	2,08	1,20	3,68	2,88
CO ₂ + H ₂ O		9,70	11,36	11,64	11,64	11,36	19,40	—	—

Ruda ima visok odstotek železa, pri čemer ni nobenih razlik med bobovcem, kosovno rudo in pseudomorfozami. Zemlja in iglice imajo značilen sestav za nastanek in rast v morenskih tleh. Izstopa le vzorec 17, ki je iz ozemlja, kjer po Šifrerju ni morene. Zelo je podoben zemlji na Kleku, kjer tudi ni morenskega materiala. V obeh primerih gre za precej lateritno prst.

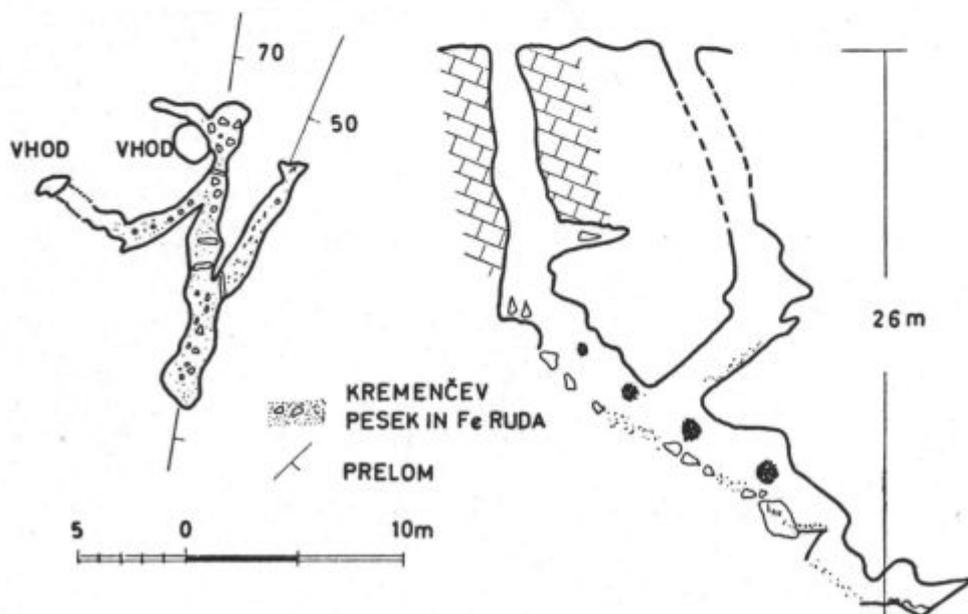
skih apnencih z roženci, ki jih pokriva morenski grušč.

Vhod v dva metra široko brezno Jame na Aušterlovcu je ograjen z lesenim plotom. Sprva je 12 m navpičnega jaška, potem pa se pride v poševen rov, ki po 14 m globine preide v vodoraven žep. Skupna globina brezna znaša 26 m. Sredi poševnega jaška se da preplezati po drugi špranji proti vrhu. Tu je bila nekoč še druga zveza s površjem, ki je danes zadelana. Blizu vhoda se vidi na površju še ena stranska luknja, ki je po dveh metrih neprehodna.

Nahajališče Gorjuše

V Zgornjih Gorjušah se pod Hribarico (1096 m) in nekaj deset metrov nad avtomobilsko cesto nahaja najdišče železove rude na površju in v breznu,

BREZNO NA AUŠTERLOVCU



ki mu pravijo Jama na Aušterlovcu. Ruda je raztresena po travniku in ob poti, ki je služila za odvoz materiala iz brezna. Teren je v dachstein-

Brezno je kraškega nastanka. Izdelala ga je voda ob dveh prelomih, ki se ju da slediti v jami. Ko je bilo brezno že izoblikovano, so ga do polo-

vice zapolnili kremenčevi peski, ilovice in železova ruda. Ne moremo dokončno presoditi, ali je ta material prinesel led ali voda. Najbolj verjetno je, da gre za material talne morene, ki so ga ledeniške vode spravile v špranje tam, kjer se je pomikala ena veja bohinjskega ledenika.

Iz jame so spravljali kremenčev pesek in rudo na povsem rudarski način. Med stene so uprli lesene drogove in napravili lesene odre. Drugi vhod je verjetno omogočal zračenje, čeprav tega ne bi bilo treba. V globini 12 m smo našli oljenko take vrste, kot so jih uporabljali pri gradnji bohinjskega predora.

Rudo sestavljajo drobni in močno zaobljeni bobovci, ki so v jami pomešani s kremenčevim peskom. Pesek je močno prepojen z vodo in predstavlja tako imenovan »tekoči pesek«, kot tako zmes nazivajo rudarji. Pesek privzema padavine s površja. Te zaidejo v brezno skozi špranje. Največ

smo našli kosovne rude, psevdomorfoz je manj. Zdi se, da gre za samo porozno limonitno rudo (svetlo rjava barva vzorcev in črte). Posamezne kose lahko zdrobimo z roko, kar kaže, da je v nahajališču precej okre. Zaobljeni kosi pričajo za transport. Kasneje so bili v jami izpostavljeni oksidaciji oziroma razpadanju. Vendar velja to le za nekatere kose. Večina pa ima nagrizeno, nepravilno površino, ki je lahko posledica kemičnega delovanja curljajoče vode v razpokah in med peskom. Vidimo namreč, da so kljub preperevanju ohranjene gladke, zaobljene in polirane površine na posameznih mestih sicer nagrizenih kosov. Zdi se, da so bili le določeni deli ploskev manj odporni proti kemičnemu učinkovanju vode ali pa so mu bili manj izpostavljeni.

Vzhodno od Jereke, na južnozahodnem pobočju Babne gore, smo našli nekaj kosov rude v prsti ob luknjah, ki so jih izkopali pri rudarjenju.

Kemična analiza vzorcev, Gorjuše - Jama:

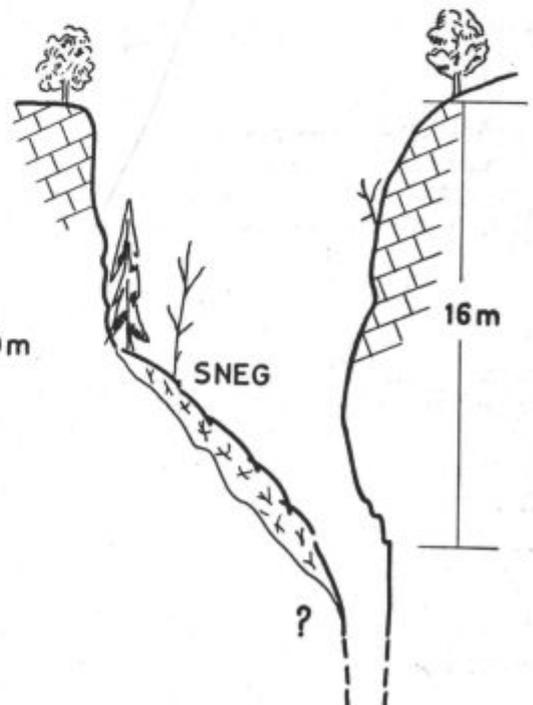
Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec	Pseudomorfoze	Kos. ruda 14	Zemlja 14	Iglice
SiO ₂				3,04	79,75	
Al ₂ O ₃				sled	1,80	
Fe ₂ O ₃				75,93	7,98	
CaO				0,45	1,12	
MgO				0,22	0,40	
CO ₂ + H ₂ O				12,86	3,32	
Mn ₂ O ₃				1,68	2,72	

Ruda je dokaj siromašna v primerjavi z rudo s področij pokljuških ledenikov. Vsa ruda z ozemlja, kjer je tekel bohinjski ledenik, ima pod 80 % Fe₂O₃.

Nahajališče na Mesnovcu

Ozemlje Mesnovca predstavlja višji nivo poključke planote (1450 m—1540 m). Okrog in okrog so nižji predeli. Na severu Rudna dolina (1283 m),

BREZNO NA MESNOVCU POD KOTO 1451



na vzhodu Goreljek (1250 m), na jugu nižji predel med krajema Na mlakah in Praprotnico in na zahodu Rudno polje ter Španove jame. Mesnovec sestavljajo dachsteinski apnenci, ki so bili Na mlakah v stiku s srednjetriadnimi apnenci in dolomiti, pri koti 1388 m pa z jurskimi laporji. Morenski material smo našli Na mlakah. S tega področja ga Šifrer še ne omenja (1952).

V apnencu je več brezen kraškega nastanka. Znana je Snežna jama pri koti 1421 m. V njej se skozi vse leto zadržuje sneg. Bolj obsežno je brezno pri koti 1451 m na severni strani Mesnovca.

Brezno ima 12 × 7 m širok vhod. V globini 9 m se nahaja sneg. Ob vzhodni steni se brezno nadaljuje za najmanj 20 m, kolikor je mogoče presoditi po času padanja kamna. Brezno bi bilo treba še raziskati.

Ob cesti, ki obkroža Mesnovec je mnogo usekov, kjer smo našli bobovce. Pri koti 1422 m so v špranji med skladi ujeti bobovci skupaj z rdečo prstjo. Apnenc je močno brečast in prepojen z limonitnim vezivom. Droben bobovec smo pobirali v zajedah, ki so v precej zdrobljenem apnencu. Zajede so razkrite ob cestnih usekih. Bobovec je

pomešan z rdečo prstjo in z napol zaobljenim gruščem, ki je lahko ostanek morene bohinjkega ledenika.

Na sedlu zahodno od Na mlakah smo našli na apnencu priraščene kalcitne kristale, ki obkrožajo psevdomorfoze limonita po piritu. Ohranjeni so do 5 mm veliki kristalčki. To nahajališče pove, da je nekaj železove rude singenetske z apnencem.

Ruda je zelo drobna, sestavljajo jo bobovci in obkruški. Ruda s severne strani Mesnovca je zelo podobna oni iz Rudne doline. Več je le obkrušenih kosov in tudi velikost zrn je manjša. Med bobovci so tudi zaobljeni prodniki rdeče barve, ki močno spominjajo na boksit. V njih so drobci sljudnih lističev. En brečast primerek ima ravno spodnjo ploskev, v njej pa okroglaste delce. Vse skupaj kaže delno polituro in zaobljene robove. Zdi se, da so pred transportom rasli kristali rude na ravni podlagi, odkoder pa so bili potem odtrgani in preneseni v drugotno nahajališče.

V sestavi debelih in drobnih bobovcev ni nobene razlike. Na severni strani Mesnovca in Na mlakah je zemlja bolj lateritna, ima podoben sestav kot zemlja na Kleku in na sedlu med Rudnimi poljem in Španovimi jamami.

Kemična analiza vzorcev, Mesnovec:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Psevdomorfoze 28	Kos. ruda		Zemlja		Igllice	
		25	28		28	25	25	28	25	28
SiO ₂		0,76	2,16	1,48	3,26	0,08	42,46	45,58	22,96	19,32
Al ₂ O ₃		0,25	0,40	0,12	0,62	0,16	22,81	18,74	8,20	8,88
Fe ₂ O ₃		84,77	85,85	84,00	82,36	86,14	11,66	14,08	4,04	6,96
CaO		0,46	0,67	0,78	0,66	0,44	5,14	2,34	50,84	46,36
MgO		0,24	0,48	0,32	0,32	0,24	1,60	2,48	2,08	4,84
CO ₂ + H ₂ O		11,90	8,90	12,14	11,60	11,58	13,60	13,92	—	—

Nahajališče Uskovnica

Med morenskim materialom Uskovnice na višini okrog 1200 m so bili najdeni posamezni bobovci in psevdomorfoze. Srednje zaobljeni kosi psevdomorfoz so obkrušeni, Zdi se, da so bobovci njihovi odkruški. Tudi na Praprotnici so bobovci in psevdomorfoze v morenskem materialu, pomešanem z rdečkasto ilovico.

morfoz so obkrušeni, Zdi se, da so bobovci njihovi odkruški. Tudi na Praprotnici so bobovci in psevdomorfoze v morenskem materialu, pomešanem z rdečkasto ilovico.

Kemična analiza vzorcev, Praprotnica, Uskovnica:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec 31	Psevdomorfoze	Kos. ruda		Zemlja 30	Igllice
				30	31		
SiO ₂		1,58		1,60	1,10	50,06	
Al ₂ O ₃		0,38		0,72	0,26	19,95	
Fe ₂ O ₃		83,06		82,65	84,93	9,65	
CaO		0,78		0,78	0,78	1,79	
MgO		0,24		0,40	0,32	1,36	
CO ₂ + H ₂ O		12,30		12,30	10,86	15,86	

Kemična analiza kaže visok odstotek ferooksida v bobovcih in v kosovni rudi. V ilovnati zemlji je precej kremenice.

Nahajališče Krstenica

Planina Krstenica je nastala zaradi ugodne geološke podlage. Poleg dachsteinskega apnenca, ki je delno tudi brečast, nastopa dolomit. Ker je vododržan, je na planini izvir vode in se razvijajo globoka humusna tla. Morfološko spada nivo Krstenice v začetek pliocenske dobe, ko so se izvršile uravnave okrog 1600 do 1700 m.

Nahajališče bobovcev je vzhodno od planinskih stanov na majhni terasi. Podlago tvori dachsteinski apnenec. Teren je poln vrtač, ki so zapolnjene s prstjo in ilovico. Iz vrtač so izkopali precej rude; izkopi so vidni še danes. Bobovci in ostala ruda so tik pod rušo, deloma v humusu, deloma pa

tudi v samem grušču na dnu vrtač. Primerki bobovcev so zelo lepi. Najdišče je izredno bogato.

Od celotnega vzorca je ohranjen le kos breče, ki zajema napol zaobljene kose apnenca, dva ali tri kose dolomita in bobovce. Vse zleplja rjavo apnenčevo sigovo vezivo, vendar je celoten vzorec še zelo porozen. V breči vključeni bobovci so različno veliki. Štirje kosi merijo do 3 cm, najmanjši med njimi pa dosežejo velikost prosa. Bobovci so zaobljeni; kaže, da so skupaj z apnencem doživeli določen transport. Vendar je glede apnenca mogoče sklepati tudi na korozivno zaobljenost, kajti v direktnem stiku z vezivom so kosi apnenca vendarle oglati. Lahko bi bili pobočni grušč, ki je bil skupaj z bobovci zlepljen v brečo na mestu današnjega nahajališča.

Med nevezano rudo prevladujejo skoraj izključno bobovci, ki so največji, kar smo jih doslej našli.

Kemična analiza vzorcev, Krstenica (1660 m):

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec 32		Rdeča ruda 32		Kos. ruda 32 32		Zemlja	Igllice
SiO ₂		5,44	33,38	3,38	1,24				
Al ₂ O ₃		2,01	15,58	0,16	0,62				
Fe ₂ O ₃		77,63	15,65	84,21	79,44				
CaO		0,78	7,16	0,78	3,36				
MgO		0,40	4,40	0,32	0,16				
CO ₂ + H ₂ O		12,00	20,86	9,04	13,78				
TiO ₂		—	0,76	—	—				

Bobovec ima relativno nizek odsotek ferooksida. Dobimo tudi kos rdeče rude z visokim odstotkom kremenice, malo železa in s prisotnostjo titana.

Nahajališče Dedno polje

Po Seidlu (1929) ima Dedno polje podobno geološko zgradbo kot planina Blato in druge »oaze« v Julijskih Alpah. Izpod dachsteinskega apnenca naj bi pogledale vododržne jurske ali celo werfenske plasti. Na prisotnost teh kamnin je mogoče sklepati po izviri vode na planini. Dolino obdajajo s treh strani apnenčeve stene, le proti vzhodu preide njeno dno v neravno površje. Na zakraselem površju je vse polno vrtač in drugih kraških oblik, ki so usmerjene proti vzhodu in jugovzhodu. Na južnem robu doline prekriva pobočje gruščnat material, ki je mogoče morenski.

Rudo smo našli na stezi, ki vodi v področje

Hude rupe in na planino V Lazu. Tu so le posamezni kosi kosovne rude. Bolj bogato je najdišče konec manjše podolgovate dolinice na vzhodni strani planine. Vse kaže, da je bil droben bobovec s prstjo vred od nekod izkopan. Domačini so povedali, da so nekdanji iskalci rude pogosto zahajali sem. Morda so izkopali material iz bližnjih špranj, na kar kažejo ustrezni sledovi. Bobovci so zelo drobni (od pol do 1,5 cm) in močno zaobljeni. Večjih kosov ni med njimi. Gre torej za določeno sortiranost. Največ bobovcev je pod rušo. Na več mestih so sekundarno sprijeti s kalcitnim vezivom. Bobovci so močno pomešani z drobnim mlečno belim kremenovim prodrom, ki ne presega velikosti bobovcev. Zaobljenost prodnikov je enaka kot pri bobovcih. Zelo enoten material in odlična zaobljenost tako bobovcev kot kremenovih prodnikov vsekakor dopuščata sklep, da jih je prinesla na Dedno polje tekoča voda.

Kemična analiza vzorcev, Dedno polje:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec 33		Pseudomorfoze		Kos. ruda 33		Zemlja 33	Igllice
SiO ₂		1,60				4,36		37,28	
Al ₂ O ₃		0,35				0,89		19,67	
Fe ₂ O ₃		82,74				77,53		12,46	
CaO		1,12				1,90		3,13	
MgO		0,48				0,80		2,08	
CO ₂ + H ₂ O		11,80				12,30		21,56	

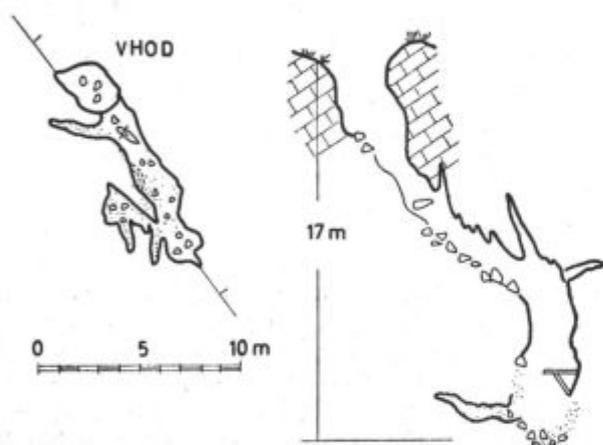
Bobovci imajo visok odstotek ferooksida, medtem ko je kosovna ruda siromašnejša.

Posamezni kosi bobovca se najdejo na planinah Pri jezeru in V Lazu. Planina Pri jezeru je najbrže nadaljevanje nekdanje struge z Dednega polja. Morena prekriva tu vododržne laporne plasti, ki jih srečamo na planini Viševnik. Med morenskimi gradivom smo našli kose pietra verde, ki izhajajo iz wengenskih plasti. Jezero na planini je ledeniškega izvora.

Nahajališče Viševnik

Na planini Viševnik so rdeči laporji in apnenci zgornjejurske starosti. Te malmske kamnine spremljajo zahodno in južno mejo Zlatenske plošče. Na planini dobimo redke bobovce in pseudomorfoze. Bogatejše pa je nahajališče v jami Viševnik.

BREZNO NA VIŠEVNIKU



Brezno je ob poti, ki vodi s planine Viševnik na Dedno polje v sedlu na višini 1630 m. Tu so dachsteinski apnenci, ki jih sečeta dva preloma s smerjo severozapad—jugovzhod. Ob teh prelomih sta nastali dve brezni. Eno so izkoriščali rudarji, v drugi pa se stalno zadržuje sneg, zato vstop vanjo ni mogoč. Obe brezni sta kraškega nastanka, pri čemer je večje razširjeno po rudarskih delih. To brezno se po štirimetrski stopnji poševno pogloblja v smeri proti jugovzhodu, dokler se ne prevesi v navpični, 7 m globoki končni del. Dno je zasuto s skalami in gruščem. V smeri severozahod se vleče tri metre dolg, nizek in ozek kanal, ki je po dnu prekrit z rdečo ilovico. V stenah začetnega poševnega dela brezna je več špranj ob različnih razpokah, kjer se je nabirala železova ruda. Stene navpičnega dela so izdelane v mastni rjavi ilovici. V njej je mnogo raznovrstne železove rude in kalcitnih kristalov. Znaki rudarjenja so očitni. Našli smo lesen vitel in vrsto različnega drogovja, ki je služilo namesto lestev. Tri metre nad dnom so ohranjeni ostanki lesenega odra, ki so ga uporabljali pri izmetavanju materiala.

V breznu smo našli med gruščem, ilovico in bobovci skupek do 3 cm velikih kalcitnih kristalov — skalenodrov. Nastali so v breznu med apnim gruščem iz hladnih raztopin. Tako grušč kot bobovci tvorijo podlago kalcitnim kristalom. Bobovci so se ohranili tudi med kristali. Pri vseh kosih rude vidimo jasne sledove kristalov, ki so združeni v radialno razraščene kopicke. Na spodnjem koncu so kopicke ravno odrezane, kar kaže, da so bile prirasle na ravno podlago. Dobimo tudi močno zaobljene, pesti podobne gomolje markazita, kjer rastejo kristali v vse smeri, njihova notranjost pa ima žarkovit sestav. Gomolji in kopicke so težki tudi po pol kilograma. Ta okolnost in slabo zaobljeni vrhovi piramid govore za kratek transport.

Nekateri večji kosi rude imajo zelo zverženo obliko, so porozni in imajo poleg gladkih delov površine tudi hrapava mesta. Tudi v tem primeru sklepamo na kemično učinkovanje vode kot v jami na Gorjušah. Manjše kose rude sestavljajo odbitki kopicke in gomoljev, ki so popolnoma oglati. V vzorcu so tudi drobne kopicke z ovalno a nezaobljeno obliko, toda žarkovito notranjostjo. V manjšini so s patino obdani, srednje zaobljeni bobovci, ki se paralelno in žarkovito koljejo.

Posamezni bobovci so bili najdeni tudi na površju v okolici brezna. Tla so vsa prekopana. Zelo pomemben je vzorec, kjer je železova ruda vraščena v apnencu. V sivih, gostih apnencih je mnogo žilic, ki so zapolnjene z rdečo kalcitno snovjo. Apnenec ima okrog 98% CaCO_3 . Primerki kažejo, da so posamezna železova gnezda (kristali ali skupki kristalov) vključena v apnenčevo maso in ni mogoče misliti na sekundarno vraščanje. Vtis vraščanja namreč dobimo, če gledamo samo površino apnenca, iz katerega štrle skupki kristalov. Če pa kamnino prekoljemo, najdemo gnezda tudi v notranjosti apnenčeve mase. Poizkus topljenja apnenca v solni kislini je pokazal, da imajo okrogla gnezda povsem kristalno strukturo. Torej je kristalilo železo v majhnih votlinicah v apnencu. Površina apnenca je bila kasneje korodirana, odpornejši železovi minerali pa so ostali več ali manj nepoškodovani. Ti primerki se zelo razlikujejo od limonitne skorje, ki je tudi pogostna na skladih dachsteinskega apnenca. Tam gre za limonit, medtem ko lahko tu po temno rdeči barvi in črti sklepamo na hematit. Z gornjimi ugotovitvami odpadejo vsi pomisleki, da gre pri primerkih, ko je ruda v apnencu, za kakršenkoli transport. Ruda je po vsej verjetnosti singenetska z dachsteinskim apnencem.

Tako na površju kot v jami je sestav rude podoben kot v drugih nahajališčih. Grušč med jamsko ilovico izhaja iz sten brezna. Ilovica ima podoben lateritni sestav, kot smo ga spoznali na Kleku, Mesnovcu in na Dednem polju. Ni torej s področja moren. Verjetno so prinesle material v brezno fluvio-glacialne reke v postwürmski dobi, ko se je led že umikal.

Kemična analiza vzorcev, Jama na Viševniku:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec	Pseudomorfoze		Kos. ruda		Zemlja 35	Igllice
			35 a	35 b	35 a	35 b		
SiO ₂			2,46	2,94	2,04	2,14	34,52	
Al ₂ O ₃			0,28	0,31	0,35	0,21	24,73	
Fe ₂ O ₃			83,58	79,95	82,01	81,05	14,44	
CaO			0,67	0,90	0,66	1,68	7,38	
MgO			0,32	0,40	0,32	0,40	1,44	
CO ₂ + H ₂ O			11,30	12,68	12,34	11,50	15,32	
TiO ₂			—	—	—	—	0,66	

Nahajališče Veliko Crno jezero

V vsej dolini Triglavskih jezer nismo nikjer našli nahajališča bobovcev ali kakšne druge železove rude. Le pri Velikem Črnem jezeru smo dobili v grušču pod Zelnarico velik blok apnenca, ki je bil zlepljen z rdečkastim apnenčevim vezivom. V vezivu so posamezni drobcji apnenca in drobn, lepo zaobljeni bobovci v velikosti prosa. Podobni bobovčki so bili tudi v rjavi limonitni in delno zasigani prevleki, ki je obdajala večji kos apnenca. Ni mogoče ugotoviti, odkod je bil kos prinesen, vendar je gotovo, da so bili bobovčki sekundarno priljubljeni na apnenec.

Tudi v gruščnatem plazu, ki se spušča s Hribaric proti Doliču, je bil najden kos rdečkasto rjavega peščenega apnenca z drobnimi vraščeni bobovčki. Na istem mestu smo našli v grušču kos apnenčeve breče s povsem kalcitnim vezivom v obliki kristalov. V vezivu dobimo idiomorfne kristale železne rude (verjetno hematita). Najbrže je ta kos privlekel s seboj ledenik, ki je čez Hribarice potoval v dolino Triglavskih jezer. Take majhne bobovčke dobimo namreč nezlepljene tako na sedlu Dolič, kot tudi na Kugyjevi poti v Velikem Triglavu, verjetno pa bi jih našli tudi na Kanjevcu, Hribaricah ali Zelnarici.

Tu naj omenimo še rezultat kemične analize limonitne prevleke na apnencu pod Kanjavecem. Limonitna skorja ima komaj 78,90 % ferooksida, sicer pa se kemično ne loči dosti od pseudomorfoz in kosovne rude. Limonitiziran je tudi apnenec na Tičarici in to po žilicah ter manjših razpokah.

Nahajališče Veliki Triglav, Dolič

Na Kugyjevi poti, ki vodi na Triglav s sedla Dolič, smo odkrili nahajališče bobovcev v višini 2600 m, komaj 50 m pod odcepom plezalne poti proti planinski koči Planiki. Bobovce smo našli v rdečkasti zemlji, ki je močno pomešana z gruščem. Nahajališče meri komaj nekaj kvadratnih metrov in leži v prelomni coni, v kateri poteka več vzporednih prelomov. Malo nižje označujejo to prelomno cono tektonske breče, katerih rdeče vezivo je po vsej verjetnosti limonitizirano.

Bobovci so zelo drobni. Največji ne presegajo velikosti žitnega zrna, majhne pa komaj opazimo

z očesom. So le deloma črni, sicer pa pretežno čokoladno rjavi. Večji bobovci so skoraj vsi ploščati. Značilnost tega nahajališča je, da dobimo v njem izključno bobovce, brez pseudomorfoz in kosovne rude. To dejstvo, kakor tudi majhna velikost posameznih primerkov, govori za sortiran transport materiala. Kasneje pa zaradi velike nadmorske višine tudi ni moglo priti do mešanja z rudami iz drugih, višje ležečih železovih nahajališč. Razen tega je gledal v pleistocenu Triglav iznad ledu kot nunatak. Zato tudi ni prišlo do obogatitve nahajališča s pomočjo ledenikov, kot je to skoraj pri vseh nižje ležečih nahajališčih. Za svoj obstanek v strmi steni pa se lahko zahvali nahajališče ravno prelomni coni, v kateri se je ujelo, sicer bi bilo s pomočjo vode že izprano na nižje predele.

Na sedlu Dolič v višini 2120 m je na križišču planinskih poti Dolič—Sedmera jezera—Planika veliko in bogato nahajališče bobovcev. Bobovci so temni, skoraj črni z lepim sijajem. Velikost se menja od komaj vidnih do nekaj cm velikih zrn. Največji primerki dosegajo velikost lešnikov. Ti so dokaj nepravilni, vendar kljub temu jasno zaobljenih oblik. Pseudomorfoz in kosovne rude tudi tukaj ni. Rudišče je zelo podobno nahajališču s Triglava, le da so tu zrna nekoliko večja. Gre pa nedvomno tudi tu za sortiran material. Vode so torej prinašale in odlagale sortiran material, ki pa se je ohranil le na višje ležečih nahajališčih. Na nižje ležečih nahajališčih pa je prišlo kasneje do mešanja sortiranih rudnih kosov s pomočjo padavinske vode in ledenikov. Ledeniki so poleg tega prinašali rudo z vseh strani in jo odlagali v morenah. Tako je prišlo do obogatitve nesortiranih nahajališč.

Sledove železne rude smo dobili tudi 100 m nad planinsko kočjo na Doliču v smeri proti Triglavu. Nekaj posameznih kosov je ležalo raztresenih v grušču dachsteinskega apnenca, nekaj pa jih je bilo zlepljenih v apneni breči. Tu smo z razliko od prejšnjih nahajališč dobili poleg bobovcev tudi pseudomorfoze, vse v velikosti lešnika.

Končno smo dobili pod samim vrhom Velikega Triglava na višini 2800 m v prekristaljenem dachsteinskem apnencu, ki ga tvori skoraj sam kalcit, idiomorfne kristale železove rude.

Kemična analiza vzorcev, Veliki Triglav, Dolič:

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Pseudomorfoze	Kos. ruda	Zemlja	Igljice
		39	41	40			
SiO ₂		2,22	1,68	1,68			
Al ₂ O ₃		0,52	0,52	0,12			
Fe ₂ O ₃		81,71	82,49	81,96			
CaO		1,00	1,22	1,12			
MgO		0,64	0,32	0,64			
CO ₂ + H ₂ O		11,70	11,80	12,60			
P ₂ O ₅		0,27	0,32	0,27			

Ruda z vseh treh nahajališč se skoraj ne razlikuje. Pomembnejša je izredno nizka količina P₂O₅. Tako bobovci z Doliča kot s Triglava so vsi paramagnetični. Paramagnetične bobovce dobimo le še na Dednem polju in na Mesnovcu.

Najdišča na Komni

Na vsej Komni nismo našli niti bobovcev niti pseudomorfoz niti kosovne rude, kar bi lahko kazalo na transport. Le na Lepi Komni, severozahodno od kraja Lepa Ruša, dobimo rjav, gost kremenov peščenjak, ki prehaja v peščeni konglomerat. Vsega je komaj za 10 m² in zapolnjuje majhno vrtačo sredi dachsteinskega apnenca. Tudi tla so peščena in izgledajo kot rjava mivka. V tleh dobimo vse polno gomoljastega limonita in limonitnih kongrezij. Gomolji dosežejo velikost pesti. Najmanjši so skoraj popolnoma okrogli, v presekih vidimo koncentrične kroge. Dobimo pa tudi limonite nepravilnih ostrorobatih oblik ter redke, skoraj črne, deloma polirane koščke limonita z izgledom pseudomorfoz. Nekateri kosi kremenovega peščenjaka so močno prepojeni z limonitom, ki nastopa kot vezivo.

Kremenov peščenjak in peščeni konglomerat kažeta na vodni transport. Posamezna zrna so iz pisanih silikatnih kamnin, sicer pa prevladujejo raznobarna kremenova zrna. Zaobljenost zrn je

Q ₁ = 10 mm = T ₁ = 4,8 g = 0,88 % = srednji prod	} 137,66 g = 25,27 %
Q ₂ = 2 mm = T ₂ = 132,86 g = 24,39 % = drobni prod	
Q ₃ = 1 mm = T ₃ = 113,0 g = 20,73 % = debeli pesek	} 371,73 g = 68,20 %
Q ₄ = 0,2 mm = T ₄ = 126,98 g = 23,30 % = srednji pesek	
Q ₅ = 0,1 mm = T ₅ = 72,83 g = 13,36 % = drobni pesek	
Q ₆ = 0,04 mm = T ₆ = 58,92 g = 10,81 % = meljasti pesek	
Q ₇ = <0,04 mm = T ₇ = 35,61 g = 6,53 % = meljasti pesek, melj, glina	
Σ = T = 545,0 g = 100,0 %	

Pri tem je Q premer zrn v mm, T pa teža odsejka v gramih

Srafirani stolpci kažejo odstotek posameznih frakcij melja, peska in proda, rdeča črta pa skupni odstotek teže za melj, pesek in prod. Klasifikacija je napravljena po Atterbergu. Iz tabele je jasno razvidno, da je vzorec prodat pesek. Vse frakcije peska, kakor tudi drobni prod, nastopajo v približno enakih odstotkih, medtem ko

zelo velika. Gotovo so bile te kamnine prinesene na sedanje nahajališče v nevezani obliki, tu pa jih je pretežno limonitno vezivo spojilo v peščenjak in konglomerat.

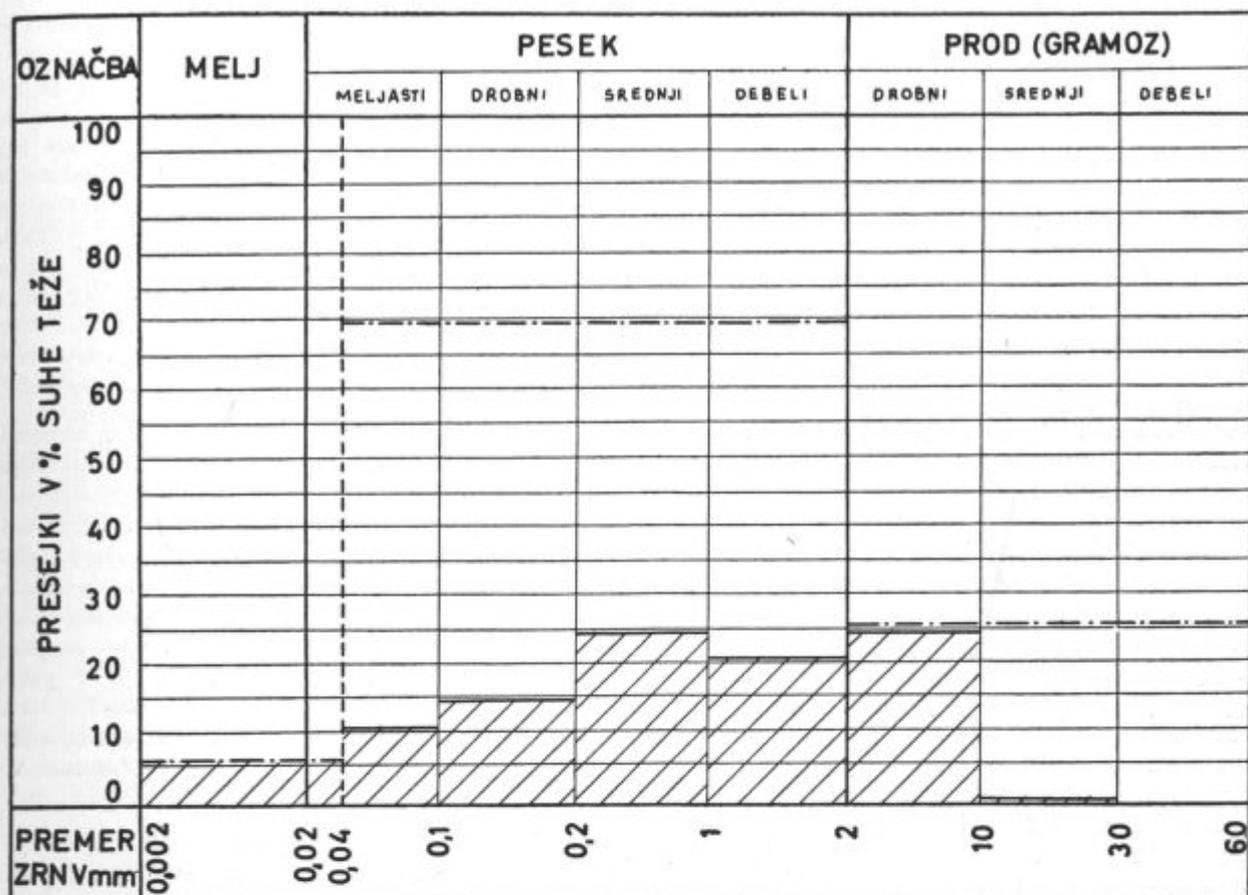
Tudi gomoljasti limoniti in limonitne kongrekcije so nastali na nahajališču samem. Za to pričča koncentrična lupinasta zgradba. Ta je namreč tipična za nastanek pri izhlapevanju hladnih raztopin v vrtačah in kotanjah karbonatnih kamnin. Spadajo torej k rudiščem razpadanja na kopnem. To limonitno rudo imenuje Niggli (1948, 1952) prave bobovce, medtem ko imenuje po transportu zaobljene bobovce, ki so nastali iz pseudomorfoz in kosovne rude — psevdobobovci.

Nekaj posameznih limonitnih kosov smo dobili tudi v grušču na severovzhodnem pobočju Malega Bogatina na višini 1850 m. Najden je večji kos limonita, ki ima na površini idiomorfne kristale.

Na Spodnji Komni, severozahodno od kote 1737 m, je v višini 1620 m okrog 10 m² velika, s kremenčevim peskom zasuta ravnica. Verjetno gre za zapolnitev vrtače. Kremenčev pesek je sestavljen iz raznobarnega kremenja in raznobarnih kremenovih peščenjakov.

Napravljena je bila granulometrična analiza vzorca v skupni teži 545 g s sejanjem skozi sita. Granulometrični sestav je naslednji:

je melja in srednje debelega proda precej manj in ju lahko zanemarimo. Odstotek meljastega peska bi bil gotovo višji in odstotek melja manjši, ko bi bilo mogoče sejati s sitom premera 0,02 mm. Pri tem premeru je namreč meja med peskom in meljem.



Vsi prodniki so zaobljeni. Prevladuje okrogla in ovalna zaobljenost, ploščata zrna so redka. Pri kremenovih prodnikih je dobro viden sijaj zaradi poliranja, kar kaže na dolg vodni transport. Opravka imamo s tako imenovanimi »augensteini« (Bauer, 1954), ki so bili že večkrat najdeni v Alpah.

Prodniki so bili sekundarno skupaj s peskom rahlo sprijeti v konglomerat, ki pokriva kot tanka

(5–10 cm) skorja del peščene površine. Na pesku se zaradi velike kislosti in poroznosti humus sploh ni razvil, ravno tako tudi ni vegetacije. Zunanji izgled peščene ravninice je močno podoben obmorski plaži z mivko. Med prodnatim peskom so tudi posamezni kosi ogleate limonitne rude, ki je sekundarnega nastanka, podobno kot ruda na Lepi Komni.

Kemične analize vzorcev, Komna

Kem. sestav v %	Material št. vz.	Bobovec		Kos. ruda		Kos. ruda	Zemlja	Igljice
		42	43	44	44			
SiO ₂		4,60	9,10	5,30	74,72			
Al ₂ O ₃		0,50	0,30	0,20	4,80			
Fe ₂ O ₃		80,45	75,63	80,43	8,05			
CaO		1,12	1,45	0,89	1,90			
MgO		0,40	0,48	0,24	0,50			
CO ₂ + H ₂ O		11,54	11,44	11,15	8,86			
P ₂ O ₅		0,32	0,37	0,34	0,38			
TiO ₂		0,03	0,00	0,03	0,43			

V železni rudi je visok odstotek kremenice, kar očitno kaže na nastanek iz hladnih raztopin na površini. Vsi trije vzorci s Komne so si močno podobni, le na Spodnji Komni je za 5% manj ferooksida, kar gre na račun visokega odstotka kre-

menice. Zemlja je zelo kisla in močno limonitizirana. Tudi preiskave prodnikov kremenca in kremenovega peščenjaka so pokazale visok odstotek kremenice (do 89%) in ferooksida (do 8%).

Zaključki

Iz opisa nahajališč železove rude lahko potegnemo naslednje zaključke:

1. Z geološkega stališča je odprava v Julijske Alpe popolnoma uspela. Odkrita so bila številna nahajališča železovih rud, ki so bila podrobno preiskana in popisana. Z vseh nahajališč so bili vzeti vzorci železove rude, zemlje, kamenja in smrekovih iglic ter vzorci vode iz vseh izvirov in jezer. Vsi ti vzorci so bili kemično, fizikalno, metalurško in mineraloško preiskani. Na podlagi teh analiz je bilo mogoče pojasniti marsikak problem v zvezi z nastankom in sorodnostjo posameznih nahajališč.

2. V Julijskih Alpah lahko ločimo po nastanku tri skupine železovih rud.

a) Prvo skupino, ki tvori veliko večino vseh rudišč, sestavljajo bobovci, psevdomorfoze in kosovna ruda. Vse tri oblike so regionalne tvorbe, ki so bile prinesene v naše kraje iz primarnih izdankov s pomočjo vodnega transporta. Transport je bil različno dolg, kar kaže različna stopnja obrušenosti vseh treh oblik. Najbolj obrušen je bobovec ali po Niggliju (1948) psevdobobovec, ki je nastal tako iz psevdomorfoz kot iz kosovne rude. Manj obrušene so psevdomorfoze, še manj pa kosovna ruda, ki je zaradi delovanja atmosferilij vsled preperevanja pogosto močno prizadeta. Vse tri oblike pa pripadajo psevdomorfozam limonita po piritu in markazitu in tvorijo sekundarni tip sedimentacijskega rudišča.

b) Druga skupina železovih rud je maloštevilna in predstavlja gomolje limonita in limonitne konkrecije, katere je Niggli (1948) opredelil kot prave bobovce (Lepa Komna). Z njihovo koncentrično zgradbo so gomolji limonita in limonitne konkrecije tipični predstavniki rud, ki so nastale iz hladnih koloidalnih raztopin na površini kot produkt preperevanja karbonatov. K temu tipu rudišča lahko prištevamo tudi limonitno skorjo, ki se izloča na površini apnenca.

c) Še bolj podrejena je železova ruda, ki je vrasla v dachsteinskem apnencu in tvori pogosto idiomorfne kristale. Tu gre le za nekaj cm velike, redke primerke, ki so singenetski z dachsteinskim apnencem.

3. Vse tri oblike rud iz prve skupine, to so bobovci, psevdomorfoze in kosovna ruda, se kemično in mineraloško skoraj ne ločijo; razlika je le v obliki in v fizikalnih lastnostih.

4. Bobovec, psevdomorfoze in kosovna ruda so bili transportirani v Julijske Alpe v oligocenu ali prej, najkasneje pa v drugi polovici miocena, ko se je raztezala uravnava tja do Centralnih apneniških Alp. Pliocenski relief ni več dopuščal trans-

porta bobovcev. V času pleistocena pa je prišlo le do obogatitve rudišč v morenah, ker ledeniki niso prenašali železne rude na večje razdalje, niti je pri transportu niso pomembneje oblikovali. Za transport govore poleg zaobljenosti in poliranosti bobovcev tudi najdbe prodnikov mlečnobelega kremenca na Dednem polju, pisanega kremenovega peska in proda (Augenstein) na Spodnji Komni, kremenovega peščenjaka in kremenovega konglomerata na Lepi Komni in zaobljenega kremenovega in boksitnega konglomerata na Medvedovcu. Vse ta pisan kremenov material so lahko prinesle v Julijske Alpe samo miocenske ali oligocenske reke.

5. Skoraj v vseh nahajališčih dobimo nesortiran material vseh velikosti in oblik. Do mešanja materiala je moralo priti že po odložitvi rud zaradi gravitacije, padavinske vode in transporta po ledenikih v pleistocenu. Da so prinašale stare reke sortiran material tako po velikosti kot po obliki, dokazujejo nahajališča na Velikem Triglavu, Doliču in Dednem polju, to je na višinah, kjer se prej omenjeni faktorji niso mogli uveljaviti v polni meri. Nadaljnji dokaz za to teorijo je tudi dejstvo, da imajo rudišča na področju bohinjskega ledenika pod 80 % ferooksida (ostala rudišča pa nad to količino).

6. Rudna nahajališča so v morenah, kraških jamah in na trdi skalni podlagi. Primarna nahajališča v ožjem pomenu besede so se ohranila na trdi skalni podlagi le v velikih višinah (Klek, Veliki Triglav, Dolič), kjer je še danes vidna delna sortiranost materiala po velikosti in obliki. V morenah in kraških jamah pa je prišlo do obogatitev rudišč. Ledeniki in tekoče vode so zbirali železno rudo z vseh plati ter jo pomešano po velikosti in obliki odlagali tako v morenah kot v kraških jamah. Pogosto je bila ruda v morenah in jamah sekundarno sprijeta v brečo. Poseben primer je brezno na Viševniku, kjer kaže lateritni sestav prsti, da so prinesle material v brezno fluvio-glacialne reke v postwürmski dobi, ko se je led že umikal.

7. Preiskave ilovice in zemlje lahko razdelimo le v dve skupini: v lateritno prst, ki se tvori na ozemlju, ki v pleistocenu ni bilo pod ledom in na prst, ki je nastala na morenskih tleh. Železna ruda nanjo ne vpliva veliko, pač pa kremenica, ki povzroča močno kislost. Tudi smrekove iglice niso dale pričakovanega rezultata, saj se odstotki železovih in drugih spojin popolnoma nepravilno menjavajo, tako da zaenkrat še ni mogoče napraviti pomembnejših zaključkov. Analize vod še niso dokončno obdelane, ker bi bilo potrebno še več vzorcev iz različnih letnih dob.

Nadaljnje preiskave železovih rud v Julijskih Alpah pa bodo osvetlile še preostale probleme in povezale vsa spoznanja v zaključeno celoto.

Literatura

- Bauer, F., 1954, Zur Bedeutung der Augensteine, Bohnerze und pseudomorphosierten Pyrite in den Kalkalpen. Anz. Öst. Akad. Wiss., 10, Wien.
- Bauer, F., 1955, Pseudomorphosen nach Pyrit aus der Dachstein — Mammuthöhle bei Obertraun. Sonderab. Jb. d. Oberöster. Musealver., 100, 351—358, Linz.
- Berce, B., 1956, Pregled železnih nahajališč LR Slovenije. Prvi jugosl. geol. kong. na Bledu 1954, 235—259, Ljubljana.
- Diener, K., 1884, Beitrag zur Geologie des Zentralstockes der Julischen Alpen. Jb. Geol. R. A., 659—705, Wien.
- Härtel, F., 1920, Stratigraphische und tektonische Notizen über das Wocheiner Juragebiet. Verh. geol. R. A., 1—20, Wien.
- Kossmat, F., 1913, Reisebericht aus dem Triglavgebiet. Verh. geol. R. A., 430—432, Wien.
- Kossmat, F., 1913 b, Die adriatische Umrandung der alpinen Faltenregion. Mitt. geol. Ges., 6, 61-165, Wien.
- Kossmat, F., 1924, Geologie der zentralen Balkanhalbinsel, Leipzig.
- Manuskriptna geološka karta lista Bovec, 1:75.000.
- Manuskriptna geološka karta lista Radovljica, 1855, po Petersu, 1:75.000.
- Manuskriptna geološka karta lista Radovljica, 1935, po Tellerju, Kossmatu, Härtlu, Ampfererju sestavil Vetter 1933, 1:75.000.
- Melik, A., 1929/30, Bohinjski ledenik. Geogr. vestnik, 1—4, 1—39, Ljubljana.
- Niggli, P., 1948, Gesteine und Minerallagerstätten. Birkhäuser, 1, 1—540, Basel.
- Niggli, P., 1952, Gesteine und Minerallagerstätten. Birkhäuser, 2, 1—557, Basel.
- Rakovec, I., 1936/37, Morfogeneza in mladoterciarna tektonika vzhodnega dela Julijskih Alp. Geogr. vestnik, 12—13, 61—101, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1946, Triadni vulkanizem na Slovenskem. Geogr. vestnik, 18, 139—170, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1951, K paleogeografiji Julijskih Alp. Geogr. vestnik, 23, 109—130, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1956, Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi jugosl. geol. kong. na Bledu 1954, 73—83, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1956, Razvoj pleistocena na Slovenskem. Prvi jugosl. geol. kong. na Bledu 1954, 59—72, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1958, Zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane, 13—207, Ljubljana.
- Rjazancev, A., 1962, Bobovci Julijskih Alp. Zelezar, Tehnična priloga, 2/4, 1—24, Kranj.
- Rjazancev, A., 1963, Po poti železarskega Bohinja. Zelezar, Tehnična priloga, 2/5, 43—99, Kranj.
- Rjazancev, A., 1964, Studor v luči antičnega železarstva. Zelezar, Tehnična priloga, 1/6, 42 do 53, Kranj.
- Seidl, F., 1929, Zlatenska ploča v Osrednjih Julijskih Alpah. Glas. muz. dr. Slov., prir. del, 10, 1—29, Ljubljana.
- Sifrer, M., 1952, Obseg zadnje poledenitve na Pokljuki. Geogr. vestnik, 24, 95—113, Ljubljana.
- Suklje, L., 1957, Mehanika tal. Univerza, 1—324, Ljubljana.
- Teller, F., 1910, Geologie des Karawankentunnels. Denkschr. Akad. d. Wiss., Naturwiss. Kl., 82, 145—250, Wien.
- Winkler, A., 1923, Über den Bau der östlichen Südalpen. Mitt. geol. Ges., 16, 1—272, Wien.
- Winkler, A., 1936, Neuere Forschungsergebnisse über Schichtfolge und Bau der östlichen Südalpen. Geol. Rundschau., 27, Stuttgart.
- Winkler, A., 1957, Geologisches Kräftespiel und Landformung. Springer, Wien.

Geneza železnih izdankov triglavskega pogorja

Uvod

V zgodovini slovenskega železarstva sta gorenjskim železarjem služili kot surovinska baza kovovna limonitna ruda in bobovec. To je vodilo Tehniški muzej Železarne Jesenice k raziskavam bobovčevih nahajališč v triglavskem pogorju. Te raziskave so bile smotrno pripravljene. Detajlna raziskava rudišča zahteva znanje mineralogije, rudne in polarizacijske mikroskopije, petrografije, analitične kemije, geologije, stratigrafije, paleontologije, tektonike in rudarstva.

Konec julija leta 1963 smo na strokovni ekskurziji sistematično pripravljali vzorce rudnih izdankov in prikamenin: nekatere od teh smo mikroskopirali, da bi ugotovili genezo bobovcev.

Kemizem rudišč

V naravi ne naletimo na večjem področju na mineral, ki bi imel en sam glavni element. Pač pa najdemo v kameninah in rudnih nahajališčih mnogo mineralov z več elementi. So pa določeni minerali z določenimi elementi najdeni v določenih rudiščih. To »usodno« zvezo imenujemo paragenezo mineralov. Eno tako rudišče je le člen v večji skupini kamenin, ta pa nadalje samo člen v petrografskih provincah, stratigrafskih serijah, geotektonskih conah itd. Od vseh teh faktorjev je merodajen način, krajevna lega, obsežnost in oblika rudišč.

Kristalizacija paragenez je podrejena fizikalno-kemičnim, kristalokemičnim in atomfizikalnim zakonom. Zaradi tega nastanejo potovanja elementov, ki jih s skupnim imenom vodijo »geokemični razdelitveni zakoni elementov« (Verteilungsgesetze). Po trudapolnem delu mnogih znanstvenikov (F. W. Clarke, H. S. Washington, V. M. Goldschmidt in dr.), smo o vsebnosti elementov v naši zemeljski skorji (15–20 km v globino) precej točno seznanjeni. Pokazalo se je, da od vseh teh le 9 sestavlja večino (99%) zemeljske skorje.

Železo stoji na 4. mestu s 5%, zato ni čudno, da se pojavlja v vseh tipih rudišč in to v likvidno magmatiskem, pegmatitsko pneumatolitskem (kontakt-pneumatolitskem), hidrotermalnem, submarinskem ekshalacijsko-sedimentarnem in v sedimentarnem tipu. Po načinu nastopanja in paragenezi spadajo rudišča triglavskega pogorja k sedimentarnemu tipu. Ta tip orudenenj obsega skoraj vse spremenjene in novo nastale minerale in kamenine, ki so nastali na zemeljski površini, v sladkih vodah in morjih. Pri tem ni razlike, ali so nastali

fizikalno, anorgansko-kemično, organsko-kemično ali biokemično. Zaradi teh faktorjev pride do razpadanja primarnih kamenin na površini in tik pod njo, kjer se snovi delno izločajo in preidejo v raztopine, ali pa ostanejo kot ostanek razpadanja na mestu (Verwitterungsrückstand). Isti faktorji preperevanja lahko povzročijo ponovno izločanje snovi, kar imenujemo sedimentacijo. Za nastanek rudišča oziroma koncentracije monomineralnih kamenin pa igrajo veliko vlogo zopet posebni pogoji, kot so topnost izločanja v vodnih raztopinah, adsorpcija, velikost zrn, trdota, gostota in določeni organizmi.

Izvor Fe v sedimentarnem tipu orudenenja

Železo, ki ga najdemo v sedimentarnem tipu železnih rudišč, izvira iz hipogenih mineralov in to sulfidov: pirita, markazita, halkopirita, arzenopirita in pirofena; oksidov: hematita in magnetita; karbonatov: siderita in ankerita; in silikatov: granata, piroksena, amfibola in sljude. Posebno veliko vlogo pri topnosti in pretvorbi zgoraj omenjenih mineralov ima pirit. Pirit je zaradi svojega načina nastanka razširjen v različnih kameninah, v eruptivnih, v sedimentarnih in v kristalastih skrilavcih. Oksidacija pirita poteka po naslednji shemi:



Dobljeni sulfat dvovalentnega železa je v slabo kisli raztopini in prostem kisiku (to so običajni pogoji oksidacijske cone) neobstoje in se spremeni v Fe(3) sulfat.



Pri tej reakciji nastali žel. hidroksid tvori hidrosol, ki z različnimi elektroliti koagulira. Izločeni gel delno sprost vodo in tvori različne limonite, kjer pri nadaljnji sprostitvi vode pride do tvorbe hematita.

Več ali manj podobno genezo imajo vsi sulfidi, ki vsebujejo železo, (ali drugi minerali): FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ limonit.

Ker karakterizirajo žel. rudišča triglavskega pogorja predvsem bobovci, pogledajmo še na kratko, kakšen je njihov nastanek. Nastali so pri določenih pogojih z izhlapevanjem raztopin (Verwitterungslösungen) kot konkrecijske okroglice, jajčaste ali fižolaste tvorbe s koncentrično lupinasto zgradbo. Te tvorbe so pravi bobovci in so nastali v različnih vdolbinah in kotanjah karbo-

natnih kamenin. Spadajo k rudiščem razpadanja na kopnem.

Če površinske vode, ki so dobile svojo karakteristiko pri erozijskem razjedanju kamenin, še niso oddale železa in ga nosijo do morja, pride v morjih do oolitnih železnih tvorbo in to tam, kjer se koncentracija O_2 v morski vodi poveča. To so orudenenja, ki so nastala z izločanjem v morjih in so oolitne tvorbe. Ti prvotni ooliti so potem naknadno še preneseni, prelomljeni, naplavljeni in na novo obdani z železom tako, da nastanejo zelo različne oblike, pride celo do tvorbe kosovne žel. rude (Trümmererze).

Zgoraj smo opisali nastanek pravih bobovcev, na kratko pa bi še pogledali, kaj označujemo z besedo psevdobobovec. Psevdobobovec imenujemo s kotaljenjem zaobljeno kosovno limonitno rudo, ne glede na njen nastanek.

Pri oblikovanju bobovcev ni imel svojega vpliva samo nastanek, ampak tudi transportni agensi. To so težnost, tekoča voda, tekoč led, valovi, globoki tokovi, mirna voda in veter. Razen agensov transporta so vplivali na oblikovanje še materialni sestav (struktura, tekstura, trdota, specifična teža, upornost) in način drobljenja.

Površina je pri bobovcih zelo različna. Je lahko hrapava, gladka, motna, polirana (lakirana), čemur je vzrok abrazijsko delovanje. Zrna, ki so bila transportirana s tekočimi vodami, niso polirana ali pa samo enostransko v nasprotju z vetrom prenesenih.

Površinska skulptura, ki je žlebičasta, luknjičava ali črtasta, ima svoj izvor pri primarnem nastanku zaradi delovanja agresivnih vod. Analogen faktor, kot je pri sortiranju zrn hitrost potapljanja, je pri sortiranju kotaljenja transporta upor kotaljenja, ki je pri majhnih težkih mineralih - zrnih enak večjim lažjim zrnom. Zato najdemo v enem izdanku lahko različne velikosti in oblike zrn. Na drugem mestu pa, kjer je material homogen, zrna iste velikosti.

Nastajajoči minerali v preiskanih vzorcih bobovca in kosovne železne rude

Pri detajlnem pregledu vzorcev železne rude s triglavskega pogorja vidimo, da nosijo oblike pravih in psevdobobovcev, oolitov, psevdomorfoz in kosovne železne rude.

Rudo sestavlja kot glavna komponenta limonit. Struktura limonita je zelo različna in je odvisna od velikosti zrn in količine absorbirane vode. Na sliki 1 — V. 2/1 nazorno vidimo mikrokristalit limonita.

Večina limonita tvori mrežasto strukturo, slika 1 a — V. 8/1. Limonit sestavljata minerala goethit in lepidokrokrit v različnih koncentracijah. Pri nekoliko večjih zrnih se ju lahko tudi loči.

Goethit (Nadeleisenerz) je imel nekoč formulo $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, trenutno smatrajo $HFeO_2$ kot bolj odgovarjajoče. Vodik ne nastopa v OH skupini, ampak kot kation, s tem si razlagajo absorpcijsko

vezanje tujih kovin. Goethit kristalizira rombično in je glavna sestavina limonitne železne rude. Lepe rombične kristalčke vidimo na sliki 2 — V. 54/2.

Lepidokrokrit (Rubinglimmer) je imel nekoč prav tako kot goethit formulo $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Danes se jo prikaže kot pravi hidroksid kot $FeO(OH)$, ki absorbira v glavnem anione. Lepidokrokrit kristalizira prav tako kot goethit, toda ne izrazito v iglicah, temveč bolj v lističih.

Na sliki 3 — V. 11 vidimo skupino lističev lepidokrokita z ostanki pirita, iz katerega tudi v večini primerov nastane. Na sliki je opazen tudi refleksijski pleokroizem lepidokrokita.

Če in koliko nastopa poleg lepidokrokita in goethita še koloidalnega oziroma amorfnega $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, se mikroskopsko ne da točno ugotoviti.

Iz mikroskopskih raziskav vidimo, da je zelo pogost spremljevalec limonita hematit s formulo Fe_2O_3 . Sicer se smatra, da je v sedimentarnem ciklusu zelo redek, česar seveda pri preiskanih vzorcih ne moremo trditi. Pri sedimentarnem ciklusu si razlagamo nastanek hematita z diagenetskimi procesi, s psevdomorfozami po piritu in karbonatih ter z odvzemom vode limonitu. Pri kosovni železni rudi in pri bobovcih nastopa hematit z goethitom v zelo poroznih kosih ali v razpokani coni vzorca. Najbolj običajno je drobnorzna infiltracija v goethitu, slika 4, ter conarno izločanje okoli votlinic, slika 5. Neredki so pojavi, kjer hematit tvori pas okoli lepidokrokritnih lističev, slika 6. Mnogokrat nastopa hematit kot tanka neusmerjena žilica med goethitom, slika 7. Zanimivo je mirmekitsko preraščanje hematita z goethitom, ki ga vidimo na sliki od št. 8 do št. 10. Sem in tja nastopa v nekaterih vzorcih magneten žel. mineral — magemit je Fe_2O_3 , ki lahko nastane z odvzemom vode iz lepidokrokita. Od sulfidnih mineralov sta zastopana v glavnem pirit in markazit. Pirit ohrani nasproti markazitu mnogo dlje svoj idiomorfizem.

Na sliki 11 vidimo tak idiomorfen pirit.

Kot jalovina nastopa v glavnem karbonat, slika 12 in kremen v obliki kalcedona, slika 13

Strukture preiskanih železnih rud

Če pride železo, ki je v raztopini, v kisikovo atmosfero, se izloči kot gel limonita. Ta gel limonita kmalu izkristali v goethit ali lepidokrokrit, pri tem se postavijo vlakna nastalega goethita skoraj vedno pravokotno na površino grozdnate, ledvičaste oziroma okrogle tvorbe (slika 14). Pri takih žel. tvorbah pride do precejšnjih onečiščenj z jalovino in to s kremenčevo kislino, glino, bariumoksidi in manganoksidi. Te sestavine se mikroskopsko ne dajo ločiti, ker so absorpcijsko vezane, razen kremenja in karbonata, ki tvori včasih tudi jedra oolitom. Fosilni ostanek so mnogokje nosilci odstotka karbonata ali kremenja v bobovcih (slika 15). Izrazite oolitne žel. rude, ki

je nastala v plitvih nemirnih vodah, med pregledanimi vzorci ni.

Značilno za bobovce, izločene iz koloidnih raztopin so tudi razpoke, ki se vlečejo v glavnem s površine proti notranjosti (slika 16 in 17).

Bobovci pa, ki so nastali po preperevanju različnih mineralov, nosijo v svoji strukturi relikte nekdanjih mineralov. Na sliki 13 vidimo še samo oblike karbonatnih romboedrov. Posebno značilne za bobovce triglavskega pogorja so psevdomorfoze limonita po piritu; slike 18, 19 in 20 nam nazorno prikažejo tak primer. Slika 21 pa nosi ostanke markazitne strukture.

Primerjave posameznih nahajališč bobovcev triglavskega pogorja

Na podlagi mikroskopskih analiz vidimo, da nosi železna ruda s področja Gorjuš oblike kosovne železne rude (Trümmereisenerz) in bobovcev. Ruda tega področja je produkt razpadanja sulfidnih mineralov — psevdomorfoze limonita po piritu z večjimi ali manjšimi ostanki pirita ali markazita.

Izdanki Kranjske doline in Berjance sestojijo iz bobovcev in kosovne železne rude. Oboji predstavljajo psevdomorfozo limonita po markazitu ali piritu. Od pregledanih vzorcev količinsko odgovarja večina rude psevdomorfozam po markazitu, pri bobovcih pa psevdomorfozam po piritu.

Rudni ostanki na Kleku se nekoliko razlikujejo od do sedaj opisanih. Po obliki najdemo od pravih bobovcev, psevdoolitov, mikrokristalov do kosovne rude vse. Paragenetsko pa so zastopani minerali: limonit (mikrokristalit), goethit, lepidokroit, magnetit, hematit in pirit ter markazit kot reliktna ostanka psevdomorfoze. Večina bobovcev nosi obliko psevdoolitov. Iz opisanega vidimo, da je tukaj delovalo več faktorjev, da se je lahko ustvarila taka parageneza.

Po razsežnosti in najdeni količini železne rude lahko uvrstimo na prvo mesto področje Pokljuke v okolici Rudne doline, Rudnega polja in področje proti Uskovnici. Zaradi razsežnosti pa najdemo tudi zelo različne strukture, ki kažejo zelo različen nastanek. Preiskani vzorci pripadajo delno materialu, ki je nastal iz koloidnih raztopin in nosi oblike bobovcev, delno oolitov, kosovne železne rude in psevdomorfoze limonita po sulfidih, ki nosijo oblike psevdobobovcev.

Večina bobovcev pripada psevdomorfozam limonita po piritu in markazitu, prav tako tudi kosovna limonitna ruda. Vzorec, ki nosi strukturo breče, nosi med vezivom nekaj zelo drobnih zrn zlata. Določitev je nesigurna zaradi zelo drobnih zrn.

Če pogledamo do sedaj opisane vzorce, lahko trdimo, da pripadajo bobovci s področja Pokljuke v glavnem k psevdomorfozam limonita po sulfidih in da je njihova oblika nastala zaradi transporta. Pripadajo k tako imenovanim lažnim bobovcem oziroma psevdobobovcem.

Rudni izdanki južno od Triglava in to planina Krstenica, Planina pri jezeru, Dedno polje in Planina Viševnik pripadajo prav tako tipu orudenja s Pokljuke. Torej njihova struktura in reliktni ostanki sulfidov kažejo na psevdomorfoze pri kosovni železni rudi in pri bobovcih. Samo sem in tja se najde kak pravi bobovec, ki se je izločil iz koloidnih raztopin.

Vzorci s Triglava se po svoji strukturi ne ločijo od tistih s Pokljuke. Razlika je v velikosti posameznih zrn bobovca — bobovci s Triglava so zelo drobni. Tudi tukaj precej vzorcev kaže na psevdomorfozo in to bobovci kot kosovna železna ruda. Zelo drobni bobovci, nekaj mm veliki, pripadajo verjetno pravim bobovcem, ki so se izločili iz koloidnih raztopin in nato izkristalizirali. Navzočnost Mn rude na Kanjavcu kaže na bližino koloidnih raztopin, saj je psilomelan površinska tvorba sedimentarnega ciklusa.

Vzorcev s Komne je pregledanih z rudnim mikroskopom zelo malo. Izmed pregledanih je večina takih, ki so se izločili iz koloidnih raztopin in nosijo fosilne ostanke. Pri kosovni rudi so lepo ohranjeni znaki psevdomorfoze.

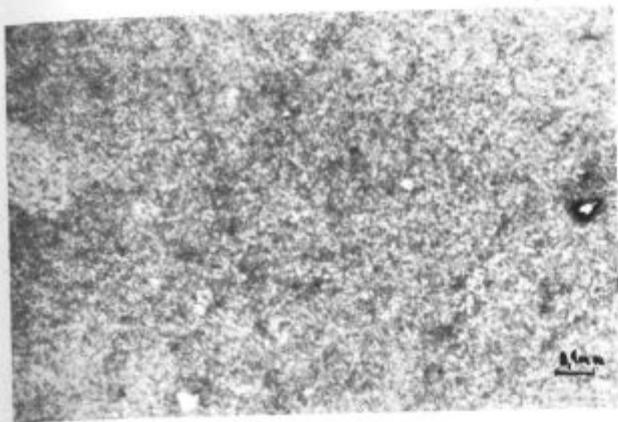
Če si na kratko ogledamo izdanke železne rude preiskanega območja, vidimo, da niso to lokalne, ampak regionalne tvorbe triglavskega pogorja. Svoj material so verjetno črpale iz primarnih izdankov paleozojskega vulkanizma, ki danes niso vidni — torej iz koloidnih raztopin in produktov razpadanja na površini.

Literatura

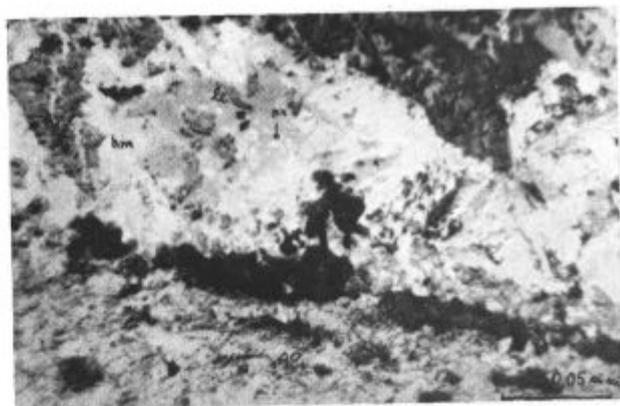
- G. Brush: Determinative Mineralogy
H. Freund: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Band IV, Teil 1
P. Niggli: Gesteine und Minerallagerstätten I, II, 1948
P. Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 1950
H. Schneiderhöhn: Erzlagerstätten, 1944
A. N. Winehell: Elements of Optical Mineralogy, 1959

LEGENDA

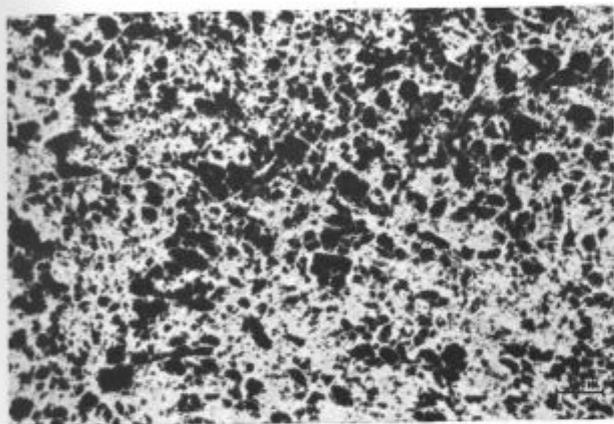
- le — lepidokroit
go — goethit
hm — hematit
px — pirit, markazit
m — magemit
ma — magnetit
j — jalovina
v — votlinica
o — opal
Q — kremen
ca — karbonat, kalcit



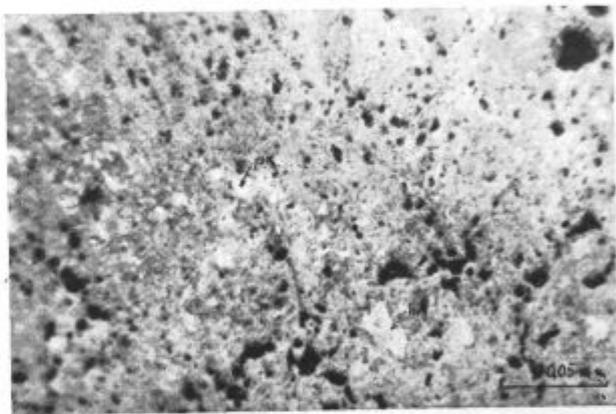
Slika 1 — V. 2/1
Mikrokristalit limonita. Bobovec, odbojna svetloba



Slika 3 — V. 11
Lepidokrokit z ostanki pirita. Odbojna svetloba v olju



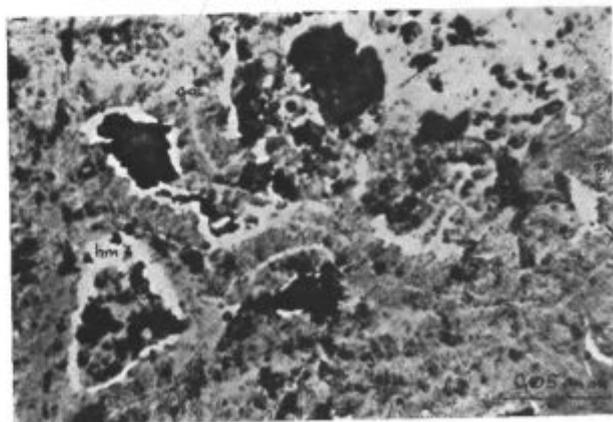
Slika 1 a — V. 8/1
Mrežasta struktura limonita



Slika 4 — V. 3
Drobnozrnata infiltracija hematita med goethitom.
Odbojna svetloba.



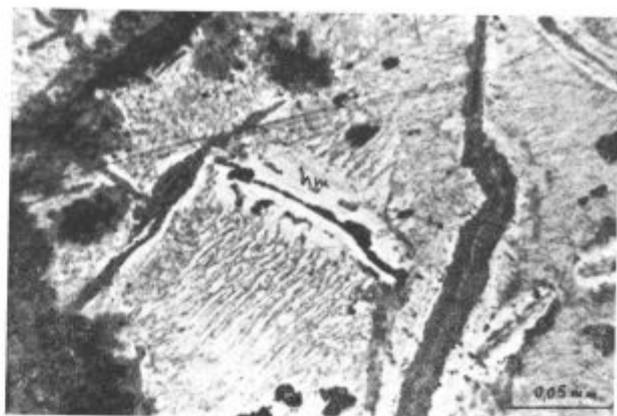
Slika 2 — V. 54/2
Rombični kristalčki goethita. Odbojna svetloba v olju



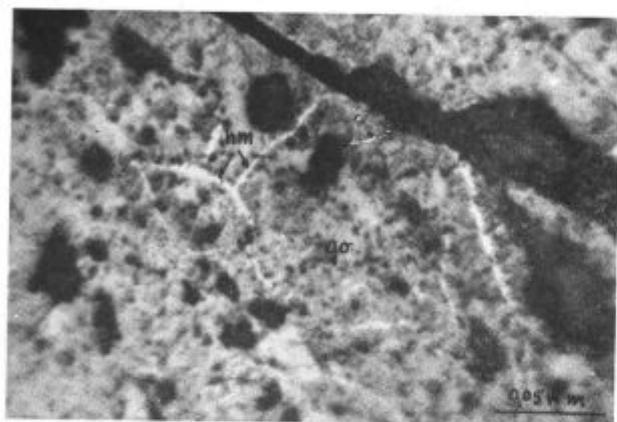
Slika 5 — V. 42/2
Conarno izločanje hematita okoli votlinic in jalovine.
Odbojna svetloba v olju.



Slika 6 — V. 57/2
Hematitni pas okoli lepidokrokita. Odbojna svetloba v olju



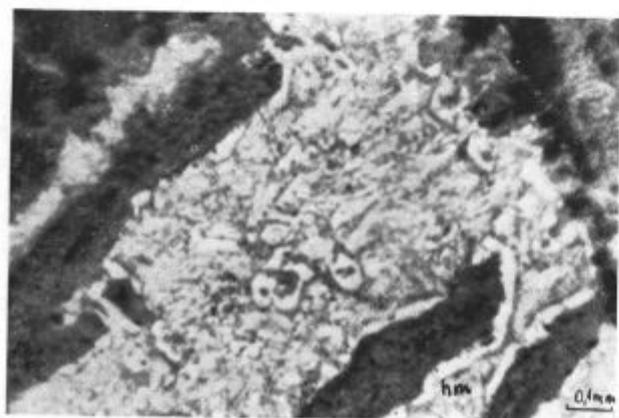
Slika 9 — V. 45/5
Preraščanje hematita z goethitom. Odbojna svetloba v olju



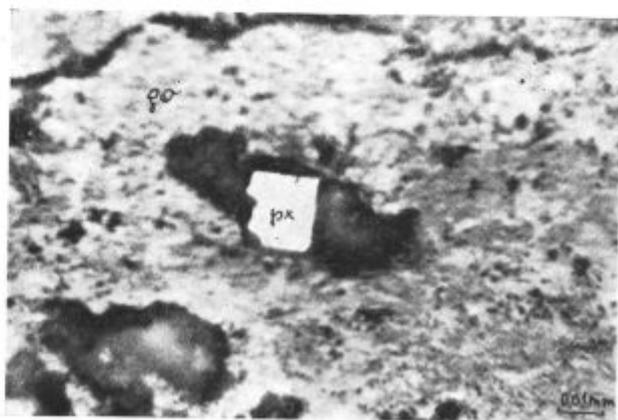
Slika 7 — V. 1/2
Hematitne žilice v goethitu. Odbojna svetloba v olju



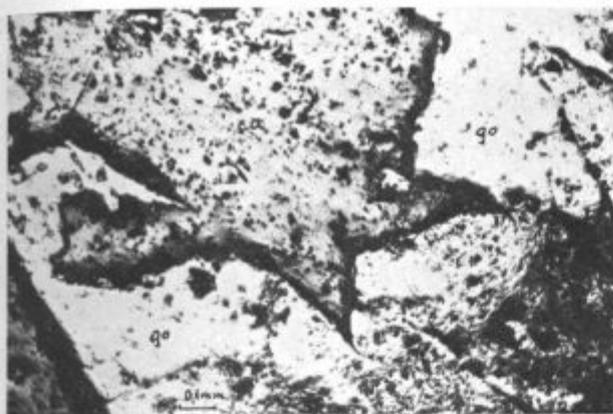
Slika 10 — V. 45/4
Preraščanje hematita z goethitom. Odbojna svetloba v olju



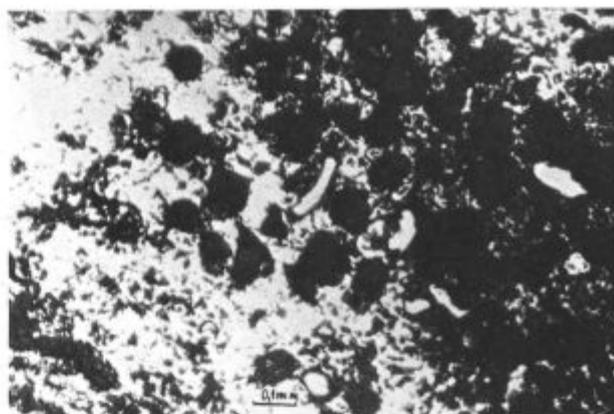
Slika 8 — V. 45/3
Mirmekitsko preraščanje hematita z goethitom. Odbojna svetloba v olju



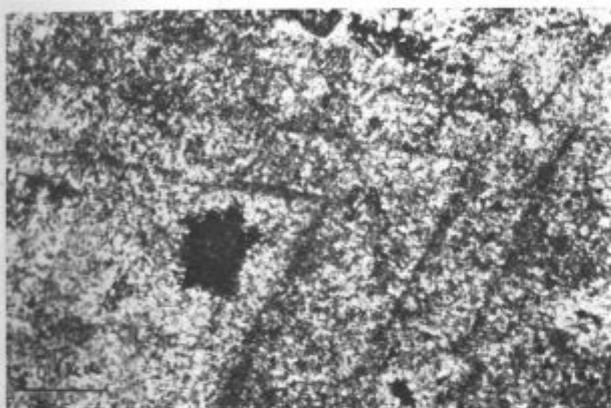
Slika 11 — V. 48/3
Idiomorfno piritno zrno, delno limonitizirano. Odbojna svetloba v olju



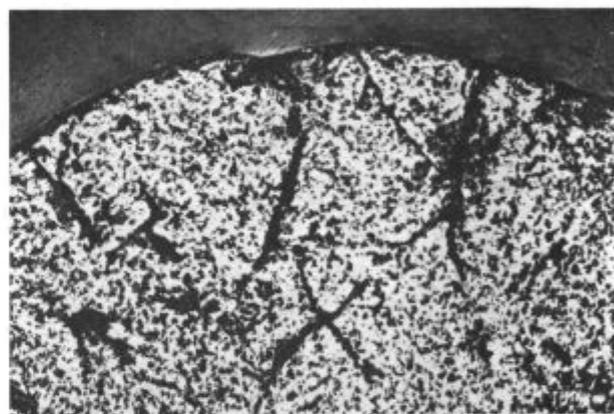
Slika 12 — V. 72/1
Goethit s karbonatno jalovino. Odbojna svetloba



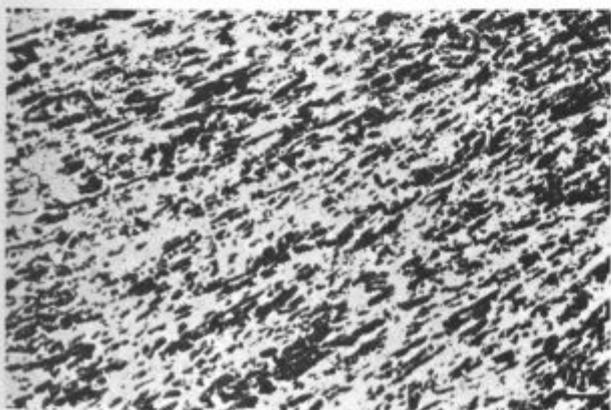
Slika 15 — V. 94/1
Alge in drugi fosilni ostanki. Odbojna svetloba



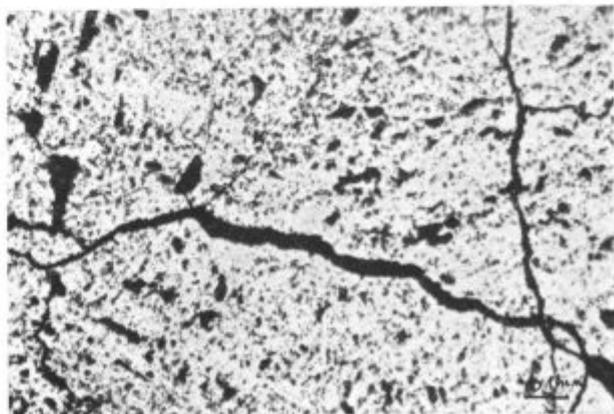
Slika 13 — V. 9/3
Kremenova jalovina. Ostanki romboedrov. Odbojna svetloba



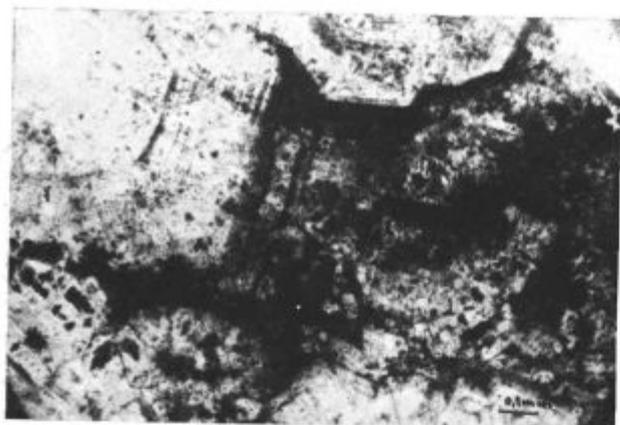
Slika 16 — V. 53/1
Razpoke s površine bobovca v notranjost. Odbojna svetloba



Slika 14 — V. 73
Usmerjena vlakna goethita. Odbojna svetloba



Slika 17 — V. 6/1
Neusmerjene razpoke. Odbojna svetloba



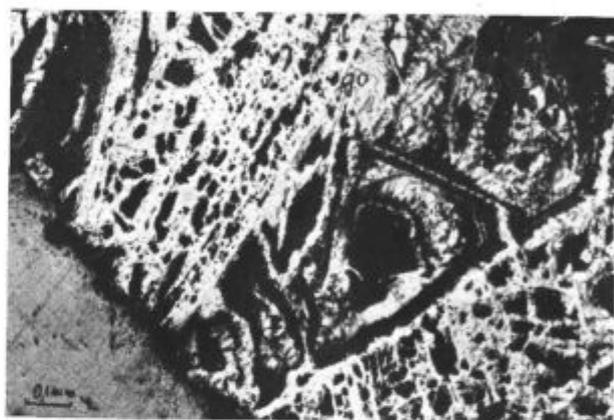
Slika 18 — V. 10
Pseudomorfoza limonita po piritu. Odbojna svetloba



Slika 20 — V. 92/2
Ostanki idiomorfizma pirita. Odbojna svetloba



Slika 19 — V. 49/4
Ostanki idiomorfizma. Odbojna svetloba v olju



Slika 21 — V. 23/2
Pseudomorfoza limonita po markazitu. Odbojna svetloba

Kemizem bobovcev in njih primerjava ter tehnološki pogoji antičnih talilnic

Uvod

V zgodovini bohinskega rudarstva zasledimo kot posebno oblikovano zvrst limonita s področja Pokljuke, Fužinarske planote in Jelovice dvoje imen: bobovec in podrušnica. Obe imeni predstavljata isto rudo, razlika je le v tem, da leži bobovec v zemlji in med kamenjem, medtem ko je podrušnica pod rušo.

Mineralog pa s stališča geneze razlikuje bobovce in psevdobobovce. Pri proučevanju rudarsko-železarske zgodovine pa ni mogoče upoštevati mineraloške klasifikacije, zato je najprimerneje, če obdržimo ime bobovec v širšem pomenu besede, neupoštevajoč njegov nastanek. Pri proučevanju železarske zgodovine Bohinja so udomačena imena za uporabljeno železno rudo bobovec in nebobovec, kar ne dela nobenih težav pri obravnavanju železarstva. Za nebobovec smatramo vso železno rudo, ki je kosovne oblike ali pa ima še delno ohranjeno izposojeno obliko piritita in markazita.

Bobovec ne pomeni samo koščka oblikovane železne rude, ki se nahaja na območju Julijskih Alp, temveč je delček ogledala zemeljske preteklosti in osnova za nastanek antičnega železarstva v Bohinju. Se nobena železna ruda ni v literaturi tako malo poznana kot prav bobovec. Bobovec je pravzaprav že dolgo v pozabi, predvsem zato, ker ga je premalo in ga nikjer več ne izkoriščajo za pridobivanje železa. Ta ruda je simbol preteklosti, ki je povezana le še z zgodovinsko nitjo 2500-letne bohinske železarske ustvarjalnosti.

Izginitev bobovca s tal Julijskih Alp ob koncu 19. stoletja je pomenila tudi konec bohinskega železarstva in pogasitev zadnjega plavža v Bohinjski Bistrici.

Danes najdemo le tu in tam še kakšno pest bobovcev za laboratorijske preiskave in reduktivnost. Skoraj neverjetno je, pa vendar res, da so človekove roke v preteklosti pobrale ves bobovec na tako širokem področju. Proučevanje bobovcev ne predstavlja izgube časa, temveč vpogled v njegovo genezo, način oblikovanja in pot transporta do sekundarnih rudišč. Posebno pomembno pa je proučevanje bobovcev s področja rudarske in železarske zgodovine. Vsestransko proučevanje železne rude bogati znanje in omogoča rekonstrukcijo tehnoloških procesov od rude do kov-

nega železa. Za proučevanje taljenja železne rude je potrebnih mnogo raziskav in primerjav med materiali iz nekdanjih železarskih postojank in rudarskih področij pod vrhovi Triglava.

Kemične lastnosti bobovcev in vpliv SiO_2 na taljenje bobovcev

Bobovec je železna ruda s heterogeno mineraloško strukturo, ki ji je glavna komponenta limonit — hidrat železovega oksida. Pretežni del limonita tvori mrežasto strukturo, kar predstavlja volumski skelet bobovca. Hidratizirana železna oksida getit in lepidokrokrit sta glavna tvorca limonitnih bobovcev. V redkih primerih lepidokrokrit tudi lahko manjka in ga zamenjajo drugi železovi minerali. Zelo pogostna minerala sta pirit in markazit, medtem ko je hematita izredno malo in nastopa v obliki tankih trakov. Magnetit in njegov oksidacijski produkt maghemit sta zastopana le v manjšem številu primerov.

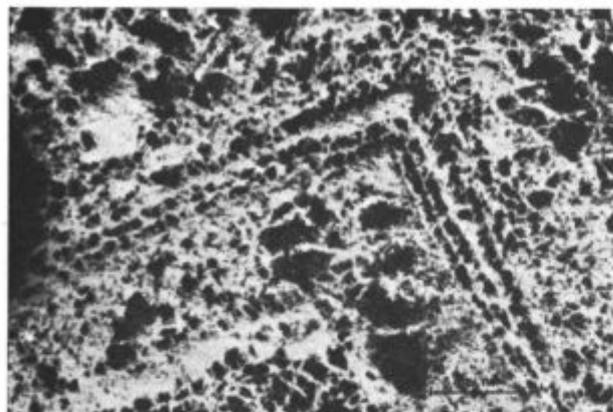
Bobovci niso sestavljeni samo iz železovih mineralov v določenih proporcijah, temveč vsebujejo vedno določeno količino jalovine. Jalovina je primarna in sekundarna. Po mineraloški sestavi je peščena, glinena in silikatna. V večini primerov so najvažnejše komponente kremen in njegovi različki.

Mineraloška-kemična sestava bobovca (železovi minerali)

Železovi minerali	Kemična sestava železovih mineralov
getit	H Fe O_2 (α — FeO OH)
lepidokrokrit (γ getit)	FeO OH (γ — FeO OH)
hematit	Fe_2O_3
magnetit	Fe_3O_4
maghemit	δ — Fe_2O_3
železov sulfid (pirit, markazit)	FeS_2

Nazoren primer z mrežasto strukturo limonita je bobovec z Rudnega polja, ki ga sestavljata amorfnost in kristalizirana oblika. Limonit je krista-

liziran v obliki igličaste železne rude s povprečno velikostjo zrn 0,01 mm. V mrežasti strukturi se nahajajo otočki lepidokrokita v obliki večjih lističev dimenzije 0,05 mm.



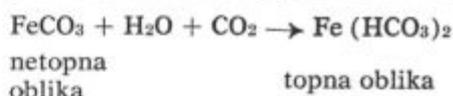
Slika 1 — Mikrostruktura bobovca — Rudno polje

Največ bobovcev je nastalo po psevdomorfozi iz pirita in markazita, manjši del pa kot koloidna modifikacija. Izjemni primeri so tudi rezultat psevdomorfoze po halkopiritu in karbonatih.

Zanimiv primer je bobovec s področja Kratki plazi, ki je rezultat sedimentacije iz koloidnih železovih raztopin. Bobovci se že makroskopsko ločijo od ostalih vrst bobovcev z različnih področij Julijskih Alp. Po Grobeljškovi so verjetno v bobovcih orudenele železne bakterije. Ooliti so v sredini rdeči — debelozrnati, proti površini pa drobnozrnati in rumeni. Bakterije so v glavnem prepojene s hematitom (Fe_2O_3), zato so rdeče barve. Ruda je zelo porozna. Proti votlinicam se je koloidna snov limonita lepo izkristalizirala v idiomorfne rombične kristale igličaste železne rude. Struktura je tipična za sedimentacijo železa v bobovcu.

Iz tega primera je razvidno, da so pri tvorbi železne rude sodelovale bakterije. Nastanek železne rude si razlagamo tako, da se je železov

karbonat (siderit $FeCO_3$) v prisotnosti vode in ogljikovega dioksida topil in prešel v raztopino v obliki železovega hidrokarbonata kot je raz-



vidno iz kemične enačbe. Železov hidrokarbonat se je pod vplivom kisika iz zraka ali pa s pomočjo železovih bakterij izločil kot železov hidroksid iz vodnih raztopin, ki je sedimentiral v obliki rdečega blata. Pri prehodu iz železovega hidrokarbonata v železov hidroksid se je izločal CO_2 , ki se je ponovno vključil v krogotok kemične reakcije. V zamotanih kemičnih procesih so sodelovale tudi večje rastline.

Namesto bakterij najdemo v bobovcih, nastalih iz koloidnih raztopin, še druge snovi anorganskega in organskega porekla. Najpogosteje gre za alge in drobne mineralne vključke različnega izvora in kemične sestave. Tuje, neželezove spojine so delovale kot formacijski center, na katerega se je izvršila precipitacija in kristalizacija železovih mineralov. Celoten proces je potekal v tekočem mediju pri porušenem ravnotežju med koloidi in kristaloidi. Taka železna ruda, iz katere so nastali bobovci, vsebuje eno ali več formacijskih centrov. Proti formacijskemu centru (kroglica) so pravokotno usmerjeni radiarni žarki ali pa centrične plasti različnih debelin.

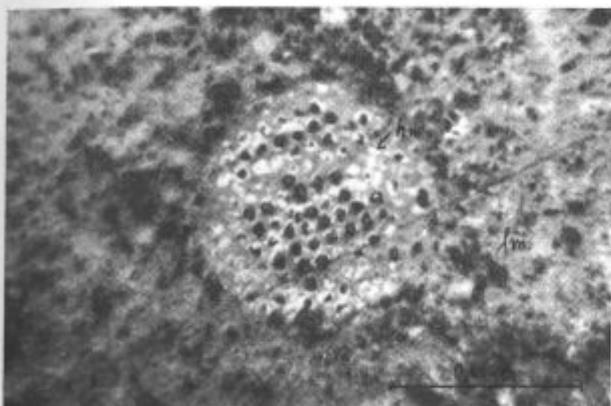
S kemično analizo pri bobovcih ni mogoče določiti geneze in posameznih mineralov, ki nastopajo v mikro količinah. V ta namen si pomagamo z mikroskopsko-mineraloškimimi analizami. Kemična analiza omogoča le kvantitativno določitev elementov, ki sestavljajo železno rudo kot celoto. Železna ruda ne nastopa nikdar v čisti obliki, vedno so prisotne snovi, ki jih izražamo kot kovinske in nekovinske okside. Kvantitativna sestava v obliki oksidov nam služi pri oceni glede na vrsto, uporabnost in reduktivnost železne rude.

Primeri bobovcev glede na genetsko pripadnost regionarnih teritorijev

Teritorij bobovcev		Geneza bobovcev
Pokljuka	Rudno polje Lom	psevdomorfoza po piritu psevdomorfoza po markazitu
Fužinarska planota	Dedno polje Pl. Krstenica	psevdomorfoza po piritu psevdomorfoza po markazitu
Triglavska skupina	V. Triglav Dolič	psevdomorfoza po piritu koloidna oblika
Južne bohinjske gore	Storeč Raven Kratki plazi	koloidna oblika koloidna oblika



Slika 2 — Bobovec — Kratki plazi



Slika 3 — Verjetno orudenele bakterije v bobovcu — Kratki plazi

Karakteristike bobovcev

Nahajališče:	Julijske Alpe
vrsta železne rude:	limonit
področje rudarjenja:	v moreni
velikost:	pod 1 mm, 1 mm do 35 mm in še večji
barva:	svetlo rjava, rjava, temno rjava, rdečkasto rjava, črna rjava, sivo črna
oblika:	okrogla, ovalna, ploščata, ledvičasta itd.
površina:	gladka, kopasta, brazdasta
sijaj:	dobro nakazan
raza:	svetlo rjava, rjavkasto rdeča, rjavo rumenkasta
trdota:	nad 6 po Mohsu
lom:	zelo velika
obstoynost:	nazobčan, ostrih robov

Klasifikacija bobovcev po načinu določanja s kemično in mikroskopsko analizo:

Nahajališče bobovca	Po kemični analizi je bobovec	Po mikroskopski analizi je bobovec	Prisotnost železnih mineralov v bobovcu
Dedno polje bobovec izpod ruše	limonit	limonit	tanka žilica hematita in piritna zrna
Dedno polje bobovec med apnenčevimi kamenčki	limonit	limonit	hematit v obliki zrn
Dedno polje paramagne- tični bobovci	limonit	magnetit	hematit
Rudno polje bobovec iz ilovnate zemlje	limonit	limonit	zrnca pirita
Lom bobovec iz prsti	limonit	limonit	markazit, hematit
Planina Viševnik bobovec iz ilovice	limonit	limonit	orudenele bakterije, hematit
Spodnje Gorjuše bobovec med apnencem	limonit	limonit	orudenele bakterije (?)
Mali vrh nad Ravnami bobovec iz ilovnate zemlje	limonit	limonit	hematit
Storeč Raven bobovci iz ilovnate zemlje	limonit	limonit	hematit

Bobovci so po kemični in mikroskopsko-mineraloški analizi zelo različni tudi iz istega rudišča. Vsak primer posebej je specifičen glede na nastanek in mineraloško strukturo ter po količinskem razmerju posameznih komponent, ki tvorijo bobovec. Vsi bobovci pa imajo nekaj skupnih lastnosti, ki se razlikujejo že makroskopsko od drugih železnih rud. Bistvene fizikalne razlike so v trdoti, teži in površini ter obliki. Kemične lastnosti se odražajo v vsebnosti železa in lažji reduktivnosti.

Bobovce sestavlja v glavnem trinajst kovinskih in nekovinskih elementov od prve do šeste valence. Elementi so povezani med seboj v spojine, ki

so v naravi dokaj obstojne proti atmosferilijam in kemičnim vplivom v zemljah sekundarnih rudišč.

Kemične analize štirih primerov bobovcev



Nahajališče: Medvedovec—Pokljuka

Kemični sestav:

SiO ₂	sled	MgO	0,24
Al ₂ O ₃	0,68	P ₂ O ₅	0,36
Fe ₂ O ₃	85,72	SO ₃	0,10
FeO	0,70	CO ₂ + H ₂ O	10,58
Mn ₂ O ₃	0,34	TiO ₂	0,008
CaO	0,53		

Nahajališče: Na križišču Rudna dolina—Planina—Javornik—Pokljuka

Kemični sestav:

SiO ₂	0,22	MgO	0,64
Al ₂ O ₃	0,20	P ₂ O ₅	0,34
Fe ₂ O ₃	82,86	SO ₃	0,05
FeO	0,58	CO ₂ + H ₂ O	12,90
Mn ₂ O ₃	0,40	TiO ₂	0,08
CaO	1,56		



Nahajališče: Na Mlakah—Pokljuka

Kemični sestav:

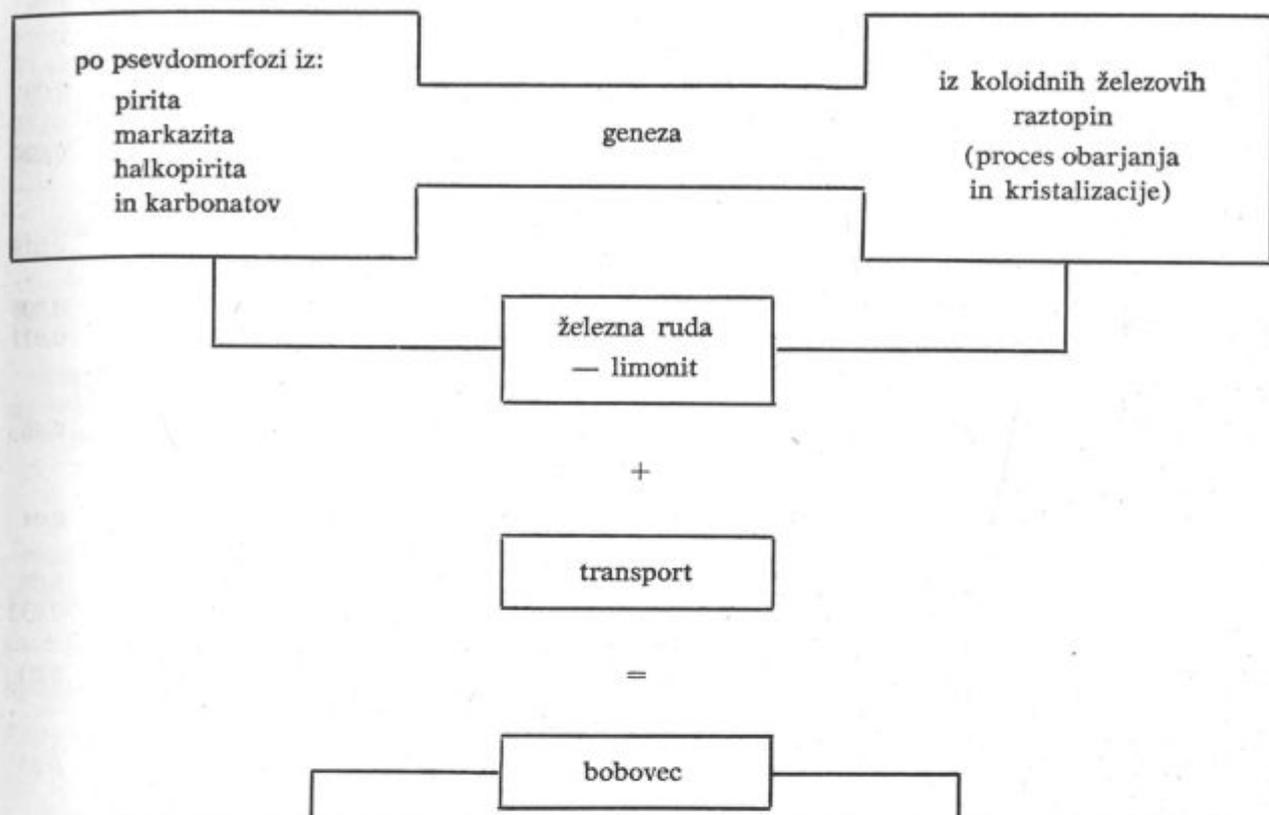
SiO ₂	2,16	MgO	0,48
Al ₂ O ₃	0,40	P ₂ O ₅	0,48
Fe ₂ O ₃	85,85	SO ₃	0,06
FeO	0,22	CO ₂ + H ₂ O	8,90
Mn ₂ O ₃	0,68	TiO ₂	0,00
CaO	0,68		

Nahajališče: Planina Krstenica—Fužinarska planota

Kemični sestav:

SiO ₂	5,40	MgO	0,40
Al ₂ O ₃	2,01	P ₂ O ₅	0,37
Fe ₂ O ₃	77,63	SO ₃	0,02
FeO	0,72	CO ₂ + H ₂ O	12,00
Mn ₂ O ₃	0,51	TiO ₂	0,00
CaO	0,78		





minerali železne rude	
pogostne oblike	redkejše oblike
getit	magnetit
lepidokrokrit	maghemit
hematit	
jalovina	
primarna	sekundarna
absorbirana	mehanično primešana

kemični elementi rudne substance in jalovine		
valenca	ruda	jalovina
1	H	H
2	Fe, O	O, Ca, Mg
3	Fe	Al, Mn
4		C, Si (Ti)
5		P
6		S

Najvažnejši element v bobovcih je železo, ki nastopa v dvo- in trovalentni obliki. Dvovalentnega železa je izredno malo v primerjavi s trovalentno obliko. Do sedaj najdena največja vsebnost dvovalentnega železa je bila v bobovcih

(rudna zaloga) z Ajdovskega gradca in Studorja s 3,08 % ter 6,67 % v obliki FeO. Pri terenskih raziskavah regionarnih področij v Julijskih Alpah takih primerov še nismo izsledili. Največja vsebnost FeO med našimi vzorci je znašala 1,5 %.

Kemične analize bobovcev s Pokljuke

Nahajališče	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
Na poti proti Berjanci	2,6	0,22	83,15	1,06	0,23	0,56	0,16	0,56	0,00	11,86	0,00
Pl. Lipanca	0,62	0,32	84,42	0,94	0,31	0,67	0,32	0,25	0,03	11,52	0,024
Rudna dolina kota 1317	1,10	0,20	86,44	1,14	0,34	0,45	0,23	0,32	0,06	9,70	0,016
Rudno polje	5,58	0,67	75,99	0,16	3,31	0,68	0,32	0,43	0,06	12,72	0,00
	0,92	0,24	84,92	0,72	0,23	0,86	0,48	0,39	0,10	10,94	0,011
Rudno polje kota 1336	2,74	0,20	83,42	0,56	0,23	0,45	0,32	0,41	0,06	16,36	0,00
Lmovec južno od kote 1426	0,16	0,28	85,15	0,58	0,32	0,44	0,32	0,34	0,016	11,92	0,04
Kranjska dolina	0,12	0,30	85,15	0,80	0,32	0,44	0,32	0,32	0,04	11,64	0,00
	0,20	0,25	84,97	0,72	0,34	0,87	0,24	0,57	0,08	11,56	0,032
Lepa Kopišča	0,04	sled	86,22	0,58	0,32	0,32	0,24	0,25	0,05	11,84	0,00
Južno pobočje Mejni vrh	0,80	0,52	83,98	1,57	0,68	0,50	0,36	0,39	0,12	10,62	0,05
Mesnovec južno od ceste Rudno polje	0,76	0,25	84,77	0,86	0,23	0,46	0,24	0,36	0,06	11,90	0,00
Mesnovec kota 1481—1451	1,78	0,31	84,52	0,59	0,68	0,33	0,16	0,33	0,08	11,20	0,00
	6,72	2,40	75,79	0,58	0,80	1,12	0,24	0,55	0,08	11,48	0,08
Uskovnica	1,58	0,38	83,06	0,77	0,32	0,78	0,24	0,40	0,10	12,30	0,03

Bobovci s področja Julijskih Alp so zelo revni z manganom. Nizke vrednosti mangana zasledimo tudi v prazgodovinskih žlindrah in železju, najdenem na Ajdovskem gradcu, Dunaju pri Jereki in Studorju. V primerjavi z rudami iz Karavank je to ena od bistvenih razlik v kvaliteti železne rude in načinu taljenja v zgodovini železarstva pod Golico. Največjo vsebnost mangana v bobovcih smo zasledili prav tako pri izkopani rudni zalogi na Ajdovskem gradcu z 1,74 in 3,36 % Mn₂O₃. Na terenu smo našli le dva primera, ki vsebujeta 0,80 in 0,93 Mn₂O₃. Prvi primer smo našli v Mesnovcu, kota 1481—1451 in drugega na Dednem polju.

Večina mangana v bobovcih je pri redukciji v vetrni peči zaostala v rudnem koncentratu — žlindri, to je razvidno iz preiskanih vzorcev z Ajdovskega gradca. Zaradi nizke koncentracije mangana in prenizkih temperatur v vetrnih pečeh kovna železa niso bogatela z manganom, kot kaže primer jeklene konice z Ajdovskega gradca.



Slika 8 — Žindra — Ajdovski gradec

Železne žlindre — revne z manganom (Ajdoški gradec)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂
19,52	8,00	16,59	45,78	0,21	5,53	1,17	0,46	0,125	0,10
23,40	3,70	5,72	61,30	0,13	3,36	1,13	0,100	0,075	0,41
24,88	4,18	5,55	59,10	0,36	4,05	1,13	0,500	0,150	0,08
25,60	5,20	6,96	57,38	0,13	3,60	0,90	0,31	0,100	0,20
26,10	5,28	4,20	54,17	0,27	6,27	1,29	0,41	0,105	0,28

Jeklena konica, najdena na Ajdoškem gradcu

C	Si	Mn	Ti
0,70	0,03	0,06	0,05

Na področju Pokljuke in Fužinarske planote so bobovci, ki vsebujejo titan. Bobovce s titanom smo našli pomešane z zemljo, ki vsebuje večje

količine titanovega oksida, medtem ko ga bobovci z najvišjih področij triglavske skupine ne vsebujejo. Visokogorski bobovci leže na apnencih, ki ne vsebujejo titana in ga niso mogli sprejeti na sekundaren način, kot je bil to primer pri bobovcih v kislih silikatnih zemljah. V zemlji so bobovci delovali kot porozni filtri, katerih pore in razpoke so se polnile s titanovo spojino.

Kisle silikatne zemlje, ki vsebujejo TiO₂ (Pokljuka)

Kraj najdbe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
Pl. Lipanca	55,06	24,68	5,35	—	—	2,24	1,38	0,27	0,04	9,66	1,18
Rudno polje	50,06	19,49	10,76	sled	0,34	1,68	1,52	0,39	0,14	14,82	0,61
Španove jame	50,56	20,90	9,93	sled	0,11	1,45	1,36	0,50	0,27	14,06	0,86
Kranjska dolina	50,62	16,92	9,50	sled	0,18	1,56	1,28	0,20	0,14	14,60	0,60
Na poti Rudno polje, Praprotnica, Uskovnica	50,06	19,65	9,65	sled	sled	1,79	1,36	0,46	0,20	15,86	0,61

Apnenci s področja Velikega Triglava in Doliča

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	žarozig.
Apnenec — bel V. Triglav	0,03	0,02	0,13	0,00	54,66	0,97	0,00	0,00	43,80
Apnenec — rdečkast V. Triglav	0,50	sled	0,29	0,06	54,20	0,64	0,00	0,00	42,95
Apnenec — bel V. Triglav—Dolič	0,07	0,02	0,14	sled	54,66	1,13	0,00	0,00	43,92
Apnenec — rdečkast Dolič	0,20	sled	0,57	0,04	54,66	0,32	0,00	0,00	42,93

Bobovci brez titana

Nahajališče	Višina v m	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂
Veliki Triglav Kugyjeva pot	2600	81,71	1,23	0,00
Kanjavec	2568	81,75	1,56	0,00
Vernar	2225	81,26	1,14	0,00
Dolič	2165	82,49	0,72	0,00

Preiskave žlinder in železja nam dokazujejo, da so antični železarji uporabljali tudi bobovec z vsebnostjo titana. Koncentracije titana so majh-

ne, vendar pa pomembne pri kvalitetnem vrednotenju kovnega železa in jekla. S titanom se je oplemenitilo južno noriško železo, ki je slovelo daleč izven meja Norika, kot so poročali rimski zgodovinarji.

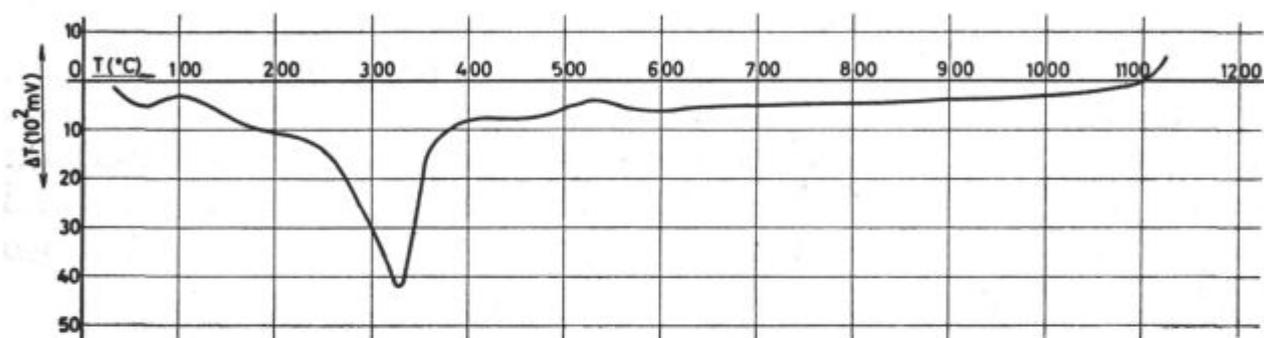
Barva bobovcev in raza sta različni. Z izgubljanjem vode prehaja limonit v hematit. Najbolj izrazita barvna sprememba zaradi prehoda v hematit je na površini. Hematitna plast je le redko prodrla v globlje plasti in razpoke. Bobovci vsebujejo grobo vlago. Groba vlaga je nestalna in je odvisna od vlažnosti tal, kjer se bobovci nahajajo. Največ grobe vlage je v razpokah in porah.

Izločena voda pri segrevanju bobovcev:

Nahajališče	Višina najdbe v m	Barva raze	% vode
Storeč raven	1097	svetlorjava	10,72
Rudno polje	1341	rjava	10,68
Medvedovec	1350	svetlorjava	11,52
Dedno polje	1570	svetlorjava	10,28
Pl. Krstenica	1673	svetlorjava	10,01
Kratki plazi	1739	svetlorjava	12,51
Veliki Triglav	2600	rjava	10,45

Pri segrevanju bobovca do 105° C odpravimo grobo vlago, pri nadaljnjem segrevanju pa opazimo znatne makroskopske in mineraloške spre-

membe. Getit (metahidroksid) se pri segrevanju na 220° C pretvori v železov (III) oksid zaradi izgube vode. Neobstoja modifikacija metahidroksida FeO OH je lepidokrokrit, ki preide v odpuštu vode v gama — Fe₂O₃ in ta v obstojnejšo alfa — Fe₂O₃ obliko. Kot je razvidno iz tabele, se kemično nastajajoča voda ne izloča iz bobovca naenkrat, ampak postopoma, v širokem temperaturnem območju, ki ni za vse bobovce enako. Neenakost je odvisna od sestava železovih mineralov in zaporedja termičnih sprememb. Po izgubi vode preide limonitni bobovec v hematit. Pri dehidraciji limonitnega bobovca smatramo glede na bruto formulo Fe₂O₃ · H₂O, da gre za absorbirano vodo, vendar to ne drži, če upoštevamo formule posameznih železovih mineralov. Voda se izloči iz bobovca šele takrat, ko na železove minerale deluje toplota. To nam dokazuje tudi DTA diagram v zračni atmosferi.



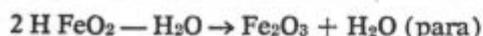
Slika 9 — DTA diagram v zračni atmosferi — bobovec Rudno polje kota 1336

Tabela temperaturnega območja pri odstranitvi kemično nastale vode

Nahajališče bobovca	Temperaturno območje izločene vode
Lom	154° — 550° C
Rudno polje	120° — 580° C
Dedno polje	118° — 575° C
Mali vrh nad Ravnami	120° — 565° C

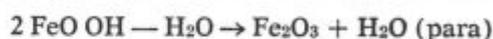
Z ozirom na največjo količino železovega minerala getita v bobovcih nastane iz njega pri segrevanju največ vode. Getit je sestavljen iz kationa H in aniona FeO₂, kar pomeni, da sta potrebni za nastanek 1 molekule vode dve molekulici getita, kot je razvidno iz kemične enačbe.

Termični razpad getita H Fe O₂:



Dvema atomoma trivalentnega železa preostanejo še trije atomi kisika, kar predstavlja molekulo hematita. Podoben primer je pri lepidokrokritu, ki ima formulo FeO OH.

Termični razpad lepidokrokita FeO OH:



S popolno dehidracijo bobovca se izloči 10 do 12 % vode. Pri izločanju vode se prične notranja preobrazba mineralov, prične se rahljati kristalne vezi in pretvorbe Fe₂O₃ v različne modifikacije. Trdnost bobovca in kemična zgradba jalovine se spremenita med 600 in 780° C. Nad 850° C začne razpadati karbonati. Če je v bobovcu prisoten magnetit, se z oksidacijo pretvori tako, da nastane kubična — feromagnetna gama oblika železovega oksida. Gama oblika ima še vedno razpored atomov v obliki kristalne rešetke magnetita. Pri segrevanju nad 300° C preide gama oblika v alfa obliko, ki je obstojnejša, paramagnetična in romboedrične kristalne strukture. Pri segrevanju nad 1200° preide Fe₂O₃ v Fe₃O₄, pri čemer se izloča kisik. Nad 900° C se dvovalentno železo v bobovcu spremeni v trivalentno obliko. V poizkusu pri segrevanju bobovca z Dednega polja so spremembe dobro vidne iz rezultatov kemičnih analiz in fizikalnih lastnosti.

Spremembe bobovca	Temperature			
	300°	600°	900°	1100°
barva	temno rjava	temno rjava svetl. ton	rdeče rjava	rdečkasto rjava
površina	gladka	gladka, luknjice	gladka, luknjice, razpokana	gladka, razpoke, luknjice
specifična teža	4,32	4,63	5,00	4,77
poroznost	5,54 vol. %	5,54 vol. %	6,41 vol. %	6,75 vol. %

Spremembe bobovca z Dednega polja:

Komponente bobovca	Termično-kemične spremembe bobovca pri temperaturah:			
	300°	600°	900°	1100°
SiO ₂	1,62	1,64	1,76	1,88
Al ₂ O ₃	2,32	2,31	1,45	1,63
Fe ₂ O ₃	91,93	92,44	94,38	94,59
FeO	0,21	0,07	0,00	0,00
Mn ₂ O ₃	0,22	0,22	0,25	0,29
CaO	1,00	1,00	1,00	1,00
MgO	0,32	0,20	0,16	0,12
P ₂ O ₅	0,30	0,30	0,32	0,37
SO ₃	0,07	0,07	0,08	0,10
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ⁺⁺⁺	64,29	64,65	66,00	66,15
Fe ⁺⁺	0,16	0,05	0,00	0,00
CO ₂ + H ₂ O	1,74	1,54	0,54	0,00
Mn	0,15	0,15	0,17	0,20
P	0,13	0,13	0,14	0,16
S	0,03	0,03	0,035	0,040

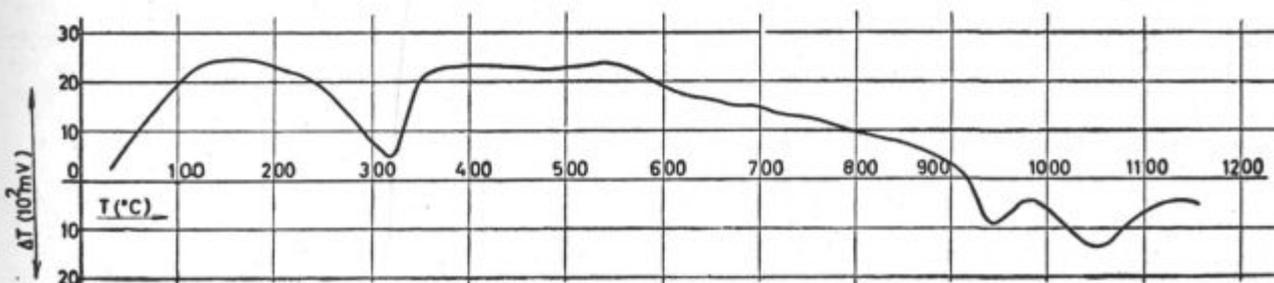


Slika 10 — Bobovec — Dedno polje

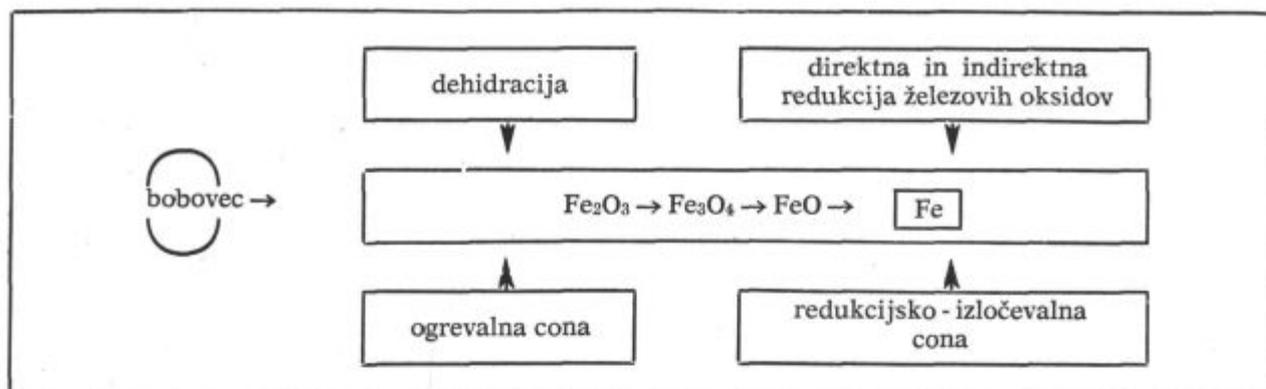
turi. Pri počasnem segrevanju se skozi pore izloča voda. Oblika bobovca je po ohladitvi nespremenjena, postal je le poroznejši in bogatejši za železom.

Najpomembnejša pri proučevanju talilništva je reduktivnost bobovcev. Redukcija bobovcev z lesnim ogljem poteka v temperaturnem območju od ca. 530° do ca. 750° C. To je prva stopnja redukcije, kjer preide glavna rudna komponenta železovega trioksida Fe₂O₃ v magnetit Fe₃O₄, ki je fero-ferioksid (FeO · Fe₂O₃). Pri nadaljnjem segrevanju poteka druga faza redukcije iz magnetita v železov oksidul FeO, ki se konča pri temperaturi nad 940° C. Tretja faza redukcije je zaključena nad 1100° C, to je prehod FeO v kovinsko železo.

Bobovce je treba segrevati počasi, drugače jih z močnim pokom raznese v številne drobne koščke, če jih izpostavimo takojšnji visoki tempera-



Slika 11 — Primer DTA diagrama redukcije bobovca — Dolič



Pri bobovcih predstavlja kremenica najmočnejšo kislino, medtem ko aluminijeve spojine najslabšo bazo. Kalcijeve, silicijeve in aluminijeve spojine so tvorci žlindre pri redukciji bobovcev. Mangan, fosfor, žveplo in titan pa so tvorci zlitine z železom. Kremenica, ki je za vsako vrsto bobovcev specifična, ima pri tvorbi žlindre važen pomen, ker tvori z drugimi oksidi pri določenih temperaturah spojine v obliki silikatov. Pri 740° C nastane CaO spojina s kemično formulo $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Z drugimi oksidi tvori kremenica spojine pri znatno višjih temperaturah, tako z železom, manganom in magnezijem. Najvažnejša spojina z železom je fajalit Fe_2SiO_4 . Ta nastane le v primeru, če pri redukciji nastali Fe_2O_3 preide v železov oksidul FeO, ki tvori s SiO_2 stabilno spojino.

Fajalit in drugi silikati pa so v še večji meri nastajali pri taljenju bobovcev v vetrni peči, kar nam dokazujejo žlindre železnih obdobij bohinskega železarstva.

Kemične analize starih železnih žlinder kažejo izredno visoko vsebnost SiO_2 . V primerjavi z nizko vsebnostjo SiO_2 v bobovcih moremo sklepati, da so železarji pri taljenju bobovcev dodajali kremenjak. Ruda je ob dodatku SiO_2 postala lažje taljiva in reduktivna. Vsebnost SiO_2 oziroma fajalita v železnih žlindrah je različna in to z Ajdovskega gradca, Dunaja pri Jereki in Studorja. Vpliv dodanega kremenjaka pri taljenju bobovcev je razviden iz šestih primerov najdb iz Studorja v Zgornji bohinski dolini.

Razmerje SiO_2 : Fe_2O_3 in FeO:

Vrsta najdbe	% SiO_2	% Fe_2O_3	% FeO
slabo kislina žlindra	1,83	77,00	14,54
(verjetno praženec)	3,00	74,17	16,20
	5,35	52,66	25,55
močno kislina žlindra	16,30	10,93	60,51
	19,58	6,79	59,00
	29,06	4,07	56,61

Iz tabele razmerij SiO_2 do Fe_2O_3 in FeO v slabo kislinskih žlindrah je razvidno, da se z zvečanjem vsebnosti SiO_2 znižuje Fe_2O_3 in zvišuje FeO. V

prvih treh primerih gre za neke vrste praženec, ki je bil podvržen redukciji. Morda gre za primere predhodne obogatitve železne rude in delne redukcije. V drugi fazi pa so takšni rudi dodajali talilnega dodatka. Potemtakem je taljenje bobovcev potekalo v dveh fazah. Morda bi to tezo podkrepil še primer z Ajdovskega gradca. Iz kemične analize je razvidno, da je padec Fe_2O_3 in porast FeO še večji v primerjavi z najdbami iz Studorja.

Kemična analiza slabo kisle žlindre — Ajdovski gradec

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	SO ₂	TiO ₂
8,50	6,08	23,45	54,75	0,41	3,81	1,29	0,50	0,165	0,190

Pri naslednjih primerih, ki so označeni kot močno kislina žlindra, pa pri zvečani količini SiO_2 pada količina Fe_2O_3 in FeO, kar bi odgovarjalo pomiku redukcije v desno, to je pretvorbe FeO v Fe. Kemične analize vseh do sedaj najdenih najstarejših žlinder ne izkazujejo večjih količin CaO, kar pomeni, da SiO_2 ni bil dodan zaradi veze kalcija (baze), ampak zaradi lažjega taljenja.

V žlindrah je dostikrat več Al_2O_3 , kot ga dokazujemo v surovih in dehidriranih bobovcih. Razlike si razlagamo zaradi prisotnosti aluminijevih spojin v kremenu in kisli silikatni zemlji. Železarji so morali uporabljati kot talilni dodatek oboje. Kislina silikatna zemlja je bila v Bohinju lažje dosegljiva, kot pa čistejši kremenovi minerali.

Žlindre, ki vsebujejo malo Al_2O_3 , so nastale iz bobovcev ob čistejši prikladi, to je z majhno vsebnostjo aluminija. Tiste žlindre, ki vsebujejo znatno več Al_2O_3 , pa so se tvorile iz bobovcev z majhno ali večjo vsebnostjo aluminija ob dodatku kisle silikatne zemlje ali nečistega kremenjaka.

Vsebnost Al_2O_3 v antičnih žlindrah:

	3,45	3,72	4,18	8,00
Ajdovski gradec	3,45	3,72	4,18	8,00
Dunaj pri Jereki	1,28	1,50	3,00	6,33
Studor	4,44	5,45	5,70	6,20
	6,42	6,80	7,10	7,80

Vsebnost Al_2O_3 v bobovcih (rudna zaloga):

Ajdovski gradec	2,02	4,67	
Studor	1,49	2,30	3,30

Za uporabo kisle silikatne zemlje pri taljenju bobovcev govore primeri, najdeni na Ajdovskem gradcu. Med železnimi žilindrami so žindre, ki ne sodijo med prave žindre. Nekateri primerki so

Kemična analiza steklaste žindre (priklada — Ajdovski gradec)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	TiO_2	žaroizg.
78,98	7,92	4,15	2,21	0,10	2,91	1,13	0,280	0,050	0,42	2,00

Kemične analize steklaste žindre (pečna obloga) Ajdovski gradec

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	TiO_2	žaroizg.
55,40	22,46	6,52	8,82	0,11	2,24	1,00	0,190	0,100	0,13	2,5

V enem primeru smo našli kos zmesi kisle silikatne zemlje in debelejša kremenova zrna. Od kod so prinašali Karni na Ajdovski gradec kremenčev pesek, še ni znano. Do sedaj sta bila odkrita dva kraja v Bohinju, kjer se nahaja silikatni material — to sta Berjanca in Spodnja Komna. Na Berjanci — Pokljuka — je nahajališče roženca pa tudi kremen, dočim je na Spodnji Komni ležišče zaobljenega kremenca.

Kemični analizi dveh primerov kremenca — Berjanca

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	žaroizg.
svetlejši	90,00	2,10	0,10	2,64	0,10	3,44
temnejši	94,90	0,30	1,34	0,44	0,12	1,70

Kemična analiza zaobljenega kremenca — Spodnja Komna

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	CO_2+H_2O	TiO_2
87,88	0,85	4,53	2,46	0,50	0,32	0,04	3,32	0,03

Da bi ugotovili in potrdili vpliv SiO_2 na znižanje tališča bobovcev, smo napravili več laboratorijskih poskusov. Poskusi niso istovetni z dogajanjem v vetrni peči, potrjujejo pa našo trditev. Umetna povečava kislosti pri bobovcih je že prastara stvar, ki pa je še danes aktualna pri študiju železarske tehnologije.

Spremembe tališča pri mešanici bobovca z Medvedovca in kremenca

% rude	% kremenca	tališče v °C
100	—	1525
99,75	0,25	1525
99,50	0,50	1525
99,25	0,75	1525
99,00	1,00	1525
98,75	1,25	1520
98,50	1,50	1520
98,25	1,75	1510
98,00	2,00	1510
97,75	2,25	1500
97,50	2,50	1495

samo delno termično spremenjeni, tako da je razvidna še osnovna materija. Popolnoma termično spremenjeni primerki pa imajo steklast izgled. Steklaste žindre so po kemičnih analizah takšne, da bi jih lahko grupirali v dve vrsti glede na uporabnost pri talilni tehniki železne rude. Primeri z večjo vsebnostjo Al_2O_3 pripadajo notranji termično deformirani oblogi vetrne peči, z manjšo vsebnostjo Al_2O_3 po prikladi.

% rude	tališče v °C	% kremenca
97,25	2,75	1490
97,00	3,00	1490
96,75	3,25	1480
96,50	3,50	1480
96,25	3,75	1475
96,00	4,00	1475
95,75	4,25	1465
95,50	4,50	1460
95,25	4,75	1460
95,00	5,00	1460
94,75	5,25	1450
94,50	5,50	1450
94,25	5,75	1450
94,00	6,00	1450
93,75	6,25	1450
93,50	6,50	1450
93,25	6,75	1445
93,00	7,00	1445
92,75	7,25	1445
92,50	7,50	1445
92,25	7,75	1435
92,00	8,00	1435
91,75	8,25	1435
91,50	8,50	1435
91,25	8,75	1425
91,00	9,00	1425
90,75	9,25	1425
90,50	9,50	1420
90,25	9,75	1420
90,00	10,00	1420

Iz poskusov je razvidno, da se tališče bobovca ob dodatku 10 % SiO_2 zniža od 1525° C na 1420° C. Za 105° C znižano tališče pri rudni mešanici je pomenilo v takratnih pogojih taljenja v vetrni peči znaten dosežek. S povečano kislostjo železne rude je človeku uspelo tisto, kar ni mogel doseči z vetrno pečjo zaradi prenizkih temperatur. Toplotna energija je bila odvisna od naravnega vetra, ki ni bil konstanten, zato pa tudi tehnološki postopek taljenja ni potekal vedno v enakih pogojih.

Neenaki pogoji se odražajo v preiskanih najdbah železa in žlinder. Največje razlike so ravno pri žlindrah, kar govori za nekontroliran postopek in različen izplen železa, sodeč po zaostalem neiz-reduciranem železu.

Primerjava z bobovci z regionarnih področij Julijskih Alp

Največja nahajališča bobovcev so bila v preteklosti na visokogorski planoti Pokljuka, Fužinarski planoti, južnem bohinjskem gorovju in Jelovici. Z železom najbogatejši bobovec so kopali v Rudni dolini, Rudnem polju in Mesnovcu. Povsod tam, kjer so bili bobovci, so bile tudi oglarske kope. V bližini delovišč rudarjev in oglarjev so nastajale planine in stanovi. Kje so bila najstarejša rudarska naselja, še ni ugotovljeno. Danes moremo sklepati na kraj antičnega rudarstva s pomočjo primerjave keramike in bobovcev med seboj. Zasedili smo tri kraje: Dedno polje, planina Lipanca in Berjanca. Med bobovci na Dednem polju so bili najdeni fragmenti keramike, ki so podobni keramiki z Ajdovskega gradca, na planini Lipanci pa Dunaju pri Jereki. S kemičnimi preiskavami se nam je posrečilo le v enem primeru ugotoviti sličnosti med bobovci, ki so jih uporabljali talilci železne rude v antičnem Studorju.

Primerjalni kemični analizi bobovcev, najdenih v Studorju in Berjanca

	Studor	Berjanca
SiO ₂	2,30	2,30
Al ₂ O ₃	0,50	0,20
Fe ₂ O ₃	86,77	86,07
FeO	sled.	sled
Mn ₂ O ₃	0,04	sled
CaO	0,65	0,45
MgO	0,46	0,16
P ₂ O ₅	0,39	0,21
SO ₃	0,100	0,100
H ₂ O + CO ₂	9,10	10,40
TiO ₂	0,00	0,00

Vzorca sta si zelo podobna, zato moremo sklepati, da je bila Berjanca eno od studorskih rudarskih delovišč. Temu v prid govore tudi nekatere najdene žlindre iz Studorja, ki ne vsebujejo titana. Za antična železarska obrata Ajdovski gradec in Dunaj pri Jereki pa primerjava med bobovci ni mogoča zaradi premajhnega števila depojskih vzorcev.

Talilci bobovcev so našli železno rudo v ledniških grobljah, kamor jo je iz višjih gorskih predelov donasala voda. Po naših raziskavah so bobovce našli večinoma v zemlji, ki vsebuje izredno veliko kremenice, hematogelita in sporogelita, delno pa tudi med apnencem.

Nahajališče vzorcev bobovca in vrsta materiala, med katerim se nahajajo:

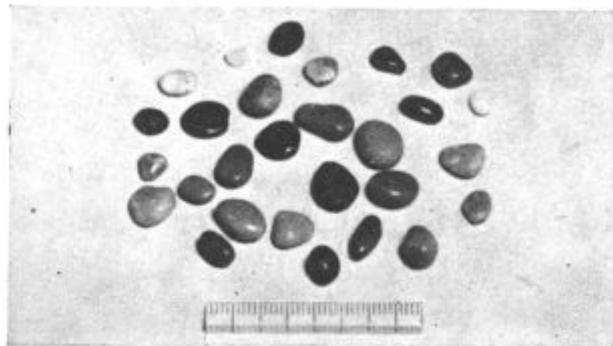
Kraj	Vrsta materiala
na poti proti Berjanca	apnenc, roženci, ilovnata zemlja z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Medvedovec	med hematogelitno zemljo
Planina Lipanca	med zemljo z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
na razpotju Rudna dolina — planina Javornik	med ilovnato zemljo in apnencem
Rudna dolina kota 1317	med zemljo z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Rudno polje	med zemljo z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Rudno polje kota 1336	med zemljo je mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Lmovec južno od kote 1426	med rumeno, rjavo in rdečo zemljo z mnogo železa, SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Kranjska dolina	med apnencem
Lepa kopišča	v zemlji z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Južno pobočje Mejni vrh	v zemlji z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Mesnovec južno od ceste Rudno polje	v zemlji z mnogo SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Mesnovec kota 1481—1451	v zemlji, kjer je razmerje SiO ₂ : Al ₂ O ₃ . x H ₂ O 1 : 1
Na Mlakah (Borisovo nahajališče)	v močno kisli zemlji, ki vsebuje tudi mnogo Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Uskovnica	v močno kisli zemlji, ki vsebuje tudi mnogo Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Planina Krstenica	med apnencem in zemljo z SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Planina Dedno polje	med apnencem in zemljo z SiO ₂ in Al ₂ O ₃ . x H ₂ O
Dolič	med apnencem
Veliki Triglav	med apnencem

V začetku je za pridobivanje železa služil izključno bobovec, ker ga je bilo dovolj na površini, predvsem v morenskem materialu. Zaradi oblike in gladke površine se je bobovec lažje nabiral, kot pa ostala hrapava, ostroroba ruda. Z iznajdbo in uporabo vodnega kolesa, mehov in večjih talilnih peči se je znatno zvečala proizvodnja železa, s tem pa tudi poraba rude. Poleg bobovcev so pričeli uporabljati navadne kosovne limonite, hematit in limonitizirani siderit. Dokaz za čase »velike železarske epohe« so v Julijskih Alpah ostala številna globoka brezna, rudne jame in kotli. Najizrazitejše spremembe terena, ki jih je povzročil človek, so vidne na Rudnem polju, zato je ta kraj upravičeno dobil tako zemljepisno ime.

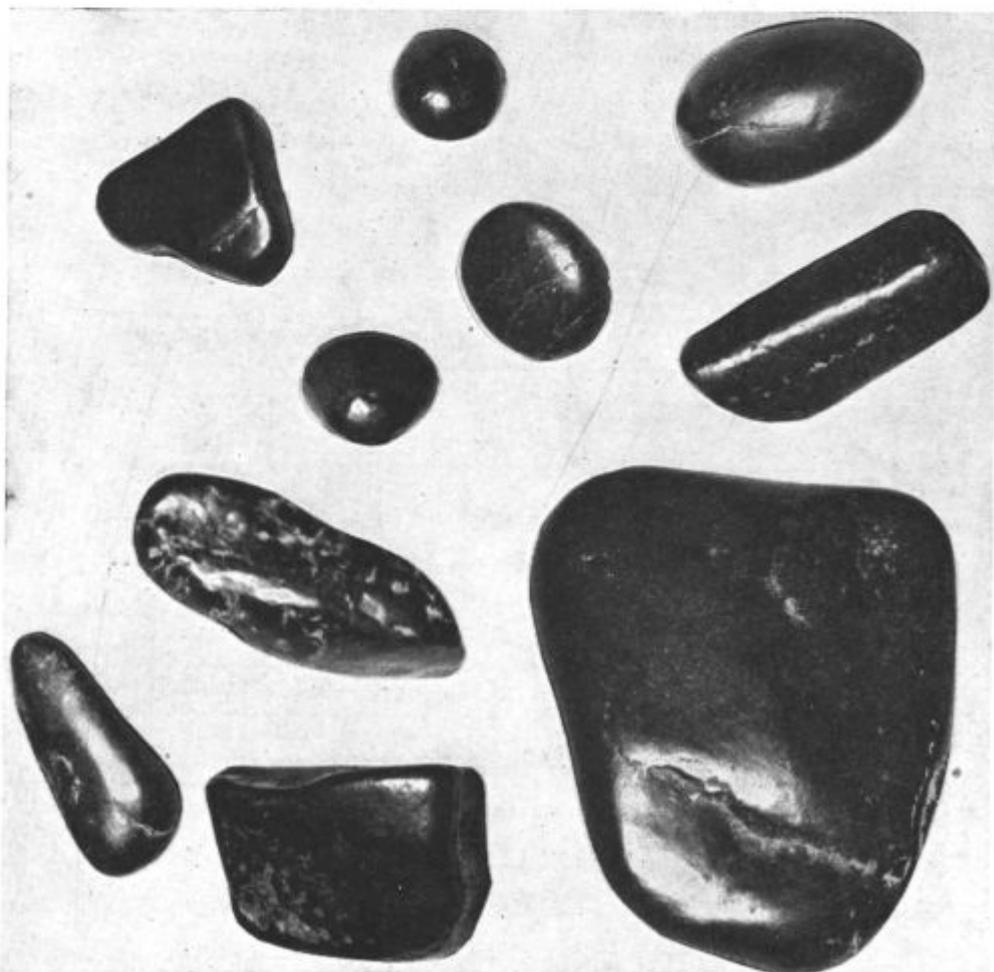
Bobovcem pod Triglavom so obliko krojile mehanske sile predledene dobe, tako da so se trdi limoniti — psevdomorfoze drgnile med seboj ali pa še ob trši material. V morenah, kjer so sekundarna rudišča bobovcev, so navadno tudi silikati, ki imajo identično obliko kot bobovci z lepo polirano površino. Oblika in polirana površina sta posledica dolgega transporta in raznih vplivov sil: drsenja, vrtenja, valjanja in kombinacija teh. Najidealnejši primeri transporta so razvidni s fotografij bobovcev.

Kremenova zrna so precej trša od bobovcev. Mesto limonitnega bobovca po Mohsovi trdotni lestvici je med ortoklazom in kremenom. Nova jeklena pila ali sveder sploh ne zapustita na kremenovih zrnih nobenih sledov, medtem ko se bobovec le težko vrta s počasnim vrtenjem svedra.

Laboratorijsko smo napravili dva krajša poskusa, da bi ugotovili, kako se ponašajo pri vrtenju med seboj bobovec, limonit, (nebobovec)



Slika 12 — Zaobljen silikatni material — Spodnja Komna



Slika 13 — Bobovci zelo različnih oblik, zaradi različnega transporta in s tem različnega delovanja mehanskih sil

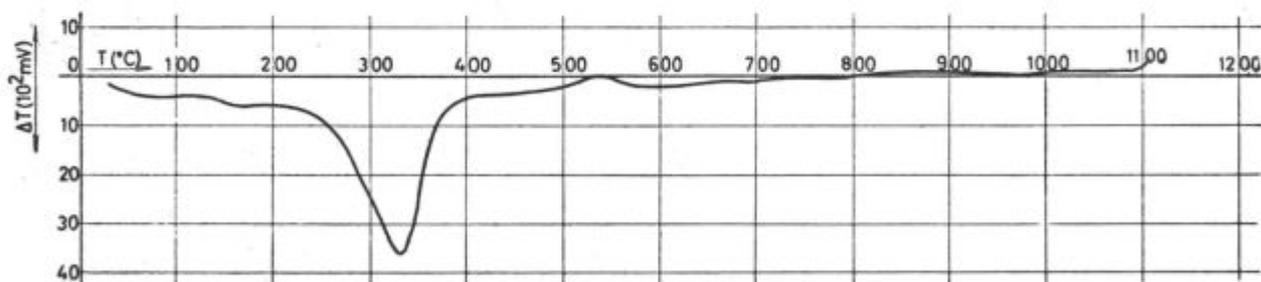
in ooidni kremen. Železna ruda je bila vzeta iz istega rudišča: Medvedovca in Rudne doline. Iz primerjav kemičnih analiz ni opaziti prevelikih komponentnih razlik. Pri 50-urnem močnem vrtenju v jeklenem bobnu z dodatkom iste količine kremenca, pa smo po vrtenju videli znatne fizikalne spremembe. Bobovci so obdržali svoj prvotni izgled, medtem ko se je nebobova železna ruda močno brusila, kar se je videlo na kremenovih ooidih, ki so bili močno obarvani in prevlečeni z rudno snovjo.

Kemična analiza in fizikalne lastnosti

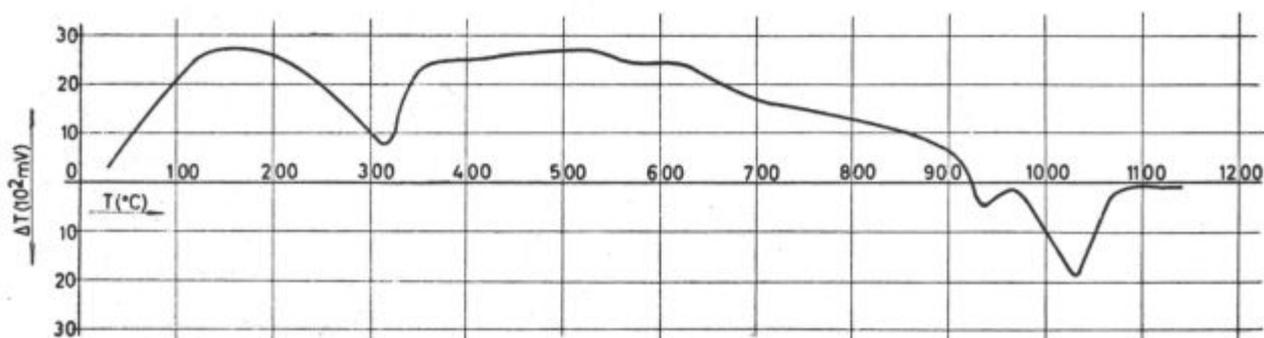
	Bobovec z Medvedovca	Nebobova ruda z Medvedovca
SiO ₂	2,30	1,35
Al ₂ O ₃	0,50	0,50
Fe ₂ O ₃	83,41	85,66
FeO	0,15	0,15
CaO	0,07	0,07
MgO	0,48	0,38
P ₂ O ₅	0,22	0,094
SO ₃	0,063	0,053
CO ₂ + H ₂ O	11,20	10,90
TiO ₂	0,00	0,00
barva	rjava	rjavkasto rdeča
spec. teža	3,67	4,12
tališče	1510° C	1525° C
obraba pri vrtenju	3,90 %	27,5 %

Pri uporabi bobovcev in limonitne rude iz Rudne doline smo pri 50-urnem vrtenju pod istimi pogoji dobili celo razmerje 6,2 % : 44,2. To se sicer še zdaleč ne da primerjati s prirodnimi dogajanji, lahko pa nam služi v ilustracijo, da se limoniti z nižjo trdoto, trdnostjo in slabšo kompaktnostjo niso mogli oblikovati v bobovce. Zanimivo je tudi to, da v Julijskih Alpah, kjer so drobni bobovci močno polirani, ni med njimi najti drugih limonitov ali izrazito ohranjenih kristalnih oblik metamorfoz. Na tistih področjih, kjer pa so rude pomešane med seboj, so tudi bobovci po oblikah drugačni. Na njih so še sledi ostankov prvotnih oblik, ki jih je imela limonitna psevdomorfoza. To so predvsem plitvi žlebički, nekdanje meje med posameznimi kristali.

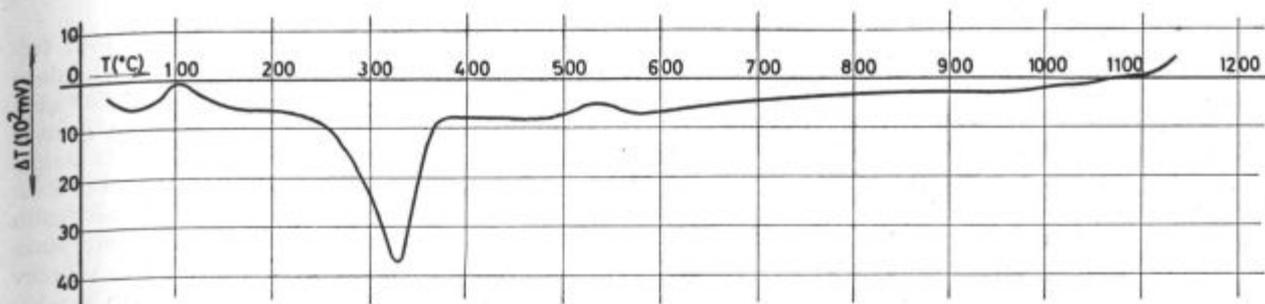
Iz termogramov pod oznako »na zraku« in »z lesnim ogljem« praktično ne vidimo bistvenih razlik med bobovcem in psevdomorfozo z Medvedovca. Obe rudi imata izrazit endotermni odklon, kar govori za izgon vode. Okrog 530° C je slabše izrazit odklon, kar predstavlja oksidacijo ali pa premeno ene faze železa v drugo. V redukcijski atmosferi, nastali zaradi gorečega lesnega oglja, se bobovec kot psevdomorfoza pomeša precej podobno v pogledu izgona vode, kot je to karakteristično za limonite. Pri temperaturnem območju 530° — 750° C poteka redukcija Fe₂O₃ v Fe₃O₄. Izrazit endotermni odklon, ki začne pri temperaturi nad 700° C in doseže svoj minimum pri temperaturi cca 900° C, oziroma pri 925° C, predstavlja za obe rudi drugo stopnjo redukcije. To je prehod Fe₃O₄ v FeO. Proces je zaključen okrog 970° C, ko začne tretja faza redukcije; to je prehod FeO v Fe ter doseže svoj minimum pri temperaturi 1100° C.



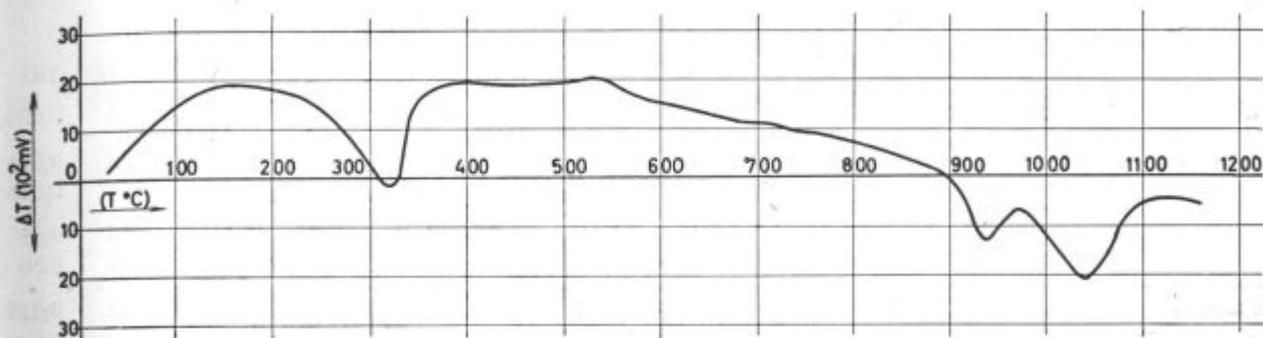
Slika 14 — Termogram (na zraku) — psevdomorfoza z Medvedovca



Slika 15 — Termogram z lesnim ogljem — psevdomorfoza z Medvedovca



Slika 16 — Termogram (na zraku) bobovec z Medvedovca



Slika 17 — Termogram (z lesnim ogljem) — bobovec z Medvedovca

Primera kažeta na medsebojni odnos in da so psevdomorfozne oblike železne rude praktično snovno ekvivalentne bobovcem glede na uporabnost v vetrnih pečeh. Tudi ostale fizikalne lastnosti se proti bobovcem bistveno ne razlikujejo. Brez dvoma pa se kažejo jasne razlike pri mehkejših in slabših vrstah kosovnega limonita s področja Pokljuke.



Slika 18 — Psevdomorfoze — Na Mlakah

Kemične analize psevdomorfoz

Nahajališče	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
Berjanca	3,20	0,47	80,57	1,23	0,23	0,56	0,40	0,56	0,04	12,32	0,00
Na poti proti Jerebikovcu	1,54	1,20	80,33	0,54	0,17	1,46	0,56	0,32	0,07	12,80	0,00
Medvedovec	sled	0,21	86,00	0,84	0,23	0,24	0,15	0,30	0,05	11,60	0,008
Pl. Lipanca	0,54	0,45	85,37	0,70	0,22	0,77	0,64	0,39	0,01	10,32	0,024
500 m severno od Rudne doline	4,38	1,04	79,36	0,70	0,46	0,45	0,22	0,34	0,08	12,86	0,016
Rudno polje	0,10	sled	86,22	0,59	0,46	0,22	0,16	0,41	0,02	11,64	0,00
Kranjska dolina	0,08	0,10	85,35	0,72	0,32	0,67	0,24	0,62	0,08	11,72	0,016
Na poti Kranjska dol. —Lepa kopišča	0,06	0,14	85,84	0,80	0,32	0,33	0,24	0,32	0,04	11,82	0,03
Na Mlakah	1,48	0,12	84,00	0,14	0,51	0,78	0,32	0,37	0,07	12,14	0,03
Pl. Viševnik	1,52	0,19	80,59	0,31	0,45	3,48	0,40	0,46	0,14	12,34	0,00

V obdobju antičnega železarstva je bila prava rudnega vložka znatno lažja z bobovci in psevdomorfozami kot pa s kosovnim limonitom. Kosovni limonit bi morali kopati v globokejših plasteh, pri talilnicah pa drobiti na manjše koščke. Slabša kvaliteta železne rude pa bi imela še slabši izplen na železu, kot je že bil pri najkvalitetnejši rudi zaradi nekonstantne redukcije.

Pretirano in zgrešeno pa bi bilo, če bi trdili, da v prazgodovinskem železarstvu v Bohinju niso uporabljali kosovne železne rude. Na Ajdovskem

gradcu pri Bitnjah smo v haldi žlindre našli številne primerke kosovne železne rude, ki pripadajo hematitni železni rudi s 96,50 % Fe_2O_3 in 0,50 % Fe. Arheolog dr. W. Šmid je na Ajdovskem gradcu našel pred drugo svetovno vojno kosovno hematitno železno rudo s 96,81 % Fe_2O_3 in 0,14 % FeO. Taka železna ruda pa je v primerjavi s kosovnim limonitom znatno kvalitetnejša, če jo primerjamo s spodaj navedenimi kemičnimi analizami vzorcev rude. Do sedaj smo edino na Ajdovskem gradcu zasledili uporabnost hematitne kosovne rude.

Kemične analize vzorčenih limonitov

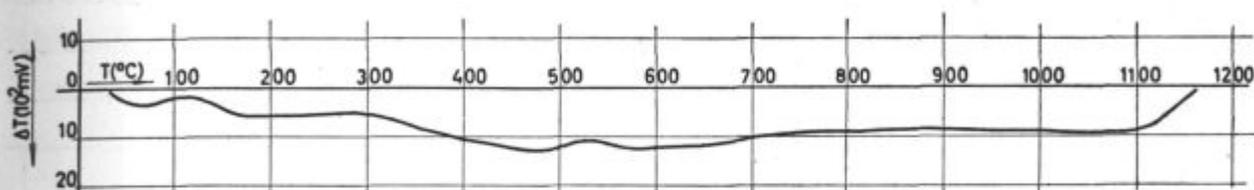
Nahajališče	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
Medvedovec	sled	0,18	85,86	1,72	0,23	0,24	0,20	0,25	0,03	11,00	0,008
Medvedova korita	1,38	0,26	83,57	0,84	0,34	0,60	0,31	0,39	0,04	11,92	0,011
	3,90	0,50	80,66	0,72	0,23	0,78	0,48	0,29	0,05	11,60	0,016
Babna gora	9,46	0,30	74,71	1,29	2,17	0,88	0,56	0,52	0,06	10,20	0,03
	3,60	2,03	77,94	0,14	0,44	0,56	0,40	0,55	0,16	12,00	0,00
Španove jame	4,44	1,00	79,53	0,59	0,34	0,67	0,48	0,39	0,17	12,32	0,016
Na poti proti Berjanci	2,24	0,32	81,90	1,13	0,23	0,45	0,16	0,75	0,02	12,14	0,00
Veliko Voklo	3,50	3,25	73,27	0,49	0,23	3,36	1,11	0,36	0,10	13,38	0,016
Lmovec kota 1421	3,85	0,35	81,06	0,59	0,57	0,67	0,48	0,34	0,17	11,88	0,00
Kranjska dolina	0,12	0,15	85,35	0,72	0,32	0,78	0,24	0,62	0,06	11,34	0,00
Južno pobočje Mejni vrh	3,04	0,42	80,14	1,43	0,68	1,00	0,88	0,38	0,20	11,54	0,00
Klek	0,60	0,28	84,57	0,36	0,57	1,34	0,24	0,34	0,12	11,46	0,00
Klek na planini	0,20	0,46	85,86	0,99	0,32	0,66	0,24	0,53	0,12	10,26	0,00
Mesnovec južno od ceste Rudno polje	0,08	0,16	86,14	0,72	0,23	0,44	0,24	0,32	0,08	11,58	0,00
Na Mlakah	3,26	0,62	82,36	0,14	0,45	0,66	0,32	0,40	0,10	11,60	0,00
Na poti Rudno polje, Praprotnica— Uskovnica	1,60	0,72	82,65	0,58	0,23	0,78	0,40	0,46	0,06	12,30	0,00
Uskovnica	1,10	0,26	84,93	0,72	0,57	0,78	0,32	0,30	0,10	10,86	0,00
Planina Krstenica	1,24	0,62	79,44	0,58	0,32	3,36	0,16	0,30	0,04	13,78	0,00
Dedno polje	4,36	0,89	77,53	0,87	0,80	1,90	0,80	0,41	0,08	12,30	0,00
Pod Kanjevcem	3,34	0,35	78,90	1,44	0,92	1,35	0,64	0,20	0,40	12,42	0,00
Prehodavci—Dolič	2,32	0,90	81,65	0,30	0,09	1,00	0,52	0,41	0,375	12,30	0,008
Na Doliču — 100 m od koč proti Triglavu	1,86	0,12	81,96	1,01	0,32	1,12	0,64	0,27	0,06	12,60	0,00
Pod Bogatinom	4,60	0,50	80,45	0,56	0,35	1,12	0,40	0,32	0,08	11,54	0,03
Lepa Komna	5,30	0,20	80,43	0,85	0,35	0,89	0,24	0,34	0,16	11,15	0,03
Spodnja Komna	9,10	0,30	75,63	0,72	0,40	1,45	0,48	0,37	0,10	11,44	0,00
Velo polje	2,40	2,10	79,40	0,15	0,06	0,62	1,00	0,25	0,16	13,15	0,00

Kemične analize hematita z Ajdovskega gradca

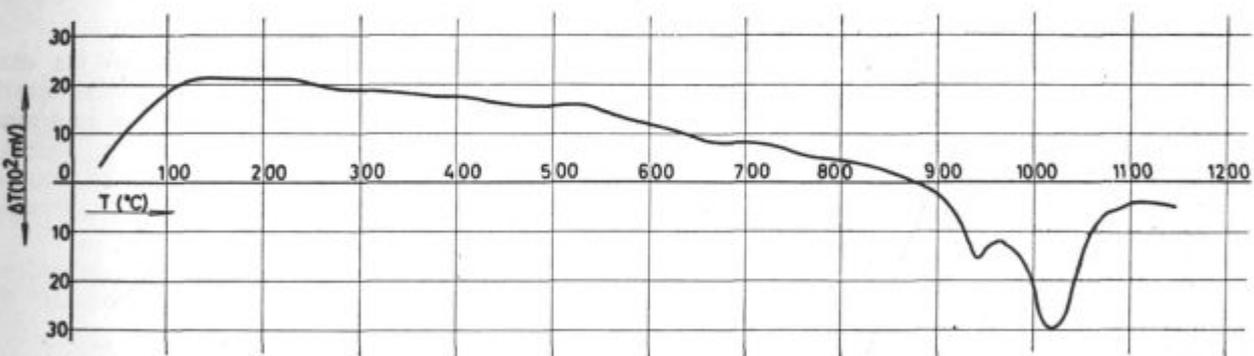
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
0,85	sled	96,81	0,14	0,06	0,22	0,16	0,17	0,013	1,60	0,00
1,00	0,50	96,50	0,50	0,03	sled	sled	0,100	0,190	1,10	0,00
2,00	0,80	92,90	2,50	0,04	sled	sled	0,200	0,08	1,40	0,00



Slika 19 — Hematit — Ajdovski gradec (Šmidova zbirka — Narodni muzej Ljubljana)



Slika 20 — Termogram (na zraku) hematit — Ajdovski gradec



Slika 21 — Termogram (z lesnim ogljem) hematit — Ajdovski gradec

Vse kaže, da so na Ajdovskem gradcu talili bobovce in hematit v obliki mešanega rudnega vložka v določenem časovnem obdobju. Iz Šmidove rudne zbirke je razvidno še to, da so uporabljali debele bobovce, ki dimenzionalno znatno presegajo velikost najdenih depojskih bobovcev v Studorju in Dunaju pri Jereki.

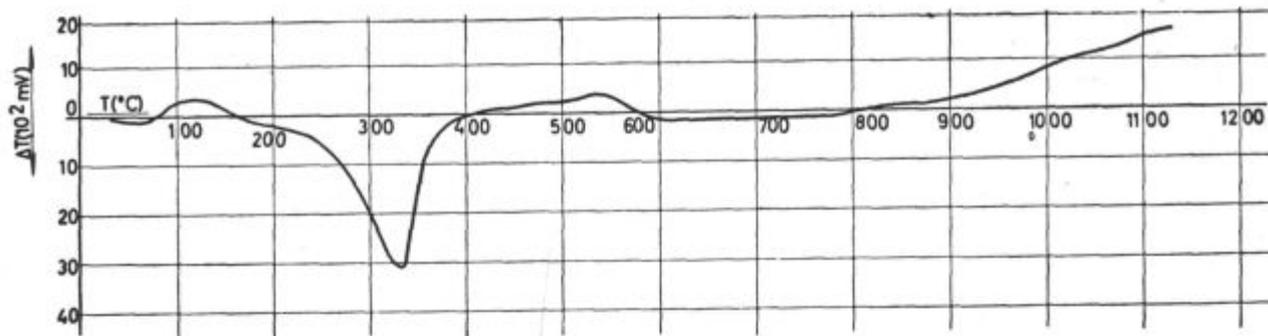
Eno od nerešenih vprašanj je velikost bobovcev glede na višino nahajališča. Opazili smo namreč, da se dimenzija bobovcev — prostoležečih ali zlepljenih v apneno vezivo — manjša z višino, to je: čim višje je nahajališče, tem drobnejši so bobovci. Najdrobnejše bobovčke smo našli na Velikem Triglavu v višini 2600 m, 50 cm pod križiščem gorskih poti s Triglava na Dolič in Planiko (Kugyjeva pot). Bobovčki so pomešani med drobnim belim apnencem in rdečkastim prahom. So zelo drobni, največji ne presegajo velikosti

žitnega zrna, medtem ko najmanjše komaj makroskopsko opazimo na tleh. Med bobovci so tudi paramagnetne oblike in drobne psevdomorfoze. Večinoma so vsi večji bobovčki ploščate oblike, črni, pretežno pa rjavi. Nahajališče obsega nekaj kvadratnih metrov in leži v coni, v kateri poteka več vzporednih prelomov.

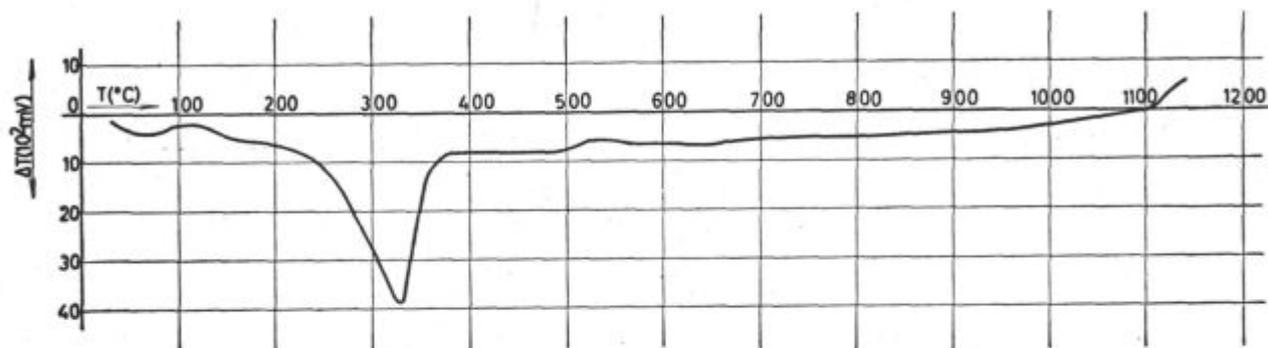
Ena od značilnosti visokogorskih bobovcev je ta, da vsebujejo vsi več divalentnega železa, v primerjavi z bobovcem iz nižjih predelov. Očitne so tudi fizikalne lastnosti, med njimi termične spremembe, ki se kažejo pri posameznih vrstah bobovcev. Termične spremembe so odraz kemične sestave rudne substance, jalovine in kemičnih reakcij, ki se dogajajo pri vsaki povečani temperaturi, vse do tekoče faze. Če bi bili vsi bobovci enake geneze in kemične sestave, bi bilo to razvid-

no iz enakih fizikalnih lastnosti. Razlika bi bila le v morfologiji. Zbrani vzorci iz različnih krajev in višin kot so Veliki Triglav, Dolič in Dedno polje

pa izkazujejo v primerjavi med seboj neke razlike. Narejena sta bila dva termograma in tri serije fotografiranih temperaturnih sprememb.



Slika 22 — Termogram (na zraku) bobovec z Velikega Triglava



Slika 23 — Termogram (na zraku) — bobovec z Doliča

Iz tabele temperaturnih točk razberemo temperature, kjer se začne zdrobljen bobovec sintrati, se zmežča, stali in preide v tekoče agregatno stanje. Za označene točke sintranja in zmežčišča

se smatra tista temperatura, pri kateri sta dva pojavi bolj izrazita. Splošno pa moremo smatrati sintranje in mehčanje kot daljši časovni in s tem tudi temperaturni interval.

Kemične analize treh primerov bobovcev:



Nahajališče: Veliki Triglav

Kemični sestav:

SiO ₂	2,22	MgO	0,64
Al ₂ O ₃	0,52	P ₂ O ₅	0,27
Fe ₂ O ₃	81,71	SO ₃	0,06
FeO	1,23	CO ₂ +H ₂ O	11,70
Mn ₂ O ₃	0,40	TiO ₂	0,00
CaO	1,00		



Nahajališče: Dolič

Kemični sestav:

SiO ₂	1,68	MgO	0,32
Al ₂ O ₃	0,52	P ₂ O ₅	0,32
Fe ₂ O ₃	82,49	SO ₃	0,03
FeO	0,72	CO ₂ +H ₂ O	11,80
Mn ₂ O ₃	0,50	TiO ₂	0,00
CaO	1,23		



Nahajališče: Dedno polje

Kemični sestav:

SiO ₂	1,60	MgO	0,48
Al ₂ O ₃	0,35	P ₂ O ₅	0,48
Fe ₂ O ₃	82,74	SO ₃	0,06
FeO	0,51	CO ₂ +H ₂ O	11,80
Mn ₂ O ₃	0,45	TiO ₂	0,00
CaO	1,12		

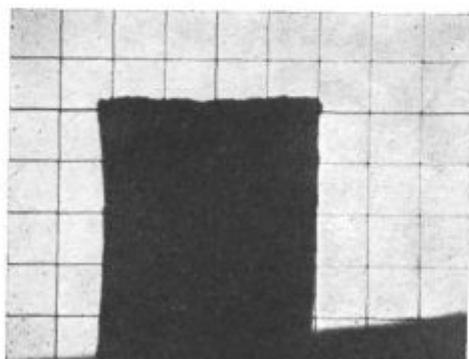
Določevanje temperaturnih sprememb ni pomembno samo zato, da bi se videla razlika med bobovci, ki jih najdemo na različnih krajih, ampak tudi zato, da bi lažje proučili tehnologijo železarstva. Predvsem nas zanima, kakšne vrste bobovcev so uporabljali in do katere višine v Julijskih Alpah je segala rudarska dejavnost. Žal, imamo le malo depojskega materiala od najstarejših železarskih postojank, kar nam otežkoča nadaljnje raziskovalno delo.

Tabela primerjav temperaturnih točk pri bobovcih:

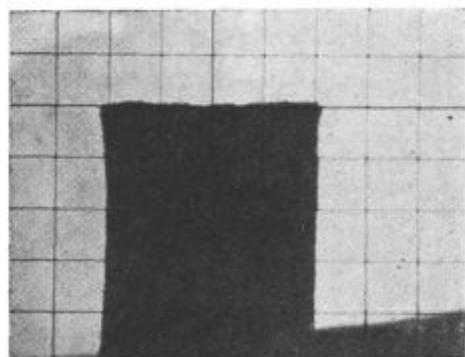
Nahajališče	Začetek sintranja °C	Sintranje °C	Zmehčišče °C	Tališče °C	Tekoča rudna snov °C
Veliki Triglav (Kugyjeva pot)	700	800	1400	1490—1495	1500
Dolič	700	930	1470	1440—1495	1500
Dedno polje	580	600	1380	1460—1480	1500

Foto posnetki temperaturnih sprememb — poskusnih vzorcev:

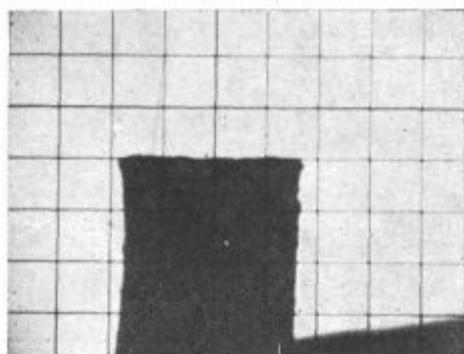
bobovec — V. Triglav



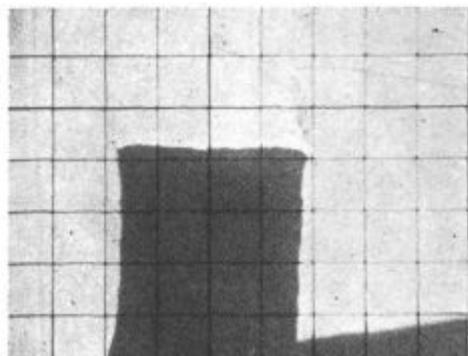
350° C



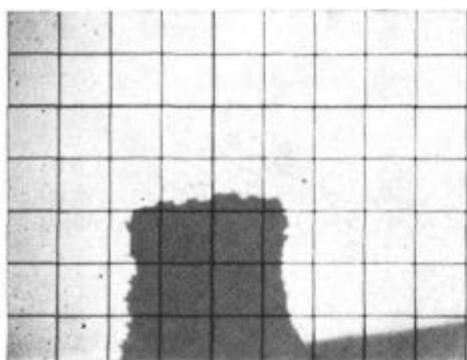
800° C



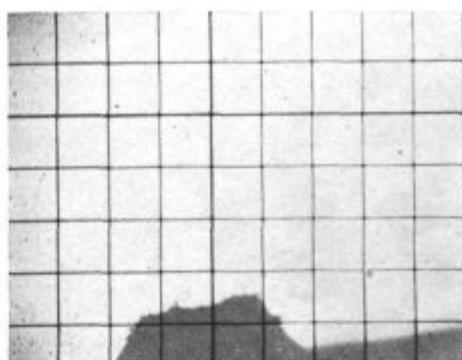
1230° C



1400° C

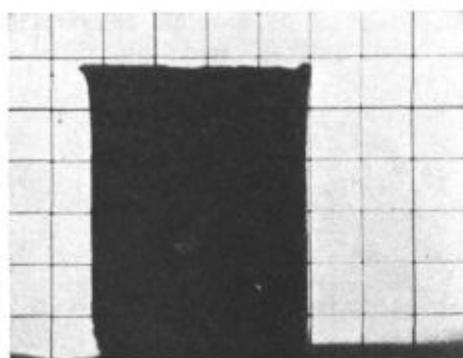


1490° C

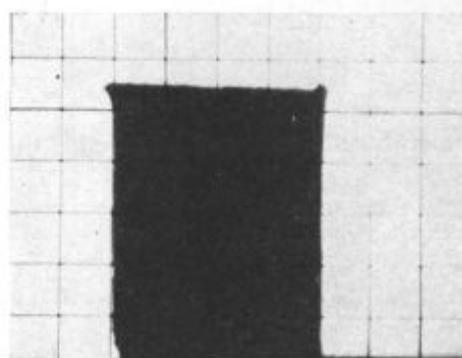


1500° C

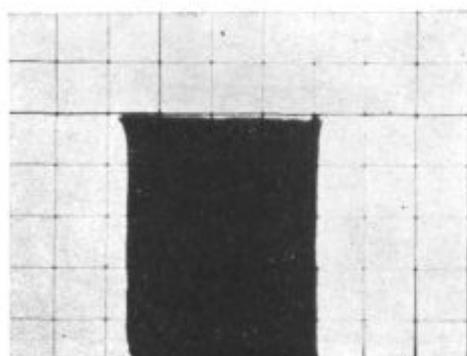
bobovec — Dolič



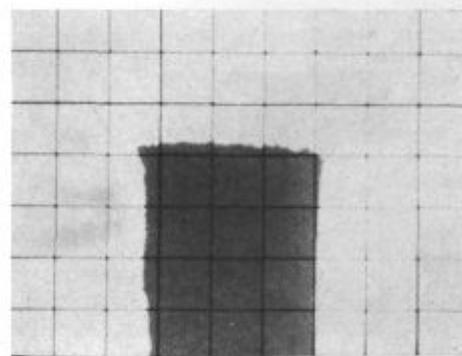
200° C



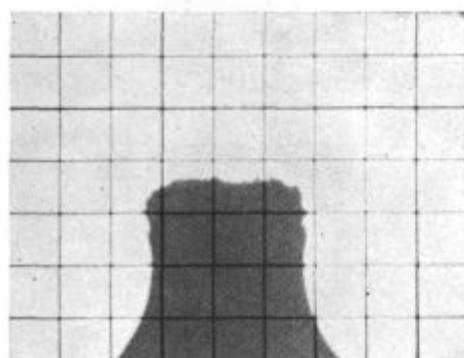
850° C



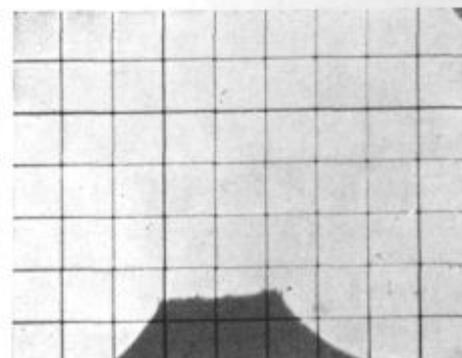
1050° C



1470° C

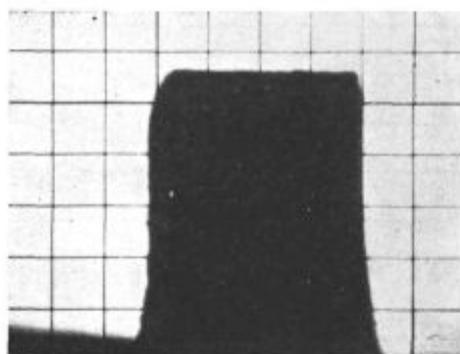


1490° C

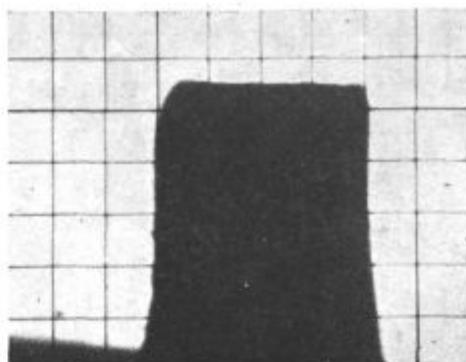


1500° C

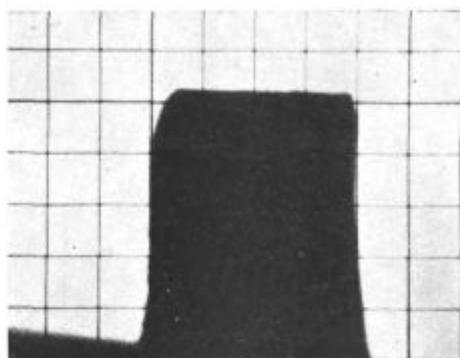
bobovec —
Dedno polje



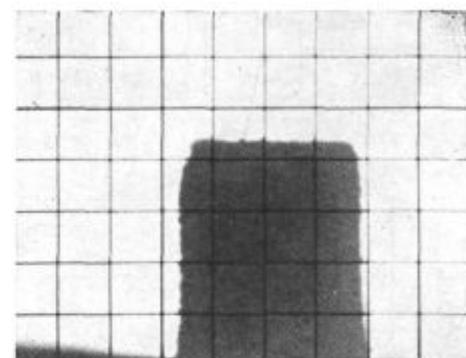
200° C



600° C



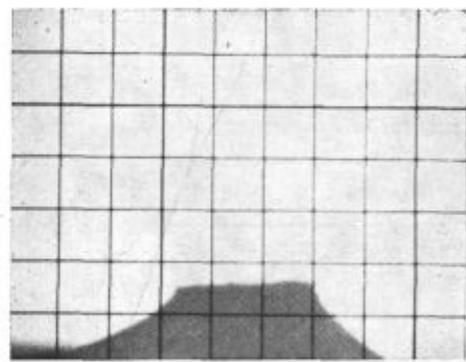
910° C



1380° C



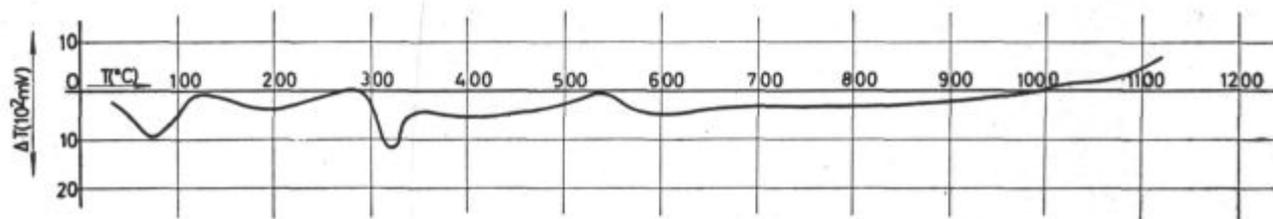
1460° C



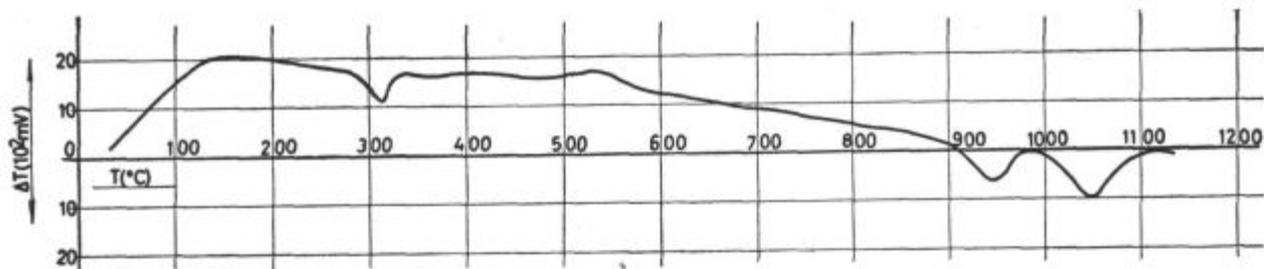
1500° C

Bobovci, najdeni v bližini hald žlindre v Studorju, se od sedaj obravnavanih bobovcev razlikujejo. To se odraža v kemičnih analizah, termogramih (zračni in redukcijski atmosferi) in intervalih temperaturnih točk od začetka sintra-

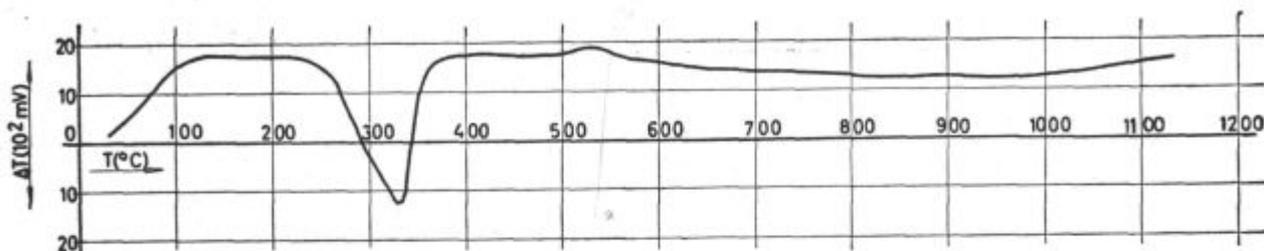
nja do tekočega agregatnega stanja bobovcev. Morda ni zmotno, če trdimo, da rudarstvo antike ni prekoračilo višinske meje nad 1700 m, sodeč po skopih laboratorijskih in terenskih preskavah.



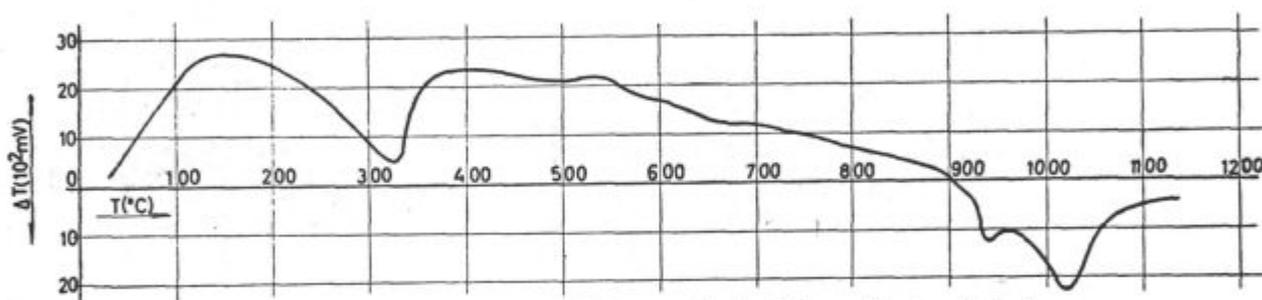
Slika 45 — Termogram (zračna atmosfera) — bobovec Studor (Prodovje)



Slika 46 — Termogram (redukcijska atmosfera) — bobovec Studor (Prodovje)



Slika 47 — Termogram (zračna atmosfera) — bobovec Studor (Rajna)



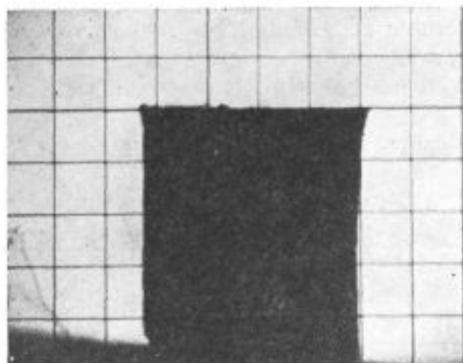
Slika 48 — Termogram (redukcijska atmosfera) — bobovec Studor (Rajna)

Tabela temperaturnih točk bobvca — Studor (depojska najdba)

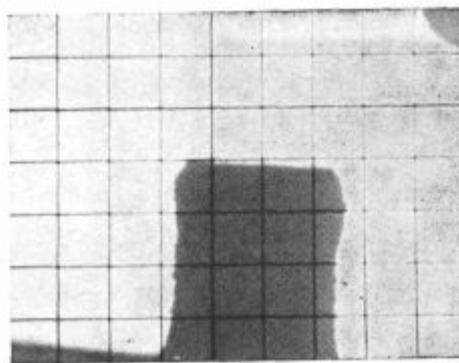
Ledinsko ime	Začetek sintranja °C	Sintranje °C	Zmehčišče °C	Tališče °C	Tekoča rudna snov °C
Prodovje	680	900	1470	1490	1495
Rajna	400	850	1440	1465—1470	1480

Foto posnetki temperaturnih sprememb poskusnih vzorcev:

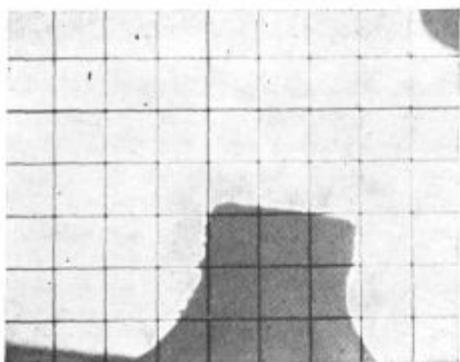
bobovec — Prodovje (depojska najdba)



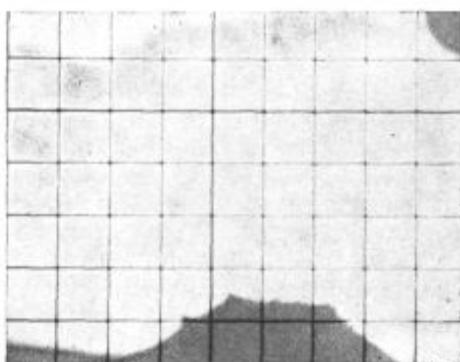
200° C



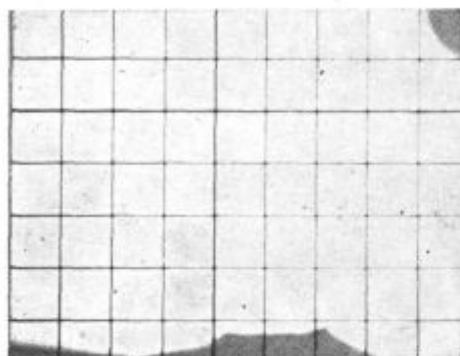
900° C



1370° C

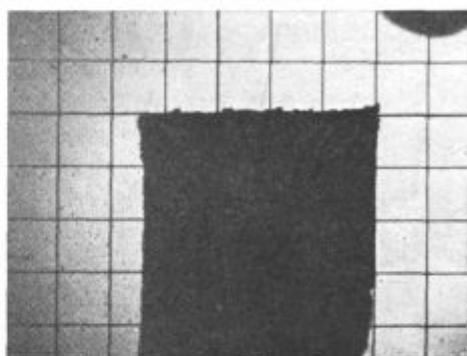


1490° C

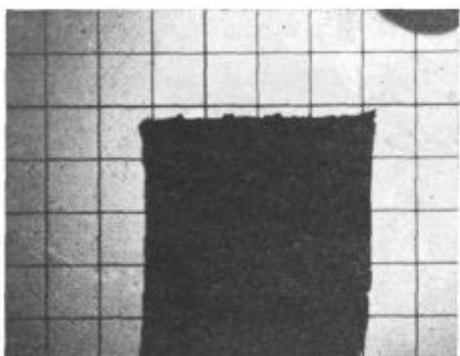


1495° C

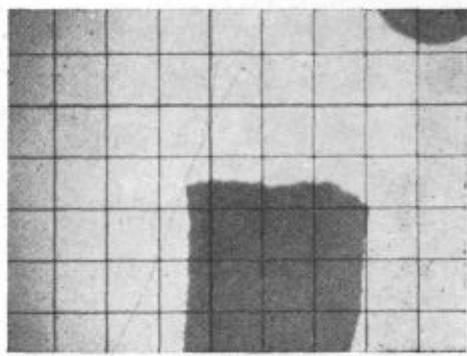
bobovec — Rajna (depojska najdba)



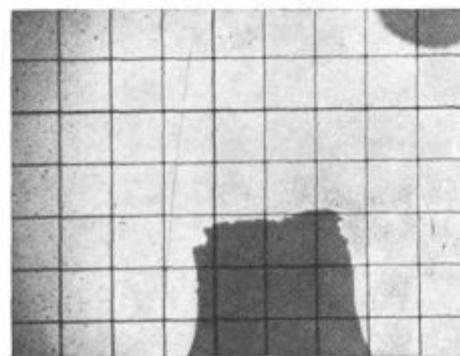
100° C



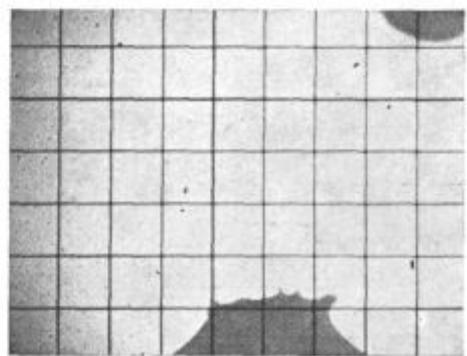
850° C



1440° C



1465° C



1480° C

Logično je, da človeku ni bilo potrebno iskati rudnih zalog v višjih skalnatih predelih, ker jih ni našel toliko, da bi jih lahko talil. Zaloge bobovcev so bile v nižjih predelih, kot se je izkazalo tudi pri našem vzorčenju bobovcev. Meje bobovcev in rudarske dejavnosti na področju Pokljuke in Fužinarske planote so bile: Spodnje Gorjuše, Berjanca, Klek, planina Lipanca, planina Krstenica, Dedno polje, Viševnik, Lom in Mesnovec. Najdebelejše bobovce smo vzeli za vzorce na razpotju Rudna dolina—Planina Javornik, Rudna dolina kota 1317, Lmovec, Mesnovec kota 1481—1451, Na Mlakah in planini Krstenici. Bobovci so ploščati, debeli in nepravilnih oblik. Njihova velikost je do 6 cm. Glede na velikost in množičnost bobovcev prevladuje področje planine Krstenice. Po terenskih preiskavah in najdenih številnih časovno še neopredeljenih različnih fragmentov keramike, moremo soditi na obsežno rudarsko področje. Na

Krstenici smo med bobovci v edinstvenem primeru zasledili tudi kosovno hematitno rudo.

Železna ruda na planini Krstenica se nahaja na apnenčasti podlagi, pomešana z zemljo, delno pa se nahaja v velikih kosih prekristaliziranega apnenca.

Kemični analizi apnenca — planina Krstenica (podlaga bobovcem in kosovni železni rudi)

	Navadni apnenec	Prekristalizirani apnenec
SiO ₂	0,10	0,13
Al ₂ O ₃	sled.	sled.
Fe ₂ O ₃	0,49	0,33
Mn ₂ O ₃	0,03	0,03
CaO	55,33	56,44
MgO	0,48	0,64
žarozguba	41,80	41,00



Slika 58 — Planina Krstenica — nahajališče bobovcev je vzhodno od planinskih stanov, na mejni terasi

Kemične analize debelih bobovcev:

Kraj	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O	TiO ₂
Na razpotju Rudna dolina— Pl. Javornik	sled	sled	87,46	0,58	0,11	0,36	0,16	0,29	0,08	11,00	0,00
Lmovec	2,42	0,25	83,64	0,79	0,22	0,56	0,32	0,32	0,32	11,06	0,00
Rudna dolina kota 1317	1,80	0,56	83,21	0,85	0,23	0,48	0,20	0,34	0,06	11,90	0,016
Mesnovec kota 1481—1451	3,04	0,20	83,00	0,59	0,32	0,66	0,48	0,36	0,08	11,20	0,00
Na Mlakah	2,32	0,25	83,05	0,22	0,68	0,45	0,32	0,57	0,04	11,90	0,00

Med bobovci najdemo zelo podobne oblike rdečih in rdeče rjavih ooidov neželezne rude, predvsem na področju Medvedovca. Karakterizira jih visoka vsebnost silicija in aluminija, kot je razvidno iz podatkov kemične analize.

Kemična analiza rdeče rjavih in rdečkastih ooidov:

	Rdeče rjavi ooidi	Rdečkasti ooidi
SiO ₂	12,20	4,40
Al ₂ O ₃	13,63	39,37
Fe ₂ O ₃	26,32	38,68
FeO	sled	—
Mn ₂ O ₃	0,51	—
CaO	22,06	2,00
MgO	0,24	0,56
P ₂ O ₅	0,34	0,68
SO ₃	0,07	0,17
CO ₂ +H ₂ O	24,80	12,30
TiO ₂	0,56	1,56

Iz kemične analize je razvidno, da gre za izredno nečist boksit, oziroma hematogelit. Po zunanji obliki moremo sklepati, da so take ooidne oblike nastale pod istimi pogoji kot bobovci. Tudi zemlja in večji kosi v globljih plasteh vsebujejo večje količine aluminija.

Kemična analiza zemlje in rdečega kompaktnega kosa:

	Zemlja	Rdeči kompaktni kos
SiO ₂	38,90	12,50
Al ₂ O ₃	11,41	57,43
Fe ₂ O ₃	12,30	13,10
FeO	—	—
Mn ₂ O ₃	0,40	—
CaO	12,09	0,98
MgO	6,56	0,66
P ₂ O ₅	0,29	0,68
SO ₃	0,06	0,17
CO ₂ +H ₂ O	17,20	13,28
TiO ₂	0,78	1,08

Zemlja, v kateri so se nahajali bobovci, je služila železarjem kot gradbeni material za pečne obloge, kar bi se dalo sklepati iz primerjav materiala oblog. Prav tako kot zemlje, vsebujejo pečne obloge znatne količine titanovega oksida. Zaradi prevelike vsebnosti železa, ki je zniževala ognje-vzdržnost pečnih oblog, zemlje niso bile najboljše material. Najdbe pečnih oblog iz železarskih postojank pa nam dajo slutiti, da je kljub slabim pogojem potekalo delo nemoteno.

Med bobovci se nahajajo še primerki paramagnetnih bobovcev, ki jih privlači magnet. Para-



Slika 59 — Lmovec — južno od kote 1426 — Bobovec, pomešan s prstjo v oklepu dveh skalnatih prelomov



Slika 60 — Dolina Triglavskih jezer

magnetnih bobovcev ni mnogo po količini in nahajališčih. Prve paramagnetne bobovce smo zasledili leta 1962 na Dednem polju, leto kasneje pa še na velikem Triglavu, Doliču, Medvedovcu in Kleku. Največji bobovci so bili velikosti 5 mm, najmanjši pa pod 1 mm. Največ variant je najdenih na Pokljuki s področja Medvedovca. V primerjavi z navadnim bobovcem je paramagnetni bobovec, najden istotam, za 5,4 % bogatejši na železu, kot je razvidno iz kemične analize.

Kemični analizi dveh bobovcev z Medvedovca:

	paramagnetni	navadni
SiO ₂	1,35	sled
Al ₂ O ₃	2,10	0,68
Fe ₂ O ₃	92,62	85,72
FeO	0,30	0,70
Mn ₂ O ₃	0,34	0,34
CaO	0,28	0,53
MgO	0,40	0,24
P ₂ O ₅	0,22	0,34
SO ₃	0,087	0,100
CO ₂ +H ₂ O	1,80	10,58

Paramagnetizem je bil dokazan tudi pri nebovi železni rudi, prav tako z Medvedovca. Kemična in DTA analiza uvrščata rudo med hematit.

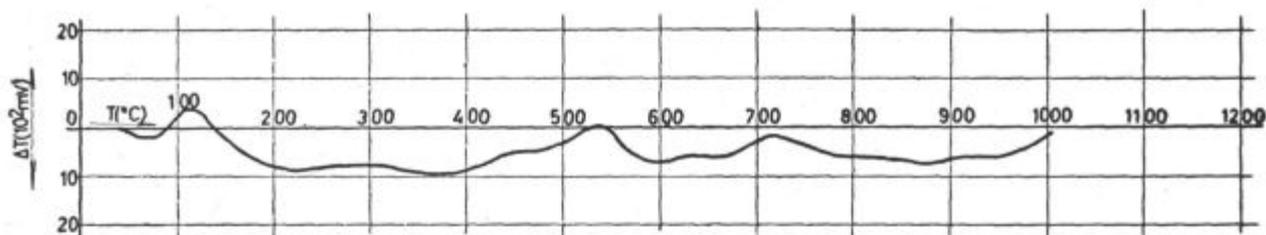
Po mikroskopski — mineraloški analizi vsebujejo paramagnetni bobovci in hematitna železna ruda mineral magnetit in maghemit. V dolini Triglavskih jezer smo pod Zelnarico pri Ledvičnem jezeru našli velik blok apnenca, na katerem so bili drobni bobovčki.

Lepo zaobljeni bobovčki so bili zlepljeni z apnenim vezivom rdečkaste barve. Bobovčki so bili različnih barv. Podobne primere smo našli tudi v samem grušču. Velikost bobovčkov ni bila večja od prosenih zrn.

Posameznih ležišč bobovcev nismo mogli najti v vsej dolini, pač pa primerke poroznih železnih kosovnih rud, nastalih iz vodnih raztopin. Najbolj rudonosni apnenec predstavlja Tičarica, kar je razvidno iz njene skalnate strani, ki pada proti Triglavskim jezerom. Tičarica je močno limonizirana, vendar na pobočju grušču ni sledu o bobovcih.

Kemična analiza paramagnetnega hematita z Medvedovca:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O
1,60	2,16	92,75	0,15	0,29	0,22	0,12	0,15	0,05	2,83



Slika 61 — DTA diagram paramagnetnega hematita z Medvedovca

Debelejše bobovce pa smo našli vedno v nižjih predelih. Verjetno gre v teh primerih za pojav, da so večji bobovci z višjih predelov lažje dospeli v nižje predele in da so bili izpostavljeni manjšim silam in krajši čas pri njihovem oblikovanju. Pri bobovcih je opazno tudi to, da so drobnejši, bolj ravnih ploskev, brez vdolbinic in brez vidnih žlebičkov. Po obliki pa prevladujejo bolj ploščate vrste, ki so temnejše barve. Glede na velikost in zbrusenost nekaterih vrst bobovcev bi prevladovalo mnenje, da gre za neenakomerne pojave po času dogajanja in moči mehanskih sil. Če se je to dogajalo na Dednem polju, Rudnem polju in v smeri Lmovec, ni mogoče zanesljivo trditi. Mor-da so najdrobnejši bobovci dospeli v te predele

naknadno iz višjih predelov. To so najbolj oblikovno izraziti drobni bobovci z močno glazirano površino.

Tehnološki pogoji v antičnem bohinjsem železarstvu

Redukcija bobovcev v vetrnih pečeh ni potekala tako, kot bi si to razlagali s pomočjo DTA. Primerjava med redukcijo bobovca (DTA) in redukcijo bobovca v vetrni peči je zelo nazorna.

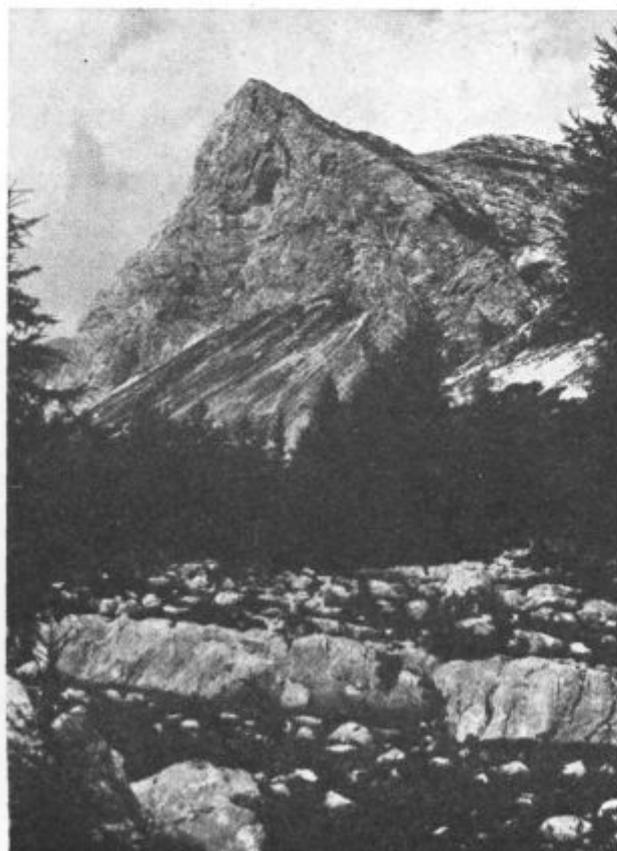
Redukcija bobovca (DTA) — Rudno polje:

Faza	Temperatura °C	Količinski odnos in spremembe železovih oksidov
I	530—750	Fe_2O_3 (malo) \rightarrow Fe_3O_4 (veliko)
II	do 940	Fe_3O_4 (malo) \rightarrow FeO (veliko)
III	1020—1035	FeO (malo) \rightarrow Fe (veliko)

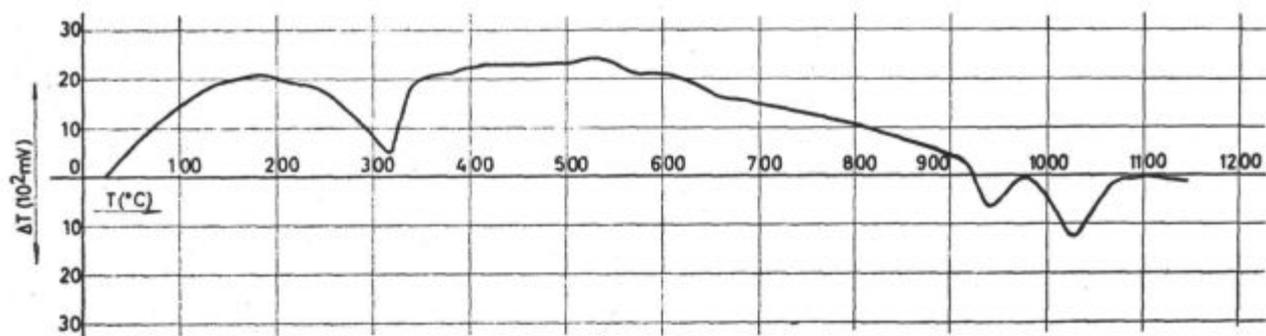
Redukcija bobovca v vetrni peči:

Faza	Temperatura °C	Količinski odnos in spremembe železovih oksidov
I	nad 780 nad 580	Fe_2O_3 (malo) \rightarrow Fe_3O_4 (veliko)
II	nad 1100	Fe_3O_4 (malo) \rightarrow FeO (veliko)
III	1250—1350 okrog	FeO (veliko) \rightarrow Fe (malo)

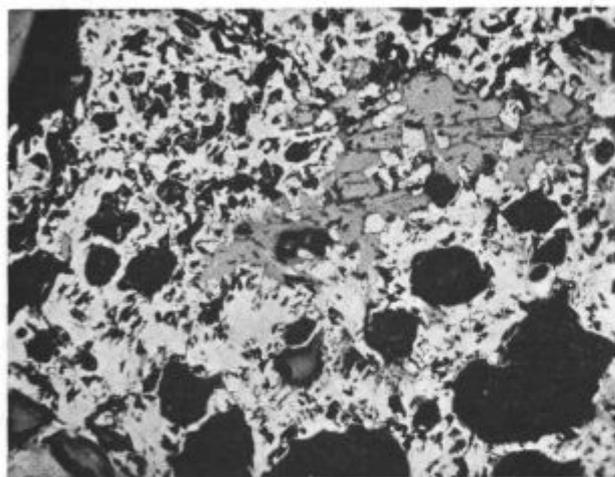
Kemične preiskave nedokončno izreduciranih bobovcev in žlindre so nam pokazale, da se ravno tretja faza močno razlikuje od laboratorijsko dobljene faze redukcije. Železovega oksida je mnogo, to pa govori za to, da je bila tretja faza redukcije le delna. Prehod iz FeO v Fe je bil neznaten, ker je v žlindri zaostalo mnogo neizreduciranega železa. Velik trud, a malo uspeha, zato pa tako drago in cenjeno železo. Človeku je uspelo iz ogromne količine bobovcev izločiti le delček železa, vezanega na kisik, ostalo pa je moral zavreči. Ta zavržena ruda, ki jo poznamo po termični preosnovi kot žlindro, je vsebovala še okrog 40—50 % železa, medtem ko ga je izredno dober surov bobovec vseboval okrog 60 %, dehidriran pa cca 66 %.



Slika 62 — Limonitizirana Tičarica — dolina Triglavskih jezer



Slika 63 — Termogram redukcije bobovca Rudno polje — z lesnim ogljem



Slika 64 — Mikrostruktura delne redukcije bobovca — Rudno polje



Slika 65 — Žindra — Studor

Kemični analizi spremenjenega bobovca (praženec) — Studor:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂	TiO ₂
5,35	2,10	25,55	52,66	0,18	9,63	1,77	0,41	0,500	0,015
5,88	2,10	27,17	61,15	0,14	1,34	0,80	0,19	0,125	0,100

Kemične analize močno kislih žlinder — Studor:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂	TiO ₂
14,54	6,20	13,04	55,27	0,39	5,50	1,61	0,48	0,090	0,25
19,90	7,80	7,69	57,46	0,31	2,85	1,00	0,35	0,135	0,10
22,65	6,80	7,54	52,92	0,31	3,74	1,00	0,50	0,135	0,11
26,26	5,70	4,40	51,16	0,28	7,88	2,09	0,53	0,073	0,20

Studorske žindre so zelo kisle, ker je to proces zahteval. Tudi mangana v bobovcih ni bilo zadosti, kar bi olajšalo pridobivanje železa oziroma vplivalo na taljivost žlindre. Potek dela v vetrni peči je zahteval ogromne količine dobrega redukcijskega goriva, ki se je stopnjevalo na račun zvišanega SiO₂.

Terenske najdbe želez iz antike, dobljenih iz bobovcev, govore, da je bilo železo dobro kovno in oblikovno. V nekaterih primerih je v železu nekaj žilindrnih vključkov, drugače pa so kompaktna in hvalevredna. S pomočjo kemične pre-

iskave so bili ugotovljeni v železu naslednji prisotni elementi: C, Si, Mn, P, S in Ti. Po metalografski preiskavi (klasifikaciji) pripadajo feritnemu železu in feritperlitnemu nizkoogljičnemu jeklu. Kot izjemi smo našli dva kosa železa — enega na Prodovju, drugega na Rajni. Iz teh dveh primerov je razvidno, da Studorci niso vedno dobili samo nizkoogljičnih vrst železa, temveč tudi visokoogljično jeklo in grodelj.

Visokoogljično jeklo je zelo nehomogeno glede na vsebnost ogljika in žvepla, kar je razvidno iz kemične analize.

Kemična analiza visokoogljičnega jekla — Prodovje:

C	Si	Mn	P	S	Ti
1,42—1,60	0,27	0,03	0,068	0,054—0,104	0,055

Grodelj pripada ponesrečeni vrsti železa, ki ga takratni železarji niso znali uporabiti. Zanje je bil brez vsake vrednosti. Zaradi visoke vsebnosti ogljika ni bil koven. Pretalilnic za surovo železo

takrat še niso poznali, zato so ga zavrgli. Primer surovega železa nam služi kot teoretični dokaz, da se je tudi v vetrni peči dobilo tako železo. Tudi siva litina spada med take anomalije.

Kemična analiza grodlja iz Rajne:

C	Si	Mn	P	S	Ti
3,86	0,20	0,09	0,150	0,027	0,015

Klasifikacija najdenih jekel iz Studorja:

Vrsta jekla	% C	Metalografska razporeditev	Število primerov
zelo mehka	↓ 0,90 ↓	podevtektoidna jekla, ferit-perlitni kristali v različnih razmerjih	4
mehka			0
žilava			0
žilavotrda in srednjetrda		nadevtektoidna jekla	0
trda		iz feritnih kristalov	0
zelo trda		in cementita	1

Navzlic kvalitetni in bogati železni rudi, talilnemu dodatku in zadostnim količinam redukcijskega goriva antično železarstvo ni moglo uspeti z večjim izplenom železa. Vzroka sta bila dva — prenizka in neenakomerna temperatura ter premajhna koncentracija ogljikovega monoksida. Antično železarstvo je s primerno izbiro vsipa, to je mešanice rude in talilnega dodatka, izčrpalo vse možnosti železarske tehnike. Znižanje tališča bobovcem je bil največji izum stare železarske ere. Kolikor bi dosegli višje temperature, bi bila reduktivnost boljša in več železa bi bilo izločenega iz bobovcev. Toda pridobljeno železo bi imelo drugo metalografsko strukturo zaradi ogljika, vezanega na železo v obliki karbida, ki ne bi bilo kovno. Druga neugodnost pa bi nastopila zaradi slabe ognjevzdržnosti obloge vetrne peči.

Vetrna peč je proizvajala največ kovnega železa in nizkoogljičnega mehkega jekla v obliki različno velikih »lupic«. Posamezne lupice so bile primerne za izdelavo manjših izdelkov, za skovanje večjih orodij pa je bilo treba železo variti. Za tehniko kovaškega varjenja je odgovarjalo železo iz vetrnih peči, ker je bilo nizkoogljično z malo vsebnostjo silicija. Kovno železo je bilo skoraj čisto železo, vlaknate strukture, ki se je zmehčalo pri okrog 1000° C. Vsebovalo je nekaj žlindre in

feroferioksida. Imelo pa je to dobro lastnost, da je bilo odporno proti koroziji.

Varljivost železnih lupic med seboj je bil drugi izum v železarstvu. Pretalitev manjših koščkov železa namesto kovaškega varjenja ni bila mogoča zaradi prenizkih temperatur kovaških ognjev. Za pretalitev bi potrebovali najmanj 1500° C, medtem ko bi za razogljichenje železa z visoko vsebnostjo ogljika potrebovali le kakih 1200° C. Visokoogljičnega železa (grodlja) pa ni bilo toliko, da bi se mogla razviti tehnika razogljičevanja.

Najmanj podatkov imamo o dimenzijah vetrnih peči. Nekaj podatkov nam je zbral dr. W. Smid pri raziskavi Ajdovskega gradca. Za Studor predvidevamo, da so imele vetrne peči okrog 200 mm notranjega premera, kar sklepamo iz najdb in rekonstrukcij. Prav iste dimenzije bi veljale za Dunaj pri Jereki. Našli smo kos zaobljene žlindre, na kateri je pripečena notranja pečna obloga z dna peči. Zunanja oblika te žlindre je negativ pečnega dna. To je eden od primerov, ko železarju ni uspelo dobiti železa, zato jo je v celoti zavrgel kot neuporaben material. Našli smo le polovico oblikovane železne žlindre, kar predstavlja za nas neprecenljivo vrednost. Primer tudi nazorno govori, da navzlic pridnim rokam vselej ni bilo železa.

Kemična analiza žlindre (z dna peči) — Dunaj pri Jereki:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂	TiO ₂
20,80	1,50	9,08	61,45	0,13	2,24	1,81	0,22	0,135	0,13

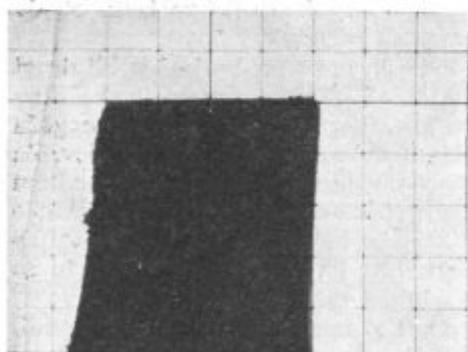
S pomočjo temperaturnih točk pri žlindri in pečni oblogi z Dunaja pri Jereki smo dobili pomembne podatke za nadaljnje proučevanje taljenja bobovcev. Iz primera za žlindro, ki vsebuje 20,80 % SiO_2 , vidimo, da ima znatno nižje tališče kot bobovci, če jo primerjamo s tališči bobovcev, psevdomorfoz in hematita.

Temperaturne točke žlindre in pečne obloge — Dunaj pri Jereki:

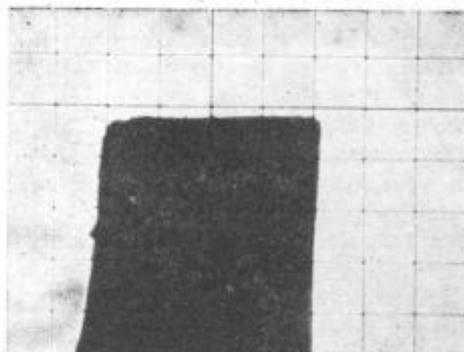
Fizikalne konstante	Žlindra v °C	Pečna obloga v °C
začetek sintranja	1180	850
sintranje	1180	1000
zmehčišče	1360	1240
tališče	1425	1320—1325
tekoča snov	1430	1340

Foto posnetki temperaturnih sprememb poskusnih vzorcev:

Žlindra — Dunaj pri Jereki



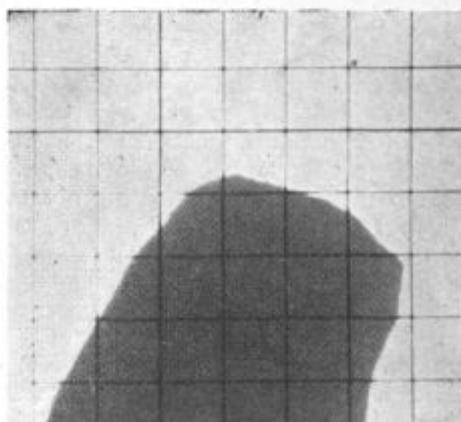
200° C



1180° C



1360° C



1425° C

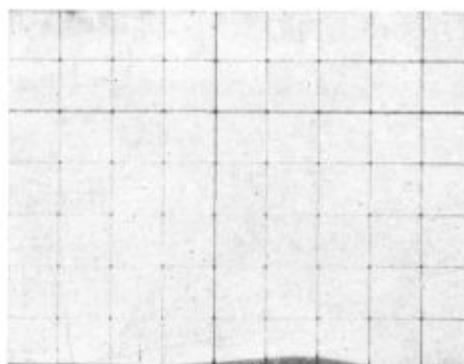
Tabela tališč železne rude:

Nahajališče	Vrsta rude	Tališče v °C
Medvedovec	kosovni hematit	1530
Medvedovec	psevdomorfoza	1510
Medvedovec	bobovec	1525
Berjanca	psevdomorfoza	1510
Berjanca	bobovec	1470
na razpotju Rudna dolina—planina Javornik	bobovec	1550
Dolič	bobovec	1570
Dedno polje	bobovec	1500

Iz podatkov temperaturnih točk, dobljenih za žlindro, lahko sklepamo, da je bila dosežena temperatura v peči med zmehčiščem in tališčem. V pretežnem delu kažejo preiskave pečnih oblog iz Studorja, Dunaja pri Jereki in Ajdovskega gradca nižja tališča od žlinder, k sreči pa so bile najvišje temperature dosežene v osi peči in ne ob obodu. V tem je bila rešitev zaradi slabše ognje-vzdržnosti materiala, ki je bil železarjem dosegljiv na področju Julijskih Alp.

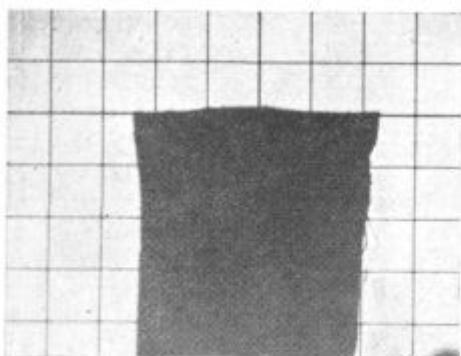


1430° C

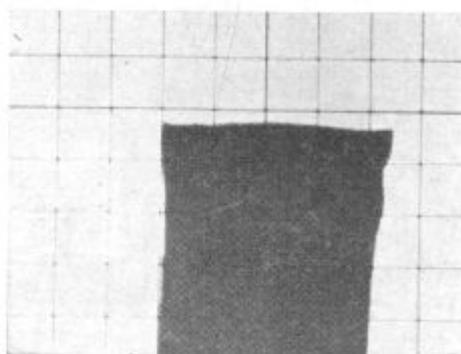


1440° C

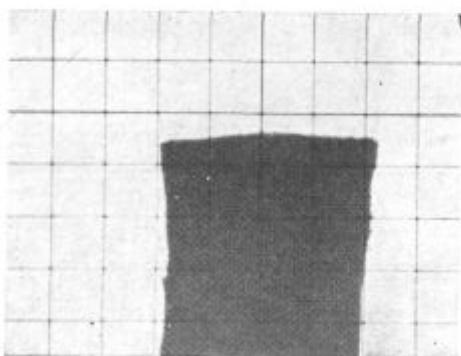
Pečna obloga — Dunaj pri Jereki



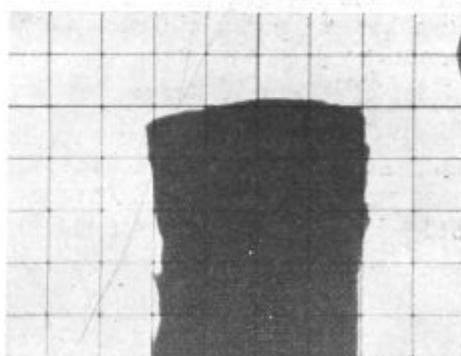
250° C



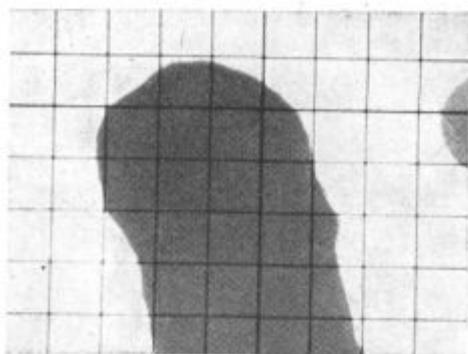
600° C



850° C



1000° C



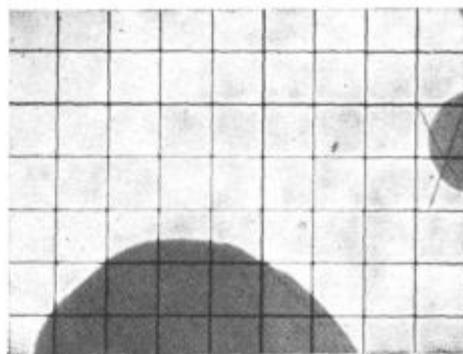
1240° C



1250° C



1300° C



1320° C



1340° C

Imamo pa tudi dokaze z Ajdovskega gradca, da so bile v vetrni peči dosežene višje temperature kot pri normalnih delovnih pogojih. Temperatura v peči je presegla točko tališča pečne ob-

loge in tako je iz nje nastala steklasta žindra. Najbolj občutljivo mesto za termično deformacijo je bilo nad šobo za dovod zraka oziroma tisti del stene, kamor se je ogenj usmeril in oddal koncentrirano toploto. Zaradi premika toplotne koncentracije iz središča vložka proti periferiji je nujno sledilo preoblikovanje ognjevzdržnega materiala.

Morda gre v tem primeru za vzorce tiste stopnje železarske tehnike na Ajdovskem gradcu, ko je bila vetrna peč opremljena z ročnimi oziroma nožnimi mehovi, kjer so bile dosežene višje temperature in tudi večji izplen železa.

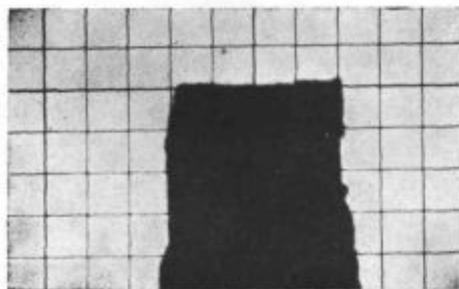
Na zahodnem področju Ajdovskega gradca smo 1964. leta našli v haldi žindre tudi dva zanimiva primerka pečne obloge in žindre. Kot je razvidno iz foto posnetkov temperaturnih sprememb, je tališče pečne obloge višje od primera z Dunaja pri Jereki.

Kemična analiza sive pečne obloge z Ajdovskega gradca:

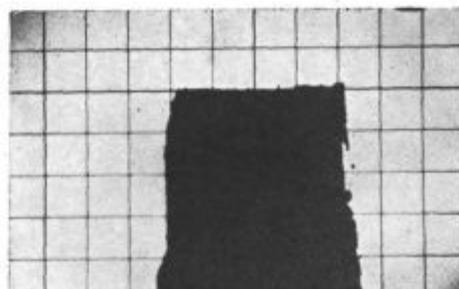
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	žaroizguba
51,85	27,54	6,40	0,07	1,46	1,52	0,65	9,40

Foto posnetki temperaturnih sprememb poskusnega vzorca:

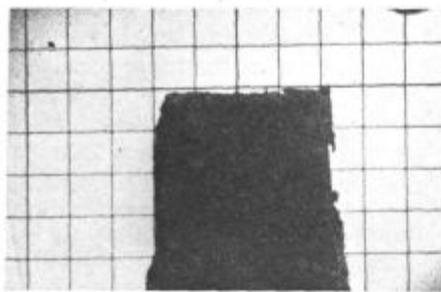
Siva pečna obloga — Ajdovski gradec



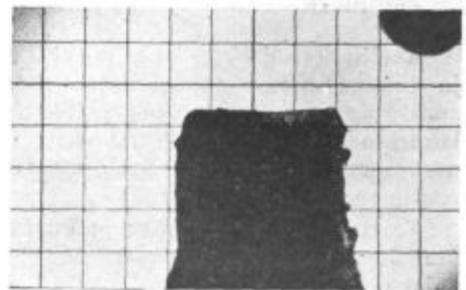
200° C



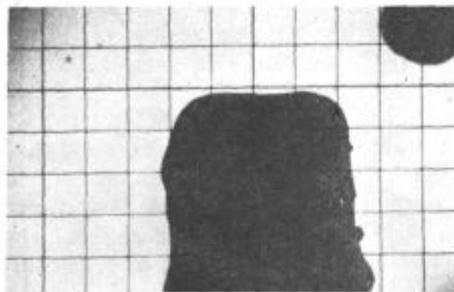
900° C



1270° C



1320° C



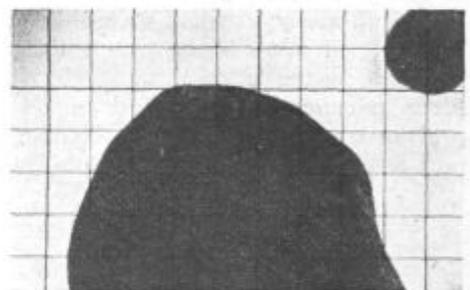
1450° C



1460° C

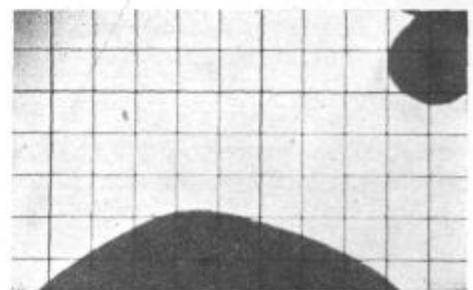


1475° C



1480° C

Žlindra z visoko vsebnostjo SiO_2 je do sedaj edinstven primer, ki vsebuje znatno manjše vsebnosti Fe_2O_3 in FeO , kot smo tega vajeni pri dosedanjih raziskavah antičnih žlinder. Po kemični analizi bi sklepali, da se je koncentracija SiO_2 večala na račun večjega izločanja železa, kot je bilo to v vseh prejšnjih obdobjih, če upoštevamo analize zbranih vzorcev žlinder. Verjetno je ta žlindra iz tistih časov, ko je bilo železarstvo na Ajdovskem gradcu na najvišji stopnji. Obenem bi tudi lahko zaključili, da je »rimska železarna« na Ajdovskem gradcu v pogledu reduktivnosti železne rude dosegla svoj višek v 4. stoletju naše ere.



1500° C

Kemična analiza močno kisle žlindre z Ajdovskega gradca:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	TiO_2
43,50	6,40	31,50	11,39	0,16	2,69	2,00	0,172	0,070	0,30

Zaključek

Akcija Tehniškega muzeja Železarne Jesenice je imela pozitivno poslanstvo pri proučevanju rudišč železne rude. Nad desetletne terenske in laboratorijske preiskave bobovcev v zvezi s proučevanjem tehnologije antičnega železarstva so rodile rezultate.

Terenski ogled Pokljuke in Fužinarske planote nam je nudil široke perspektive za usklajitev človekove dejavnosti pri oglarjenju, rudarjenju in pridobivanju surovin za priklado bobovcev ter gradnjo vetrnih peči. Nešteti problemi, ki nastajajo pri proučevanju tehnično železarske zgodovine, so postali jasnejši ob pomoči vsestranskih laboratorijskih raziskav. Vse preiskave se med seboj dopolnjujejo in omogočajo pospešeno reševanje problemov, s katerimi se srečujejo raziskovalci tehnične zgodovine Bohinja.

Dosedanje preiskave so pokazale, da je največja koncentracija bobovcev v kraških jamah in vrtačah. Tam, kjer so sekundarna rudišča bobovcev, so tudi zemlje, ki so jih izkoriščali v antičnem železarstvu kot gradbeni material za vetrne peči in kot talilni dodatek bobovcem. Bobovci, ki so služili antičnemu železarstvu za pridobivanje železa, so večji del produkt psevdomorfoze po piritu in markazitu. Preiskani vzorci železne rude so bili preiskani s pomočjo kemičnih, diferenčno-termičnih analiz v zračni in redukcijski atmosferi. V nekaterih primerih pa smo določili še fizikalno-termične lastnosti, da bi ugotovili zvezo med tališčem železne rude in žilindrami. Laboratorijske preiskave so potrdile naše domneve o razvojni poti antičnega železarstva v Bohinju. Tehnologije

o pridobivanju železa iz bobovcev si ne bi mogli drugače razlagati, kot samo na ta način, da smo številne rezultate preiskav, kolikor je bilo mogoče, povezali med seboj. V antičnem železarstvu ni bila važna samo železna ruda, temveč tudi silikatna zemlja in kremen. Žlindre in pečne obloge so nam služile kot pomožni študijski material, iz katerega smo želeli dognati stopnjo reduktivnosti, talilni dodatek (priklade) in temperature, ki so bile v vetrnih pečeh.

Dober ognjevzdržni in plastičen material je bil vse čase starih železnih dob osnova za nemoteno delovanje in redkejšo obnavljanje vetrnih peči. S pomočjo naravnega vetra pa tudi s pomočjo mehov ni bilo mogoče na vetrovnih predelih antičnih železarskih postojank doseči takšnih temperatur, da železnim rudam ne bi dodajali talilnega dodatka. Po žilindrah sodeč, v antičnem železarstvu od Hallstatta do razpada rimskega cesarstva, ni bilo znatnega napredka, kvečjemu v času pred razpadom rimske železarne na Ajdovskem gradcu. Moč vetra ter človekove roke in um kljub bogati železni rudi niso mogli doseči boljših pogojev pri pridobivanju železa. V tisočletnem obdobju antičnega železarstva v Bohinju so se izčrpale vse možnosti v tehnologiji taljenja bobovcev. Antično železarstvo na gričih je dalo Noriku in italiskim deželam mnogo železa, Bohinju pa slavo in pot k novi obliki železarstva ob bohinjskih vodah.

OPOMBA: Pri raziskavah so sodelovali Kemični laboratorij Železarne Jesenice, Kemični laboratorij Rudnika svinca, Mežica, Kemični institut Boris Kidrič, Ljubljana in Metalurški institut, Ljubljana.

Zgodovinski pregled, povzet iz arhivskih podatkov o rudarjenju in oglarjenju v Julijskih Alpah

Beleške o rudarski in oglarski dejavnosti v gorenjskem kotu segajo nazaj do leta 1500, kar je razvidno iz rudarskih knjig nekdanjih rudarskih glavarstev; le-te se sedaj nahajajo v Državnem arhivu Slovenije v Ljubljani.

V arhivu našega Tehniškega muzeja pa hranimo razne izpiske iz rudarskih knjig, ki so bili narejeni — sodeč po papirju in prepisovanju — pred približno dvesto leti. Kje vse so bila rudarska nahajališča, je danes težko povedati, ker niti v rudarskih knjigah niti v podelitvenih spisih ni načrtov, odnosno kart. Sele kasneje so take kraje označili tudi na geografskih kartah. Zal pa so za označevanje posameznih rudnih nahajališč uporabljali le ledinska imena, ki so dandanes že več ali manj prešla v pozabo. Spominjajo se jih le še starejši ljudje, ki živijo v krajih, kjer se je svoje čase rudarilo in oglarilo. Iz pripovedovanja teh ljudi je razvidno, da so imele dolinice, hribčki, kopišča in luže svoja imena, ki so bila kasneje po večini pozabljena.

Iz vseh teh podelitev so razvidni naslednji podatki: Komu je bilo kaj podeljeno ter kdaj in na katerem mestu bo lahko rudaril ali oglaril. Poleg tega so navedena tudi imena delavcev, ki so bili tam zaposleni. Končno pa tudi ime rudarskega sodnika, ki je podelitev izdal.

Prvi spisek podatkov je iz leta 1641 in jim z velikimi presledki sledimo do leta 1778.

V prvem popisu so bile vse podelitve pravic rudarjenja in oglarjenja izdane fužinarjem v Bohinjski Bistrici in sicer deloma imensko, deloma pa anonimno.

Pravice so izdajali višji rudarski sodniki v Ljubljani. V letu 1641. je bil sodnik Karl Wünz, od leta 1659 Joh. Bernhard Rosseti, od 1713 Franz Sig. Kappus, od leta 1736 Joh. Bapta von Nemizhofen in od leta 1767 Johann Wolfgang von Eichelburg.

Krajevna in osebna imena smo v teh spiskih pisali tako, kakor so pisana v starih podelitvenih listinah.

V drugem spisku so podatki o podelitvi pravic za rudarjenje in oglarjenje fužinarjem v Stari Fužini in sicer za čas od leta 1742 do 1776.

Izvleček popisa za Bohinjsko Bistrico:

1641 19.10.

Hanns Jeritsch je dobil pravico rudarjenja za okrožje »Pod Shavnikom na Polanj«, »Na Shavniki pod lusho v Dolinj«, »Nad Wajto u Bregu«, »v Jelovzi nad Wajto v Grabnj«.

1641 12. 11.

Hanns Kasper Jeritsch je dobil pravico rudarjenja »Sa Lomam sa Skrjunikovo Lusho«, »pod Verbo«, »per Lushi«, vse tri ležeče »Sa Jamrovim Rotam« in še »u Kaminitj Dolinj«.

1659 8. 4.

Georg von Locatelli je prejel rudarsko pravico za »Pohovzu«.

1713 26. 9.

Francesco Pitoni je dobil nalog, da v rudarski podelitvi »U Berdah«, kjer je delal rudar Schussnik, podvoji proizvodnjo.

1714 6. 2.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »na Rodnem Poli na Stegneh«, kjer so delali rudarji Matheus Longusch, Kasper in Thonj Berg.

1714 6. 2.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »per Marjetene Lushi u te Globoke konte pod tem vsokem Hribam«, kjer je delal rudar Jury Kotzian.

1714 12. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »per Marjetene Lushi u Laboki konti«, kjer je delal Jury Kotzian s svojo družbo.

1714 12. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja v češnjiški gmajni »na sa Trepo«, kjer je delal Martin Weizel s tovariši.

1714 25. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja pri Gorjušah »v Komenska Dolina sa Polizami«, kjer je delal Hansche Jenko z družino in »Svjnskem Laso«, kjer je delal Jury Koroschez.

1714 26. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja »Pod Robam pod Klanzam«, kjer sta delala Matheus Repinz in Hansche Zerkounekh.

1714 26. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »u tem novem Delo u Markosarjevih Laseh na Goriuschach«, kjer dela Urban Koroschetz z družino.

1714 26. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja »Sa Sholnizhovem Rotam Sa Blatam na Spodne Gorelce«, kjer sta delala Mathia Wlaschin in Jakob Smukauern.

1714 8. 7.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja »per ovzie Jame« od starega dela »na Planine«, kjer so delali Andre Bingulle in družba.

1714 8. 7.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja v »Jelovca pod Stara Konta«, kjer je delal Urban Menzinger.

1714 31. 12.

Francesco Pitoni je dobil pravico oglarjenja »Pod Klanzam nad Suha«, kjer je delal Matheus Repinz z družino.

1715 10. 7.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »na Rudne Doline«, kjer je delal Mathia Koroschez z družino in »na Goriusha Lome per Storze«, kjer je delal Hansche Jenschko z družino.

1716 3. 5.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »na Goriuschach Sa Storam« in v »Dolinza«, kjer so delali Joseph Jenschko in družina.

1716 3. 5.

Francesco Pitoni je prejel pravico rudarjenja »in Jelovca u Prapratno Dolinj«, kjer je delal Urban Koroschez.

1721 2. 1.

Francesco Pitoni je dobil pravico rudarjenja »na Goriushah« nad starim kopiščem »na Hribcu«, kjer je delal Joseph Koroschez z družino.

1736 24. 9.

Pietro Antoni von Pitoni je dobil pravico rudarjenja:

»Sa Kamnjito Dolino, Sa Jurjevem Rotam u Konte«, kjer je delal Jury Sodar z družino,

»Sa Mejdvedouzam«, kjer je delal Gregor Kozian,

»Pod Kopisham u douje Dolini«, kjer je delal Urban Jammer,

»U douje Dolini mejhenu u Stran«, kjer je delal Primus Koss z družino,

»Sa Jurjevem Rotam«, kjer je delal Gregor Kozian z družino,

»Pod Javorovo Skalo«, kjer je delal Jury Sodar,

»mejd dvema Bresname«, kjer je delal Matheus Schmukouitsch,

»Na Berdih«, kjer je delal Jury Schuschnikh,

»js Rudno Pole, ad Sgornjem Berse«, kjer je delal Wallant Longusch,

»Na Lomah ta prva Dolina«, kjer je delal Paul Sodar.

Pravice oglarjenja je pa dobil:

»U Zhernem Verhu pod Berdj«, kjer je delal Wlasch Wernath,

»Pod Berde«, kjer je delal Thoni Longusch,

»U Jelouze, U Grabnu pod Ribezhovo Planino«, kjer je delal Jakob Rintschetsch,

»Pod Kojnskimi Ravnj«, kjer je delal Thomas Spracha,

»od Ribizheve Planine«, kjer je delal Jerny Rintschetsch.

1739 6. 9.

Pieter Anthoni Pitoni je dobil pravice oglarjenja: »Pod Berde Sa Stermejnah«, kjer sta delala Mathia in Primus Oblakh,

»V Jelauzi«, kjer je delal Simon Achatschitsch,

»V Jelauza«, kjer sta delala Gregor in Thoney Markusch,

»V Jelouza«, kjer je delal Mathia Gottey,

»Na Sternavah pod zhernj Verham«, kjer je delal Simon Sodia.

Pravico rudarjenja »u doji Dolinj nad tem starem Kopisham«, kjer je delal Primus Koss,

»Sa Jurjovim rotam«, kjer je delal Paule Sodar,

»na Snasetnjzi sa Stranjo«, kjer je delal Hansche Jensko,

»sa dovga Dolina sa Stranjo«, kjer je delal Stephan Schuschnikh.

1741 7. 4.

Joseph Antthoni de Pitoni je dobil pravico rudarjenja:

»na Rudne Pole pod Srejskem Bresnam«, kjer je delal Walland Longusch,

»u Kaminiti Dolinj na Goriushah«, kjer je delal Matheus Koroschez in

»na Goriushah per Storu«, kjer je delal Primus Koss ter

pravico oglarjenja »u Jelouzi«, kjer je delal Hansche Polakh.

1741 11.7.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja:

»na Rudnem Pole pod Mesnovzam Volbelnovze«, kjer je delal Walland Longusch s tovariši,

»na Goriushah sa Lomam«, kjer je delal Mathia Jammer s tovariši.

Pravico oglarjenja pa:

»u Jelouze na Ribizhovj Planinj«, kjer sta delala Gregor Iskra in Mathias Golia in

»u Jelovzi na Ribizhovj Planinj«, kjer sta delala Primass Golia in Gasper Isskra.

1746 26. 5.

Sedanji lastnik fužin je dobil pravico rudarjenja: »U douge Doline nad Kopisham«, pri Goriushah, kjer sta delala Mathia Jenko in Mathia Schenkar,

»Sa Jvriovim Rotam«, kjer so delali Primas Koss, Mathia Jammer in tovariši.

Pravice za oglarjenje pa je dobil:

»na Ravne«, kjer je bil oglar Jakob Spracha,

»U Zhernem Verhu«, kjer je bil oglar Thomas Morziz,

»pod Berdeh«, kjer je bil oglar Matheus Sodia ter u Goriusch »sa Stranjo«, kjer sta bila oglarja Marthin Schuschnikh in Hansche Dobrauz.

1748 30. 10.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja:

»nad Kopisham U dovge Doline«, kjer sta delala Jury Sodar in tovariš,

»Sa Jvriovem Rotam«, kjer so delali Primus Koss in tovariši,

pravico oglarjenja pa »pod Kojnskemj Ravnj med Berde mejmu prepovedanega Lesa«, kjer je bil oglar Andre Menzinger,

nato pravico rudarjenja »U Jamah, U Konte, per Waitah«, kjer sta delala Hansche Klemenzenz in Mathia Kerdina,

pravico oglarjenja na hribu »Wazha«, kjer so bili oglarji Ander Pekan in tovariši,

»pravico rudarjenja »U Jelovze, U Praprotneze« kjer je delal Simon Koroschez,

»na Berdeh sa Pesam«, kjer so delali Simon Schuan in tov.,

»u Rvdne Dolinj pod Waito«, kjer so delali Gregor Schmukauz in tovariši ter

»na Gorivshah pod tem starem Kopisho u Dolinj«, kjer so delali Hansche Jammer in tovariši.

1752 21. 2.

Michael Angelo Zois v. Edlstein je dobil pravico rudarjenja:

»Sa Rvdnatem Lomam u Frati za Lesam«, kjer sta delala Jury Lepeiner in tovariš.

1753 18. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja:

»na Gorivshah sa Komno nad Spodnem Kopisham«, kjer je delal Urban Jammer,

»na Rvden Pole u Srednem Bresnj«, kjer je delal Wastian Longusch,

»na Gorivshah nad mokrimj Pezhmj«, kjer je delal Marthin Lussman,

in pravico oglarjenja »u Mesnovzi u Jelovzj«, kjer je bil oglar Jury Spracha.

1754 8. 1.

Sedanji lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja:

»na Gorivshah u dovgi Dolinj per Poti«, kjer sta delala Primus Koss in Lukas, rudar pri starem kladivu,

»na Gorivshah u dovgi Dolinj pod Starmj Kopishamj«, kjer sta delala Lorenz Jammer in tovariš,

»na Gorivshah nad mokrimj Pezhmj«, kjer sta delala Urban Jammer in tovariš,

»na Rvden Polj pod Mesnovzam«, kjer sta kopala Kasper in Leonhard Schmukauz,

»na Rvden Polj u Srejskim Bresnj pod Steso«, kjer so kopali Waland Langusch in tovariši, ter pravice oglarjenja

»U Jelovzi u Mesnovzi«,

»U Jelovzi u Mesnovze«,

»na Berdeh« in

»pod Berdmj«.

1754 4. 12.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »u Svatovne u Tomjnskem krajo per Remerlne«, kjer sta kopala Jury Achez in Christoph Kauschler.

1754 19. 12.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »U Srejdenskem Bresnj na krajo«, kjer sta kopala Andre Hribar in Paul Longusch.

1755 9. 9.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »U Jamah«, kjer sta kopala Urban Arch in tovariš,

»Sa Rvdnem Lomam pod Frato, pod Kopisham«, kjer je kopal Micha Katraschnikh,

»na Gorivshah na mokreh Pezheh«, kjer je kopal Stephan Schuschnikh,

»na Gorivshah na mokreh Pezheh«, kjer so kopali sinovi Stephana Schuschnikha,

»na Gorivshah pod Spodnim Kopisham«, kjer je kopal Jakob Schuschnikh in

»na Gorivshah nad tem Starim Kopisham«, kjer je kopal Paull Sodar.

1757 23. 8.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico oglarjenja »U Zhernem Verhu«, kjer je bil oglar Jakob Dobrauz in

pravice rudarjenja na Gorivshah »nad mokrjrmj Pezhmj«, kjer je kopal Gregor Longosch,

»u Jamah v Konti od Waite«, kjer je kopal Hansche Klemenz,

»na Rvden Polj per Jvriovjm Bresnj«, kjer je kopal Lorenz Mittel,

»pod Hrastzo per Waite«, kjer so kopali Hansche Klemenz in tovariši, ter

»pod Lvsha na Poti«, kjer so kopali Hansche Klemenz in tovariši.

1758 9. 10.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »Sa Javernikam«, kjer sta kopala Hansche Klemenz in tovariš,

pravico oglarjenja »Sa Smerselzam«, kjer sta bila oglarja Jury in Adam Schoklitsch in

pravico rudarjenja »Sa Javernikam«, kjer so kopali Andre Sodar in tovariši.

1758 9. 10.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »na Gorivshah nad mokrom Pezhmj«, kjer sta kopala Urban Jamer in tovariš.

»u Starim Lomo«, kjer sta kopala Urban in Jakob Arich.

1758 19. 12.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »sa Hrastza«, kjer sta kopala Thone Arich in tovariš,

»sa Hrastzo«, kjer sta kopala Matheus Media in tovariš,

»Sa Javernikam«, kjer sta kopala Jury Sodar in tovariš,

»Sa Javernikam«, kjer sta kopala Mathia Schenekar in tovariš in

»Sa Hrastzo«, kjer sta kopala Jakob in Lukas Tschudnekh.

1759 17. 10.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja na štirih mestih »Sa Hrastzo«, kjer je

v prvem kopal Urban Arch in tovariši;

v drugem Lorenz Mittel in tovariši,

v tretjem Anthon Sodia in tovariši,

v četrtem pa Luka Kozianz in tovariši; potem

»Sa Javernikam pod to spodno Lvsho«, kjer so kopali Hansche Klemenz in tovariši,

»Sa Hrastzo«, kjer sta kopala Matheus Media in Paul Arich,

»Na Werdeh«, kjer sta kopala Gregor Rossmann in tovariš ter

»u Jelovze na ta kraj Blatneka«, kjer so kopali Jury Dobrauz, Pust in Justin Meklatsch.

1760 4. 11.

Michael Angelo Zois von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »Jelovza na ta Kraj Blatneka«, kjer so kopali Jury Dobrauz, Pust in Justin Meklatsch,

»u Jamach Sa Lvsham pod Potam«, kjer sta kopala Anthon Dobrauz in Kasper Schmukauz,

»Sa Hrasza«, kjer sta kopala Anthon Dobrauz in Kasper Schmukauz,

»Sa Hraszo pod Stermo Lvsho«, ali Lukin hrib, kjer sta kopala Jakob Tschudnekh in tovariš in

»na Berdeh«, kjer sta kopala Jakob Suldan in Simon Schuan.

1764 30. 12.

Lastnik fužine je prijavil pravico rudarjenja pri nižjem rudarskem sodniku v Bohinju za

»na Ribsizi nad Grejnskimj Starmj U Robu«, kjer sta kopala Marthin Arch vulgo Lussmann in Gregor Jammer in

»na Gorivshah Sa Pohovzam«, kjer so kopali bratje Jakob, Micha in Matheus Dobrauz.

1769 2. 1.

Michael Angelo Freyherr von Zois je dobil pravico oglarjenja »Sa Rvdnatem Lomam«, kjer so bili oglarji Jury Schoklitsch in tovariši in

»Sa Mesnovzam u Kvanze«, kjer sta bila oglarja Jakob in Kasper Dobrauz.

1770 31. 12.

Michael Angelo Zois Freyherr von Edlstein je dobil pravico rudarjenja »U Leplenzah«, kjer so kopali Urban Schmukauz in tovariši,

»U Rvdnj Doline«, kjer so kopali Jakob Tschudnikh in tovariši,

»na Gorivshah Sa dovgo Dolino«, kjer sta kopala Kasper Tschudnikh in tovariš

»Sa Gmaino«, kjer sta kopala Primus und Kasper Schmukauz, na istem mestu, kjer sta kopala Jakob in Kasper Schuan,

»U Repenzah«, kjer sta kopala Matheus Media in tovariš,

»na Gorivshah«, kjer sta kopala Hansche Klemenz in tovariš

ter pravice oglarjenja »Klvkovzi«, kjer sta bila oglarja Jakob Schuschnikh in tovariš in

»na Ribzhovj Planinj«, kjer sta bila oglarja Simon Sobaden in tovariš.

1772 16. 7.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja:

»U praprotne Doline u Mesnovze«, kjer sta bila oglarja Thomas Spracha in tovariš,

»pod Zhertmj«, kjer je bil oglar Matheus Slamnikh in

»u Mesnovze«, kjer sta bila oglarja Anton Sodia in tovariš.

1773 2. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja:

»na Kojnskeh Ravneh« in še

eno na istem mestu, kjer sta bila oglarja Andre Zingle in tovariš,

»U Mesnovzi«, kjer sta bila oglarja Martin Gottey in tovariš.

1774 7. 1.

Lastnik fužin je dobil pravico oglarjenja:

»Sa Svhem Mozhizam«, kjer sta bila oglarja Matheus Bängs in Jakob Kozianz,

»u Prapratnici«, kjer sta bila oglarja Jakob Schenn in tov.,

»na kojnskih Ravneh«, kjer sta oglarila Thomas Iskra in njegov tovariš,

»sa Ribzhava Planina«, kjer sta oglarila Anthon Media in njegov tovariš,

»na Zherteh«, kjer sta oglarila Simon Rosmann in tovariš,

»na Ribzhovj Planine«, kjer sta oglarila Urban Prössel in njegov tovariš in

pravico rudarjenja »na Gorivshah«, kjer je kopal Marthin Arch.

1775 5. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja »Sa Rvdnatem Lomam Vome«, kjer sta oglarila Justin Blaschin in njegov tovariš,

»u Mesnovzi«, kjer sta oglarila Jakob in Anthon Iskra,

»na kojnskeh Ravneh«, kjer sta oglarila Thomas in Jury Iskra,

»na kojnskeh Ravneh«, kjer so oglarili po dninah in na sežnje,

pravico rudarjenja v starem zapuščenem rudniku »U Mesnovzi Versenazha«, kjer sta rudarila Jakob Tschudnek in tovariš,

»Mesnavzi«, kjer sta rudarila Gregor in Kasper Smvkavz in

»Mesnavzi«, kjer sta rudarila Jakob Tschudnekh in tovariš.

1775 23. 11.

Freyherr v. Edlstein je dobil pravico rudarjenja »Sa Rvdatem Lomam«,

v istem revirju, kjer sta rudarila Jakob Tschudnik in njegov sin, tam, kjer sta rudarila Matheus Schoklitsch in Andre Diak,

»U Mesnovzi«, kjer sta rudarila Gregor Smukauz in njegov sin ter tam, kjer so rudarili Jakob in Luka Tschuden in njihov tovariš,

»na Gorivshah na Svjskem Lase«, kjer sta rudarila Kasper Tschuden in Jakob Sodar in

v istem distriktu, kjer sta rudarila Marthin in Lienhard Koziarz.

1775 23. 11.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja »u Mesnovzi«, kjer sta oglarila Andrej Iskra in Thomas Märkuch,

v istem distriktu, kjer sta oglarila Anthon Sodia in Waland Polanz in

»sa zhernem Verham«, kjer sta oglarila Urban Dobrauz in Jakob Rounigg.

1776 8. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »Sa Javarkam.«,

1778 25. 2.

Sigmund Zois Freyherr von Edelstein je dobil pravico rudarjenja »Gorivsh pod Jerebovo Skalo«, kjer sta rudarila Waland Stergar in tovariš,

»Gorivsh u Lomu«, kjer so rudarili Paul Arch in tovariši,

»u Lomu«, kjer so rudarili Jakob Tschudnek in tovariši,

»Gorivsh u dovge Doline«, kjer so rudarili Urban Kotraschnik in tovariši,

»U zokovite Doline«, kjer so rudarili Jakob Stergar in tovariši ter

»na Pogorenci«, kjer so rudarili Mathia Koraschneg in tovariši

1778 4. 6.

Sigmund Zois Freyherr von Edelstein je dobil pravico rudarjenja »Goriusch na Markosarjevih La-seh«, kjer sta rudarila Georg Arch in tovariš,

»u Starj Lvshi«, kjer sta rudarila Ignatz Jammer in tovariš,

»per Marjetni Lvshj«, kjer sta rudarila Ignatz Jammer in tovariš in

»sa Rvdnatem Lomam«, kjer so rudarili Augustin Wlaschin in tovariši.

Temle fužinarjem v Stari Fužini pa so bile podeljene pravice rudarjenja in oglarjenja:

1742 10. 9.

Matheus Wärl je dobil pravico rudarjenja »pod Rosvram«, kjer je rudaril Marko Koroschez,

»v Jamah v Klade«, kjer je rudaril Jerny Tardina,

»v Jamach v Cladie« ležeče poleg rudišča Jerny Tardina, kjer so rudarili Mathia Arch in tovariši,

»in Rebna Dollina«, kjer sta rudarila Micha in Jakob Stergar.

1743 2. 9.

Matheus Wärl je dobil pravico rudarjenja »na Rudnem Polle v Bresno pod potjo«, kjer je kopal rudo Thomas Sodia,

»na Rudnem Polle pod tem velkem Bresnam«, kjer so rudarili Marthen Koroschez in njegova družina,

»na Goriuschach sa Meduedouzam«, kjer sta kopała Lukas Jammer in tovariš,

»na Rudnem Pole v tem srednem Bresno pod potjo«, kjer je kopal Thomas Sodia in

»na Goriuschach sa Medvedouzam v Lehso«, kjer so kopalili Andrej Koroschez in družina.

1745 16. 9.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja »na golle Verch v Mersnzah«, kjer je oglaril Andrä Schokelz,

»sa Rudnat-sam«, kjer je oglaril Gregor Koroschez Podrobizhar,

»sa Rudnat-sam sa Lehsam«, kjer sta oglarila Hansche Koroschez in tovariš.

1746 5. 9.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja v »Ker-steniza«, kjer so rudarili Mathia Longos in družina,

pravico oglarjenja »na Sapath«, kjer je oglaril Andrä Diakh in

»v Mesnouze«, kjer so oglarili Jury Arich in družina.

1748 30. 10.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »na Goriuschach sa Meduedouzem«, kjer je kopal Lucas Jammer,

»na Rudnem Polle v Presem«, kjer sta rudarila Lorenz in Andrä Mittl,

»na Goriuschach sa Meduedouzam«, kjer so rudarili Hansche Stergar in sotovariši;

»na Goriuschach v Lehso«, kjer so rudarili Lorenz Stergar in družina,

pravico oglarjenja »V Bukovem Rebno sa Prapenz«, kjer sta oglarila Hansche Dobrauz in Lorenz Arich Lussman,

pravico rudarjenja »v Lehso«, kjer so rudarili Lorenz Stergar in družina;

»V Jamach V Konte«, kjer so rudarili Mathia Arich in družina,

pravico oglarjenja »pod Javaram na Starece Raune«, kjer je oglaril Primus Rossmann,

pravico rudarjenja »sa Meduedouzam v Konte na Goriuschach«, kjer je rudaril Hansche Stergar Vrschneq in pa

»na Goriuschach v dovge Dolline«, kjer so rudarili Jakob Stergar in družina.

1750 4. 11.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »na Kerstenize«, kjer so rudarili Mathia Longos in družina,

»na Goriuschach sa Meduedouzam«, kjer je rudaril Luca Jammer,

»na Rudnem Polle pod Baitho«, kjer sta rudarila Lorenz in Andrä Mittl,

»na Goriuschach, sa Meduedouzam«, kjer so rudarili Hanss Stergar in družina,

»na Goriuschach v Lehso«, kjer so rudarili Lorenz Stergar in družina,

»na Goriuschach sa Meduedouzam«, kjer sta rudarila Lorenz in Hanss Stergar,

»v Jamach, v Konte«, kjer so rudarili Mathia Arich in družina,

pravico oglarjenja »pod Javeram«, kjer je oglaril Primus Rossmann,

pravico rudarjenja »na Goriuschach«, kjer je rudaril Hanss Stergar,

»na Goriuschach v Dovie Dolline«, kjer je rudaril Jakob Stergar,

pravico oglarjenja »v Brahsinze«, kjer je oglaril Martin Suppanz,

»na Sponig Gorrellegh, sa Jasmanovem Rotam«, kjer je oglaril Gregor Koroschez,

nato pravico rudarjenja »v Rudne Dolline sa Leppenzam«, kjer je rudaril Jakob Schmukauch,

»na Goriuschach v Lehso«, kjer so rudarili Gregor Sodia in družina,

»v Jamach v Konte«, kjer so rudarili Thone Arrich in družina,

»v Rudne Dolline per Blaschinovich ogradich«, kjer sta rudarila Simon Blaschin in Jakob Koroschez, ter končno

pravice oglarjenja »v Derle«, kjer so oglarili lastni fužinski delavci in

»v Brahsinze«, kjer je oglaril Adrä Longos.

1750 10. 11.

Lastnik fužine je dobil pravico oglarjenja »na Spodnech Gorelezeh Sa Tamanovem Rottam« in pravice rudarjenja »V Dolline sa Leppenzam«, kjer je rudaril Jakob Schmukauch,

»na Goriuschach u Lehsu«, kjer je rudaril Gregor Sodia in

»v Jamneh v Konte«, kjer so rudarili Anton Arch in družina.

1753 18. 1.

Lastnik fužine je dobil pravice rudarjenja »na Goriuschach, nad starim Kopischam per Potti, na Hribi«, kjer sta rudarila Andrä Koroschez in Gregor Stergar,

»na Goriuschach sa Meduedouzam na Krai, nad Stegnami«, kjer sta rudarila Jakob Dobrauz in Jakob Stergar,

»na Goriuschach, V Dovie Dolline«, kjer so rudarili Gregor Sodia in tovariši.

1754 8. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »V Klosak«, kjer sta rudarila Joseph Mally in tovariš.

1755 12. 5.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »na Rudem Pole, v srenskem Wresno«, poleg rudišča Matheus Schmittig, kjer sta rudarila Paule Longos in Andrä Hribar.

1755 13. 6.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »V Rudne Dolline v Blasinoveh Ogradich«, kjer je rudaril Simon Wlaschin.

1758 14. 12.

Lastnik fužine je dobil pravice rudarjenja »v Mersle Dollini zu Goriuschach«, kjer sta rudarila Lenhard in Gaspar Koroschez,

»na Rudem Polle v Longosovem Brehsno«, kjer sta rudarila Andrä Hribar in tovariš,

»sa Krahsizo na Raune per petraske Luhse«, kjer sta rudarila Mathia Arch in Urban Dobrauz,

»sa Krahsizo per Stese«, kjer sta rudarila Hanss in Thomas Sodia,

»sa vodnikom sa tem sgorenim Kopische«, kjer so rudarili Lucas Sodia in družina,

»sa Krahsizo per Steze«, nedaleč od rudišča Thoni in Hanse ležeče, kjer sta rudarila Thomas in Clemens Sodia,

»sa Krahsiza v Hribe«, kjer koplje Jerny Arich,

1767 30. 12.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »sa Krahsizo pod to Wistersko Baito«, kjer so rudarili Matheus Podlipnig, Jakob Koroschez in tovariš,

»na Goriuschach sa Lansetouzam«, kjer je rudaril Micha Stergar,

»na Goriuschach« na zemljišču Andrä Koroschza, kjer on sam rudari,

»sa Lochta per Odarjou Jame«, kjer sta rudarila Gregor in Leonhard Schmittekh,

»v Jamach pod Potam«, kjer sta rudarila Michael Longosch in tovariš,

»na Goriuschach per Shinskem Laso«, kjer sta rudarila Andrä Stergar in Andrä Koroschez,

pravice oglarjenja »pod Meshnouzam«, kjer je oglaril Luca Sodia,

»v Meshnauz«, kjer sta oglarila Gregor in Jerny Koroschez,

»v Meshnauz«, kjer je oglaril Gasper Schest,

»na Ruden Polle sa to novo Waito«, kjer je oglaril Hansche Tanzer,

»v Shebelize«, kjer je oglaril Jerny Wernekh,

ter pravice rudarjenja »v Rudne Dolline pod Meshnouzem«, kjer sta rudarila Lorenz Arich in Sebastian Dobrautz in

»sa Krahsizo per Weithe«, kjer sta rudarila Mathia Arich in tovariš.

1773 18. 1.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »sa Lachto nad Skalo«, kjer sta rudarila Anton in Leonhard Schmitteg,

»sa Lachto v Konte«, kjer sta rudarila Matheus Schmitteg in Hansche Komiterkh,

pravico oglarjenja »nad malla Saviza«, kjer sta oglarila Jury in Urban Oblakh, ter

pravice rudarjenja »v Rudne Dolline pod Marie-tizhovem Kopischam«, kjer sta rudarila Lorenz Arch in tovariš in

»na Goriuschach v Kamnite Dolline«, kjer sta rudarila Jakob Dobrautz in Primus Jammer.

1773 3. 9.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »Sa Rudnakam podrobizhovim Kopischam«, kjer so rudarili Carl Dirkh in njegovi sinovi,

»sa Rudnatkam«, kjer sta rudarila Lucas Sodia in Jury Koroschez,

»u Krahsze«, kjer sta rudarila Simon Longosch in tovariš.

1775 16. 11

Lastnik fužine v Stari Fužini je dobil pravico rudarjenja »na Goriuschach«, kjer je delal Primus Stergar na svojem rovtu, prijavljena je bila 13. 4. 1775.,

»sa Louretouzam«, kjer je delal Marthin Stergar,

»sa Rudnatem Lamam«, kjer je delal Mathia Arich.

1776 16. 12.

Lastnik fužine je dobil pravico rudarjenja »V Rudnate Dolline«, kjer sta delala rudarja Jakob in Lorenz Arch z družino.

Poleg prepisov, iz katerih smo črpali te podatke, imamo tudi zbirne izvlečke. Prvi je bil napisan približno v istem času kakor popisi sami ter je istoveten s prvim popisom.

Drugi popis je bil narejen v času Ilirije pred pribl. 150 leti ter je pisan na uradnem papirju z vtisnjenim taksnim pečatom. Pripomniti pa moramo, da ta izvleček vsebuje oba prednja popisa rudarskih in oglarskih podelitev.

Za bohinjskega fužinarja Aleksandra v. Locatelli-ja pa obstajata dva dokumenta podelitev in sicer prepis podelitve z dne 14. 11. 1708, ki ga je 26. 1. 1722 naredil pisar rudarskega sodišča Johan Josef Schimitsch za bohinjski revir takole:

Od naselja Štenge do Save, od tu na rob Jelovice v smeri Bohinja, po tem robu naprej in naokoli do roba gorovja pri Gorjušah in od tod naravnost do naselja Štenge.

Drugi dokument je pa zbirni popis podelitev od leta 1728 do leta 1739, v katerem je navedenih 59 rudarskih in oglarskih podelitev brez vsakih natančnejših označb.

V posebnem izvlečku, ki je pisan na zelo finem starem holandskem papirju, so navedene podelitve za združene fužine v Bohinjski Bistrici in Stari Fužini v bohinjski dolini, kjer pa pisec navaja, »da se še nahajajo v arhivih lastnika v Ljubljani dokumenti, v kolikor niso zaradi nemarnosti prednikov bili uničeni«.

Dalje obstoja spisek višjega rudarskega sodnika za podelitve oglarskih mest v bohinjskem revirju od leta 1714 do leta 1775.

Naslednji popis je izvleček iz rudarskih zapisov v Ljubljani za vse podelitve rudarskih pravic, ki so jih dobili posamezniki, z izjemo barona Zoisa, in sicer v času od 1. 1. 1790 do vključno 21. 7. 1825.

Zoisove fužine v Bohinjski Bistrici so 18. novembra 1849 sklenile s šestimi bohinjskimi rudarji — Jakobom in Lorencom Arhom, Matijo in Janezom Markežem, Simonom Zvanom in Lorencom Zmitkom — pogodbo, s katero so se obvezali, da

bodo fužinam dobavljali rudo iz njim podeljenih rudarskih revirjev na Rudnem Polju. Dogovorili so se za ceno 25 krajcarjev za stot franko rudno ležišče. Za protiuslugo pa jim bo fužina preskrbela novo rudarsko podelitev po njihovi želji. Dodeljene so bile tele razsežnosti: 56 sežnjev širine in 124 sežnjev dolžine.

Pred prvo svetovno vojno je setavil popis 233 koncesij za rudarske in oglarske podelitve tedanji rudarski upravitelj Kranjske industrijske družbe in sicer iz originalnih podelitvenih listin, ki so se tedaj hranile v rudarskem oddelku. Ta popis obsega obdobje od 10. 5. 1583 do 8. 10. 1849.

Kakor je bilo že omenjeno, na zemljevidih niso označene oz. zaznamovane podelitve. Prvi rudarski zemljevid, ki ga hrani Državni arhiv Slovenije v Ljubljani datira iz leta 1825. Na njem je označenih 24 rudarskih koncesij, od katerih je bilo že podeljenih, 8 pa šele zaprosenih.

Vsekakor moramo med starimi zapiski omeniti tudi podatke iz knjige »Oryctographia carniolica« od Hacqueta iz leta 1778. V prvem delu omenjene knjige na strani 18 takole citira rudarske kraje v bohinjskem kotu:

»Predno bom pričel govoriti o fužinah in rudnikih, nameravam opisati najprej kraje, kjer sem našel te rudnike, odnosno jaške. V srednjem gorovju Gorjuš se nahaja proti jutru pet jaškov, iz katerih dobivajo rudo in so od fužin oddaljeni dobri dve uri. Ravno tako se nahajata v srednjem gorovju »sa Rudnaden Lom« proti polnoči, tri ure hoda v višino, dva jaška. Zraven tega sta v pogorju »na Rudna Pole« zopet dva jaška. Od tega gorovja dve uri oddaljeno se nahajajo v gorovju »sa Krasico« trije jaški, od katerih gre eden do globine 95 sežnjev. Nedaleč od tega rudišča sta v gori »O Jami« dva plitva jaška. Vsa ta rudišča so oddaljena po dve, tri in tudi več ur, zaradi česar je tudi otežkočen prevoz rude k fužinam. V smeri večera se pridobiva ruda v gorovju »Salahta na ushevnik«, v smeri proti polnoči pa v gorovju »na Kerstaniza«, potem na »Rudna dolina« in »Sa Javernik«.

Piscu se čudno zdi, da se je moglo iz teh krajev dovažati rudo z dobičkom, ko pa leže 4 ali 5 ur daleč v gorovju.

Predno piše o predelavi te rude, omenja pisec obe fužini. Prva se imenuje Stara Fužina in leži v smeri polnoči v zgornji dolini, druga pa se imenuje Bistrica in leži v smeri poldneva v spodnji dolini v Bohinju.

Pri nadaljnjem raziskovanju zgodovinskih zapiskov smo po Müllnerju »Geschichte des Eisens« ugotovili, da predstavlja zemljevid iz leta 1825, ki ga hrani Državni arhiv v Ljubljani, rudarsko posest Zoisovih fužin, ki se do leta 1848 — pri popisu fužin za Serafino Zois — ni spremenila.

V tem popisu je s krajevnimi imeni navedenih devet rudišč, ostalih 15 nahajališč pa je označenih s svetniškimi imeni.

V karti v merilu 1 dunajski palec = 2000 sežnjev ali pet tisoč korakov, so vrisana posamezna naselja precej točno, zato smo poskušali na specialkah v merilu 1:25.000 odrediti vrisana rudišča:

1. Rudišče »Za Breznam« v Gorjušah se nahaja jugovzhodno od kote 1096 - Hribarice in sicer od kote 933 v severovzhodni smeri proti koti 960.

2. Rudišče »Za Stolom« pod Gorjušami se prične približno v sredini med obema kotama 966 (jugovzhodno od Hribarice) ter gre v vzhodni smeri do južno od kote 984. To nahajališče izgleda identično z večkrat imenovanim in bogatim nahajališčem »Kamnita dolina«.

3. Rudišče »U Medvedouz sa Javernikam«, se prične severozahodno od kote 1318 - Medvedova konta ter gre v severozapadni smeri do približne sredine med kotama 1486 in 1370 (grič brez kote jugozahodno od kote 1370).

4. Rudišče »Sa Medvedouzam sa Javernikam« se prične okoli 500 m jugovzhodno od kote 1400 (severozahodno od kote 1368 - Jerebikovec) in sega do same kote 1400.

5. Rudišče »U debelem vercham sa Javernikam« se prične okoli dvestopetdeset metrov severovzhodno od kote 1400 ter gre v severozahodni smeri proti Zmrzlici in se konča vzhodno od kote 1370.

6. Rudišče »Na vodnizach v rudna dolina« se prične na južnem pobočju Rudne doline okoli 300 metrov južno od kote 1257 in gre nato v jugovzhodni smeri do vzhodno od kote 1370.

7. Rudišče »Na rudnat lom in dolina« leži zahodno od kote 1210 (južno od Mrzlega Studenca) v severozahodni smeri tik ob koti, ki je pribl. na sredini nahajališča.

8. Rudišče »U Jerebikouz« leži zahodno od Zontarice v severozahodni smeri in sega do 200 m pred koto 1221, ki spada k pobočju kote 1368 - Jerebikovec.

9. Rudišče »U Schauenk in Jellouza« se prične med kotama 1217 in 1170 južno od Voljče jame in sega v severozahodni smeri (do jugovzhodno od Nemškega Rovta).

10. Rudišče »St. Sigismund« — Medvedovec se prične 100 m vzhodno od kote 1357 ter gre v vzhodni smeri in se konča ob poti, ki pelje proti severu na koto 1382.

11. Rudišče »St. Carol« se prične 100 m zahodno od kote 1319 - Medvedova konta in gre 400 m skoro točno proti zahodu.

12. Rudišče »St. Seraphicus« — Jelovca se prične pri koti 1310 zahodno od Konjske Ravne in gre v smeri poseke na sever do zahodno od kote 1248.

13. Rudišče »St. Michael« — Jelovica se prične ob poti, ki vodi od kote 1243 za Onkar, in gre v severozahodni smeri do 100 m južno od kote 1079 - Razpotje.

14. Rudišče »St. Bernard« se prične 200 m južno od kote 1451 - Mesnovec in gre vzhodno do točke med kotama 1388 in 1394.

15. Rudišče »St. Anton« se prične severozahodno od kote 1394 in gre 400 m proti severozahodu do severovzhodno od kote 1451 - Mesnovec.

16. Rudišče »St. Peter« — Rudno polje gre od kote 1346 v jugozahodni smeri 400 m mimo kote 1341.

17. Rudišče »St. Paul« — Rudno polje se prične v sredini poseka med kotama 1417 in 1348 in gre v jugozahodni smeri do 200 m pred koto 1341.

18. Rudišče »St. Jacob« — Rudno Polje v nadaljevanje rudišča 17 gre v smeri na koto 1336 do 300 m pred to koto.

19. Rudišče »St. Johann« — Medvedovec — Medvedova konta gre med podeljenimi rudišči št. 10 in 11 in sicer se prične na vzhodnem začetku št. 11 in gre v jugozahodni smeri do sredine št. 10.

20. Rudišče »St. Thomas« — Medvedovec — Medvedova konta je priključena na zahodni strani št. 19.

21. Rudišče »St. Philipp« se prične 100 m jugozahodno od kote 1421 - Medvedovec in gre 400 m v jugozahodni smeri do 250 m pred koto 1300.

22. Rudišče »St. Bartholomeus« — Rudna dolina se prične severovzhodno od kote 1320 in gre 400 m v skoro severni smeri mimo kote 1358.

23. Rudišče »St. Matheus« v karti ni vrisano.

24. Rudišče »St. Simeon« — Boltarje leži v severozahodni smeri med kotama 703 in 923.

Po Müllnerju je žiga Zois pridobival rudo v štirih velikih revirjih:

V revirju na Gorjušah z rudniki na Veršeh, na Perdouence, v Šouce, na Dunaju, na Vase, na Špiuku in na Kuharjevem.

V revirju na Jelovci z rudniki v Ogorevcu, pod Klukovcem, v Praprotni dolini, v Šavneku in na Brdah.

V revirju za Javornikom z rudniki za Medvedovcem, v Medvedovci, v Debelem vrhu in v Županeh štengah.

V revirju Rudna dolina z rudniki na Vodeničah, Rudnat lom, v Jerebikovcu, pod Kozjem sta-

nom pod Lipanco, pod Brdam pod Lipanco, pod Debelem vrham za Javornikom, per Starem delu za Polano, za Javornikom, za Polano pod Pleščam, nad Kranjsko dolino, v Kovori za Jerebikovcem, za Rudnatem lomam, za Srepnekom, v Golem vrhu za Ribšico, na Tisovcu in na Plesnatem vrhu na Plesnarici.

Poleg teh revirjev je imel Zois še rudišča na Kaplarci, Mrežišču, pod Razov in Mesnovc, vrhu tega pa še na Rudnem Polju pet rudišč, ki so nosila lastna in svetniška imena.

Kakor pripoveduje Müllner, so kopali rudo v raznih rudnikih tudi desetletja, ter omenja, da je en sam jašek na Rudnem Polju preskrboval staro talilno peč v Stari Fužini celih sedem let z rudo. Poleg tega omenja tudi govorice kmetov, ki so bili v svojem prostem času rudarji, da se žalostno spominjajo propada bohinjske železne industrije, in govoric, da so na razpolago še neizčrpne zaloge rude v bivših rudnikih.

Da bi dokumentirali naše raziskovalno delo, ki smo ga opravili v mesecu juliju in avgustu leta 1963, smo pregledali vse stare zapiske o rudnih nahajališčih, oziroma podelitvi rudarskih pravic. Najprej je treba ugotoviti, da je lociranje starih rudarskih najdišč izredno težko, to pa zaradi tega, ker so ta označena v glavnem s starimi ledinskimi imeni, ki v zemljepisnih kartah niso več označena; starejših zemljevidov pa ni na razpolago, oziroma jih sploh ni.

Stara ledinska imena smo ugotavljali ob sodelovanju najstarejših prebivalcev v bohinjskem kotu. Tudi točna mesta rudišč je bilo težko ugotoviti, ker so oznake silno površne in le približne. Tako npr. izraz »Za Jerebikovcem« lahko pomeni neki prostor takoj za vrhom, lahko pa tudi 200 m ali pa tudi 2 km za vrhom. V starih zapiskih je često omenjeno najdišče »Mesnovec«. Poznamo pa Mesnovec na Jelovici, Mesnovec pri Gorjušah in Mesnovec pri Rudnem polju. Po našem mišljenju gre verjetno za Mesnovec pri Rudnem polju, ki je bil najbogatejši na rudi. Po sedanjih zemljevidih pa je ta Mesnovec gričevje v višini 1310 do 1450 m nadmorske višine, razteza se pa več kot 2 km v smeri vzhod—zapad, v smeri sever—jug pa skoro 2 km.

To rudarsko raziskovanje po terenih smo opravili iz dveh razlogov; prvič zato, da ugotovimo, od kod so stari rudarji pridobivali rudo za plavže v Bohinju, drugič pa, da si ogledamo teren, kjer bi mogli dobiti morebiti še večje količine rude za naše poskusno taljenje železne rude v vetrnih pečeh.

Raziskovali smo od 25. julija do 8. avgusta 1963. Pričeli smo na Pokljuki z izhodiščem pri Mrzlem studencu, od koder smo delali ekspedicije v razne smeri nekdanjih rudnih nahajališč.

Takoj prvi dan smo šli v smeri Rečiške planine, na greben Kokošince, na Berjanco, Veliko Voklo in Belsko planino. Povsod smo naleteli na manjše količine železne rude - bobovcev in psevdomorfoz. Zgodovinske dokumentacije s teh nahajališč nimamo, zelo je pa verjetno, da so nekdanji rudarji tudi tu kopali rudo, predvsem pa kremen, ki so ga dodajali v odrejenem razmerju železni rudi zaradi znižanja talilne temperature. Direktnih dokazov za to trditev nimamo, kot indirektni dokaz pa nam služi dejstvo, da ima najdena žlindra mnogo višji odstotek silicija, kakor pa je njegova vsebnost v osnovni železni rudi.

Drugi dan je ena ekipa raziskovala Kranjsko dolino, Lepa kopišča, Mejo dolino, planino Klek, Zmrzlico, Medvedovo konto, Lipanco in planino Javornik. Druga ekipa pa je šla na Jerebikovec, planino Javornik, Medvedovec, Medvedovo konto, planino Lipanco in Rudno Polje.

Obe ekipi sta našli skoro povsod nekaj železne rude. Nekatera nahajališča so zelo stara, saj se omenjajo že pred več 100 leti. Tako je Medvedovec omenjen že leta 1736, ko je bilo to rudišče podeljeno lastniku fužin v Bohinjski Bistrici P. A. pl. Pitoniju. Ker je bil Medvedovec zelo bogato nahajališče, je to ime mnogokrat imenovano pri podelitvi rudišč, in sicer leta 1745 dvakrat, 1748 trikrat, 1750 tudi trikrat. Tudi planina Javornik ali pa rudišča »Za Javernikam« so pogosto imenovana, so pa skoraj istovetna z nahajališčem Medvedovec. Od planine Javornik preko Medvedovca do Medvedove konte je samo dober kilometer v severni smeri, v prečni smeri pa tudi ne dosti več. V letu 1808 se omenjata Kranjska dolina in Jerebikovec, istega leta pa zopet planina za Javornikom. Klek se omenja leta 1810, leta 1815 pa gorovje Klek in »Zmrzla dolina pod Klekom« ali pa pod »Debelo pečjo«. Planina Lipanca se prvič omenja 1750, rudišča na Rudnem Polju pa ob vsaki večji podelitvi rudarskih pravic od leta 1714 naprej.

Naslednje območje, ki smo ga raziskovali, se razprostira od Rudnega Polja po severnem pobočju Mesnovca in nazaj na Rudno Polje. Celotno severno pobočje Mesnovca je zelo bogato na železni rudi, ki so jo v preteklosti na več mestih izkoriščali. Paralelno s tem raziskovanjem je del ekipe raziskoval severno pobočje Rudne doline do južno od Petkovca in naprej do Rudnega Polja. Vidni so stari kopi, zato je bilo na tem pobočju najdenih tudi precej vzorcev rude. Rudna dolina se omenja v listinah prvič v letu 1715, Mesnovec pa 1736. V ostalem pa se ti dve nahajališči omenjata mnogokrat v podelitvenih listinah do leta 1800.

Raziskovanje naslednjega dne je bilo usmerjeno v okolico Gorjuš do Koprivnika. Na tem področju so verjetno ob pričetku registrirane rudarske dejavnosti kopali železno rudo na mestih, ki so označena z najrazličnejšimi ledinskimi imeni, ki jih danes ne najdemo več, ker so pozabljena. Prve zapiske o podelitvah rudarskih pravic na Gorjušah najdemo že 1641. leta. Eno največjih in najboljših najdišč je bilo v »Kamniti dolini«. Največji del raznih podelitev tod okoli se razprostira 1 km jugozahodno od gore Hribarice na koti 1096. Tam se nahajajo tudi jaški, v katerih se je kopala ruda; na samem vrhu Hribarice je en jašek še odprt. Ta jašek sega v globino 30 m. V globini okrog 13 m smo našli rudarsko oljenko, ki je stara pribl. 100 let. V tem jašku se še nahaja ruda. Kjerkoli smo na tem področju raziskovali, povsod smo našli vzorce železne rude.

Raziskovali smo tudi na Rudnem Polju, Spanovih jamah, Mesnovcu in Lmovcah. Za Rudno Polje smo že omenili, da je bilo tu bogato nahajališče rude. Spanove jame pa že po svojem imenu kažejo na rudarsko dejavnost, kjer smo tudi mi našli razne vzorce rude bobovca. Mesnovec in Lmovce pa smo raziskovali v glavnem ob gozdarski avtomobilski cesti, ki vodi 7 km okoli Mesnovca in Lmovce, povezujoč gozdarske revirje ter se končuje v bližini Šport hotela na Pokljuki. Na mnogih mestih vzdolž tega pota smo v presekih med skalnatimi prelomi našli rudo, ki je na nekaterih mestih tudi vraščen v skalo. Apnenec ob poti Mesnovca vsebuje obilne okamenine favne in flore. O podelitvah pa smo pisali že prej.

Naslednjega dne se je ekipa preselila s Pokljuke preko Praprotnice na planino Uskovnico. Tudi na Praprotnici in Uskovnici smo našli nekaj manjših vzorcev rude, ni nam pa znano, če se je na tem področju sploh rudarilo, pa tudi v arhivskem gradivu nismo našli kakega zapiska o tem področju. Pot smo nadaljevali mimo Vodnikove kočice, preko Mišeljske planine in Jezerca na planino Krstenico in naprej na planino pri jezeru. Naš namen je bil raziskati okolico planine Krstenice, planine Viševnik in Dedno polje. Na planini Krstenici so bila najbogatejša rudna ležišča, kjer smo našli izredno lepe primerke kristalov z rudo. Po zgodovinskih dokumentih so bile prve podelitve rudarskih pravic na planini Krstenici v letih 1746 in 1750 izdane fužinarjem v Stari Fužini.

Vzporedno z raziskavo rudišča na Krstenici je del ekipe raziskoval na planini Dedno polje v smeri proti Hudi rupi, kjer smo našli zelo lepe zaobljene bobovce v velikosti 0,5 do 1,5 cm. Po pripovedovanju so bila tu zelo stara rudišča, vendar v zgodovinskih zapiskih nismo našli sledov o tem, komu so bile rudarske pravice podeljene, oziroma kdo naj bi tam rudo kopal.

Raziskovanje smo nadaljevali nad planino Viševnik na kraju, za katerega smo vedeli, da so tam svojčas kopali rudo. Raziskali smo dva jaška naravnega izvora. Enega od teh so rudarji razširili ter je še sedaj okoli 15 m globok, globlje je pa zasut. V razpokah in ob stenah smo našli mnogo rude, v globini okoli 6 m pa lesen vitelj, s katerim so rudarji dvigali rudo na površino in eno staro preperelo lestev. Drugi jašek je bil pa nedotaknjen. V njem je stalno sneg in nismo našli nobenih sledov rudarjenja. Zgodovinskih zapiskov o teh rudiščih nimamo.

Nadaljnje raziskovanje nas je vodilo preko planine Ovčarija k Triglavskim jezerom, dalje po dolini Triglavskih jezer do kočice na Prehodavcih, okoli Kanjevca na Dolič, po zapadni strani Smarjetne glave in po jugozapadnem grebenu na vrh Triglava. Vračali smo se mimo Doliča preko Hribaric nazaj h koči pri Triglavskih jezerih. Vedeli smo, da v teh višinah niso nikdar rudarili, niti niso bile podeljene kakršnekoli rudarske pravice, zanimalo pa nas je, do katere višine bo segala ruda. Skoro vzdolž celotne poti smo našli manjše količine bobovca, deloma prosto ležečega, deloma vraščenega ali zlepljenega z drugimi kameninami. Zadnji sledovi železa so bili približno 50 m pod vrhom Velikega Triglava v obliki limonitne skorje na apnencu. Najvišje nahajališče bobovca pa smo odkrili približno 200 m pod vrhom in sicer na zelo majhni površini v zelo drobnih zrnih. V večji količini pa smo našli bobovce jugozapadno od sedla Doliča.

Od Triglavskih jezer smo se preselili na Komno. Po najdenih ostankih smo vedeli, da so tam nekdanj v vetrnih pečeh topili železno rudo. Tudi za ta teren nimamo nobenih dokumentarnih po-

delitev, dočim je naša trditev, da se je tam topila železna ruda, dokazana z najdbami žlinder z visoko vsebnostjo železa, kar kaže na zelo staro in primitivno topilniško dejavnost v tem kraju.

Na spodnji Komni smo našli limonitne kose samo na severovzhodnem pobočju malega Bogatina. Zanimivo pa je to, da je severozahodno od planine Govnjač majhna vrtača, popolnoma zapolnjena z drobnimi prodniki raznobarnega kremenca do velikosti 2 cm. Med peskom se najdejo tudi posamezni koščki oglate limonitne rude. Kremenčev pesek pa je verjetno ostanek morene, ki je bila v ledeni dobi prinesena iz Centralnih Alp.

Zadnje raziskave smo opravili na Lepi Komni od planine na kraju do Lanževice. Zapadno od kraja Lepa Ruša je v višini okoli 1600 m v vrtačastem svetu peščenjak, ki prehaja delno v konglomeratni peščenjak. Med njim smo našli mnogo gomoljastega limonita do velikosti pesti. Najmanjši kosi so skoro popolnoma okrogli ter kažejo v preseku koncentrične kroge. Našli smo pa tudi ostrorobe oblike limonita.

Po vsem navedenem je bila rudarska ekspedicija zelo uspešna, ker smo res našli večje količine raznovrstnih železnih rud. Vseh nahajališč pa nismo mogli dokumentirati z zgodovinskimi podatki, ker so bile izdane podelitve rudarskih pravic samo za mesta, ki so bila razmeroma blizu fužinam. Gre v glavnem za okolico Koprivnika in Gorjuš, Pokljuko, vključno z Rudno dolino in Rudnim Poljem. Edino nahajališče rude izven rudarskih nahajališč na Pokljuki, za katero so bile podeljene rudarske pravice, pa smo zasledili na planini Krstenica.

Odgovorni urednik: Joža Arh dipl. inž. — Člani: Stanko Čop dipl. inž., Leon Mesarič dipl. inž., dr. inž. Marin Gabrovšek, Franc Vilman dipl. inž., Anton Grošel, Joža Kramar dipl. inž., Teodor Okrožnik, Janez Bidovec dipl. inž., Avrelj Ravnik, prof. Bratko Škrlj, Edo Zagar.

Izdajatelj: Zelezarna Jesenice — Tisk: CP »Gorenjski tisk«, Kranj 1966 — 700 izv.

Das Technische Museum der Zelezarna Jesenice gab im Verlag der Technischen Beilage der Zeitschrift »Železar« der Zelezarna Jesenice schon drei Publikationen mit wissenschaftlichen Abhandlungen über das Berg- und Eisenhüttenwesen heraus, vor allem über die antike Eisenhütten-tätigkeit in Bohinj (Wochein) und seiner näheren Umgebung, das ist auf den südlichen Abhängen der Julischen Alpen. (Im Jahre IV/1962 Nr. 2, V/1963 Nr. 2 und VI/1964 Nr. 1). In zwei dieser Editionen wurde gesondert die Materie in Verbindung mit den Versuchsschmelzungen von Bohnerz in Windöfen unter dem Berg Studor im Oberen Wocheiner Tal und zwar in den Jahren 1961 und 1962 behandelt.

Eine der Grundaufgabe des Technischen Museums der Zelezarna Jesenice ist die Erforschung der Technologie der Eisenhütten-tätigkeit in Oberkrain für jene Zeit, für welche wir keine schriftlichen Quellen haben. Als Grundlage für diese Forschungsarbeit dienten uns und dienen noch heute die archäologischen Funde, deren es eben aus dem Gebiet von Bohinj nicht wenig gibt und konnte man an Hand dieser schon die Orte der antiken Eisengewinnung bestimmen. Die geschriebenen Quellen sind leider viel jünger und reichen die ersten in das Ende des Mittelalters hinein, reicher sind sie aber erst vom 16. Jahrhundert an.

Die chemischen und die metallographischen Untersuchungen der archäologischen Eisenfunde, ebenso aber auch der Schlacken und der Endprodukte, haben uns unzweifelhaft bewiesen, dass diese aus den heimischen Erzen gewonnen oder angefertigt wurden am Ort selber beziehungsweise in der engeren Umgebung. Auf Grund dieser Analysen ist statthaft die Vermutung, dass in Bohinj Eisen schon in der späten Hallstatt- oder frühen La-Tène-Periode gewonnen wurde. Unter solchen Voraussetzungen führten wir auch zwei Versuchsschmelzungen von Eisenerz in den Windöfen auf den Stellen von umfangreicheren archäologischen Funden von Eisen und Schlacke

durch, bei welchen wir ausschliesslich heimische Materiale somit Bohnerz von den Wocheiner Bergen verwendet haben. Diese beiden Schmelzversuche haben uns jedenfalls durch Vergleiche der Analysen die Richtigkeit unserer Hypothesen bewiesen, diese wäre aber noch ausgiebiger und erfolgreicher verlaufen, wenn wir grössere Mengen von sortiertem Eisenerz — Bohnerz zur Verfügung gehabt hätten und wenn wir nicht zeitlich auf eine relativ kurze, in vorhinein bestimmte Zeit begrenzt gewesen wären.

Parallel mit diesen Untersuchungen und mit dem Studium der Technik des antiken Schmelzwesens hat das Technische Museum der Zelezarna Jesenice mit eigenen und fremden Mitarbeitern seine Forschungsarbeit auch in die Domäne des Bergwesens gerichtet, wobei uns besonders das Bohnerz interessiert, welches von den ersten Tagen bis zum Verfall des Eisenhüttenwesens in Bohinj, Ende des vorigen Jahrhunderts, die ausschliessliche Rohstoffbasis darstellte.

Zu diesem Zwecke formierten wir eine Forschungsgruppe, die in den Tagen vom 25. Juli bis zum 8. August 1963 ein ziemlich weites Gebiet der Julischen Alpen erforscht hat. Ihre Aufgaben waren vor Allem systematisch das Terrain zu untersuchen, wo nach uns bekannten Daten Eisenerz — Bohnerz für die Hochöfen in Bohinj ausgenützt wurde, die geologische Zusammensetzung des erwähnten Terrains zu untersuchen und zu diesem Zwecke möglichst viele Muster von Eisenerzen, sowie auch der Nebengesteine, Erde, Vegetation und Gewässer zu sammeln und später zu analysieren. Die zweite Aufgabe war Fundorte von grösseren Mengen von Bohnerzen, die für die weiteren Schmelzversuche in den Windöfen notwendig sind, ausfindig zu machen. Nicht zuletzt wünschte die Forschungsgruppe auf dem Terrain selbst die Stellen der Bergtätigkeit in den verflossenen Jahrhunderten zu bestimmen, die in den erhaltenen Verleihungsurkunden nur mit den Lokalnamen bestimmt sind.

Die Forschungsgruppe war folgend zusammengestellt:

Erika Grobelašek, Mineralogin, Rudniki svinca in topilnice, Mežica (Bleiberg- und Schmelzwerke),

Janez Pohar, Geologe, Fakultät für Naturwissenschaft und Technologie, Lehrstuhl für Geologie, Ljubljana,

Rado Gospodarič, Geologe, Institut für Karstforschung der Slowenischen Akademie für Wissenschaft und Kunst, Postojna,

Dr. Aleksander Rjazancev, fachlicher Mitarbeiter des Technischen Museums und Forscher der metallurgischen Geschichte von Oberkrain,

Adolf Urbanc, Chemiker, Železarna Jesenice,

Franc Torkar, Kustos im Technischen Museum der Železarna Jesenice,

Franc Ravnik, Archivar im Technischen Museum der Železarna Jesenice,

Franc Kolman, Photograph, Železarna Jesenice

Božo Pibernik, Archivar im Technischen Museum der Železarna Jesenice,

Marjan Dolinšek, Modelleur im Technischen Museum der Železarna Jesenice und ich.

Mit der getanen Terrainarbeit war selbstverständlich unsere Forschungsarbeit in den Laboratorien und in den Archiven, die zwei Jahre dauerte, noch nicht beendet. Ungezählte gewonnene Unterlagen wurden systematisch geordnet

und mit den Analysen der archäologischen Funde verglichen. Die Folgerungen dieser getätigten Untersuchungen haben die Autoren nach den Themen in den einzelnen Abhandlungen dieser Publikation behandelt. Wir sind uns bewusst, dass damit unsere Arbeit noch nicht beendet ist, da wir auf eine Reihe Fragen, die wir uns gestellt haben, noch immer keine Antwort erhalten haben, ebenso erwartet uns aber noch die Erforschung der Gebirgsgegend südlich des Wocheiner Sees und die Jelovica.

An dieser Stelle danke ich allen Teilnehmern unserer Forschungsgruppe, insbesondere aber den fachlichen Mitarbeitern unseres Museums, die auch die Autoren unserer nachfolgenden Abhandlungen sind, für ihre aufopfernde Arbeit und Hilfe mit dem Wunsche, dass sie einen Teil ihrer wissenschaftlichen Arbeit auch in Hinkunft den Untersuchungen des Berg- und Hüttenwesens in der Vergangenheit widmen werden. Ebensolchen Dank bin auch allen Mitarbeitern in den metallurgischen und chemischen Laboratorien der Železarna Jesenice, die mit aller Genauigkeit die enorme Anzahl Analysen und Untersuchungen getätigt haben, schuldig.

Nicht zuletzt gebührt der Dank der ganzen Gefolgschaft der Železarna Jesenice, der Leitung ihrer Selbstverwaltung, so wie dem Verwaltungsrat, die mit Verständnis materiell und finanziell nicht nur das Technische Museum unterstützen, sondern auch seine wissenschaftlichen Aktionen auf dem Gebiet des Studiums der Technologie des Berg- und Hüttenwesens fördern.

Miloš Magolič

* Alle Bezeichnungen der Lichtbilder und Tabellen im Text beziehen sich auf die Seiten des slowenischen Originals.

** Karte eines Teiles der Julischen Alpen mit dem eingezeichneten Weg der Forschungsgruppe, den Fundorten der Eisenerze und Entnahmen von Wasserproben Masstab 1 : 75.000.

* Vertrag, geschlossen vor dem Oberbergrichter für Krain am 3. 5. 1747, zwischen Gabriel Abraham von Werth, Hammersgewerken in Bohinj und delegierten Bergleuten über die Versorgung von Althammer mit Eisenerz. Das Original ist im Archiv des Technischen Museums der Železarna Jesenice, Fasc. I/7.

Geologische Eigenschaften der Eisenerzfundorte

Einleitung

Das Technische Museum der Eisenwerke — Zelezarna Jesenice organisierte neue Untersuchungen der Bohnerze in den Julischen Alpen, da die alten heute bloss einen geschichtlichen Wert haben. In den Jahren 1961 und 1962 erforschten die Mitarbeiter des Museums die Umgebung von Bohinj (Wochein) und andere Orte in den Julischen Alpen und wiesen auf viele Probleme über die Bedingungen des Entstehens, der Natur und den Chemismus dieser Eisenerze hin. Rjaza-n-cev (1962, 1963, 1964) beruft sich in seinen Abhandlungen auf die geologischen und morphologischen Bedingungen, die auf die Gestaltung der Bohnerze und ihrer Fundorte in den Julischen Alpen einwirkten. Er betont auch die mechanische Einwirkung des Eises und des Wassers auf die Abrundung des Erzes und auf das teilweise Sortieren der Erze in der Natur.

Es verblieben jedoch zahlreiche Probleme, die intensivere Forschungen verlangten. Deswegen organisierte das Technische Museum eine gut vorbereitete Expedition, die auf dem Plateau von Pokljuka, um den Triglav herum und auf der Komna ganze zwei Wochen verblieb. Neben Fachleuten auf dem Gebiete der Chemie, Metallurgie und Mineralogie wirkten auch die Verfasser für geologische und speläologische Untersuchungen mit. Da öfters neben abgerundeten Eisenerzen auch abgerundeter Quarzschotter vorhanden ist, wurde die Frage des Entstehens der Bohnerze für die Geologie noch besonders interessant. Mit der Lösung dieses Problems versprechen sich neue Erkenntnisse über die geologische Geschichte der Julischen Alpen und ihre Form in der Vergangenheit.

Bei dieser Gelegenheit danken wir dem Technischen Museum der Eisenwerke — Zelezarna Jesenice, welches uns die Mitwirkung an dieser interessanten Expedition ermöglichte und uns allseitig bei der Bearbeitung des umfangreichen Materials half.

Bisherige geologische Untersuchungen

Die Julischen Alpen sind wegen ihrer geologischen Geschichte und ihres Aufbaues eine sehr interessante Berggruppe. Sie wurden von zahlreichen Geologen erforscht, die ein ziemlich klares Bild über ihre Stratigraphie und Tektonik gaben. Leider sind diese Untersuchungen ziemlich alt und in manchen Belangen nicht mehr stichhältig. Des-

wegen wäre es notwendig, erneut das ganze Gebiet der Julischen Alpen zu erforschen. Eine genaue und auf mikroskopische Untersuchungen fundierte Forschungsarbeit würde vielleicht auf die zahlreichen Fragen, die noch offen geblieben sind, antworten.

Unter den ersten erforschte die Umgebung Triglavs Diener (1884), nach ihm Teller (1910), Kossmat (1913 a, 1913 b, 1924), Härtel (1920), Winkler (1923) und andere. Das Gebiet zwischen dem Triglav und Bohinj (Wochein) erforschte auch Seidel (1929). Später sind vom Triglavgebirge nur Teiluntersuchungen und einzelne Studien vorhanden.

Morphologische Studien schrieben Winkler (1923, 1936) und Rakovec (1936/37, 1951, 1958), der auch die paläogeographischen Verhältnisse des Gebietes der heutigen Julischen Alpen schilderte. Die Vereisungen erforschten Melik (1929/30) und Siferer (1953).

Die Julischen Alpen sind auf den geologischen Manuskriptkarten der Blätter Bovec (Flitsch) und Radovljica (Radmannsdorf) im Masstabe 1:75.000, die Peters schon im Jahre 1855 anfertigte, dargestellt. Später fertigte Vettters (1933) nach den geologischen Kartierungen Tellers (1900—1912), Kossmats (1913), Härtels (1920) und Ampferers (1910) die berichtigte geologische Manuskriptkarte des Blattes Radovljica an.

Geologie und Morphologie des besichtigten Gebietes

Die Julischen Alpen gehören zusammen mit den Gailtaler Alpen, Karnischen Alpen, Karawanken, Savinjske Alpe (Sanntaler Alpen), Becken von Ljubljana, Savefalten und Becken von Celje zu den südlichen Kalkalpen. Die Julischen Alpen sind im Norden am Savebruch auf die Karnischen Alpen und Karawanken aufgeschoben. Im Westen verläuft die Grenze vom Kanaltal gegen Süden an der Fella, längs des Eisernen Kanals (Canal del Ferro) und des Tagliamento. Diese Grenze ist orographisch sehr ausgedrückt, vom geologischen Standpunkt ist sie konventionell, da sich die Alpen von beiden Seiten weder stratigraphisch noch tektonisch untereinander unterscheiden. Im Süden reichen die Julischen Alpen bis zur Kanin- und Krn-Kobla-Dislokation, während ihre Ostgrenze die Brüche am Rande von Jelovica bilden, die sie vom Sora- und Savetal trennen (Rakovec, 1956).

Bei der Erforschung der Bohnerze beschränkten wir uns im Jahre 1963 auf die Triglav-Gruppe, das Pokljuka-Plateau im Osten, bis zur Komna im Westen, bis zum Triglav im Norden und Bohinj im Süden. Die geologische Beschreibung wird sich vor allem auf dieses Gebiet beschränken und nur jene Daten geben, die für die Kenntnis der Bohnerzfundorte bedeutsam zu sein scheinen.

Stratigraphische Daten

Der überwiegende Teil der Julischen Alpen besteht aus obertriasischem Dachsteinkalk. Das sind dicke massive, geschichtete oder ungeschichtete Riffkalke, die viel Muscheln aus der Familie *Megalodus* und zahlreiche andere Fossilien wie verschiedene Korallen, Schnecken usw. enthalten. Die Kalksteine sind weiss, hellgrau oder rosig und sehr dicht. Sie werden von mit Kalzit und Limonit angefüllten Äderchen durchzogen. Stellenweise sind im Kalkstein auch Hornsteinklumpen eingeschlossen. Dieses Silikatmaterial wurde aus den Mitteltrias-Gesteinen, die während der Vulkanausbrüche entstanden sind, umsedimentiert. Älter als die Dachsteinkalke sind die mitteltriassischen Kalksteine und Dolomite, die von allen bisherigen Forschern in den Julischen Alpen erwähnt werden, wenn sie auch niemand von den Kalksteinen der oberen Trias abgeschieden hat. Es scheint, dass wir überall dort, wo sich Dolomitschichten zwischen den Kalkschichten befinden, auf mitteltriassisches Alter rechnen können (z. B. Krstenica, Klek), weil in der ganzen Entwicklung der Dachsteinkalke, die im Tunnel von Bohinj angebohrt wurden, K o s s m a t (1907) keine Dolomitschichten gefunden hat. Eine genauere Abgrenzung der mitteltriassischen Schichten von den obertriassischen wäre nur mittels der Mikrofauna möglich. Es ist interessant, dass neben den erwähnten Gesteinen in der Nähe des Triglav und bei der Vodnikhütte auf der Alm Velopolje auch Wengenschichten (Seidel 1929) entwickelt sind. Zwischen diesen Schichten sind grünliche Quarzsandsteine (pietra verde) vulkanischen Ursprungs, die vulkanisches Wirken in der Mitteltrias auf dem Gebiet der Julischen Alpen und der benachbarten Landschaft beweisen (Rakovec 1946). Melik (1929/30) erwähnt zwischen dem Moränenmaterial vom Mrzli Studenec grüne Porphyre und fragt sich, woher die gekommen seien. Auch bei unseren Untersuchungen bemerkten wir grüne Quarzsandsteine auf der Alm Jezero. Alles deutet darauf hin, dass diese Stücke aus dem Wengenalter stammen. Wir könnten sie irgendwo auf den Kämmen des Draški Vrh, Klečica, Mišelski Vrh oder Zlatna finden.

Noch älter als die Mitteltrias sind die Untertrias-Werfenerschichten. In diese Gruppe gehören die undurchlässigen Schiefer- und Kalksteinschichten von Velo Polje und Vernar, wo sie unter der Decke der Kalksteine und Dolomite hervorragen. Seidel (1929) meint, dass auf diesen wasserdichten Schichten auch einige andere Al-

men liegen, wie z. B. Konjska Planina, Planina v Lazu und Planina Blato.

Im Ostteile der Julischen Alpen gibt es keine offenen paläozoischen Gesteine, ausser bei Bled und Bohinjska Bela sowie bei Kranjska Gora. Sie befinden sich aber jenseits des Saveflusses in den Karawanken und im Süden in den Bergen um Škofja Loka.

Über den Dachsteinkalken liegen diskordierend Juraschichten aus dem oberen Lias, Dogger und Malm. Wir finden sie an der südlichen Grenze der Julischen Alpen jenseits des Kammes von Bohinj, auf der Nordseite des Sees von Bohinj bei Češnjica, einzelne Flecken aber auf der Pokljuka, Jelovica und im Tal der Triglavseen. Die Liasschichten sind aus am Ufer entstandenen gestreiften Mergeln, braunen Kalkmergeln und geschichtetem Kalkstein zusammengesetzt. Auf Pokljuka finden wir sie südlich von Mrzli Studenec und bei Rudna Dolina, sie liegen aber auch um Gorjuše, Černica und Babna Gora herum. Sie sind überall vom Moränengeröll und Sand dick überdeckt. Rote Malm-Kalksteine und Mergel befinden sich auf der Alm Viševnik, südlich von Dedno Polje und im Tal der Triglavseen. Weil diese Gesteine wasserundurchlässig sind, erhielten sich hier nach dem Zurückweichen der Diluvial — Gletscher die Triglavseen.

Im Gebiet der Julischen Alpen sind keine Gesteine aus der Kreideformation vertreten.

Von den tertiären Gesteinen kennen wir Oligocän-Konglomerat- und Mergelschichten bei Bohinjska Bistrica. Bis hierher reichte damals die Bucht des Pannonischen Meeres.

Ungebundene geröllige, sandige und tonige Sedimente wurden während des Pleistocän im Triglavgebirge von den Gletschern abgelagert. Gut erhaltene Moränen haben wir auf Pokljuka und um Gorjuše herum (Melik, 1929/30, Šifrer, 1953). Šifrer stellte auf Pokljuka Stirn- und Seitenmoränen von Gletschern fest, die bis zu den Umgebungskämmen der Klečica, des Debeli Vrh, der Lipanca und Viševnikalm bis zum Mrzli Studenec, Lepa Kopišča, Rudna dolina und Rudno polje ge- reicht haben. Die Gletscherflüsse trugen das Moränenmaterial in die niedereren Gebiete ab, das zurückweichende Eis hinterliess aber Rand- und Grundmoränen. Der überwiegende Teil der Moränen entstand während der letzten Würmvereisung.

Auch der Gletscher von Bohinj, der zwar den Grossteil des Materials an der Wocheiner Save bis Radovljica ablagerte (Melik, 1929/30), reichte mit dem kürzeren Arm bis nach Gorjuše und näherte sich bei Mrzli Studenec sowie bei Praprotnica stark den weniger umfangreichen Gletschern der Pokljuka. Zum Material des Gletschers von Bohinj gehört der fliessende Quarzsand im Naturschacht Aušterlovc auf Gorjuše. (Bild auf Seite 16 des slov. Originals)

Das Moränenmaterial wurde auch in der Postwürm-Periode abgelagert. Die Gletscher wichen in den drei Interstadialen jedesmal um 300 Höhen-

meter zurück, bis sie die heutige Scheidegrenze des ewigen Schnees unter dem Triglav auf 2400 Meter Höhe erreicht haben (Melik, 1929/30). Das zurückweichende Eis hinterliess immer weniger Moränenmaterial, weil es nicht mehr so umfangreiche Sammelstellen wie früher besass. Diese bescheidenen Moränenreste wurden noch vom Niederschlagswasser durch Korrosion entfernt, so dass sie sich nur selten erhalten haben (z. B. auf Dedno Polje und auf der Alm pri Jezeru). Fluvio-glaziales Material hat sich aber wahrscheinlich in der Grube auf der Alm Viševnik erhalten. Der Anfangsarbeit des Würm-Postglazials gehören wahrscheinlich auch die Seenschichten an wie: Sand und Schotter auf Koprivnik, Seeton in Obergorjuše und Seensediment auf Pokljuka-Mlake (Rakovec, 1956).

Tektonische Verhältnisse

Nachdem sich die Julischen Alpen zu Ende der Juraperiode ganz aus dem Meere gehoben haben, aber auch schon während des Absetzens der Jura- und Triasgesteine selbst, kann man in der geologischen Zusammensetzung der Gesteine eine lebhaft einwirkende der bergbildenden Kräfte erkennen. In der Triasperiode wirkten sich diese Kräfte in Lavaergüssen aus den Vulkanen auf den nachbarlichen Oberflächen und in unterseeischen Eruptionen aus. Den Triasvulkanismus beweisen Porphyre auf Jelovica, tuffartige Sandsteine über der oberen Krma und andere Fundstätten der durchgebrochenen Gesteine und ihrer Tuffe in den Nachbargebieten (Kamniške Alpe, Karawanken).

In der Kreidezeit, besonders aber in der Tertiärperiode, entstanden in der Orogenese der Alpen zahlreiche Falten, Überschiebungen und andere Brüche, die wir in den ganzen Julischen Alpen beobachten können. Im westlichen Teil sind die Falten von Westen gegen Osten gerichtet, im östlichen Teil verlaufen aber die Schichten wegen des Übergangs in die Dinariden und wegen zahlreichen Brüchen gegen Nordosten und Südosten.

Die Julischen Alpen teilen wir in den östlichen und westlichen Teil. Die Grenze zwischen den beiden verläuft an der Dislokation von Mojstrovka, die sich von der Einmündung der Belca in die Save zieht, überschreitet das Tal der Velika Pišenca und geht weiter gegen Westen, wendet sich dann am Ostabhang des Kammes zwischen der Mala und Velika Pišenca gegen Süden und geht dann über den Vršič-Sattel bis zum Becken von Bovec. Östlich von Bovec wendet sich der Bruch im scharfen Winkel gegen Südosten, wo er unter den Wänden der Berge Javoršček — Krn durch das Quellgebiet der Tolminka und am Südaabhäng der Kobla verläuft. Bei dieser Dislokation trennte sich der Ostteil der Julischen Alpen vollkommen vom Westteil. Parallel mit dem Bruch von Mojstrovka verlaufen die Brüche im Vratatal und in der Krma. Der Bruch

in der Krma begrenzt schon die Nordseite der sogenannten Zlatna-Platte. Der Westrand dieser Platte verläuft am Tal der Triglavseen vorbei, auf der Südseite aber an Viševnik, Srednja Vas und Gorjuše vorbei. Hier ist der Rand am Bruch gegen Nordwesten versetzt und verläuft erst von Mrzli Studenc gegen Nordosten an Zatrnik vorbei in das Savetal bei Dobrava. Den ganzen Rand der Zlatna-Platte begleiten Lappen von Juragesteinen. Die Zlatna-Platte ist in zwei Teile geteilt und verläuft der Bruch von Gorjuše gegen Nordwesten auf Mesnovec und Rudno Polje und weiter auf Konjska Planina.

Winkler (1923) scheint, vom tektonischen Standpunkt aus gesehen, die Gliederung der Julischen Alpen in der Längsrichtung in drei Teile richtiger: in die nördliche karbonische-untertriassische Antiklinale längs des Kanal- und Savetales, in das gefaltete System der Trias der mittleren Julischen Alpen und die schuppenartig gebaute äussere Julische Zone im Süden. Die letztere ist von den beiden ersten Teilen durch die Kanin- und Krn—Kobla—Dislokation getrennt und gehört deswegen nicht zu den richtigen Julischen Alpen.

Während in den westlichen Julischen Alpen die Falten vorherrschen (vier Antiklinalen und drei Sinklinalen), die sich von Westen nach Osten ziehen und teilweise verworfen, teilweise gegen Norden und Süden aufgeschoben sind, stellen die östlichen Julischen Alpen eine riesige, seichte und durch zahlreiche Dislokationen stark deformierte Sinklinale dar. Die Sinklinale verbreitet sich vom Becken von Bovec immer mehr gegen Osten. Auf ihrem Nordflügel erhebt sich der Gipfel des Triglav, am südlichen aber der Bogatin und der Kamm der Wocheiner Berge (Rakovec, 1956).

Alle bisherigen Forscher meinen, dass die Brüche in den Julischen Alpen einen Aufschiebungscharakter haben. Der Ostteil der Julischen Alpen schob sich auf den Westteil an der Bruchlinie von Mojstrovka, am Savebruch auf die Savinjske Alpe (Sanntaler Alpen) und Karawanken auf. Die Dachsteinkalke schoben sich auf die Juraschichten auch an der Krn—Kobla—Dislokation auf. Sogar im Ostteil selbst kam es zu Aufschiebungen gegen Westen, was einen stufen- oder schuppenartigen Aufbau schuf (Rakovec, 1956).

Die östlichste Schuppe ist die schon erwähnte Zlatna—Platte, welche die bedeutsamste tektonische Einheit der Julischen Alpen darstellt. Ihre Lage ist noch bis heute nicht durchwegs geklärt. Die grösste Beachtung findet die Theorie Kossmat's. Er meint, dass die Dachsteinkalke bei schiefen Brüchen aus dem einheitlichen Komplex ausgesprungen sind und sich auf die nachbarlichen Juraschichten aufgeschoben haben, die auf diese Art von der Denudation verschont wurden. Winkler (1923) vertritt die Ansicht, dass der ursprüngliche Fundort der Zlatna—Platte auf der Karawankenseite gelegen ist und die tektonischen Kräfte sie im Tertiär an die heutige Stelle geschoben haben. Die dritte Erklärung gab Seidel

(1929), welcher meint, dass sie überhaupt keinen Transport durchgemacht hat, sondern dass sich vom Süden unter sie Jura und andere Schichten geschoben haben. Das Problem der Zlatna—Platte ist gleichzeitig auch das Problem aller Fundstätten der Bohnerze, da sich ja auf dieser tektonischen Scholle die reichsten Fundstätten befinden, z. B. in Rudna Dolina, auf Rudno Polje, Medvedec, Krstenica, Viševnik und Dedno Polje.

Paläogeographische Daten

Nach den Gesteinen und dem tektonischen Aufbau kann man ungefähr das geographische Bild der Julischen Alpen in der geologischen Geschichte erkennen. Dieses Bild ist umso mehr glaubwürdig, je näher es an die heutige Zeit heranreicht.

Das Gebiet der heutigen Julischen Alpen war im Paläozoikum und Mesozoikum ein Teil der sogenannten Thetis, das ist einer grossen Meeresmulde oder Geosinklinalen, die sich von Spanien bis Ostasien ausdehnte und die damaligen Gebiete von Nordeuropa von der Afrikanischen Platte am Äquator trennte. In der Geosinklinalen lagerten sich die Sedimente ab, aus welchen die Alpen und übrigen jüngeren Gebirge in Europa und Asien zusammengesetzt sind (Pyrenäen, Apenninen, Dinariden, Kaukasus, Himalaja u. s. w.).

Nach den Sedimenten aus der Umgebung der Julischen Alpen können wir schliessen, dass um den Triglav herum im paläozoischen Zeitalter kein Festland, sondern alles vom Meer überdeckt war. Dieses setzte sich auch in der Trias vor ungefähr 160 Millionen Jahren fort. Zuerst lagerten sich die Werfener Sedimente ab, die für ein seichtes Meer und Ufernähe charakteristisch sind, ober ihnen die Kalke und Dolomite der mittleren Trias. Die Sedimentation wurde öfters durch Vulkan- ausbrüche unterbrochen. Die Vulkane befanden sich auf kleinen Inseln, zu Lavaausbrüchen kam es auch unterseeisch, wo sich die vulkanische Asche weit nieder setzte. Im mittleren, noch mehr aber im oberen Trias, als die Dachsteinkalke entstanden, senkte sich der Meeresgrund langsam, jedoch ununterbrochen. Nur auf diese Art können wir uns die grosse Dicke des Dachsteinkalkes erklären, welche in der Triglavnordwand über 1600 Meter beträgt.

Vom östlichen Teil der Julischen Alpen zog sich das Meer zu Beginn der Juraperiode vor 130 Millionen Jahren zurück. Das Festland war den Denudationskräften des Klimas ausgesetzt, welches aber ziemlich wärmer war als das heutige. Das Südufer des Festlandes verlief von Bovec gegen das Krško Polje, das Nordufer aber jenseits der Karawanken. Der Streifen des Festlandes verlief gegen Südosten, während gegen Nordwesten noch offenes Meer bestand. In der unteren Juraperiode war auch das Gebiet des heutigen Bohinj und der Pokljuka unter Wasser, was die Mergel- und Kalksedimente der mittleren Lias bezeugen. Das Festland hob sich nicht hoch über

das Meer, auch in den folgenden Juraperioden nicht. Im Malm kam es sogar zur neuerlichen Transgression des Meeres, was die roten Kalke und Mergel im Tal der Triglavseen, südlich von Dedno Polje und auf der Alm Viševnik bezeugen. Im übrigen zeigte sich aber schon damals die allgemeine Tendenz der Gebietshebung, die besonders in der Kreideperiode zur Geltung kam. Von der Kreideperiode bis heute waren die Julischen Alpen nie mehr zur Gänze vom Meer bedeckt. In der Kreidezeit bildeten sie eine Insel mitten im Meer unweit des nächsten Festlandes im Gebiet der heutigen bosnischen Berge. Zur Vereinigung der beiden kam es vor 50 Millionen Jahren am Übergang von der Kreide- in die Tertiärperiode.

Zu Beginn des Tertiärs begannen die bergbildenden Kräfte sich zu beleben, die allmählich den Grossteil Sloweniens über das Meer gehoben haben. Es kam zu Faltungen und Brüchen der Gesteinspakete. Mächtig waren die Verschiebungen in der Oligocänperiode, als sich das Meer aus der pannonischen Richtung für kurze Zeit bei Bohinj sehr den heutigen Alpen näherte. Die Alpen sahen damals als eine niedrige Uferlandschaft aus. Die Flüsse haben zu Beginn weniger, mit dem Rückzug des Meeres gegen Osten aber immer mehr ihre Flussbette in das flache Festland eingeschnitten und trugen das Gesteinsmaterial in das Meer. Vielleicht begann nach der Hypothese von Winkler eben in diesem Zeitalter die Zlatna—Platte ihren Weg aus den Karawanken auf die Julischen Alpen. Jede Verschiebung der Schichten von Norden nach Süden, was auch für den eventuellen Transport der Bohnerze gilt, konnte nur im Oligocän oder früher geschehen, denn die bisher einheitlichen Julischen und Sanntaler Alpen sowie Karawanken trennten sich am Savebruch voneinander nach dieser Periode. Im Miocän bestand noch die Verbindung mit den westlichen Julischen Alpen, die aber knapp vor Eintritt des Pliocän unterbrochen wurde.

An den Brüchen schoben sich einzelne Schollen eine auf die andere, gleichzeitig aber begannen da die Flüsse ihre Flussbette einzuschneiden. Damit wurde ein Relief geschaffen, das immer mehr dem heutigen ähnlich war. Die Flüsse flossen am Festland von Westen gegen Osten in das Pannonische Meer, oder nach Süden in das Adriatische Meer. Ihr Gefälle vergrösserten sie im Pliocän, als das Festland von Europa und damit auch unsere Länder fast den heutigen Umfang erreichten.

Die Flusserosion hinterliess in den Julischen Alpen mehrere Niveaus, welche Zeiträume mehr seitlichen als vertikalen Erodierens vorstellen; d. h. das Festland hob sich langsamer über den Meeresspiegel.

Die älteste Fläche ist um den Triglav (ca. 2500 m), die gegen Süden alle Höhen über 1850 m umfasst. Die Reste dieser Fläche sehen wir noch nördlich und westlich des Triglav. Während sich die obere Fläche gegen Süden und Norden senkte (Rakovec, 1936/37), breitete sie sich gegen

Westen fast in der gleichen Höhe aus (Winkler, 1957). Die Verebnung geschah in der zweiten Hälfte des Miocäns und dehnte sich bis zu den Zentralkalkalpen aus. Von dort konnten die Flüsse Schotter auch in Form von Bohnerzen herantragen und sie auf der Kalkoberfläche in der Nähe des Miocänmeeres bei Radovljica ablegen. Das war die letzte Möglichkeit, dass die Bohnerze vom Westen gekommen wären, weil das Pliocänrelief der Julischen Alpen dies nicht mehr zulies.

Der Verebnung zu Ende der Miocänperiode folgte ein Zeitalter längerer Ruhe im Pliocän, als die Hochflächen Komna, Jelovica, Pokljuka und Mežaklja entstanden sind. Jedoch kann man nach einzelnen Niveaus auf kurzzeitige Zwischenhebungen einzelner Teile der Hochflächen schliessen. So hoben sich auf der Pokljuka schneller der nördliche und südliche Teil, während der Mittelteil zurückblieb. In diesen mittleren Teil flossen die Oberflächenbäche zusammen, die sich aber wegen der Verkarstung bald unterirdisch verloren. Aus dem höherem Randgebiet kamen hierher auch Gletschermassen mit viel Moränenmaterial. Allerdings bildeten sich noch vor Eintritt der Eiszeit Niveaus zwischen den erwähnten Hochflächen und der Niederung (z. B. auf der Höhe von 1000 m, 750 m. u. s. w.).

Fundstätten der Bohnerze

Der Versuch, die Fundstätten der Eisenerze nach ihrem Auftreten in den Moränen, Abgründen, Karsttrichtern und auf felsigem Untergrund zu klassifizieren, gab nicht den gewünschten Erfolg. Die chemischen und mineralogischen Analysen zeigten nämlich, dass es sich um sogenannte sekundäre Sedimentierzstätten handelt, die von der verschieden geformten Oberfläche und geologischer Zusammensetzung der Unterlage unabhängig sind. Deswegen beschrieben wir die Eisenfundstätten und die Erzmuster in einer solchen Reihenfolge, wie wir sie vom ersten bis zum letzten Tag der Forschungsreise im Jahre 1963 gefunden haben. Zuerst beschrieben wir die Fundstätten auf der Pokljuka, sodann die von Velo Polje bis Dedno Polje und am Schlusse noch die um den Triglav herum und auf der Komna.

Beim Sammeln des Materials haben wir ganz besonders auf die geologische Umgebung, wo die Bohnerze, Pseudomorphosen und stückige Erze gefunden wurden, unser Augenmerk gerichtet. Diese drei Erzformen sind die häufigsten. Zu den Bohnerzen zählten wir alle geglätteten und polierten Stücke, zu den Pseudomorphosen aber jenes Erz, bei welchem makroskopisch die Krystallform zu sehen war. Das stückige Erz hatte unregelmässige Formen und ist nicht gerundet. Diese Trennung ist aber nur visuell, da wir tatsächlich alle möglichen Erzformen gefunden haben und auch die mineralogische sowie die chemische Untersuchung gezeigt haben, dass wir bei dieser Klassifikation sehr vorsichtig sein müssen. Neben den Erzen die wir in den Moränen, Schächten

und auf der Felsunterlage ausserhalb des Moränenmaterials sammelten, analysierten wir auch die Erde, die Fichten- sowie Tannennadeln zahlreicher Erzfundstätten, damit wir eine eventuelle Verbindung des Erzes mit der Umgebung feststellen könnten. Die gleiche Bedeutung hatten auch die chemischen Analysen des Wassers und des Schnees.

Die Fundstätten beschrieben wir als ein Ganzes mit allen geologischen, pedologischen, speleologischen und anderen Besonderheiten, wobei vor allem die makroskopische Ansicht des ganzen Musters berücksichtigt wurde. In den Tabellen zeigten wir die hauptsächlichsten chemischen Bestandteile der verschiedenen Erzformen von den gleichen Fundstätten mit der Absicht, durch Vergleich ihre Verbindung untereinander festzustellen. Besondere Aufmerksamkeit widmeten wir der Abrundung, die eine der wichtigsten Eigenschaften zur Feststellung des Erzursprunges ist.

Leider ist das Bild der Fundstätten auf Grund der beschriebenen Muster etwas unvollkommen. Wir bemusterten nämlich nicht alle Erze vom Anfang der Reihe nach, sondern suchten nur schönere Bohnerze, Pseudomorphosen und stückige Erze jeder Fundstätte aus. Weil ausserdem ein Teil der Muster auch für chemische, mineralogische und physikalische Analysen gebraucht wurde, können uns unsere Beschreibungen der Eisenfundstätten vor allem auf zwei wichtige Fragen nicht antworten: wie gross ist der Koeffizient der Abrundung von Bohnerzen in den einzelnen Fundstätten und welches ist das Granulationsverhältnis der Grösse einzelner Muster.

Erklärung der Tabellen chemischer Analysen:

Bobovec	= Bohnerz
Pseudomorfoze	= Pseudomorphosen
Kos. ruda	= stückiges Erz
Zemlja	= Erde
Iglice	= Nadeln

Fundstätte Berjanca

Die Fundstätten sind im Gebiet von Rečiška Planina, Berjanca und Veliko Voklo (Muster 1, 2, 3). Das Eisenerz tritt in Form von Bohnerzen, Pseudomorphosen und stückigem Erz auf. Wir finden es verstreut auf der Felsunterlage zusammen mit Splintern von Hornstein und etwas Humus, sowie in den lehmigen Auffüllungen der Täler. Auf Felsunterlage befindet sich das Eisenerz am Abhang von Kokošinjca (1396 m) östlich von Rečiška Planina, in den lehmigen Ausfüllungen der Täler aber an den Fahrwegen auf der Alm Berjanca und im Sattel zwischen den Koten 1331 m und 1355 m. Die Unterlage bildet Dachsteinkalk der oberen Trias, der sehr reich an Hornsteinknollen ist. Dazwischen sind häufig Kalkbreccien eingeschlossen, die durch Kalkbindemittel zusammengeklebt sind. Vor Rečiška Planina stiessen wir auf entblösste Juraschichten. In

der lehmigen und Humuserde gibt es viele Hornsteinsplitter, die sich erhalten haben, während der Dachsteinkalk korrodiert ist. Nach S i f r e r (1953) gibt es auf dem erwähnten Gebiet um Kokošinja kein Moränenmaterial.

Muster 1. Die Bohnerze sind stark flachgerundet und auch frisch abgebröckelt. Sie sind dicht und homogen. In der Grösse erreichen sie 1,5 cm und haben einen braunen Ritz. Die Pseudomorphose und stückiges Erz sind unregelmässig geformt, es sind jedoch keine scharfen Ränder vorhanden, aber auch kein solcher Grad der Abrundung ist zu bemerken, wie diese die Bohnerze haben. Von den Bohnerzen werden sie hauptsächlich darnach unterschieden, dass sie keine Oberflächenpolitur haben. Sehr häufig ritzen sie Stahl, was auf das Beisein von Quarz und ziemliche Härte deutet. Mit dem gleichen Stück können wir gleichzeitig einen hellbraunen und roten Strich machen. Im Bruch unterscheiden sich die übrigen Stücke von den Bohnerzen durch die mehr bräunlichere Farbe und poröse sowie strahlenförmige Zusammensetzung der heterogenen Materie.

Muster 2. Im Muster sind keine Bohnerze, wohl aber Pseudomorphosen nach Pyrit und Markasit vorhanden. Die Pyritkryställchen halten sich an die strahlenförmigen Pseudomorphosen von Markasit. Ein längliches Exemplar von 1 cm Länge zeigt auf der einen Seite Krystalle von verändertem Pyrit, auf der anderen Seite aber eine glatte polierte Oberfläche mit ähnlichem Glanz, wie wir diesen bei Bohnerzen bemerken. Den Bohnerzen ähnlich ist auch dessen Inneres. Die Materie ritzt teilweise Stahl, teilweise aber hinterlässt sie einen braunen Strich. Das gefundene stückige Erz erreicht eine Grösse von 5 cm, jedoch zeigen die scharfen Ränder, dass es sich um zerbrochene Stücke handelt und ist somit die richtige Grösse noch bedeutender. Die unregelmässigen Stücke haben einige abgebrochene Oberflächen, die stark oxydiert sind (hellbraune Farbe), während das Innere porös ist und hellbraune Flecken im dunklen Grund besitzt (Ansicht von Limoniterz). An den teilweise abgebröckelten Flächen und auch rauhen Teilen, die der Verwitterung mehr unterworfen sind, bemerken wir parallele, sehr dünne Verbindungslinien. Diese machen den Eindruck der Schichtigkeit, stellenweise sogar der kreuzweisen Flötzigkeit. Möglicherweise handelt es sich hierbei um mechanisch verursachte Ritze (von Hornsteinen, Grundmoräne). Nach den physikalischen Eigenschaften der Erze schliessen wir, dass sie an den jetzigen Fundort von anderswo hergekommen sind.

Chemische Analyse der Muster Berjanca (Tabelle Seite 11).

Die Bohnerze und die übrigen Eisenerze haben ungefähr den gleichen Gehalt an Eisen, ärmer ist nur das Erz von Veliko Voklo. Aus der Analyse ist ersichtlich, dass vor allem eine grosse Menge Kieselsäure in der Erde bzw. im Lehm auftritt,

was auch die Feststellung bestätigt, dass die Dachsteinkalke um Berjanca herum zahlreiche Hornsteinknollen enthalten. Zwei untersuchte Stücke von Hornstein hatten einen SiO_2 — Gehalt von über 90 %.

Auch in den Fichtennadeln von Berjanca und Veliko Voklo gibt es eine grosse Menge Kieselsäure, die zusammen mit Kalzit das Skelet der Nadeln aufbaut. Der Kieselsäuregehalt ist von der Unterlage abhängig, wo die Fichten wachsen. Wo die Erde einen grösseren Kieselsäuregehalt hat, dort gibt es ihn auch mehr in den Nadeln.

Das Berjancagebiet ist von den untersuchten Gegenden das reichste an Quarz. Das dürfte die Vermutung von R j a z a n c e v bestätigen, dass die alten Eisenhüttenleute die Hornsteine aus diesem Gebiet zur Herabsetzung des Schmelzpunktes von Bohnerzen in den Windöfen gebraucht haben. Eine andere Merkwürdigkeit ist der hohe Gehalt an P_2O_5 in den Bohnerzen, Pseudomorphosen und stückigen Erzen, während sich dieser in der Erde und in den Nadeln nicht über den Durchschnitt erhebt. Qualitativ ist dieses Erz somit für die Gewinnung von Eisen nicht besonders günstig.

Fundstätte Jerebikovec

Zwischen Mrzli Studenec und der Alm Javornik erheben sich über das ziemlich ebene Terrain mehrere Hügel (Koten 1355 m, 1368 m, 1359 m), die das Gebiet von Jerebikovec bilden. Die Hügel, ringsherum von Moränen der letzten Vereisung umgeben, sind aus Dachsteinkalk gebaut.

Skizze des Schachtes bei Jerebikovec (Kote 1355 m) (Bild Seite 12 linke Kolonne).

Im Sattel zwischen den Koten 1368 m und 1355 m ist ein senkrechter Karstabgrund. Er ist mit Fichtenstämmen so verbaut, dass man nur eine Tiefe von 7 m erreichen kann, obzwar alles zeigt, dass sich der Abgrund noch um wenigstens 5 oder mehr m vertieft. Es gibt hier keine Anzeichen dafür, dass hier je Erz geschürft wurde. Die Holzleiter, die an der Westwand lehnt, stammt aus den Zeiten der Partisanen. Nach Erzählung der Einheimischen hatten die Partisanen im Abgrund ihren Kühlraum. Am Abgrund ist eine kleine Verflachung, wo die Erde stark sauer ist.

Skizze des Schachtes auf Jerebikovec (Kote 1368 m) (Bild Seite 12 rechte Kolonne)

Ein Karstabgrund ist auch an der Höhe der Kote 1368 m. Der Abgrund ist 8 m tief und hat einen Eingang von 4×3 m. Wir bemerkten keine Anzeichen von Erzschürfung. In der Umgebung des Abgrundes ist ein stark breccienhaltiger Dachsteinkalk, das Bindemittel zwischen den Teilchen ist limonitisiert.

Erst nördlich von der erwähnten Kote, auf einer Höhe von ca. 1300 m, fanden wir einzelne Bohnerze und stückiges Erz dort, wo die Moräne den Felsuntergrund zu überdecken beginnt. Die Moräne wurde durch einen Gletscher von Debela Peč herangebracht (S i f r e r, 1952).

Tabelle der chemischen Analyse der Muster von Jerebikovec (Seite 12)

Auffallend ist der hohe Gehalt von Kieselsäure in der Erde. Das Muster ist stark ähnlich jenem von Berjanca. Möglicherweise kommt der Kieselsäuregehalt aus den Hornsteinen, wir haben sie jedoch in der näheren Umgebung bisher noch nicht festgestellt. Interessant ist auch die Tatsache, dass die Fichtennadeln einen sehr hohen Gehalt an P_2O_5 haben, während dieser in den Pseudomorphosen und in der Erde die üblichen Mengen nicht übersteigt.

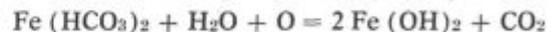
Fundstätte Medvedovec

Nördlich von der Alm Javornik führt der Weg auf Lipanca. Im ersten Teil des Weges, wo der Dachsteinkalk noch die Grundmoräne des Gletschers von Lipanca überdeckt, ist ein sehr reicher Fundort von Erz, der den Fundstätten von Müller »V Medvedovci« und »Za Medvedovcem« entsprechen dürfte. Auf beiden Seiten des Weges sind trichterförmige Löcher mit einer Tiefe von ca. 1 m erhalten. Alles ist umgegraben, was auf alte Bergarbeit weist. Überall bekommen wir einzelne Stücke verschiedenartigen Erzes, am meisten aber bekommt man es am Tümpel in der Höhe von 1330 m, wo wahrscheinlich die alte Erzwäsche war. Die Moräne ist aus kantigen Stücken verschiedenfarbigen Kalksteines und einiger Hornsteine zusammengesetzt, dazwischen gibt es aber ziemlich viel lockeren Lehm und fetten Ton. Mit diesem Material ist das verschiedenartige Erz vermischt. Wir gruben auch eine Gruppe von Kalzitkrystallen aus, die verwittert und mit Eisen durchdrungen sind. Sie ähneln dem Kalksinter. Erz bekommen wir auch in der Nähe von Medvedova Konta. Hier überdeckt die Moräne noch immer die Dachsteinkalke, gegen Norden auf der Höhe von 1400 m gibt es sie aber nicht mehr. In der Fundstätte gibt es gerundete Bohnerze, stückige Erze und Pseudomorphosen. Die eckigen Stücke sind Absplitterungen. Die Bohnerze und auch teilweise die Pseudomorphosen (nur an den Krystallflächen) haben eine polierte Oberfläche, die übrigen Erze haben aber eine matte Ansicht ohne Glanz. Die Grösse der Stücke ändert sich von einigen mm (Bohnerze) bis 5 cm (stückige Erze und Pseudomorphosen). Nach Farbe der Ritze ist das Material aus Limonit (hellbrauner Strich) und Hämatit (roter Strich) zusammengesetzt. Interessant ist der Fund eines faustgrossen und gerundeten Stückes von Konglomerat, das nicht allzufest zusammengeklebt ist. Das Bindemittel ist kalkig und reagiert stark mit Salzsäure. Man sieht die Porosität; feine Krystalle von Kalzit verwachsen die kleinen Löcher. Das Bindemittel ist bräunlich, was auf Limonitisierung deutet. Gleichmässig grosse Einschlüsse sind stark gerundet; eine Ausnahme bilden nur die weissen Quarzkörner, die mehr kantig sind. Den überwiegenden Teil der Einschlüsse setzen braunrote Schotter zusammen, die an der Zunge kleben und auf Salz-

säure nicht reagieren. Wir schliessen, dass es sich um Bauxit handelt, trotzdem einige Schotter auch körnige Ansicht von Quarzsandsteinen haben. Im Konglomerat finden wir auch gerundete Bohnerze in Hirsegrösse.

Die angeführten Eigenschaften des Konglomerats lassen die Vermutung zu, dass die Schotter in das Konglomerat in der Grundmoräne selbst zusammengeklebt wurden. Wahrscheinlicher ist es aber, dass der Gletscher das Konglomerat mitgebracht hat. Es stellt sich die Frage, woher die überwiegenden Bauxitschotter des Konglomerats als Zusammensetzung stammen. Können wir es vielleicht mit dem Silikatmaterial von Komna vergleichen, welches auch teilweise durch Kalkbindemittel zusammengeklebt ist? Auch auf Komna ist der Unterschied der Schotterzusammensetzung ziemlich gross. Während wir auf Spodnja Komna (Muster 43) überwiegend ungebundenes Silikatmaterial haben (feiner Sand, weisser und färbiger Quarz, Hornstein, Lydit, verschiedene Quarzsandsteine), das nur auf der Oberfläche mittels Kalkbindemittel in eine dünne Kruste zusammengeklebt ist, haben wir auf Lepa Komna (Muster 44) braunen dichten Sandstein mit Kalkbindemittel, der teilweise in sandiges Konglomerat übergeht.

In der Moräne finden wir noch eine andere Art von Konglomerat. Dieses vereinigt grössere Stücke Bohnerz und anderes Eisenerz sowie Kalksteinstücke. Alles ist durch poröses Limonitbindemittel durchsetzt. Diese Erscheinung kann man vielleicht durch den Verkarstungsprozess erklären, welchem auch die Moräne ausgesetzt ist. In der lockeren Materie kommt das Wasser noch besonders schnell in Verbindung mit den karbonatischen Bestandteilen. Auf der einen Seite löst das Wasser die Karbonate (vor allem Kalkstein), auf der anderen Seite setzt es aber diese in Form von Sinter, welcher durch Eisenoxyde stark durchsetzt ist (Stanov, 1959), ab. Der chemische Prozess dürfte nach der nachstehenden Formel vor sich gehen:



Der Charakter des Konglomerats und die Abrundung der Bohnerze zeigen deutlich auf sekundäre Zusammenklebung in der Moräne.

Bauer (1955) beschreibt das Konglomerat aus der Mammuthöhle im Dachstein bei Obertraun. Das beschriebene Beispiel setzt sich aus gut gerundetem Schotter verschiedenfarbiger Quarze und Quarzsandsteinen mit dem Durchmesser bis zu 1 cm (Augensteine) und Pseudomorphosen nach Pyrit mit teilweise gerundeten Kanten der Krystalle zusammen. Die Pseudomorphosen sowie auch der Silikatschotter wurden vom Weiten herangetragen, was ihre Abrundung zeigt und auch das Konglomerat ist nicht in der Moräne entstanden, da man an ihm einen bestimmten Transport bemerkt.

Das beschriebene Konglomerat können wir mit unseren Konglomeraten aus braunrotem Sili-katschotter und feinen gerundeten Bohnerzen ver-gleichen, was uns zu gleichen Schlüssen führte.

Chemische Analyse des Musters Medvedovec (1330 m) (Seite 13)

Das ganze Eisenerz dieser Fundstätte hat einen sehr hohen Gehalt an Ferrooxyd und fast keine Kieselsäure. In der Erde fällt der hohe Gehalt an Calcium- und Magnesiumoxyd auf, in den Fichten-nadeln aber das Magnesiumoxyd.

Fundstätten in Kranjska Dolina, Lepa Kopišča und auf Mejni Vrh

Die Alpe Kranjska Dolina liegt in einem Karsttrichter. Die Grundlage wird von grauen und bräunlichen Dachsteinkalken gebildet, die stellenweise rötlich und rosensfarbig sind und mit rötlichen Äderchen durchflochten. Neben diesen bekommen wir noch Kalkbreccien und dolomiti-sierte Kalksteine. Hornsteine wurden nicht gefunden. Der Kalkstein wird von einer Moräne des Dolomits von Klek überdeckt, deren Glet-scher sogar hinab bis in das Tal der Radovna reichte. Die Moräne überdeckt die Alm Lepa Kopišča, während auf Mejni Vrh Dachsteinkalk ist.

Im Moränenmaterial, in der lehmigen Erde und auf der steinigen Unterlage sind alle drei verschiedenen Sorten Eisenerz: Bohnerze, Pseudo-morphosen und stückiges Erz. Einige sehr schöne Bohnerze wurden auf Lepa Kopišča gefunden. Alle sind flach und haben einen ausgeprägten Glanz. In bräunlichen auch stark gerundeten Stücken, die den Bohnerzen nur ähnlich sind, sind feine flimmernde Flächen. Möglicherweise gehören sie zu Glimmer. Die Struktur der Stücke ist der von feinkörnigen Sandsteinen ähnlich.

Das Material von Mejni vrh unterscheidet sich ein wenig von den beschriebenen Beispielen. Es ist braun und etwas weniger gerundet. Die Erzstücke haben kantige und ungleichmässig zerfressene Flächen, wo Pseudomorphosen nach Pyrit zu sehen sind. Die Kryställchen sind sehr fein und im Innern verwittert. Die Bohnerze sind selten, das übrige Erz zeigt aber nicht auf einen Transport aus grösser Entfernung. Das Erz musste einer starken Oberflächenverwitterung ausgesetzt gewesen sein, sowie auch der Umformung. Zwischen den hämatitischen und limonitischen Stücken sind noch hellbraune und feinkörnige mit Limonit durchsetzte Sandsteine.

Chemische Analyse der Beispiele Lepa Kopišča (21) und Mejni vrh (22) (Seite 14)

Die chemische Analyse zeigt einen hohen Pro-zentsatz von Ferrooxyd in allen Erzunterscheidun-gen. Besonders tritt hervor der hohe Gehalt an Kieselsäure und der kleine Gehalt von Calcium-oxyd in den Fichtennadeln. Beide Verbindungen sind in der Erde in normalen Mengen. Es scheint, dass auf den Aufbau der Fichtennadeln die Zu-

sammensetzung der Erde nicht wesentlich ein-wirkt, noch weniger aber natürlich die sekundär angetragenen Eisenerze.

Fundstätten auf Klek

Klek ist eine grosse Karstdoline in einer Ebene, die um 200 m von den übrigen Fundstätten auf Pokljuka höher ist und bildet die Stufe am Übergang zum Kamm, welcher das Krmatal auf der südöstlichen Seite begrenzt. In der Doline ist kein Moränenmaterial vorhanden, entblösst sind aber Dachsteinkalk, Kalkbreccien und Hauptdolo-mit (39,15 % CaO und 20,16 % MgO). Dieses ist bisher das einzige Beispiel einer Dolomitfund-stätte.

Das Erz ist im südwestlichen Teil der Doline, wo es mit Lehm vermischt ist. Die Unterlage ist dolomitisch. Im Südteil der Doline sind aber die Bohnerze vermischt mit Humus, welcher auf den Dachsteinkalken und Kalkbreccien entstanden ist. Das Erz ist grösstenteils von Bohnerzen in schönen bis faustgrossen Beispielen flacher und runder Form zusammengesetzt. Einige flache und rote Körner kleben an der Zunge, was für Bauxit sprechen würde. Zeichen von Abrundung zeigen auch die stückigen Erze. Erz bekommen wir auch im kleinem Tal östlich der Almenhütten auf Klek. Die Bohnerze befinden sich unter dem Rasen und zwischen dem groben Kalkschutt. Die Grundlage ist Dachsteinkalk, der aber sehr zerbröckelt ist.

Chemische Analyse der Muster Klek (Seite 14)

Das stückige Erz ist sehr eisenreich, deswegen können wir schliessen, dass auch die Bohnerze und die Pseudomorphosen den gleichen Eisen-gehalt haben. Die Analyse des Musters 24 a zeigt aber, dass es sich um ein Stück Bauxit handelt. Die Zusammensetzung der Erde bzw. des Lehms des Musters 23 überrascht, da es sehr viel Alumi-nium- und Eisenoxyde hat, während der Kiesel-säuregehalt am geringsten unter allen anderen Beispielen ist. Einen hohen Wert stellt auch die Menge des krystallinischen Wassers und Kohlen-dioxyds dar. In sehr geringen Mengen sind Cal-cium- und Magnesiumoxyd vorhanden. Dieses be-deutet, dass die Kalk- oder aber die Dolomitkom-ponente schon zur Gänze ausgewaschen ist und dass wir auf Klek eine stark bauxitische Erde haben. Erwähnen wollen wir auch noch den grös-ten Wert von TiO_2 in der Erde (1,37 %), was unserer Meinung nach die Nähe der tektonischen Zone beweist. An den Dislokationen kommen in den zerbröckelten Gesteinen oft solche seltenen Elemente zusammen mit radioaktiven Emanation-en vor. Wegen des grossen Eisengehaltes in der Erde enthält auch das hiesige Wasser viel Eisen. Eine gute Abhängigkeit vom Boden zeigt die chemische Zusammensetzung der Fichtennadeln. Es überrascht eigentlich nur das, dass sie einen so grossen Gehalt an CaO und so wenig Kiesel-säure enthalten.

Fundstätte Lipanca

Wir fanden Bohnerze auf der Steigung ober der Alpenhütte in der Höhe von 1700 m. Hier führt der Weg auf Rudno Polje. Bohnerze und stückige Erze liegen frei auf der Oberfläche oder aber sind sie mittels Kalkbindemittel am Felsuntergrund angeklebt, der von Untertrias-Kalksteinen mit Einsätzen von Mergelschichten zusammengesetzt ist.

Chemische Analyse der Muster Lipanca 1700 m (Seite 15)

Unter den Erzen tritt besonders hartes stückiges Erz vor, welches Stahl gut ritzt und einen roten Strich hat. Auf der Oberfläche ist es stark rau (wie guter Schmirgel) und ungerundet. Es ähnelt feinkörnigem Sandstein.

In der Qualität der Bohnerze, Pseudomorphosen und stückiger Erze gibt es keine Unterschiede. Die Erde ist stark lateritisch und enthält viel Kieselsäure. Das ist eine typische Zusammensetzung für die Erde auf Kalksteinen ausserhalb der Moränen. Die Fichtennadeln haben einen besonders hohen Prozentsatz an P_2O_5 (14,06 %).

Fundstätten Rudna Dolina, Rudno Polje

Rudna Dolina mit Rudno Polje (von 1250 m bis 1350 m) liegt zwischen Mesnovec (1481 m, 1450 m), den Hügeln von Jerebikovec (1370 m, 1362 m) und den Ostabhängen von Krasca (1786 m). Dieses ist mehr oder weniger ebenes Gelände, welches mit der Moräne des Gletschers Viševnik bedeckt ist. Die Moräne enthält verschiedenartige Stücke Kalkstein und lockeren sandigen Lehm. Zwischen dem Schutt ist auch ein Beispiel eines grünen Steines, welcher nach Analyse 93,8 % SiO_2 enthält. Dieser dürfte wahrscheinlich aus den Wengenschichten, die Pietra Verde genannt werden, stammen. Da in diesem Gebiet die Grundlage der Moräne nur Dachsteinkalke und Juramergel bilden, müssen die Wengenschichten wahrscheinlich irgendwo am Veliki und Mali Draški Vrh entblösst sein. Die Verbindung zwischen den Trias- und Juragesteinen sieht man in Rudna Dolina an der Autostrasse bei Kote 1251 m und an der Waldstrasse, die Mesnovec umrundet. Durch Rudno Polje verläuft der Bruch von Südosten gegen Nordwesten, der die Zlatna-Platte auf den südwestlichen und nordöstlichen Teil teilt.

Der Gletscher von Viševnik reichte mit einem Schenkel gegen Rudna Dolina, mit dem anderen aber auf Rudno Polje. Es ist noch nicht festgestellt, ob er nicht weiter bis Spanove Jame und auf Praprotnica gereicht hat. Es scheint jedoch, dass sich auf Kote 1336 m die Abzweigungen der Gletscher von Wochein und Viševnik berührten.

Sehr fein gerundete Erzkörner fanden wir im Humus oder in der Moräne und am Waldweg in der Nähe der Kote 1269 m. Der Weg war mit Moränenmaterial frisch aufgeschüttet. Am Fahrweg waren mehrere alte Baue, die teilweise verschüttet waren. Auch die alten Köhler machten solche

Löcher. Bei Kote 1257 m sind an der Autostrasse auf der Seite gegen Mesnovec zu Bohnerze und Pseudomorphosen vermischt im Schutt der Moräne und im Humus. Auf einer kleinen Einebnung (1350 m) am Abhang des Mesnovec sind viele trichterförmige bis 3 m tiefe Schächte, die mit Astwerk aufgefüllt sind. Es hat den Anschein, dass auf dieser Einebnung noch Moränenreste sind, obzwar sie auf dieser Höhe von Šifrer (1952) nicht erwähnt werden. Möglicherweise ist hier sogar ein Flussediment vor der letzten Eiszeit erhalten, als Pokljuka noch ein entwickeltes Wassernetz hatte.

Im Moränenmaterial ist nach Zusammensetzung, Grösse und Abrundung ein sehr gemischtes Erz. Einzelne Stücke sind bedeutend grösser, als wir sie auf den anderen Fundstätten bekommen, da sie ja Faustgrösse erreichen. Dieser Grösse nähern sich am meisten die Bohnerze. Diese sind manchmal mit Moränenmaterial in Breccien zusammengeklebt, in einem Beispiel aber umschliesst Sinter ein Stück Bohnerz (Muster 12). In allen Beispielen handelt es sich um die Entstehung der Breccien in der Moräne (in situ).

Stückiges Erz und Pseudomorphosen zeigen eine ziemliche Abrundung, wobei am rundesten diejenigen Teile sind, die auf die Oberfläche herausreichen (z. B. Krystallbildungen). Die Oberfläche ist stellenweise zerfressen, was wir der chemischen Verwitterung in Moränenumgebung oder ausserhalb dieser zuschreiben würden. Die polierten Oberflächenteile wären demnach Reste der einstigen Politur des ganzen Musters. Muster 17 aus der Gegend zwischen Rudno Polje und Spanove Jame hat im Vergleich mit den anderen Fundstätten kleinere Stücke, die auch in Konglomerat zusammengeklebt sind.

Chemische Analyse der Muster Rudna Dolina, Rudno polje (Seite 16)

Das Erz hat einen hohen Eisengehalt, wobei es keine Unterschiede zwischen Bohnerzen, stückigen Erzen und Pseudomorphosen gibt. Die Erde und die Fichtennadeln haben eine typische Zusammensetzung für das Entstehen und das Wachstum im Moränengrund. Daraus tritt nur das Muster 17 hervor, welches aus einem Gebiet ist, wo es nach Šifrer keine Moräne gibt. Das Muster ist sehr ähnlich der Erde auf Klek, wo es kein Moränenmaterial gibt. In beiden Beispielen handelt es sich um ziemlich lateritische Erde.

Fundstätte Gorjuše

In Zgornje Gorjuše befindet sich unter Hribarica (1096 m) und einige zehn Meter ober der Autostrasse ein Fundort von Eisenerz auf der Oberfläche und im Schacht, welcher die Grube von Aušterlovc genannt wird. Das Erz ist verstreut auf der Wiese und am Weg, der seinerzeit zur Abfuhr des Materials aus dem Schacht diente. Das Terrain ist im Dachsteinkalk mit Hornsteinen,

die von Moränenschutt bedeckt sind. Der Eingang (Bild Seite 16)

in den zwei Meter breiten Schacht der Grube auf Aušterlovc ist mittels eines hölzernen Zaunes eingefriedet. Zuerst ist ein 12 m tiefer senkrechter Schacht, worauf man in einen schrägen Stollen kommt, welcher nach 14 m Tiefe in einen wagrechten Sack übergeht. Die Gesamttiefe beträgt 26 m. In der Mitte des schrägen Schachtes kann man durch einen anderen Spalt nach oben durchklettern. Hier bestand einst noch die zweite Verbindung mit der Oberfläche, die jedoch heute verbaut ist. In der Nähe des Einganges sieht man auf der Oberfläche noch ein seitliches Loch, das aber nach zwei Metern ungangbar wird.

Die Grube ist karstigen Ursprunges. Sie wurde von Wasser an zwei Brüchen, die man im Schacht verfolgen kann, ausgearbeitet. Als die Grube schon geformt war, wurde sie bis zur Hälfte mit Quarzsand, Lehm und Eisenerz aufgefüllt. Wir können nicht endgültig bestimmen, ob dieses Material von Eis oder Wasser herangezogen wurde. Am wahrscheinlichsten ist die Voraussetzung, dass es sich um das Material einer Grundmoräne handelt, welches von den Gletschergewässern in die Spalten dort getragen wurde, wo sich seinerzeit ein Zweig des Gletschers von Wochein bewegte.

Aus der Grube wurde der Quarzsand und das Erz auf durchaus bergmännische Art herausgebracht. Zwischen die Wände stemmten sie Holzstangen und stellten Holzausbau auf. Der zweite Eingang ermöglichte wahrscheinlich die Lüftung, obzwar diese nicht notwendig gewesen wäre. In der Tiefe von 12 m fanden wir eine Öllampe solcher Art, wie sie beim Bau des Wocheiner Tunnels verwendet wurden.

Das Erz stellen feine und stark gerundete Bohnerze dar, die in der Grube mit Quarzsand vermischt sind. Der Sand ist mit Wasser stark durchsetzt und stellt den sogenannten »fliessenden Sand« dar, wie dieses Gemisch von den Bergleuten benannt wird. Der Sand nimmt die Niederschläge von der Oberfläche auf. Diese verlieren sich in den Abgrund durch die Spalte. Wir fanden am meisten stückige Erze, während es Pseudomorphosen weniger gab. Es scheint, dass es sich hier um poröse limonitische Erze selbst handelt (hellbraune Farbe der Muster und der Ritzung). Einzelne Stücke können wir leicht mit der Hand brechen, was darauf deutet, dass es in der Fundstätte ziemlich viel Ocker gibt. Die gerundeten Stücke beweisen den Transport. Später waren sie in der Grube der Oxydation bzw. dem Zerfall ausgesetzt. Dieses gilt jedoch nur für einzelne Stücke. Der Grossteil hat aber eine angefressene unregelmässige Oberfläche, die möglicherweise die Folge der chemischen Einwirkung von rinnendem Wasser in Spalten und zwischen Sand sein kann. Wir sehen nämlich, dass trotz Verwitterung glatte, gerundete und polierte Oberflächen an einzelnen Stellen ansonsten angefressener Stücke erhalten geblieben sind. Es scheint, dass nur bestimmte

Teile der Flächen gegen chemische Einwirkung des Wassers weniger widerstandsfähiger waren oder aber waren sie dieser weniger ausgesetzt.

Südlich von Jereka auf dem südwestlichen Abhang von Babnagora fanden wir einige Stücke Erz in der Erde an den Löchern, die während der Bergbautätigkeit ausgegraben wurden.

Chemische Analyse der Muster von Gorjuše — Grube. (Seite 17)

Das Erz ist im Vergleich mit dem Erz aus den Gebieten der Gletscher von Pokljuka ziemlich metallarm. Alles Erz aus dem Gebiet, wo seinerzeit der Gletscher von Wochein floss, hat unter 80 % Fe_2O_3 .

Fundstätte auf Mesnovec

Das Gebiet des Mesnovec stellt das höhere Niveau der Hochfläche Pokljuka (1450 m — 1540 m) dar. Rundherum sind tiefere Gegenden. Im Norden ist Rudna Dolina (1283 m), im Osten Ogoreljek (1250 m), im Süden die tiefere Gegend zwischen den Orten Na Mlakah und Praprotnica und im Westen Rudno Polje sowie Španove Jame. Mesnovec ist aus Dachsteinkalken zusammengesetzt, die bei Na Mlakah in Verbindung mit Kalken und Dolomiten aus der mittleren Trias in Verbindung treten, bei der Kote 1388 m aber mit Juramergeln. Moränenmaterial fanden wir bei Na Mlakah. Aus diesem Gebiet erwähnt es Sifrer (1952) noch nicht.

Im Kalkstein sind mehrere Abgründe karstigen Ursprunges. Bekannt ist Snežna Jama (Schnee-grube) bei der Kote 1421 m. In dieser erhält sich durch das ganze Jahr hindurch Schnee. Umfangreicher als diese ist der Abgrund bei Kote 1451 m auf der Nordseite von Mesnovec.

Skizze des Abgrundes auf Mesnovec unter der Kote 1451 m (Bild Seite 17)

Der Abgrund hat einen 12 × 7 m breiten Eingang. In der Tiefe von 9 m befindet sich Schnee. An der Ostwand setzt sich der Abgrund noch um wenigstens 20 m fort, was durch die Zeit der fallenden Steine geschätzt werden konnte. Der Abgrund sollte noch weiter untersucht werden.

An der Strasse, die Mesnovec umrundet, gibt es viele Einschnitte, wo wir Bohnerze fanden. Bei Kote 1422 m sind in der Spalte zwischen den Schichten eingefangene Bohnerze zusammen mit roter Erde. Der Kalkstein ist stark breccienförmig und mit Limonitbindemittel durchdrungen. Feine Bohnerze klaubten wir aus Klüften, die sich im ziemlich zerbröckeltem Kalkstein befinden. Solche Klüfte sind an den Strasseneinschnitten aufgedeckt. Das Bohnerz ist mit roter Erde und mit halbrundem Schutt, der möglicherweise ein Moränenrest des Gletschers von Wochein sein kann, vermischt.

Im Sattel westlich von Na Mlakah fanden wir am Kalkstein angewachsene Calcitkrystalle, die Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit umgeben. Es sind bis zu 5 mm grosse Kryställ-

chen erhalten. Diese Fundstelle sagt uns, dass etwas Eisenerz mit Kalkstein syngenetisch ist.

Das Erz ist sehr fein und wird von Bohnerzen und Splittern zusammengesetzt. Das Erz von der Nordseite von Mesnovec ist sehr ähnlich jenem von Rudna Dolina. Es gibt aber nur mehr abgesplitterte Stücke und auch die Körngrösse ist geringer. Zwischen den Bohnerzen sind auch gerundete Schotter von roter Farbe, die stark auf Bauxit erinnern. In diesen sind Splitter von Glimmerblättchen. Ein breccienhaftes Beispiel hat eine gerade untere Fläche, in dieser aber rundliche Teile. Alles zusammen zeigt aber teilweise Politur und gerundete Kanten. Es scheint, dass vor dem Transport die Krystalle der Erze auf einem geraden Untergrund gewachsen sind, woher sie aber später abgerissen und in den sekundären Fundort übertragen wurden.

Chemische Analyse der Muster von Mesnovec. (Seite 18)

In der Zusammensetzung der dicken und feinen Bohnerze gibt es keine Unterschiede. Auf der Nordseite von Mesnovec und auf Na Mlakah ist die Erde mehr lateritisch und hat eine ähnliche Zusammensetzung wie die Erde auf Klek und im Sattel zwischen Rudno polje und Španove jame.

Fundstätte Uskovnica

Zwischen dem Moränenmaterial von Uskovnica wurden in der Höhe von ca. 1200 m einzelne Bohnerze und Pseudomorphosen gefunden. Mittelmässig gerundete Stücke der Pseudomorphosen sind abgesplittert. Es scheint, als ob die Bohnerze ihre Splitter wären. Auch auf Praprotnica sind Bohnerze und Pseudomorphosen im mit rötlichem Lehm vermischten Moränenmaterial vorzufinden.

Chemische Analyse der Muster Praprotnica, Uskovnica. (Tabelle Seite 18)

Die chemische Analyse zeigt einen hohen Gehalt an Ferroxyd in den Bohnerzen und im stückigen Erz. In der lehmigen Erde gibt es ziemlich viel Kieselsäure.

Fundort Krstenica

Die Alpe Krstenica entstand wegen günstiger geologischer Grundlage. Neben Dachsteinkalk, der teilweise auch breccienhaft ist, tritt auch Dolomit auf. Weil dieser wasserundurchlässig ist, ist auf der Alpe eine Wasserquelle und es entwickelt sich tiefer Humusboden. Morphologisch fällt das Niveau von Krstenica in den Anfang des Pliocän, als sich die Ausgleichungen um 1600 bis 1700 m vollzogen.

Der Fundort der Bohnerze ist östlich der Almhütten auf einer kleinen Terasse. Die Grundlage wird von Dachsteinkalk gebildet. Das Terrain ist voller Karstdolinen, die mit Erde und Lehm aufgefüllt sind. Aus den Dolinen wurde ziemlich viel Erz ausgegraben. Die Ausgrabungen sind noch heute sichtbar. Die Bohnerze und die übrigen Erze sind dicht unter dem Rasen, teilweise im

Humus, teilweise aber auch im Schutt selbst am Grunde der Dolinen. Die Beispiele der Bohnerze sind sehr schön. Der Fundort ist ausserordentlich reich.

Von dem ganzen Muster ist nur ein Stück Breccie erhalten, der zur Hälfte gerundete Kalkstücke, zwei oder drei Stück Dolomit und Bohnerze enthält. Das alles ist durch braunes kalkiges Sinterbindemittel zusammengeklebt, jedoch ist das ganze Muster noch sehr porös. Die in der Breccia eingeschlossenen Bohnerze sind verschieden gross. Vier Stück Bohnerze sind bis zu 3 cm gross, die kleinsten unter ihnen erreichen die Grösse von Hirse. Die Bohnerze sind gerundet; es scheint, dass sie zusammen mit dem Kalkstein einen bestimmten Transport miterlebt haben. Bezüglich des Kalksteines kann man aber auch auf korrosive Abrundung schliessen, da in direkter Verbindung mit dem Bindemittel die Kalksteinstücke trotzdem kantig sind. Sie könnten aber auch Abhangschutt sein, der zusammen mit den Bohnerzen am Ort der heutigen Fundstätte in die Breccia zusammengeklebt wurde.

Unter dem freien Erz überwiegen fast ausschliesslich Bohnerze, die die grössten sind, die wir bisher gefunden haben.

Chemische Analyse der Muster von Krstenica (1660 m). (Tabelle Seite 19)

Das Bohnerz hat einen relativ niedrigen Gehalt an Ferroxyd. Wir bekamen auch ein Stück rotes Erz mit hohem Kieselsäuregehalt, wenig Eisen und Beisein von Titan.

Fundort Dedno Polje

Nach Seidel (1929) hat Dedno Polje einen ähnlichen geologischen Aufbau wie die Alpe Blato und andere »Oasen« in den Julischen Alpen. Unter den Dachsteinkalken sollten wasserdichte Jura- oder gar Werfener Schichten hervorschauen. Auf die Anwesenheit dieser Gesteine kann man nach den Wasserquellen auf der Alpe schliessen. Das Tal ist von drei Seiten von Kalkwänden umgeben, nur gegen Osten übergeht sein Grund in unebene Oberfläche. Auf der verkarsteten Oberfläche gibt es eine Menge Karstrichter und andere Karstformen, die alle gegen Osten oder Südosten gerichtet sind. Am südlichen Rand des Tales überdeckt den Abhang Geröllmaterial, welches möglicherweise von einer Moräne stammt.

Wir fanden das Erz auf dem Fussteig, der in das Gebiet von Huda Rupa und auf die Alpe V Lazu führt. Hier gibt es nur vereinzelte Stücke stückiges Erz. Reicher ist die Fundstätte am Ende eines kleineren länglichen Tales auf der Ostseite der Alpe. Alles deutet darauf hin, dass das feine Bohnerz zusammen mit der Erde von irgendwo ausgegraben wurde. Die Einheimischen erzählten, dass einst die Erzsucher sehr oft hieher gekommen sind. Es ist möglich, dass sie Material aus den näheren Spalten ausgegraben haben, worauf entsprechende Spuren deuten. Die Bohnerze sind sehr fein (von 0,5 bis 1,5 cm) und stark gerundet. Grös-

sere Stücke gibt es nicht unter ihnen. Es handelt sich somit um eine bestimmte Sortierung. Die meisten Bohnerze sind unter dem Rasen. An mehreren Stellen sind sie sekundär mit Kalcitbindemittel zusammengeklebt. Die Bohnerze sind mit feinem milchweissen Quarzgries, der die Grösse der Bohnerze nicht übersteigt, stark vermischt. Die Abrundung des Gerölls ist gleich wie bei den Bohnerzen. Sehr einheitliches Material und vorzügliche Abrundung der Bohnerze sowie des Quarzschotters lassen jedenfalls den Schluss zu, dass sie auf Dedno Polje von fliessendem Wasser herangebracht wurden.

Chemische Analyse der Muster Dedno Polje. (Tabelle Seite 19)

Die Bohnerze haben einen hohen Prozentsatz an Ferroxyd, während das stückige Erz nicht so metallreich ist.

Einzelne Stücke Bohnerz findet man auch auf den Alpen Pri Jezeru und V Lazu. Die Alpe Pri Jezeru ist wahrscheinlich die Fortsetzung des einstigen Flussbettes von Dedno Polje.

Die Moräne überdeckt hier wasserdichte Mergelschichten, welchen wir auf der Alm Viševnik begegnen. Unter dem Moränenmaterial fanden wir auch Stücke von »pietra verde«, die aus den Wengenschen Schichten stammen. Der See auf der Alpe hat Gletscherursprung.

Fundort Viševnik

Auf der Alpe Viševnik sind rote Mergel und Kalksteine aus der Oberjuraperiode. Diese Malmgesteine begleiten die West- und Südgrenze der Zlatna-Platte. Auf der Alpe bekommen wir einzelne Bohnerze und Pseudomorphosen. Viel reicher ist aber die Fundstätte in der Grube Viševnik.

Skizze des Schachtes auf Viševnik. (Bild Seite 20)

Die Grube ist am Wege, der von der Alpe Viševnik auf Dedno Polje führt und zwar im Sattel auf der Höhe von 1630 m. Hier sind Dachsteinkalke, die von zwei Brüchen in der Richtung Nordwest-Südost durchschnitten sind. An diesen Brüchen entstanden zwei Abgründe. Der eine Abgrund wurde von den Bergleuten ausgenutzt, im anderen befindet sich aber immer Schnee, deswegen ist der Eintritt in diesen nicht möglich. Beide Abgründe haben einen Karstursprung, wobei der grössere durch Bergarbeiten erweitert ist. Dieser Abgrund vertieft sich nach einer Stufe von 4 m Tiefe schief in der Richtung gegen Südosten, bis er nicht in den 7 m tiefen senkrechten Endteil umkippt. Der Boden ist durch Felsen und Schutt aufgefüllt. In der Richtung gegen Nordwesten zieht sich ein 3 m langer niedriger und schmaler Kanal, der am Boden mit rotem Lehm bedeckt ist. In den Wänden des schiefen Anfangsteiles des Abgrundes sind mehrere Spalten an verschiedenen Sprüngen, an welchen sich Eisenerz sammelte. Die Wände des senkrechten Teiles sind im fetten braunen Lehm gearbeitet. In ihm gibt es viel verschiedenartiges Eisenerz und Kalcitkry-

stalle. Sehr augenfällig sind die Zeichen von Bergarbeiten. Wir fanden eine Holzwinde und eine Reihe verschiedenen Gestänges, welches statt Leitern diente. Drei Meter ober dem Grund sind Reste eines Holzgerüsts erhalten, welches beim Herauswerfen des Materials verwendet wurde.

Im Abgrund fanden wir zwischen Schutt, Lehm und den Bohnerzen eine Gruppe von bis 3 cm grossen Kalcitkrystallen-Skalenoeder. Sie entstanden im Abgrund zwischen dem Kalkschutt aus kalten Lösungen. Der Schutt wie auch die Bohnerze bilden die Grundlage der Kalcitkrystalle. Die Bohnerze erhielten sich auch zwischen den Krystallen. Bei allen Erzstücken sehen wir klare Spuren von Krystallen, die in radial gewachsene Drusen vereint sind. Auf der unteren Seite sind die Drusen glatt abgeschnitten, was darauf deutet, dass sie auf einer ebenen Grundlage angewachsen waren. Wir bekommen auch stark gerundete faustähnliche Knollen von Markasit, wo die Krystalle in alle Richtungen wachsen, das Innere hat aber eine strahlenförmige Zusammensetzung. Die Knollen und Drusen sind auch bis zu einem halben kg schwer. Dieser Umstand und schwach gerundete Spitzen der Pyramiden sprechen für einen kurzen Transport.

Einige grössere Erzstücke haben eine sehr verkrümmte Form, sind porös und haben neben glatten Oberflächenteilen auch rauhe Stellen. Auch bei diesem Beispiel schliessen wir auf chemische Einwirkung von Wasser, wie bei der Grube auf Gorjuše. Kleine Erzstücke sind aus Drusensplittern und Knollenteilen zusammengesetzt, die vollkommen kantig sind. Im Beispiel sind auch kleine Drusen mit ovaler aber ungerundeter Form, jedoch mit strahlenförmigen Innern. In Minderheit sind mit Patina umgebene mittelmässig gerundete Bohnerze, die sich parallel und strahlenförmig spalten.

Einzelne Bohnerze wurden auch auf der Oberfläche in der Umgebung des Abgrundes gefunden. Der ganze Boden ist umgegraben. Sehr bedeutsam ist das Muster, bei welchem das Eisenerz im Kalkstein eingewachsen ist. In grauen dichten Kalksteinen gibt es viele Äderchen, die mit roter Kalcitmasse aufgefüllt sind. Der Kalkstein hat ca. 98% CaCO_3 . Die Beispiele zeigen, dass einzelne Eisennester (Krystalle oder Krystallgruppen) in die Kalkmasse eingeschlossen sind und kann man dabei an ein sekundäres Einwachsen nicht denken. Den Eindruck des Einwachsens bekommen wir nämlich, wenn wir nur die Oberfläche des Kalksteines, aus welchem die Krystallgruppen hervorragen, betrachten. Wenn wir aber das Gestein spalten, finden wir die Nester auch im Innern der Kalksteinmasse. Der Versuch des Zergehens von Kalkstein in Salzsäure zeigte eben, dass die runden Nester durchwegs eine Krystallstruktur haben. Somit krystallisierte das Eisen in kleinen Höhlungen im Kalkstein aus. Die Oberfläche des Kalksteins korrodierte später, die widerstandsfähigeren Eisenminerale blieben aber mehr oder weniger unbe-

schädigt. Diese Beispiele unterscheiden sich sehr von der Limonitkruste, die auch sehr häufig auf den Schichten des Dachsteinkalkes ist. Dort geht es um Limonit, während wir hier nach der roten Farbe und Ritz auf Hämatit schliessen dürfen. Mit den oberen Feststellungen entfallen die Bedenken, dass es sich bei Beispielen, wo das Erz im Kalkstein ist, um irgendeinen Transport handeln kann. Das Erz ist aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Dachsteinkalk syngenetisch.

Chemische Analyse der Muster aus der Grube von Viševnik (Tabelle Seite 21)

Auf der Oberfläche wie auch in der Grube ist die Zusammensetzung der Erze ähnlich wie bei den anderen Fundorten. Der Schutt zwischen dem Grubenlehm hat seinen Ursprung aus den Wänden des Abgrundes. Der Lehm hat eine ähnliche lateritische Zusammensetzung, wie wir diese auf Klek, Mesnovec und auf Dedno Polje erkannt haben. Er stammt nicht aus dem Gebiete der Moränen. Wahrscheinlich wurde das Material in den Abgrund von den fluvioglazialen Flüssen in der Postwürm-Periode, als sich das Eis schon zurückzog, herangetragen.

Fundort Veliko Črno Jezero (Grosser Schwarzsee).

Im ganzen Tal der Triglavseen trafen wir nirgends auf Fundorte von Bohnerzen oder eines anderen Eisenerzes. Nur bei Veliko Črno Jezero fanden wir im Schutt unter Zelnarica einen grossen Kalksteinblock, welcher mittels rötlichem Kalkbindemittel zusammengeklebt war. Im Bindemittel sind einzelne Splitter Kalkstein und feine schön gerundete Bohnerze in Hirsekorngrosse. Ähnliche Bohnerze waren auch im braunen limonitischen und teilweise gesinterten Überzug, der einen Grossteil des Kalksteines umgab. Es ist nicht möglich festzustellen, woher dieses Stück herangetragen wurde, jedoch ist eines sicher, dass die kleinen Bohnerze sekundär an den Kalkstein angeklebt wurden.

Auch in der Schutthalde, die von Hribarice gegen Dolič niedergeht, wurde ein Stück rötlich-braunen sandigen Kalksteines mit feinen eingewachsenen kleinen Bohnerzen gefunden. An der gleichen Stelle fanden wir im Schutt ein Stück Kalkbreccia mit durchaus calcitischem Bindemittel in Form von Krystallen. Im Bindemittel bekommen wir idiomorphe Krystalle von Eisenerz (wahrscheinlich Hämatit). Dieses Stück mag der Gletscher, der über Hribarice in das Tal der Triglavseen reiste, mitgebracht haben. Solche kleinen Bohnerze finden wir nämlich nicht zusammenklebt so auf dem Saftel Dolič, wie auch am Kugyweg im grossen Triglav, möglicherweise könnten sie aber auch auf Kanjevec, Hribarice oder Zelnarica gefunden werden.

Hier wollen wir noch das Resultat der chemischen Analyse des Limonitüberzuges vom Kalkstein unter Kanjevec erwähnen. Die Limonitkruste hat kaum 78,90% Ferroxyd, ansonsten unter-

scheidet sie sich chemisch fast gar nicht von den Pseudomorphosen und vom stückigem Erz. Limonitisiert ist auch der Kalkstein auf Tičarica und zwar nach den Äderchen und kleinen Sprüngen.

Fundort Veliki Triglav, Dolič

Auf dem Kugyweg, der vom Sattel Dolič auf Triglav führt, entdeckten wir in einer Höhe von 2600 m einen Fundort von Bohnerzen, kaum 50 m von der Abzweigung des Klettersteiges gegen die Alpenhütte Planika. Das Bohnerz fanden wir in rötlicher Erde, die stark mit Schutt vermischt ist. Der Fundort misst kaum einige Quadratmeter und liegt in der Bruchzone, in welcher mehrere parallele Brüche verlaufen. Etwas tiefer bezeichnen diese Bruchzone tektonische Breccien, deren rotes Bindemittel aller Wahrscheinlichkeit nach limonitisiert ist.

Die Bohnerze sind sehr fein. Die grössten übersteigen nicht die Grösse eines Weizenkorns, die kleinen können wir aber kaum mit dem freien Auge bemerken. Sie sind nur teilweise schwarz, ansonsten sind sie überwiegend schokoladebraun. Die grösseren Bohnerze sind fast durchwegs flach. Eine Besonderheit dieses Fundortes ist, dass wir hier ausschliesslich Bohnerze vorfinden, ohne Pseudomorphosen oder stückiges Erz. Diese Tatsache, sowie auch die kleine Grösse der einzelnen Beispiele, spricht für sortierten Transport des Materials. Später konnte es aber wegen der grossen Höhe über dem Meeresspiegel zu keinerlei Mischungen mit anderen, höher gelegenen Eisenfundorten kommen. Ausserdem schaute im Pleistocän Triglav über das Eis wie Nunatak. Deswegen kam es auch nicht zu Anreicherungen des Fundortes durch die Gletscher, wie das der Fall bei fast allen tiefer gelegenen Fundorten ist. Für sein Bestehen in der Steilwand kann sich aber der Fundort eben der Bruchzone, in welcher er sich gefangen hat, bedanken, da er durch das Wasser ansonsten schon längst in die tieferen Gegenden ausgewaschen worden wäre.

Am Sattel Dolič in der Höhe von 2120 m ist auf der Kreuzung der Alpensteige Dolič — Siebenseen — Planika ein grosser und reicher Fundort von Bohnerzen. Die Bohnerze sind dunkel, fast schwarz mit schönem Glanz. Die Grösse wechselt von den kaum sichtbaren bis einige cm grossen Körnern. Die grössten Beispiele erreichen Haselnussgrösse. Sie sind ziemlich unregelmässig, jedoch trotzdem von klar gerundeten Formen. Pseudomorphosen und stückiges Erz gibt es auch hier nicht. Der Erzplatz ist dem vom Triglav sehr ähnlich, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Körner etwas grösser sind. Es handelt sich aber auch hier unzweideutig um sortiertes Material. Die Wässer haben also sortiertes Material herangetragen und abgesetzt, welches aber nur an den höher gelegenen Fundorten erhalten geblieben ist. Auf den tiefer gelegenen Fundorten kam es aber später zum Mischen der sortierten Erzstücke mit Hilfe der Meteorgewässer und Gletscher. Die Gletscher

trugen ausserdem das Erz von allen Seiten heran und legten es in den Moränen ab. Auf diese Art kam es zur Anreicherung der unsortierten Fundorte.

Spuren von Eisenerz fanden wir auch 100 m ober der Alpenhütte auf Dolič in der Richtung gegen Triglav. Einzelne Stücke lagen verstreut im Schutt der Dachsteinkalke, einige waren aber zusammengeklebt in einer Kalkbreccia. Hier fanden wir zum Unterschiede der früheren Fundstätten neben Bohnerzen auch Pseudomorphosen, alles in Haselnussgrösse.

Endlich fanden wir unter dem Gipfel des Grossen Triglav selbst in der Höhe von 2800 m im umkrystallisierten Dachsteinkalk, der nur von fast reinem Kalzit gebildet wird, idiomorphe Krystalle von Eisenerz.

Chemische Analyse der Muster Veliki Triglav, Dolič. (Tabelle Seite 22)

Die Erze von den drei Fundstätten unterscheiden sich fast gar nicht untereinander. Bedeutsamer ist der ausserordentlich niedrige Gehalt an P_2O_5 . So sind die Bohnerze von Dolič wie auch die vom Triglav alle paramagnetisch. Paramagnetische Bohnerze bekommen wir nur noch auf Dedno Polje und auf Mesnovec.

Fundorte auf Komna

Auf der ganzen Komna fanden wir weder Bohnerze noch Pseudomorphosen oder stückiges Erz, welches auf einen Transport weisen würde. Nur auf Lepa Komna, nordwestlich vom Ort Lepa Ruša, bekommen wir braunen dichten Quarzsandstein, der in sandiges Konglomerat übergeht. Alles das findet man auf kaum 10 m² und füllt es eine kleine Karstdoline zwischen Dachsteinkalken auf. Auch der Boden ist sandig und sieht wie brauner Staubsand aus. Im Boden finden wir allerorten viel knollenartigen Limonite und limonitische Konkretionen. Die Knollen erreichen die Grösse von Fäusten. Die kleinsten sind fast vollkommen rund, im Bruch sehen wir aber konzentrische Kreise. Wir bekommen aber auch Limonite unregelmässi-

ger scharfkantiger Formen und seltene, fast schwarze, teilweise polierte Limonitstückchen mit dem Aussehen von Pseudomorphosen. Einige Stücke des Quarzsandsteines sind stark mit Limonit durchsetzt, welches als Bindemittel auftritt.

Der Quarzsandstein und das sandige Konglomerat weisen auf Wassertransport. Einzelne Körner sind aus bunten Silikatgesteinen, im übrigen aber überwiegen verschiedenfarbige Quarzkörner. Die Abrundung der Körner ist sehr stark. Es ist sicher, dass diese Gesteine auf den jetzigen Fundort in ungebundener Form herangetragen wurden, hier hat sie aber das überwiegend limonitische Bindemittel zu Sandstein und Konglomerat zusammengefügt.

Auch die knollenartigen Limonite und limonitischen Konkretionen entstanden am Fundort selbst. Dafür ist der konzentrische Schalenaufbau der Beweis. Dieser Aufbau ist nämlich typisch bei der Verdunstung von kalten Lösungen in den Dolinen und Mulden der karbonatischen Gesteine. Sie gehören somit zu den Erzplätzen des Zerfalls im Trockenen. Dieses Limoniterz nennt Niggli (1948, 1952) die richtigen Bohnerze, während er die beim Transport gerundeten Bohnerze, die aus den Pseudomorphosen und stückigem Eisenerz entstanden sind, Pseudobohnerze nennt.

Einige einzelne Limonitstücke fanden wir auch im Schutt am nordöstlichen Abhange des Mali Bogatin in der Höhe von 1850 m. Es wurde ein grösseres Stück Limonit gefunden, welches auf der Oberfläche idiomorphe Krystalle trägt.

Auf Spodnja Komna, nordwestlich der Kote 1737 m, ist in der Höhe von 1620 m eine ca. 10 m² grosse mit Quarzsand aufgefüllte Ebene. Es handelt sich wahrscheinlich um die Auffüllung einer Karstdoline. Der Quarzsand ist aus verschiedenfarbigen Kieseln und verschiedenfarbigen Quarzsandsteinen zusammengesetzt.

Es wurde die granulometrische Analyse des Musters im Gesamtgewicht von 545 g mittels Absieben durch Siebe durchgeführt. Die granulometrische Zusammensetzung ist folgend:

Q ₁ = 10 mm = T ₁ = 4,8 g = 0,88 % = mittlerer Schotter	} 137,66 g = 25,27 %
Q ₂ = 2 mm = T ₂ = 132,86 g = 24,39 % = feiner Sand	
Q ₃ = 1 mm = T ₃ = 113,0 g = 20,73 % = grober Sand	} 371,73 g = 68,20 %
Q ₄ = 0,2 mm = T ₄ = 126,98 g = 23,30 % = mittlerer Sand	
Q ₅ = 0,1 mm = T ₅ = 72,83 g = 13,36 % = feiner Schotter	
Q ₆ = 0,04 mm = T ₆ = 58,92 g = 10,81 % = Rieselsand	
Q ₇ = <0,04 mm = T ₇ = 35,61 g = 6,53 % = Rieselsand, Riesel, Lehm	
T = 545,0 g = 100,0 %	

Dabei ist Q Durchmesser der Körner in mm, T aber das Gewicht des Ausgesiebten in Gramm.

Diagramm: Granulometrische Zusammensetzung (Körnung) des Musters Spodnja Komna (43) (Seite 23)

Die schraffierten Spalten zeigen den Prozentsatz der einzelnen Fraktionen des Riesels, Sandes und Schotters, die rote Linie aber den Gesamt-

prozentsatz des Gewichtes für Riesel, Sand und Schotter. Die Klassifikation wurde nach Atterberg durchgeführt. Aus der Tabelle ist es klar ersichtlich, dass das Muster griesiger Sand ist. Alle Sandfraktionen sowie auch der feine Schotter treten in ungefähr gleichem Prozentsatz auf, während es

Riesel und mittleren Schotter viel weniger gibt und können wir diese vernachlässigen. Der Prozentsatz des riesigen Sandes wäre bestimmt höher und der Prozentsatz von Riesel geringer, wenn man mit einem Sieb von 0,02 mm sieben könnte. Bei diesem Durchmesser liegt nämlich die Grenze zwischen Sand und Riesel.

Alle Schotter sind gerundet. Es herrscht runde und ovale Abrundung vor, flache Körner sind selten. Beim Quarzschotter ist der Glanz durch das Polieren gut sichtbar, was auf einen sehr langen Wassertransport deutet. Wir haben es hier mit den sogenannten Augensteinen (Bauer 1954) zu tun, die schon öfters in den Alpen gefunden wurden.

Die Schotter waren sekundär zusammen mit dem Sand locker in Konglomerat zusammengeklebt, welches als dünne Kruste (5—10 cm) einen Teil der sandigen Fläche überdeckt. Auf dem Sand entwickelte sich wegen grosser Säure und Porosität überhaupt kein Humus, ebenso gibt es keine Vegetation. Die äussere Ansicht der kleinen sandigen Ebene ähnelt stark einem Meeresstrand mit sehr feinem Sand. Zwischen dem schotterigen Sand sind auch einzelne Stücke kantigen Limoniterzes, welches sekundär entstanden ist, wie das Erz auf Lepa Komna.

Chemische Analyse der Muster Komna. (Tabelle Seite 23)

Im Eisenerz ist ein hoher Prozentsatz Kieselsäure, was offenkundig auf das Entstehen aus kalten Lösungen auf der Oberfläche deutet. Alle drei Muster von Komna sind sich stark ähnlich, nur auf Spodnja Komna ist um 5 % weniger Ferroxyd, was auf Rechnung des hohen Kieselsäuregehaltes geht. Die Erde ist stark sauer und stark limonitisiert. Auch die Untersuchungen der Quarzschotter und des Quarzsandsteines zeigten einen hohen Gehalt an Kieselsäure (bis 89 %) und Ferroxyd (bis 8 %).

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Aus der Beschreibung der Fundorte von Eisenerz können wir folgende Ergebnisse ziehen:

1. Vom geologischen Standpunkt ist die Forschungsreise in die Julischen Alpen vollkommen gelungen. Es wurden zahlreiche Fundorte von Eisenerzen entdeckt, die ausführlich untersucht und beschrieben wurden. Von allen Fundorten wurden Muster von Eisenerz, Erde, Gestein und Fichtennadeln sowie Wassermuster von allen Quellen und Seen genommen. Alle diese Muster wurden chemisch, physikalisch, metallurgisch und mineralogisch untersucht. Auf Grund dieser Analysen war es möglich, mancherlei Probleme in Verbindung mit dem Entstehen und Verwandtschaft der einzelnen Fundstätten aufzuklären.

2. In den Julischen Alpen können wir dem Entstehen nach drei Gruppen von Eisenerzen unterscheiden.

a) Die erste Gruppe, welche den Grossteil aller Erzstätten bildet, ist von Bohnerzen, Pseudomorphosen und stückigen Erzen zusammengesetzt. Alle drei Formen sind regionale Bildungen, die in unsere Orte von primären Erscheinungen mittels Wassertransport herangetragen wurden. Der Transport war verschieden lang, was uns der verschiedene Grad des Abschleifens aller drei Formen zeigt. Am abgeschliffensten ist das Bohnerz oder nach Niggli (1948) Pseudobohnerz, welches aus Pseudomorphosen, so auch aus stückigen Erzen entstanden ist. Weniger abgeschliffen sind die Pseudomorphosen, noch weniger aber die stückigen Erze, welche oft wegen Einwirkung der Atmosphären durch Verwitterung stark betroffen sind. Alle drei Formen gehören aber zu den Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit und Markasit und bilden den sekundären Typus der Sedimentationserzstätten.

b) Die zweite Gruppe von Eisenerzen ist nicht so zahlreich und wird durch Knollen von Limonit und limonitischen Konkretionen, welche Niggli (1948) als richtige Bohnerze definierte (Lepa Komna), dargestellt. Mit ihrem konzentrischen Aufbau sind die Limonitknollen und limonitische Konkretionen die typischen Vertreter von Erzen, die aus kalten kolloidalen Lösungen auf der Oberfläche als Produkt der Karbonatverwitterung entstanden sind. Zu diesem Typus der Erzstätte können wir auch die limonitischen Krusten zuzählen, die auf der Oberfläche von Kalksteinen ausgeschieden werden.

c) Noch mehr untergestellt ist das Eisenerz, welches in Dachsteinkalken eingewachsen ist und oft idiomorphe Krystalle bildet. Hier handelt es sich nur um einige Centimeter grosse seltene Beispiele, die mit Dachsteinkalk syngenetisch sind.

3. Alle drei Erzformen aus der ersten Gruppe, das sind Bohnerze, Pseudomorphosen und stückige Erze, unterscheiden sich chemisch und mineralogisch fast gar nicht; der Unterschied ist nur in der Form und in den physikalischen Eigenschaften.

4. Die Bohnerze, Pseudomorphosen und stückigen Erze wurden in die Julischen Alpen im Oligocän oder früher transportiert, spätestens aber in der zweiten Hälfte des Miocän, als die Einebung bis zu den Zentralkalkalpen hinreichte. Das Relief des Pliocän lies keinen Transport von Bohnerzen mehr zu. Zur Zeit des Pleistocän kam es aber nur zur Anreicherung der Erzstätten in den Moränen, weil die Gletscher das Eisenerz auf keine grösseren Entfernungen transportierten, noch hatten sie dieses bei dem Transport nennenswerter geformt. Für den Transport sprechen neben der Abrundung und Polierung der Bohnerze auch die Funde milchweisser Quarzschotter auf Dedno Polje, bunten Quarzsandes und Schotter (Augensteine) auf Spodnja Komna, Quarzsandstein und Quarzkonglomerat auf Lepa Komna und des gerundeten Quarz- und Bauxitkonglomerats auf

Medvedovec. Dieses ganze bunte Quarzmaterial konnten in die Julischen Alpen nur die Flüsse des Miocän oder Oligocän gebracht haben.

5. Fast in allen Fundorten finden wir unsortiertes Material jeder Grösse und Form. Zur Mischung des Materials musste es schon nach Absetzen der Erze wegen Gravitation, Regenwässern und Transport durch Gletscher im Pleistocän gekommen sein. Dass die alten Flüsse sortiertes Material so nach Grösse wie auch nach Form gebracht haben, beweisen die Fundstätten auf Veliki Triglav, Dolič und Dedno Polje, das ist in Höhen, wo die früher erwähnten Faktoren nicht in vollem Masse zur Geltung kommen konnten. Ein weiterer Beweis für diese Theorie ist auch die Tatsache, dass die Erzstätten aus dem Gebiet des Wocheiner Gletschers unter 80 % Ferroxyd haben (die übrigen Erzstätten aber über diesem Prozentsatz).

6. Die Erzfundstätten sind in Moränen, Karstgruben und auf harter Felsunterlage. Die primären Fundorte in engster Bedeutung des Wortes haben sich nur auf harter Felsunterlage in grosser Höhe erhalten (Klek, Veliki Triglav, Dolič), wo noch heute das teilweise Sortieren des Materials nach Grösse und Form sichtbar ist.

In den Moränen und Karstgruben kam es aber zu Erzanreicherungen. Die Gletscher und fliessenden Gewässer sammelten das Eisenerz von allen Seiten und legten es nach Grösse und Form gemischt so in den Moränen als auch in den Karstdolinen ab. Oft war das Erz in den Moränen und Gruben sekundär in Breccien zusammengeklebt. Ein besonderes Beispiel ist die Grube auf Viševnik, wo die lateritische Zusammensetzung der Erde zeigt, dass das Material in die Grube von den fluvioglazialen Flüssen in der Postwürmperiode, als sich das Eis schon zurückzog, herangetragen wurde.

7. Die Untersuchungen des Lehms und der Erde können wir nur in zwei Gruppen teilen: in lateritische Erde, die sich in einem Gebiet bildet, welches im Pleistocän nicht unter Eis war und Erde, die auf Moränenboden entstanden ist. Das Eisenerz hat keine grosse Einwirkung auf die Erde, jedoch aber die Kieselsäure, die die Erde stark sauer macht. Auch die Fichtennadeln gaben nicht das erwünschte Resultat, da die Prozentsätze der Eisen- und anderen Verbindungen vollkommen unregelmässig wechseln, so dass man vorläufig noch keine bedeutenderen Schlüsse ziehen kann. Die Analysen der Wässer sind aber noch nicht endgültig bearbeitet, weil es notwendig wäre, noch mehr Muster aus verschiedenen Jahreszeiten zu nehmen.

Weitere Untersuchungen der Eisenerze in den Julischen Alpen werden noch die übrigen Probleme aufklären und alle Erkenntnisse in ein geschlossenes Ganze verbinden.

LITERATUR

- Bauer, F., 1954, Zur Bedeutung der Augensteine, Bohnerze und pseudomorphosierten Pyrite in den Kalkalpen. Anz. Öst. Akad. Wiss., 10, Wien.
- Bauer, F., 1955, Pseudomorphosen nach Pyrit aus der Dachstein-Mammuthöhle bei Obertraun. Sonderab. Jb. der Oberösterreich. Musealver., 100, 351—358, Linz.
- Berce, B., 1956, Pregled železnih nahajališč LR Slovenije, Prvi jugosl. geol. kong. na Bledu 1954, 235—259, Ljubljana. (Übersicht der Eisenfundorte in der VR Slovenien. Erster jugosl. geolog. Kongress in Bled 1954, 235—259, Ljubljana.)
- Djener, K., 1884, Beitrag zur Geologie des Zentralstockes der Julischen Alpen. JB. Geol. R. A., 659—705, Wien.
- Härtel, F., 1920, Stratigraphische und tektonische Notizen über das Wocheiner Juragebiet. Verh. geol. R. A., 1—20, Wien.
- Kossmat, F., 1913, Reisebericht aus dem Triglavgebiet. Verh. geol. R. A., 430—432, Wien.
- Kossmat, F., 1913 b, Die adriatische Umrandung der alpinen Faltenregion. Mitt. geol. Ges., 6, 61—165, Wien.
- Kossmat, F., 1924, Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Leipzig.
- Geologische Manuskriptkarte Blatt Bovec (Flitsch) 1:75.000
- Geologische Manuskriptkarte Blatt Radovljica (Radmannsdorf), 1855, nach Peters, 1:75.000.
- Geologische Manuskriptkarte Blatt Radovljica, 1935, nach Teller, Kossmat, Härtl, Ampferer, zusammengestellt Vettters 1933, 1:75.000.
- Melik, A., 1929/30, Bohinjski ledenik. Geogr. vestnik, 1—4, 1—39, Ljubljana (Der Gletscher von Bohinj (Wochein), Geogr. Jb., 1—4, 1—39, Ljubljana)
- Niggli, P., 1948, Gesteine und Minerallagerstätten. Birkhäuser, 1, 1—540, Basel.
- Niggli, P., 1952, Gesteine und Minerallagerstätten. Birkhäuser, 2, 1—557, Basel.
- Rakovec, I., 1936/37, Morfogenezna in mladoterciarna tektonika vzhodnega dela Julijskih Alp. Geogr. vestnik, 12—13, 61—101, Ljubljana. (Morphogenesis und jungtertiäre Tektonik des östlichen Teils der Julischen Alpen, Geogr. Jb. 12—13, 61—101, Ljubljana)
- Rakovec, I., 1946, Triadni vulkanizem na Slovenskem. Geogr. vestnik, 18, 139—170, Ljubljana. (Vulkanismus der Trias in Slovenien, Geogr. Jb., 18, 139—170, Ljubljana).
- Rakovec, I., 1951, K paleogeografiji Julijskih Alp. Geogr. vestnik, 23, 109—130, Ljubljana. (Zur Paläogeographie der Julischen Alpen, Geogr. Jb., 23, 109—130, Ljubljana).
- Rakovec, I., 1956, Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi jugosl. geol. kong. na Bledu 1954,

- 73—83, Ljubljana. (Übersicht über den tektonischen Aufbau Sloveniens. 1. jugosl. geol. Kongress in Bled 1954, 73—83, Ljubljana).
- Rakovec, I., 1956, Razvoj pleistocena na Slovenskem. Prvi jugosl. geol. kongres na Bledu 1954, 59—72, Ljubljana. (Die Entwicklung des Pleistocän in Slovenien, 1. jugosl. geol. Kongress in Bled 1954, 59—72, Ljubljana).
- Rakovec, I., 1958, Zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane, 13—207, Ljubljana. (Die Geschichte des Bodens von Ljubljana, Geschichte von Ljubljana, 13—207, Ljubljana)
- Rjazancev, A., 1962, Bobovci Julijskih Alp. Železar, Tehnična priloga, 2/4, 1—24, Kranj. (Die Bohnerze der Julischen Alpen, Železar, Tehnična priloga, 2/4, 1—24, Kranj).
- Rjazancev, A., 1963, Po poti železarskega Bohinja. Železar, Tehnična priloga, 2/5, 43—99, Kranj. (Auf den Spuren der eisenhüttnerischen Wochein, Železar, Tehn. priloga, 2/5, 43—99, Kranj.)
- Rjazancev, A., 1964, Studor v luči antičnega železarstva. Železar, Tehnična priloga, 1/6, 42—53, Kranj. (Studor im Lichte des antiken Eisenhüttenwesens, Železar, Tehnična priloga, 1/6, 42—53, Kranj).
- Seidl, F., 1929, Zlatenska plošča v Osrednjih Julijskih Alpah. Glas. muz. dr. Slov., prir. del., 10, 1—29, Ljubljana. (Zlatna—Platte in den Mittleren Julischen Alpen. Jb. d. Mus. Ver. Sloveniens, Naturgesch. Teil, 10, 1—29, Ljubljana).
- Sifrer, M., 1952, Obseg zadnje poledenitve na Pokljuki. Geogr. vestnik, 24, 95—113, Ljubljana. (Der Umfang der letzten Vereisung auf Pokljuka. Geogr. Jb., 24, 95—113, Ljubljana).
- Suklje, L., 1957, Mehanika tal. Univerza, 1—324, Ljubljana. Mechanik des Bodens. Universität 1—324, Ljubljana.
- Teller, F., 1910, Geologie des Karawankentunnels. Denkschr. Akad. d. Wiss., Naturwiss. Kl. 82, 145—250, Wien.
- Winkler, A., 1923, Über den Bau der östlichen Südalpen. Mitt. geol. Ges., 16, 1—272, Wien.
- Winkler, A., 1936, Neuere Forschungsergebnisse über Schichtfolge und Bau der östlichen Südalpen. Geol. Rundschau., 27, Stuttgart.
- Winkler, A., 1957, Geologisches Kräftespiel und Landformung. Springer Wien.

Genesis der Eisenerze aus dem Triglav-Massiv

Einen Teil der Proben, die bei der Fachexkursion systematisch den verschiedenen Erzvorkommen entnommen wurden, haben wir zwecks Feststellung der Genesis der Bohnerze der Erz- und Polarisationsmikroskopie unterworfen.

AUFTRETENDE MINERALE IN DEN UNTERSUCHTEN PROBEN DER BOHN- UND TRÜMMERERZE

Bei genauer Untersuchung der Eisenerzproben aus dem Triglavgebirge sehen wir, dass sie die Formen richtiger sowie von Pseudobohnerzen, Ooliten, Pseudomorphosen und Trümmereisenerzen haben.

Die Erze haben als Hauptkomponente Limonit. Die Limonitstruktur ist sehr verschieden und ist von der Korngrösse abhängig. Im Bild 1* — V. 2/1 sehen wir genau das Mikrokrystallit von Limonit.

Der Grossteil des Limonits bildet die Netzstruktur (Bild 1a-V. 8/1). Das Limonit ist aus Goethit und Lepidokrokit in verschiedenen Konzentrationen zusammengesetzt. Bei etwas grösseren Körnern kann man sie sogar voneinander unterscheiden.

Goethit (Nadeleisenerz) hatte einst die Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, augenblicklich wird aber die Formel HFeO_2 als entsprechender erachtet. Der Wasserstoff tritt nicht in der OH-Gruppe auf sondern als Kation, wodurch auch die Absorptionsbindung fremder Metalle erklärt wird. Goethit krystallisiert rhombisch und ist der Hauptbestandteil des limonitischen Eisenerzes. Schöne rhombische Krystalle sehen wir auf dem Bild 2 — V. 54/2.

Lepidokrokit (Rubinglimmer) hatte auch wie Goethit einst die Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Heute wird es als richtiges Hydroxyd $\text{FeO}(\text{OH})$ bezeichnet, welches in der Hauptsache Anione absorbiert. Lepidokrokit krystallisiert genau so wie Goethit rhombisch, jedoch nicht so ausgesprochen in Nadelform, sondern mehr in Blättchenform.

Auf Bild 3 — V. 11 sehen wir eine Gruppe von Blättchen von Lepidokrokit mit Resten von Pyrit, aus welchem es auch am meisten entsteht. Auf dem Bild ist auch der Reflexionspleokroismus des Lepidokrokits zu bemerken.

Ob und wieviel neben Lepidokrokit und Goethit noch kolloidales bzw. amorphes $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ auftritt, kann man mikroskopisch nicht genau feststellen.

Aus den mikroskopischen Untersuchungen ersehen wir, dass ein sehr häufiger Begleiter von Limonit das Hämatit mit der Formel Fe_2O_3 ist.

Zwar wird ansonsten erachtet, dass es im sedimentären Zyklus sehr selten auftritt, was wir aber bei den untersuchten Beispielen nicht behaupten können. Im sedimentären Zyklus erklären wir uns das Entstehen von Hämatit durch diagenetische Prozesse, durch Pseudomorphosen nach Pyrit und den Karbonaten sowie durch Entfernung von Wasser aus dem Limonit. Bei Trümmereisenerz und bei Bohnerzen tritt Hämatit mit Goethit in sehr porösen Stücken oder in der zersprungenen Zone der Beispiele auf. Am häufigsten ist die feinkörnige Infiltration im Goethit (Bild 4), sowie die zonare Ausscheidung um die Höhlungen (Bild 5). Nicht selten sind die Erscheinungen, wo Hämatit einen Gürtel um die Lepidokrokitblättchen bildet (Bild 6). Häufig tritt Hämatit als dünne ungerichtete Ader zwischen Goethit auf, (Bild 7). Interessant ist das mirmekitische Verwachsen von Hämatit mit Goethit, wie wir es auf den Bildern 8 bis 10 sehen. Hie und da tritt in einigen Beispielen ein magmatisches Eisenmineral — Maghemit Fe_2O_3 — auf, welches durch Entnahme von Wasser aus dem Lepidokrokit entstanden sein kann. Von den Sulfidmineralen sind in der Hauptsache Pyrit und Markasit vertreten. Pyrit behält im Vergleich mit Markasit viel länger seinen Idiomorphismus. Auf Bild 11 sehen wir ein solches idiomorphes Pyrit. Als Nebengestein treten am meisten Karbonat (Bild 12) und Quarz in Form von Kalzedon (Bild 13) auf.

DIE STRUKTUR DER UNTERSUCHTEN EISENERZE

Wenn das in Lösung vorhandene Eisen in Sauerstoffatmosphäre kommt, scheidet es als Limonitgel aus. Dieses Limonitgel krystallisiert bald in Goethit oder Lepidokrokit aus, wobei sich die Fasern des entstandenen Goethits fast immer rechtwinklig auf die Oberfläche der trauben-, nieren- oder rundförmigen Bildung (Bild 14) stellen. Bei solchen Eisenbildungen kommt es zu ziemlichen Verunreinigungen mit anderen Mineralen und zwar mit Kieselsäure, Ton, Bariumoxyden und Manganoxyden. Diese Bestandteile lassen sich mikroskopisch nicht unterscheiden, da sie durch Absorption gebunden sind, ausser Quarz und Karbonat, die manchmal den Kern des Oolits bilden. Auch fossile Rückstände sind häufig Träger eines

* Die hier vorkommenden Bezeichnungen der Bilder beziehen sich auf die Seiten 29—32 des slowenischen Originals

gewissen Prozentes von Karbonat und Quarz in den Bohnerzen (Bild 15). Ausgesprochene oolitische Eisenerze, die in seichten unruhigen Gewässern entstanden wären, sind nicht unter den untersuchten Erzen.

Karakteristisch für die Bohnerze, die aus den kolloidalen Lösungen ausgeschieden wurden, sind die Sprünge, die sich in der Hauptsache von der Oberfläche gegen das Innere ziehen (Bild 16, 17).

Die Bohnerze aber, die durch Verwitterung verschiedener Minerale entstanden sind, tragen in ihrer Struktur die Relikte der ehemaligen Minerale. Auf Bild 13 sehen wir nur noch die Formen von Karbonatrhomboedern. Besonders charakteristisch für die Bohnerze des Triglavgebirges sind die Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit und zeigen uns die Bilder 18, 19 und 20 schön solche Beispiele. Auf Bild 21 sind aber die Reste der Markasitstruktur zu sehen.

VERGLEICH EINZELNER BOHNERZ-FUNDSTÄTTEN DES TRIGLAVMASSIVES

Auf Grund der mikroskopischen Analysen sehen wir, dass das Eisenerz aus der Gegend von Gorjuše die Formen von Trümmereisenerz und Bohnerz trägt. Die Erze dieses Gebietes sind das Zerfallprodukt von Sulfidmineralen — Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit, mit grösseren oder kleineren Rückständen von Pyrit oder Markasit.

Die Vorkommen aus Kranjska Dolina und Berjanca bestehen aus Bohnerz und Trümmereisenerz. Beide stellen die Pseudomorphose von Limonit nach Markasit oder Pyrit dar. Von den untersuchten Beispielen entspricht mengenmässig der Grossteil von Trümmereisenerz den Pseudomorphosen nach Markasit, bei den Bohnerzen aber den Pseudomorphosen nach Pyrit.

Die Erzvorkommen von Klek unterscheiden sich ein wenig von den bisher beschriebenen. Der Form nach finden wir von richtigen Bohnerzen, Pseudomorphosen, Mikrokrystallen bis zum Trümmereisenerz alles. Paragenetisch sind aber folgende Minerale vertreten: Limonit (Mikrokrystallit), Goethit, Lepidokrokit, Magnetit, Hämatit und Pyrit sowie Markasit als relikte Reste von Pseudomorphose. Der Grossteil der Bohnerze hat die Form von Pseudooliten. Aus dem Beschriebenen ersehen wir, dass hier mehrere Faktoren gewirkt haben, damit eine solche Paragenesis geschaffen werden konnte.

Nach der Verbreitung und der gefundenen Menge von Eisenerz können wir an die erste Stelle das Gebiet der Pokljuka mit der Umgebung von Rudna Dolina, Rudno Polje und die Gegend gegen Uskovnica einreihen. Wegen der Verbreitung finden wir aber auch sehr verschiedene Strukturen, die ihren sehr verschiedenen Ursprung anzeigen. Die untersuchten Beispiele gehören teilweise zu dem Material, welches aus den

Kolloidlösungen entstanden ist und die Form von Bohnerzen trägt, teilweise aber auch von Ooliten, von Trümmereisenerz und Pseudomorphose nach Sulfiden, die die Formen von Pseudobohnerzen tragen.

Der Grossteil der Bohnerze gehört den Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit und Markasit an, ebenso auch das Trümmereisenerz. Das Beispiel, welches die Struktur der Breccia hat, trägt zwischen dem Bindemittel einige sehr feine Körnchen Gold. Diese Bestimmung ist jedoch wegen der sehr feinen Körner ungewiss.

Wenn wir die bisher untersuchten Beispiele ansehen, können wir behaupten, dass in der Hauptsache die Bohnerze aus dem Gebiet der Pokljuka zu den Pseudomorphosen von Limonit nach Sulfiden gehören und dass ihre Form durch den Transport bedingt ist. Sie gehören den sogenannten falschen Bohnerzen bzw. Pseudobohnerzen an.

Die Erzvorkommen südlich des Triglav und zwar die Alpen Krstenica, Planina pri Jezeru, Dedno Polje und Planina Viševnik gehören gleichfalls dem Typus der Vererzung an, wie die von Pokljuka. Es zeigen somit ihre Struktur und die relikten Reste von Sulfiden auf Pseudomorphose bei den Trümmereisenerzen als auch bei den Bohnerzen. Nur hier und da findet man ein wirkliches Bohnerz, welches aus den Kolloidlösungen ausgeschieden wurde.

Die Muster vom Triglav selbst unterscheiden sich nach ihrer Struktur nicht von denen der Pokljuka. Der Unterschied ist nur in der Grösse der einzelnen Bohnerzkörner — die Bohnerze vom Triglav sind nämlich sehr fein. Auch hier zeigen viele Beispiele auf Pseudomorphose und zwar so die Bohnerze als auch das Trümmereisenerz. Die sehr feinen Bohnerze, nur einige mm gross, gehören wahrscheinlich zu den wirklichen aus den Kolloidlösungen ausgeschiedenen Bohnerzen, die dann auskrystallisierten. Die Anwesenheit von Manganerz auf Kanjavec zeigt auf die Nähe von Kolloidlösungen, da ja Psylomelan ein Oberflächenprodukt des sedimentären Zyklus ist.

Von den Beispielen von Komna wurden mit dem Erzmikroskop nur wenige untersucht. Unter den untersuchten ist ein Grossteil jener, die aus Kolloidlösungen ausgeschieden wurden und fossile Rückstände tragen. Bei dem Trümmereisenerz sind die Zeichen von Pseudomorphose sehr schön erhalten.

Wenn wir nur kurz die Vorkommen von Eisenerz aus dem untersuchten Gebiet betrachten, sehen wir, dass diese keine lokale sondern regionale Bildungen des Triglavmassivs sind. Ihr Material schöpften sie wahrscheinlich aus den primären Vorkommen des paläozoischen Vulkanismus, was heute nicht sichtbar ist — somit aus Kolloidlösungen und Verwitterungsprodukten der Oberfläche.

LITERATUR:

- G. Brush: Determinative Mineralogy
H. Freund: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Band IV, Teil 1
P. Niggli: Gesteine und Minerallagerstätten I, II, 1948
P. Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 1950
H. Schneiderhöhn: Erzlagerstätten, 1944
A. N. Winehell: Elements of Optical Mineralogy, 1959

LEGENDE

le	=	Lepidokrokit
go	=	Goethit
hm	=	Hämatit
px	=	Pyrit, Markasit
m	=	Maghemit
ma	=	Magnetit
j	=	Nebengestein
v	=	Höhlung
o	=	Opal
Q	=	Quarz
ca	=	Karbonat, Kalzit

- | | | | |
|---------|---|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| Bild 1 | — | V. 2/1 | Mikrokrystallit von Limonit, Bohnerz
Auflicht |
| Bild 1a | — | V. 8/1 | Netzstruktur von Limonit |
| Bild 2 | — | V. 54/2 | Rhombische Goethitkrystalle
Auflicht in Oel |
| Bild 3 | — | V. 11 | Lepidokrokit mit Pyritresten
Auflicht in Oel |
| Bild 4 | — | V. 3 | Feinkörnige Hämatitinfiltration zwischen Goethit
Auflicht |
| Bild 5 | — | V. 42/2 | Zonare Hämatitausscheidung um Höhlungen und Nebengesteine
Auflicht in Oel |
| Bild 6 | — | V. 57/2 | Hämatitgürtel um Lepidokrokit
Auflicht in Oel |
| Bild 7 | — | V. 1/2 | Hämatitadern in Goethit
Auflicht in Oel |
| Bild 8 | — | V. 45/3 | Mirmekitische Verwachsung von Hämatit mit Goethit
Auflicht in Oel |
| Bild 9 | — | V. 45/5 | Verwachsung von Hämatit mit Goethit
Auflicht in Oel |
| Bild 10 | — | V. 45/4 | Verwachsung von Hämatit mit Goethit
Auflicht in Oel |
| Bild 11 | — | V. 48/3 | Teilweise limonitisiertes idiomorphes Pyritkorn
Auflicht in Oel |
| Bild 12 | — | V. 72/1 | Goethit mit Karbonatnebengestein
Auflicht |
| Bild 13 | — | V. 9/3 | Quarznebengestein — Rhomboederreste
Auflicht |
| Bild 14 | — | V. 73 | Gerichtete Goethitfasern
Auflicht |
| Bild 15 | — | V. 94/1 | Algen und andere fossile Reste
Auflicht |
| Bild 16 | — | V. 53/1 | Sprünge von der Oberfläche des Bohnerzes gegen Innen
Auflicht |
| Bild 17 | — | V. 6/1 | Ungerichtete Sprünge
Auflicht |
| Bild 18 | — | V. 10 | Pseudomorphose von Limonit nach Pyrit
Auflicht |
| Bild 19 | — | V. 49/4 | Reste von Idiomorphismus
Auflicht in Oel |
| Bild 20 | — | V. 92/2 | Reste von Pyritidiomorphismus
Auflicht |
| Bild 21 | — | V. 23/2 | Pseudomorphose von Limonit nach Markasit
Auflicht |

Chemismus der Bohnerze und ihr Vergleich sowie die technologischen Bedingungen antiker Schmelzstätten

Einleitung

In der Geschichte des Bergwesens in Bohinj (Wochein) kamen wir auf die Spur von zwei Namen für eine besonders geformte Gattung von Limonit aus dem Gebiet der Pokljuka, Fužinarska Planota (Eisenhütten-Hochfläche) und Jelovica: Bohnerz und Unterrasenerz. Beide Namen benennen das gleiche Erz, der Unterschied besteht nur darin, dass wir das Bohnerz in der Erde und zwischen Gestein vorfinden, während das Unterrasenerz unter dem Rasen.

Der Mineralog aber unterscheidet vom Standpunkt der Genesis Bohnerze und Pseudobohnerze. Beim Studium der bergmännisch-eisenhüttnerischen Geschichte kann man aber die mineralogische Klassifikation nicht berücksichtigen, deswegen ist es am geeignetsten, wenn man den Namen Bohnerz in der breitesten Bedeutung des Wortes beibehält, ohne sein Entstehen zu berücksichtigen. Beim Studium der Eisenhüttengeschichte der Wochein sind für das verwendete Eisenerz die Namen Bohnerz und Nichtbohnerz heimisch geworden, was bei der Abhandlung über das Eisenhüttenwesen keine Schwierigkeiten bereitet. Als Nichtbohnerz wird alles Eisenerz erachtet, das Stückform oder aber noch teilweise erhaltene geliehene Form von Pyrit oder Markasit hat.

Das Bohnerz stellt nicht nur ein Stückchen geformten Eisenerzes dar, welches sich im Bereiche der Julischen Alpen befindet, sondern es ist ein Teilchen des Spiegels der Erdvergangenheit und die Grundlage für das Entstehen des antiken Eisenhüttenwesens in der Wochein. Noch kein Eisenerz ist in der Literatur so wenig bekannt als eben das Bohnerz. Das Bohnerz ist eigentlich schon lange vergessen worden, vor allem deswegen, weil es zu wenig vorhanden ist und es nirgends mehr zur Gewinnung von Eisen verwendet wird. Dieses Erz ist das Symbol der Vergangenheit, die nur noch mit dem Geschichtsfaden des 2500-jährigen schöpferischen Eisenhüttenwesens der Wochein verbunden ist.

Das Verschwinden des Bohnerzes vom Boden der Julischen Alpen gegen Ende des 19. Jahrhunderts bedeutete auch das Ende des Eisenhüttenwesens der Wochein und das Erlöschen des letzten Hochofens in Bohinjska Bistrica.

Heute finden wir nur noch hier und da eine Faust voll Bohnerze für Untersuchungen im Laboratorium und Versuche der Reduktivität. Es ist fast unwahrscheinlich jedoch trotzdem wahr, dass die Hände des Menschen in der Vergangenheit das ganze Bohnerz auf einem so weiten Gebiet eingesammelt haben. Das Studium der Bohnerze stellt aber keinen Zeitverlust dar, sondern Einsicht in seine Genesis, Art des Formens und den Transportweg bis zu den sekundären Erzlagern. Besonders bedeutungsvoll ist aber das Studium der Bohnerze aus dem Wirkungskreis der bergmännischen und eisenhüttnerischen Geschichte. Das allseitige Studium des Eisenerzes reichert das Wissen an und ermöglicht die Rekonstruktion der technologischen Prozesse vom Erz bis zum Schmiedeeisen. Zum Studium der Schmelzart von Eisenerz benötigt man viele Untersuchungen und Vergleiche zwischen den Werkstoffen aus den seinerzeitigen eisenhüttnerischen Stellungen und bergmännischen Gebieten unter den Spitzen des Triglav.

Chemische Eigenschaften der Bohnerze und Einfluss von SiO_2 auf die Schmelzung von Bohnerzen

Das Bohnerz ist ein Eisenerz mit heterogener mineralogischer Struktur, dessen Hauptkomponente das Limonit ist, ein Hydrat von Eisenoxyd. Der überwiegende Teil von Limonit bildet eine Netzstruktur, die ein Volumenskelett des Bohnerzes darstellt. Die hydratisierten Eisenoxyde Goethit und Lepidokrokit sind die Hauptbildner der limonitischen Bohnerze. In seltenen Fällen kann das Lepidokrokit auch fehlen und wird durch andere Eisenminerale ersetzt. Sehr häufige Minerale sind Pyrit und Markasit, während es Hämatit ausserordentlich wenig gibt und tritt dieses in Form von dünnen Bändern auf. Magnetit und sein Oxydationsprodukt Maghemit sind nur in kleinerer Anzahl der Beispiele vertreten.

Die Bohnerze sind nicht nur aus Eisenmineralen in bestimmten Verhältnissen zusammengesetzt, sondern enthalten auch eine bestimmte Menge von Nebengestein. Das Nebengestein ist primär und sekundär. Nach der mineralogischen Zusammen-

setzung ist es sandig, lehmig und silikatisch. Im grösseren Teil der Beispele sind seine wichtigsten Komponenten Quarz und seine Abarten.

Mineralogisch-chemische Zusammensetzung der Bohnerze (Eisenminerale):

Eisenminerale	Chemische Zusammensetzung der Eisenminerale
Goethit	H Fe O ₂ (α — FeO OH)
Lepidokrokit (γ — Goethit)	FeO OH (γ — FeO OH)
Hämatit	Fe ₂ O ₃
Magnetit	Fe ₃ O ₄
Maghemit	δ — Fe ₂ O ₃
Eisensulfid (Pyrit, Markasit)	FeS ₂

Ein anschauliches Beispiel mit der Netzstruktur von Limonit ist das Bohnerz von Rudno polje, welches aus der amorphen und der krystallisierten Form zusammengesetzt ist. Das Limonit ist in Form von Nadeleisenerz mit der durchschnittlichen Korngrösse von 0,01 mm auskrystallisiert. In der Netzstruktur befinden sich Inselchen von Lepidokrokit in Form grösserer Blättchen der Dimension 0,05 mm.

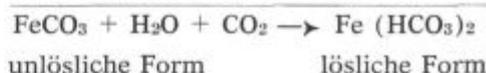
Bild 1 Seite 34 Mikrostruktur des Bohnerzes — Rudno polje

Die meisten Bohnerze entstanden durch Pseudomorphose aus Pyrit und Markasit, der kleinere Teil aber als kolloidale Modifikation. Es gibt auch Ausnahmefälle, die das Resultat von Pseudomorphose nach Halkopyrit und Karbonaten sind.

Ein interessantes Beispiel ist das Bohnerz aus dem Gebiet Kratki Plazi, welches das Resultat von Sedimentation aus kolloidalen Eisenlösungen ist. Die Bohnerze unterscheiden sich schon makroskopisch von den übrigen Sorten von Bohnerzen aus den verschiedenen Gebieten der Julischen Alpen. Nach Erika Grobelšek sind wahrscheinlich in den Bohnerzen vererzte Eisenbakterien. Das Mikroskop zeigte auf dem Schnitt des polierten Bohnerzes Oolite der durchschnittlichen Grösse von 0,05 mm (die Kleinsten 0,01 und die Grössten 0,1 mm). Die Oolite sind in der Mitte rot — grobkörnig, gegen die Oberfläche zu aber feinkörnig und gelb. Die Bakterien sind in der Hauptsache mit Hämatit (Fe₂O₃) durchsetzt und sind deswegen rot gefärbt. Das Erz ist stark porös. Gegen die Hohlräume zu ist die Kolloidmasse des Limonits schön in idiomorphe rhombische Krystalle von Nadeleisenerz auskrystallisiert. Die Struktur ist typisch für die Sedimentation von Eisen im Bohnerz.

Aus diesem Beispiel ist es ersichtlich, dass bei der Bildung von Eisenerz Bakterien mitgewirkt

haben. Das Entstehen von Eisenerz erklären wir uns so, dass sich das Eisenkarbonat (Siderit FeCO₃) im Beisein von Wasser und Kohlendioxyd auflöste und in die Lösung in Form von Eisenhydrokarbonat, wie es aus der chemischen Gleichung ersichtlich ist, überging.



Das Eisenhydrokarbonat schied unter der Einwirkung des Luftsauerstoffes oder aber mit Hilfe der Eisenbakterien als Eisenhydroxyd aus den wässrigen Lösungen aus, welches dann in Form von rotem Schlamm sedimentierte. Beim Übergang aus dem Eisenhydrokarbonat in das Eisenhydroxyd schied das CO₂ aus, welches sich neuerlich in den Kreislauf der chemischen Reaktion einschaltete. In den verwickelten chemischen Prozessen wirkten auch grössere Pflanzen mit.

Bild 2 Seite 35 Bohnerz — Kratki Plazi

Bild 3 Seite 35 Wahrscheinlich vererzte Bakterien im Bohnerz Kratki Plazi

Statt der Bakterien finden wir in den Bohnerzen, die aus den kolloidalen Lösungen entstanden sind, noch andere Materien anorganischen und organischen Ursprungs. Am häufigsten handelt es sich um Algen und feine mineralische Einschlüsse verschiedenen Ursprungs und chemischer Zusammensetzung. Fremde Nichteisenverbindungen wirkten als Formationszentrum, auf welches die Prezipitation und Krystallisation der Eisenminerale erfolgte. Der ganze Prozess erfolgte im fließenden Medium bei zerstörtem Gleichgewicht zwischen den Kolloiden und Krystalloiden. Solches Eisenerz, aus welchem die Bohnerze entstanden sind, enthält ein oder mehrere Formationszentren. Gegen das Formationszentrum (Kügelchen) sind die Radialstrahlen oder aber die zentrischen Schichten verschiedener Dicken rechtwinklig gerichtet.

Durch die chemische Analyse kann man bei den Bohnerzen die Genesis und die verschiedenen in Mikromengen auftretenden Minerale nicht bestimmen. Zu diesen Zwecken behelfen wir uns mit den mikroskopisch-mineralogischen Analysen. Die chemische Analyse ermöglicht nur die quantitative Bestimmung der Elemente, die als Ganzes das Eisenerz zusammensetzen. Das Eisenerz tritt nie in reiner Form auf, immer sind Materien anwesend, die wir als metallische oder nichtmetallische Oxyde ausdrücken. Die quantitative Zusammensetzung in Form von Oxyden dient bei der Beurteilung bezüglich der Art, Verwendbarkeit und Reduktivität des Eisenerzes.

Beispiele von Bohnerzen mit Rücksicht auf die genetische Zugehörigkeit zu regionalen Gebieten.

Territorium der Bohnerze		Genesis der Bohnerze
Pokljuka	Rudno Polje Lom	Pseudomorphose nach Pyrit Pseudomorphose nach Markasit
Fužinarska Planota	Dedno Polje Alpe Krstenica	Pseudomorphose nach Pyrit Pseudomorphose nach Markasit
Triglavgruppe	Veliki Triglav Dolič	Pseudomorphose nach Pyrit Kolloidalform
Südliche Wocheiner Berge	Storeč Raven Kratki Plazi	Kolloidalform Kolloidalform

Die Charakteristiken der Bohnerze

Fundort	Julische Alpen
Art des Eisenerzes	Limonit
Gebiet der Gewinnung	in der Moräne
Grösse	unter 1 mm, 1 mm bis 35 mm und noch grösser
Farbe	hellbraun, braun, dunkelbraun, rötlichbraun, schwarzbraun, grauschwarz
Form	rund, oval, flach, nierenförmig usw.
Oberfläche	glatt, kuppenartig, gefurcht
Glanz	gut ausgeprägt
Ritz	hellbraun, rötlichbraun, braungelblich
Härte	über 6 nach Mohs
Bruch	zackig, scharfkantig
Beständigkeit	sehr gross

Die Bohnerze sind nach der chemischen und mikroskopisch-mineralogischen Analyse auch aus dem gleichen Fundort sehr verschieden. Jedes Beispiel ist für sich selbst spezifisch bezüglich des Entstehens und der mineralogischen Struktur sowie nach dem Mengenverhältnis der einzelnen Komponenten, die das Bohnerz bilden. Alle Bohnerze haben aber einige gemeinsame Eigenschaften, die sie schon makroskopisch von anderen Eisenerzen unterscheiden. Wesentliche physikalische Unterschiede sind in der Härte, Gewicht und Oberfläche sowie Form. Die chemischen Eigenschaften spiegeln sich im Gehalt von Eisen und der leichteren Reduktivität.

Klassifikation der Bohnerze nach Art der Bestimmung durch chemische und mikroskopische Analyse

Fundort des Bohnerzes	Nach chemischer Analyse	Nach mikroskopischer Analyse	Anwesenheit der Eisenminerale im Bohnerz
Dedno Polje Unterrasenerz	Limonit	Limonit	feines Äderchen Hämatit und Piritkörner
Dedno Polje zwischen Kalksteinchen	Limonit	Limonit	Hämatit in Form von Körnern
Dedno Polje paramagnetisch	Limonit	Magnetit	Hämatit
Rudno Polje aus Lehmerde	Limonit	Limonit	Pyritkörner
Lom aus Erde	Limonit	Limonit	Markasit, Hämatit
Alpe Viševnik aus Lehm	Limonit	Limonit	vererzte Bakterien Hämatit
Storeč Raven aus Lehmerde	Limonit	Limonit	Vererzte Bakterien?
Mali vrh ober Ravne lehmige Erde	Limonit	Limonit	Hämatit
Spodnje Gorjuše zwischen Kalksteinen	Limonit	Limonit	Hämatit

Die Bohnerze sind in der Hauptsache aus dreizehn metallischen und nichtmetallischen Elementen von der ersten bis zur sechsten Wertigkeit zusammengesetzt. Die Elemente sind untereinander

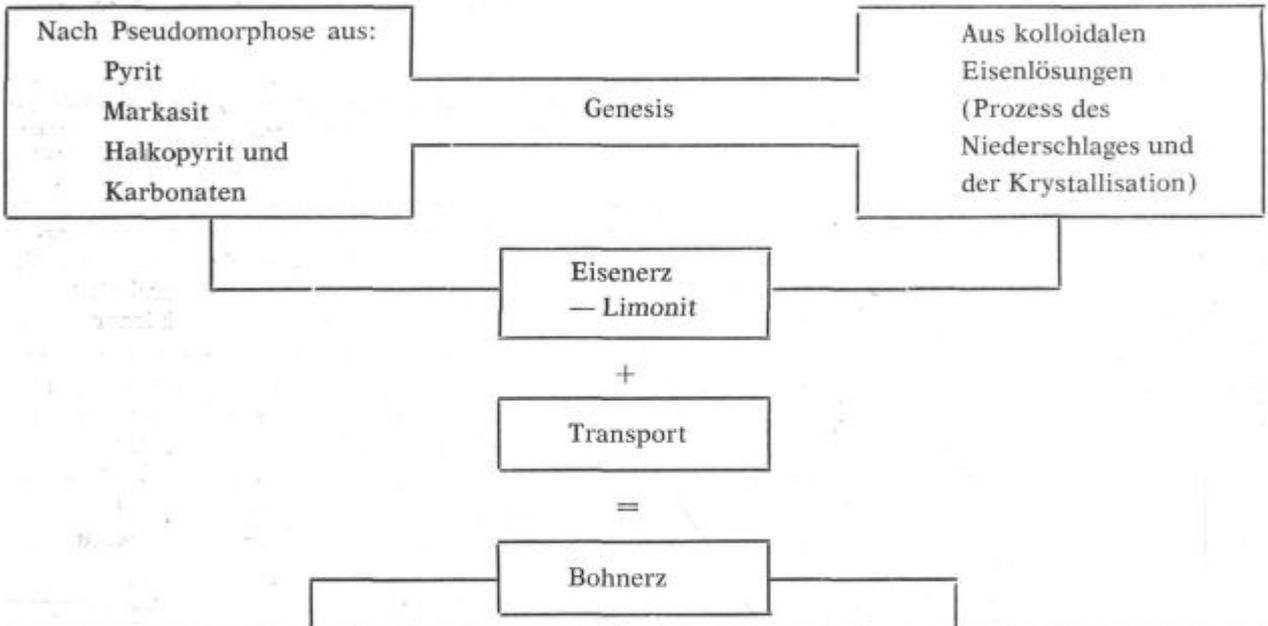
in Verbindungen gebunden, die in der Natur ziemlich beständig gegenüber den Atmosphärien und den chemischen Einwirkungen in den Erden der sekundären Erzstätten sind.

Chemische Analysen von vier Mustern von Bohnerzen

Äussere Ansicht Fundort und chemische Analyse
Bild 4 Seite 36 Medvedovec — Pokljuka links oben Analyse nach Tabelle (neben Bild)
Bild 5 Seite 36 Von der Kreuzung — Rudna rechts oben Dolina — Planina Javornik — Pokljuka Analyse nach Tabelle (neben Bild)

Äussere Ansicht Fundort und chemische Analyse
Bild 6 Seite 36 Na Mlahah — Pokljuka links unten Analyse nach Tabelle (neben Bild)
Bild 7 Seite 36 Planina Krstenica — Fužinarska rechts unten Planota Analyse nach Tabelle (neben Bild)

Genesis, mineralogische Struktur und Chemismus der Bohnerze.



Eisenerzminerale	
Häufige Formen	Seltenere Formen
Goethit	Magnetit
Lepidokrokit	Maghemit
Hämatit	
Nebengesteine	
Primär	Sekundär
absorbiert	mechanische Beimengung

Chemische Elemente der Erzs- substanz und der Nebengesteine		
Wertigkeit	im Erz	Nebengestein
1	H	H
2	Fe, O	O, Ca, Mg
3	Fe	Al, Mn
4		C, Si, (Ti)
5		P
6		S

Das wichtigste Element in den Bohnerzen ist das Eisen, welches in der zwei- und dreiwertigen Form auftritt. Im Vergleich mit der dreiwertigen Form gibt es ausserordentlich wenig zweiwertiges Eisen. Der bis jetzt gefundene höchste Gehalt an zweiwertigem Eisen war in den Bohnerzen (Erz-lager) von Ajdovski Gradec und Studor mit 3,08 % sowie 6,67 % in Form von FeO. Bei den Untersuchungen am Terrain der Regionalgebiete in den Julischen Alpen haben wir solche Beispiele noch nicht aufgespürt. Der höchste Gehalt an FeO beträgt bei unseren Beispielen 1,5 %.

Chemische Analyse der Bohnerze von Pokljuka (Tabelle Seite 38)

Die Bohnerze aus dem Gebiet der Julischen Alpen sind sehr manganarm. Niedere Werte an Mangan spürten wir auch in den urgeschichtlichen Schlacken und Eisen, welches wir auf Ajdovski Gradec, Dunaj bei Jereka und Studor gefunden haben. Im Vergleich mit den Erzen aus den Karawanken ist das einer der wesentlichen Unterschiede in der Qualität von Eisenerz und der Schmelzart in der Geschichte der Eisenhütten-tätigkeit unter Golica. Den höchsten Gehalt an Mangan in den Bohnerzen entdeckten wir ebenfalls bei dem ausgegrabenen Erzvorrat auf Ajdovski Gradec mit 1,74 und 3,36 % Mn₂O₃. Auf dem Terrain fanden wir nur zwei Beispiele, die einen Gehalt an Mn₂O₃ haben und zwar 0,80 und 0,93 %. Das erste Beispiel fanden wir auf Mesnovec Kote 1481—1451 und das zweite auf Dedno Polje.

Kalksteine aus dem Gebiet des Veliki Triglav und Dolič

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	TiO ₂	Glühver-luste
Kalkstein — weiss Veliki Triglav	0,03	0,02	0,13	0,00	54,66	0,97	0,00	0,00	43,80
Kalkstein — rötlich Veliki Triglav	0,50	Spur	0,29	0,06	54,20	0,64	0,00	0,00	42,95
Kalkstein — weiss V. Triglav — Dolič	0,07	0,02	0,14	Spur	54,66	1,13	0,00	0,00	43,92
Kalkstein — rötlich Dolič	0,20	Spur	0,57	0,04	54,66	0,32	0,00	0,00	42,93

Bohnerze ohne Titan

Fundort	Höhe in m	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂
Veliki Triglav Kugyweg	2600	81,71	1,23	0,00
Kanjavec	2568	81,75	1,56	0,00
Vernar	2225	81,26	1,14	0,00
Dolič	2165	82,49	0,72	0,00

Dass die antiken Eisenhüttenleute auch Bohnerze mit Titangehalt verwendeten, beweisen uns die Untersuchungen von Schlacken und eisernen Gegenständen. Die Konzentrationen an Titan sind gering, jedoch wesentlich bei der qualitativen Wertung des Schmiedeeisens und des Stahles. Mit Titan wurde das südnorische Eisen, welches weit ausserhalb der Grenzen des Noricum berühmt war, wie dies von den römischen Geschichtsschreibern berichtet wurde, veredelt.

Die Farbe der Bohnerze und der Ritz sind verschieden. Durch Wasserverlust übergeht das Li-

Bild 8 Schlacke — Ajdovski Gradec (Seite 38)

Der Grossteil von Mangan aus den Bohnerzen verblieb bei der Reduktion im Windofen in dem Erzkonzentrat — Schlacke, was aus den untersuchten Mustern von Ajdovski Gradec ersichtlich ist. Wegen der niedrigen Konzentration an Mangan und zu niedrigeren Temperaturen in den Windöfen konnten die Schmiedeeisen nicht mit Mangan angereichert werden, wie es aus dem Beispiel der Stahlspitze von Ajdovski Gradec ersichtlich ist.

Eisenschlacken — manganarm (Ajdovski Gradec) (Tabelle Seite 39)

Stahlspitze, gefunden auf Ajdovski Gradec
C 0,70% Si 0,03% Mn 0,06% Ti 0,05%

Auf dem Gebiet von Pokljuka und Fužinarska Planota (Eisenhütten-Hochebene) fanden wir Bohnerze mit Titangehalt. Bohnerze mit Titan fanden wir vermischt mit Erde, die einen höheren Gehalt an Titanoxyd hat, während die Bohnerze aus den höchsten Gebieten der Triglavgruppe keinen Titangehalt aufweisen. Die Bohnerze aus dem Hochgebirge haben als Grundlage Kalkstein, welcher keinen Gehalt an Titan hat und konnten dieses auch nicht auf sekundäre Art aufnehmen, wie das Beispiel bei den Bohnerzen in den saueren Silikaterden war. In der Erde wirkten die Bohnerze als poröse Filter, deren Poren und Spalten sich mit der Titanverbindung auffüllten.

Sauere Silikaterden mit TiO₂ — Gehalt (Pokljuka)
(Tabelle Seite 39 oben)

monit in Hämatit. Die am stärksten ausgedrückte Farbänderung wegen des Überganges in Hämatit ist an der Oberfläche. Die Hämatitschicht drang nur selten in die tieferen Schichten und Spalten ein. Die Bohnerze enthalten grobe Feuchtigkeit, die instabil ist und von der Feuchtigkeit der Erde, in welcher sich die Bohnerze befinden, abhängt. Die meiste grobe Feuchtigkeit ist in den Sprüngen und Poren.

Ausgeschiedenes Wasser bei Erwärmung der Bohnerze

Fundort	Höhe des Fundes in m	Ritzfarbe	Wasser in %
Storeč Raven	1097	hellbraun	10,72
Rudno Polje	1341	braun	10,68
Medvedovec	1350	hellbraun	11,52
Dedno Polje	1570	hellbraun	10,28
Alpe Krstenica	1673	hellbraun	10,01
Kratki Plazi	1739	hellbraun	12,51
Veliki Triglav	2600	braun	10,45

Bei Erwärmung der Bohnerze bis 105° C entfernen wir die grobe Feuchtigkeit, bei der weiteren Erwärmung sind aber bedeutende makroskopische und mineralogische Veränderungen zu bemerken. Goethit (Metahydroxyd) verwandelt sich bei der Erwärmung auf 220° C in Eisen-(III)-Oxyd wegen Wasserverlust. Die unbeständige Modifikation des Metahydroxyds FeO OH ist Lepidokrokit, welches nach Verlust von Wasser in Gamma-Fe₂O₃ und dieses in die beständigere Alpha-Fe₂O₃ Form übergeht. Wie es aus den Tabellen ersichtlich ist, scheidet aus dem Bohnerz das chemisch entstehende Wasser nicht auf einmal aus, sondern allmählich im breiten Temperaturbereich, der aber nicht für alle Bohnerze gleich ist. Die Ungleichheit hängt von der Zusammensetzung der Eisenminerale und der Folge der thermischen Veränderungen ab. Nach Verlust von Wasser geht das limonitische Bohnerz in Hämatit über. Bei der Dehydrierung des limonitischen Bohnerzes betrachten wir mit Rücksicht auf die Bruttoformel Fe₂O₃ · H₂O, dass es sich um absorbiertes Wasser handelt, jedoch das stimmt nicht, wenn wir die Formeln der einzelnen Eisenminerale berücksichtigen. Das Wasser scheidet aus dem Bohnerz erst dann aus, wenn auf die Eisenminerale die Wärme einwirkt. Das beweist uns auch das DTA — Diagramm in der Luftatmosphäre.

Bild 9 DTA-Diagramm in der Luftatmosphäre — Bohnerz Rudno Polje Kote 1336 (Seite 40)

Tabelle des Temperaturbereiches bei der Entfernung des chemisch entstandenen Wassers (Seite 40)

Mit Rücksicht auf die grösste Menge des Eisenminerals Goethit in den Bohnerzen, entsteht aus ihm bei der Erwärmung das meiste Wasser. Goethit ist aus dem Kation H und Anion FeO₂ zusammengesetzt, was bedeutet, dass zum Entstehen von 1 Molekül Wasser 2 Moleküle Goethit not-

wendig sind, wie dies aus der chemischen Gleichung ersichtlich ist.

Thermischer Zerfall von Goethit H Fe O₂



Zwei Atomen dreiwertigen Eisens verbleiben noch drei Atome Sauerstoff, was eben ein Molekül Hämatit darstellt. Ein ähnliches Beispiel ist auch bei Lepidokrokit, welches die Formel FeO OH hat.

Thermischer Zerfall von Lepidokrokit FeO OH



Mit der vollkommenen Dehydrierung des Bohnerzes scheiden 10—12 % Wasser aus. Bei der Ausscheidung von Wasser beginnt die innere Verwandlung der Minerale, es beginnen sich die Krystallbindungen und Umformungen von Fe₂O₃ in verschiedene Modifikationen zu lockern.

Die Festigkeit des Bohnerzes und der chemische Aufbau der Nebengesteine ändern sich zwischen 600 und 780° C. Ober 850° C fangen die Karbonate an zu zerfallen. Wenn im Bohnerz Magnetit vorhanden ist, ändert sich dieses mit der Oxydation so, dass die kubisch-ferromagnetische Gamma-Form des Eisenoxyds entsteht. Die Gammaform hat noch immer die Anordnung der Atome in Form des Krystallnetzes von Magnetit. Bei der Erwärmung über 300° C übergeht die Gammaform in die Alphaform, die beständiger und paramagnetisch ist und rhomboedrische Krystallstruktur hat. Bei Erwärmung über 1200° C übergeht Fe₂O₃ in Fe₃O₄, wobei Sauerstoff ausscheidet. Über 900° C verändert sich das zweiwertige Eisen im Bohnerz in die dreiwertige Form. Im Versuch bei Erwärmung des Bohnerzes von Dedno Polje sind die Veränderungen aus den Resultaten der chemischen Analyse und physikalischen Eigenschaften gut sichtbar.

Physikalische Eigenschaften des Bohnerzes — Dedno Polje

Veränderungen des Bohnerzes	Temperaturen			
	300	600	900	1100° C
Farbe	dunkelbraun	dunkelbraun hellere Tönung	rotbraun	rötlichbraun
Oberfläche	glatt	glatt-kleine Löcher	glatt, Löcher, Sprünge	glatt, Löcher, Sprünge
Spezifisches Gewicht	4,32	4,63	5,00	4,77
Porosität	5,54 Vol. %	5,54 Vol. %	6,41 Vol. %	6,75 Vol. %

Veränderungen des Bohnerzes von Dedno Polje
Bohnerz-Komponente — Thermisch-chemische An-
derungen des Bohnerzes bei Temperaturen von:

(Tabelle Seite 41)

Bild 10 — Bohnerz — Dedno Polje (Seite 41)

Die Erwärmung der Bohnerze muss langsam erfolgen, da sie ansonsten bei Aussetzung sofortiger hoher Temperatur mit starkem Knall in zahlreiche feine Stückchen zerspringen. Bei langsamen Erwärmen scheidet durch die Poren das Wasser aus. Die Form des Bohnerzes ist nach der Erkaltung unverändert, es wurde nur poröser und reicher an Eisen (Erzanreicherung).

Das wichtigste beim Studium des Schmelzwesens ist die Reduktivität der Bohnerze. Die Reduktion der Bohnerze mit Holzkohle verläuft im Temperaturbereich von ca. 530° bis ca. 750° C. Das ist die erste Stufe der Reduktion, wo die Haupterkomponente des Eisentrioxys Fe_2O_3 in Magnetit Fe_3O_4 übergeht, welches Ferroferrioxyd ist ($FeO \cdot Fe_2O_3$). Bei weiterer Erwärmung verläuft die zweite Phase der Reduktion aus Magnetit in Eisenoxydul FeO , welche bei der Temperatur über 940° C endet. Die dritte Phase der Reduktion ist bei über 1100° C abgeschlossen, das ist der Übergang von FeO in metallisches Eisen.

Bild 11 — Beispiel des DTA-Diagramms der Bohnerzreduktion — Dolič (Seite 41)

Bei den Bohnerzen stellt die Kieselsäure die stärkste Säure dar, wobei die Aluminiumverbindungen die schlechtesten Basen sind. Kalzium-, Silizium- und Aluminiumverbindungen sind die Schlackenbildner bei der Reduktion der Bohnerze. Mangan, Phosphor, Schwefel und Titan sind aber Bildner der Legierung mit Eisen. Die Kieselsäure,

Verbindung mit der chemischen Formel $CaO \cdot SiO_2$. Mit anderen Oxyden bildet die Kieselsäure Verbindungen bei bedeutend höheren Temperaturen, so mit Eisen, Mangan und Magnesium. Die wichtigste Verbindung mit Eisen ist Fayalit Fe_2SiO_4 . Dieses entsteht nur in dem Falle, wenn das bei der Reduktion entstandene Fe_2O_3 in Eisenoxydul FeO übergeht, welches mit SiO_2 eine stabile Verbindung bildet.

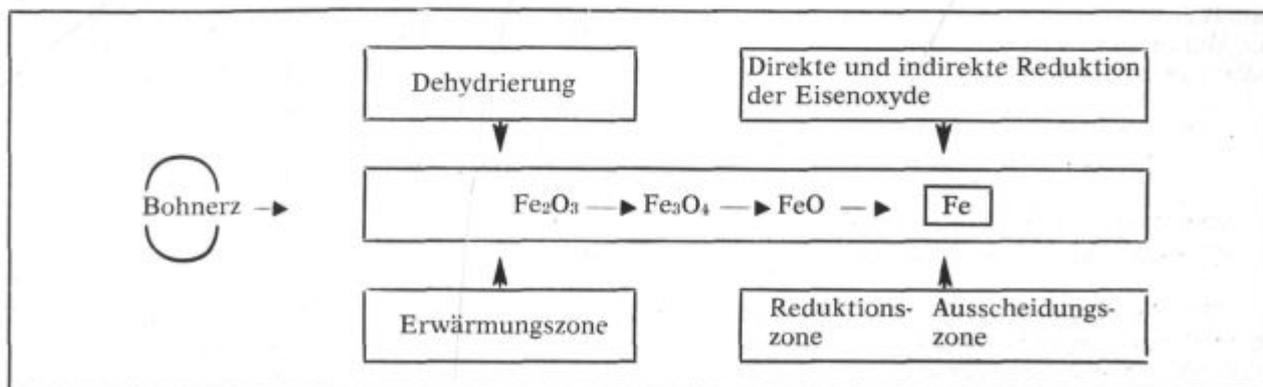
Das Entstehen von Fayalit und anderer Silikate war aber beim Schmelzen der Bohnerze im Windofen noch grösser, was uns die Schlacken aus den Eisenperioden des Eisenhüttenwesens der Wochein beweisen.

Die chemischen Analysen alter Eisenschlacken zeigen einen ausserordentlich hohen Gehalt an SiO_2 . Beim Vergleich mit dem niederen Gehalt von SiO_2 in den Bohnerzen können wir schliessen, dass die Eisenhüttenleute beim Schmelzen der Bohnerze Quarz zugesetzt haben. Das Erz wurde beim Zusatz von SiO_2 leichter schmelzbar und reduktiv. Der Gehalt an SiO_2 bzw. Fayalit in den Eisenschlacken ist verschieden und zwar aus Ajdovski Gradec, Dunaj bei Jereka und Studor. Die Wirkung des zugesetzten Quarzes beim Schmelzen von Bohnerzen ist aus 6 Proben der Funde von Studor im oberen Wocheiner Tal ersichtlich.

Verhältnis $SiO_2 : Fe_2O_3 : FeO$

Art des Fundes	% SiO_2	% Fe_2O_3	% FeO
Schwach saure	1,83	77,00	14,54
Schlacke	5,35	52,66	25,55
(wahrscheinlich Röstertz)	3,00	74,17	16,20
Stark saure	16,30	10,93	60,51
Schlacke	19,58	6,79	59,00
	29,06	4,07	56,61

Änderung des Erzes beim Schmelzen (Reduktion mit Holzkohle)



die für jede Art von Bohnerz spezifisch ist, hat bei der Bildung der Schlacke eine wichtige Bedeutung, weil sie mit anderen Oxyden bei bestimmten Temperaturen Verbindungen in Form von Silikaten bildet. Bei 740° C entsteht die CaO -

Auf der Tafel der Verhältnisse von SiO_2 zu Fe_2O_3 und FeO in schwach sauren Schlacken ist ersichtlich, dass sich mit der Erhöhung des Gehaltes von SiO_2 das Fe_2O_3 senkt und FeO steigt. In den ersten drei Beispielen handelt es sich um

eine Sorte Rösterz, das schon der Reduktion unterworfen war. Möglicherweise handelt es sich um Beispiele der vorhergehenden Anreicherung des Eisenerzes und um Teilreduktion. In der zweiten Phase wurde aber solchem Erz Schmelzzusatz zugesetzt. Demnach verlief das Schmelzen der Bohnerze in zwei Phasen.

Vielleicht könnten wir diese These mit noch einem Beispiel von Ajdovski Gradec unterstützen. Aus der chemischen Analyse ist es ersichtlich, dass der Abfall von Fe_2O_3 und Zuwachs von FeO noch grösser ist als beim Vergleich mit den Funden von Studor.

Chemische Analyse der schwach saueren Schlacke — Ajdovski Gradec (Tabelle Seite 42) (rechts Mitte)

Bei den folgenden Beispielen, die als stark saure Schlacke bezeichnet sind, fällt bei der vergrösserten Menge von SiO_2 die Menge von Fe_2O_3 und FeO , was dem Verschieben der Reduktion nach rechts entsprechen würde, das ist der Umbildung von FeO in Fe . Die chemischen Analysen aller bis jetzt gefundenen ältesten Schlacken weisen keinen grösseren Gehalt an CaO auf, was eben bedeutet, dass SiO_2 nicht wegen Bindung an Kalzium (Base) zugegeben wurde, sondern wegen Erleichterung beim Schmelzen.

In den Schlacken ist öfters mehr Al_2O_3 vorhanden, als wir es in den rohen und dehydrierten Bohnerzen nachweisen. Diese Unterschiede erklären wir uns durch die Anwesenheit von Aluminiumverbindungen in Quarz und saueren Silikaterden. Die Eisenhüttner mussten als Schmelzzusatz beides verwenden. Die saure Silikaterde war in der Wochein leichter erreichbar als die reineren Quarzminerale.

Die Schlacken, welche einen geringeren Gehalt an Al_2O_3 haben, entstanden aus Bohnerzen bei reinerem Zusatz, das ist bei geringem Gehalt an Aluminium. Jene Schlacken aber, die einen bedeutenderen Gehalt an Al_2O_3 haben, bildeten sich aus Bohnerzen mit kleinem oder grösserem Gehalt an Aluminium bei Zusatz der saueren Silikaterde oder von unreinem Quarz.

Gehalt an Al_2O_3 in antiken Schlacken
(Tabelle Seite 42) (rechts unten)

Gehalt an Al_2O_3 in Bohnerzen (Erzlager)
(Tabelle Seite 43) (links oben)

Für die Verwendung der saueren Silikaterde beim Schmelzen von Bohnerzen sprechen die auf Ajdovski Gradec gefundenen Beispiele. Zwischen den Eisenschlacken sind solche, die eigentlich nicht zwischen richtige Schlacken einzureihen sind. Einzelne Beispiele sind nur teilweise thermisch verändert so, dass man noch immer die Grundmaterie ersehen kann. Die gänzlich thermisch veränderten Beispiele haben eine glasartige

Ansicht. Die glasartigen Schlacken sind nach den chemischen Analysen so, dass wir sie leicht in zwei Arten bezüglich der Verwendung der Schmelztechnik des Eisenerzes gruppieren könnten. Die Beispiele mit grösserem Gehalt an Al_2O_3 gehören zur inneren thermisch deformierten Auskleidung des Windofens, die mit kleinerem Gehalt an Al_2O_3 aber den durch Schmelzzusatz erzeugten.

Chemische Analyse der glasartigen Schlacke von Ajdovski Gradec (Schmelzzusatz)

(Tabelle Seite 43)

Chemische Analyse der glasartigen Schlacke von Ajdovski Gradec (Ofenauskleidung)

(Tabelle Seite 43)

In einem Beispiel fanden wir ein Stück Gemisch von saurer Silikaterde und dickeren Quarzkörnern. Woher die Karnen auf Ajdovski Gradec den Quarzsand zugetragen haben, ist noch nicht bekannt. Bisher wurden in der Wochein zwei Orte entdeckt, wo sich Silikatmaterial befindet. Das ist Berjanca und Spodnja Komna. Auf Berjanca—Pokljuka ist der Fundort von Hornsteinen und auch von Quarz, während auf Spodnja Komna ein Fundort gerundeter Quarzsteine ist.

Chemische Analysen von zwei Quarzstücken — Berjanca (Tabelle Seite 43 linke Kolonne)

Chemische Analyse des gerundeten Quarzes — Spodnja Komna (Tabelle Seite 43)

Damit wir die Einwirkung von SiO_2 auf die Senkung des Schmelzpunktes feststellen würden, machten wir mehrere Laboratoriumsversuche. Die Versuche sind nicht gleichartig mit dem Geschehen im Windofen, sie bestätigen aber unsere Behauptung. Die künstliche Erhöhung der Säure bei den Bohnerzen ist schon eine uralte Angelegenheit, die aber noch heute beim Studium der eisenhüttnerischen Technologie aktuell ist.

Änderungen des Schmelzpunktes des Bohnerzes von Medvedovec bei Zusatz von Quarz

% Erz	% Quarz	Schmelzpunkt in °C
-------	---------	--------------------

(Tabelle Seite 43)

Aus den Versuchen ist es ersichtlich, dass sich der Schmelzpunkt des Bohnerzes bei Zugabe von 10% SiO_2 von 1525° C auf 1420° C senkt. Der um 105° C gesenkte Schmelzpunkt beim Erzgemisch bedeutete bei den damaligen Bedingungen des Schmelzens im Windofen einen bedeutenden Erfolg. Mit der vergrösserten Säure von Eisenerz ist dem Menschen das gelungen, was er im Windofen wegen zu niedrigen Temperaturen nicht erreichen konnte. Die Wärmeenergie war vom natürlichen Wind abhängig, der aber nicht konstant war, deswegen verlief auch der technologische

Vorgang des Schmelzens nicht immer unter den gleichen Bedingungen. Die ungleichen Bedingungen zeigen sich aber auch in den untersuchten Funden der Eisen und Schlacken. Die grössten Unterschiede sind eben bei den Schlacken, was für unkontrollierten Vorgang spricht und verschiedenes Ausbringen von Eisen, wenn man nach dem in den Schlacken verbliebenen unausreduzierten Eisen schliesst.

VERGLEICH DER BOHNERZE VON DEN REGIONALGEBIETEN DER JULISCHEN ALPEN

Die grössten Fundstätten von Bohnerzen waren in der Vergangenheit auf den Hochgebirgsebenen Pokljuka und Fužinarska Planota, im südlichen Wocheiner Gebirge und Jelovica. Die an Eisen reichsten Bohnerze wurden in Rudna Dolina, auf Rudno Polje und Mesnovec geschürft. Überall dort wo Bohnerze waren, waren auch Kohlenmeiler. In der Nähe der Arbeitsstätten der Bergleute und Köhler entstanden Almen und Siedlungen. Es ist noch nicht festgestellt, wo die ältesten Siedlungen der Bergleute waren. Heute können wir auf den Ort des antiken Bergwesens mittels Vergleich der Keramik und der Bohnerze schliessen. Auf diese Art stellten wir drei Orte fest:

Dedno Polje, Alpe Lipanca und Berjanca. Zwischen den Bohnerzen auf Dedno Polje wurden Keramikfragmente gefunden, die der Keramik von Ajdovski Gradec ähnlich sind, auf der Alpe Lipanca aber denen von Dunaj bei Jereka. Mit chemischen Untersuchungen ist es uns nur in einem Falle gelungen, Ähnlichkeiten zwischen den Bohnerzen, die die Schmelzer im antiken Studor verwendeten, festzustellen.

Vergleichsanalysen der Bohnerze, die in Studor und Berjanca gefunden wurden: (Tabelle Seite 44 rechts oben)

Die Muster sind sich sehr ähnlich und können wir deswegen schliessen, dass Berjanca eines der Bergwerke von Studor gewesen ist. Dieses dürften auch einige gefundene Schlacken aus Studor beweisen, die kein Titan enthalten. Für die antiken Eisenhütten Ajdovski Gradec und Dunaj bei Jereka ist ein Vergleich für die Bohnerze wegen zu geringer Anzahl von Depotmustern nicht möglich.

Die Bohnerzschmelzer fanden das Eisenerz in den Gletschermoränen, wohin es aus den höheren Gebirgsgebieten das Wasser herangezogen hat. Nach unseren Untersuchungen wurden die Bohnerze grösstenteils in der Erde vorgefunden, die ausserordentlich viel Kieselsäure, Hematogelit und Sporogelit enthielt, teilweise aber auch zwischen Kalksteinen.

Fundorte der Muster von Bohnerz und Art des Materials, in welchem es gefunden wurde:

Fundort	Art des Materials
Am Wege gegen Berjanca	Kalkstein, Hornsteine, lehmige Erde mit viel SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Medvedovec	in hematogelitischer Erde
Alpe Lipanca	in Erde mit viel SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
An der Weggabelung Rudna Dolina—Alpe Javornik	in lehmiger Erde mit Kalksteinen
Rudna Dolina Kote 1317	in Erde mit viel SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Rudno polje	dgl.
Rudno Polje Kote 1336	dgl.
Lmovec südlich Kote 1426	in gelber, brauner und roter Erde mit viel Eisen, SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Kranjska Dolina	zwischen Kalksteinen
Lepa Kopsiča	in Erde mit viel SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Südabhang des Mejni Vrh	dgl.
Mesnovec südlich der Strasse Rudno Polje	dgl.
Mesnovec Kote 1481—1451	in Erde mit dem Verhältnis von SiO_2 zu $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 1:1
Na Mlakah (Fundort Boris)	in stark saurerer Erde, die auch grossen Gehalt an $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ hat
Uskovnica	dgl.
Alpe Krstenica	zwischen Kalkstein und Erde mit SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Alpe Dedno polje	zwischen Kalkstein und Erde mit SiO_2 und $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Dolič	zwischen Kalkstein
Veliki Triglav	dgl.

Zu Beginn diente zur Gewinnung von Eisen ausschliesslich Bohnerz, weil man es genügend auf der Oberfläche finden konnte, vor allem im Moränenmaterial. Wegen der Form und der glatten Oberfläche wurde das Bohnerz leichter gesammelt als das übrige rauhe scharfkantige Erz. Mit der Erfindung und Verwendung des Wasserrades, der Blasbälge und grösserer Schmelzöfen, erhöhte sich bedeutend die Eisenerzeugung, damit aber auch der Verbrauch an Erz. Neben den Bohnerzen fing man gewöhnliche Limonite stückig, Hämatit und limonitisiertes Siderit zu verwenden an. Als Beweis für die Zeiten der »grossen Eisenhüttenepoche« verblieben in den Julischen Alpen zahlreiche tiefe Abgründe, Erzgruben und Kessel. Die ausgeprägtesten durch den Menschen verursachten Veränderungen des Terrains sind auf Rudno Polje sichtbar, weswegen auch dieser Ort mit Berechtigung diesen geographischen Namen erhalten hat (bedeutet Erzfeld).

Die Form der Bohnerze unter dem Triglav verursachten die mechanischen Kräfte der Voreiszeit so, dass sich die harten Limonite-Pseudomorphosen untereinander oder aber auch an noch härterem Material abschleifen. In den Moränen, wo sich die sekundären Erzstätten der Bohnerze befinden, sind gewöhnlich auch Silikate, welche die gleiche Form haben wie die Bohnerze, mit schön polierter Oberfläche. Die Form und die polierte Oberfläche sind die Folgen eines langen Transportes und wechselnder Krafrichtungen wie Rutschen, Drehen, Rollen und von Kombinationen derselben. Die idealsten Beispiele des Transportes sind aus den Lichtbildern der Bohnerze ersichtlich.

Bild 12 — Gerundetes Silikatmaterial — Spodnja Komna (Seite 45)

Bild 13 — Form der Bohnerze durch verschiedenen Transport (Seite 45)

Die Quarzkörner sind bedeutend härter als die Bohnerze. Nach Mohs-Härteskala ist der Platz des limonitischen Bohnerzes zwischen dem Orthoklas und Quarz. Eine neue Stahlfeile oder Bohrer hinterlassen auf den Quarzkörnern überhaupt keine Spuren, während das Bohnerz schwer durch langsames Drehen des Bohrers gebohrt werden kann.

Im Laboratorium machten wir zwei kürzere Versuche um festzustellen, wie sich beim Drehen untereinander Bohnerz, Limonit (Nichtbohrerz) und ooider Quarz betragen. Das Eisenerz wurde aus der gleichen Erzfundstätte Medvedovec und Rudna Dolina genommen. Aus den Vergleichen der chemischen Analyse sind keine zu grossen Unterschiede der Komponenten zu bemerken. Nach 50-stündigem starken Drehen in einer Stahltrommel bei Zugabe der gleichen Menge Quarz, haben wir bedeutende physikalische Veränderungen bemerkt. Die Bohnerze behielten ihre ursprüngliche

Ansicht, während das Nichtbohrerz stark abgeschleifen wurde, was an den Quarzooliten zu sehen war, die stark gefärbt und mit Erzmasse überzogen waren.

Chemische Analyse und physikalische Eigenschaften.

	Bohrerz Medvedovec	Nichtbohrerz Medvedovec nach TiO ₂
(Tabelle Seite 46)	Fortsetzung	
Farbe	braun	bräunlichrot
Spez. Gewicht	3,67	4,12
Schmelzpunkt	1510° C	1525° C
Abnützung nach dem Drehen	3,90 %	27,50 %

Bei der Verwendung von Bohnerzen und limonitischen Erzen aus Rudna Dolina bekamen wir nach 50-stündigem Drehen unter den gleichen Bedingungen sogar das Verhältniss 6,20 % : 44,20 %.

Das ist zwar bei Weitem noch kein Vergleich mit dem Naturgeschehen, es kann uns aber zur Illustration dienen, dass sich Limonite mit niedriger Härte, Festigkeit und schlechterer Kompaktheit nicht in Bohnerze umbilden konnten. Interessant ist aber auch die Tatsache, dass in den Julischen Alpen, wo die feinen Bohnerze stark poliert sind, unter ihnen keine anderen Limonite oder ausgeprägt erhaltene Krystallformen von Metamorphosen vorzufinden sind. In den Gebieten aber, wo die Erze untereinander vermischt sind, sind auch die Bohnerze den Formen nach anders. Auf ihnen kann man noch die Reste der ursprünglichen Formen feststellen, welche seinerzeit die limonitische Pseudomorphose hatte. Das sind vor allem seichte Rillen der ehemaligen Grenze zwischen den einzelnen Krystallen.

Aus den Thermogrammen unter der Bezeichnung »in der Luft« und »mit Holzkohle«, sehen wir praktisch keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem Bohnerz und der Pseudomorphose aus Medvedovec. Beide Erze haben eine ausgeprägte endotherme Abweichung, was für die Ausscheidung von Wasser spricht. Um 530° C herum ist eine weniger ausgeprägte Deklination, welche die Oxydation darstellt oder die Änderung einer Eisenphase in die andere. In der wegen der brennenden Holzkohle entstandenen Reduktionsatmosphäre benehmen sich das Bohnerz wie die Pseudomorphose in Bezug auf die Ausscheidung von Wasser ziemlich ähnlich, was eben für die Limonite charakteristisch ist. Im Temperaturbereich 530° C bis 750° C verläuft die Reduktion von Fe₂O₃ in Fe₃O₄. Eine ausgeprägte endotherme Deklination, die bei der Temperatur von über 700° C anfängt und ihr Minimum bei der Temperatur von ca. 900° C bzw. bei 925° C hat, stellt für beide Erze die zweite Stufe der Reduktion dar. Das

ist der Übergang von Fe_3O_4 in FeO . Der Prozess ist um 970°C beendet, als die dritte Phase der Reduktion anfängt, das ist der Übergang von FeO in Fe und erreicht sein Minimum bei der Temperatur von 1100°C .

Bild 14 — Thermogramm (in der Luft) — Pseudomorphose Medvedovec (Seite 46)

Bild 15 — Thermogramm (mit Holzkohle) Pseudomorphose Medvedovec (Seite 46)

Bild 16 — Thermogramm (in der Luft) Bohnerz Medvedovec (Seite 47)

Bild 17 — Thermogramm (mit Holzkohle) Bohnerz Medvedovec (Seite 47)

Die Beispiele zeigen das gegenseitige Verhältnis und dass die pseudomorphosen Formen des Eisenerzes praktisch in der Materie den Bohnerzen in Bezug auf die Verwendbarkeit in den Windöfen gleichwertig sind. Auch die übrigen physikalischen Eigenschaften sind im Vergleich zu den Bohnerzen nicht wesentlich verschieden. Ohne Zweifel zeigen sich aber ganz klare Unterschiede bei den weicheren und schlechteren Sorten stückigen Limonits aus dem Gebiet von Pokljuka.

Bild 18 — Pseudomorphosen — Na Mlakah (Seite 47)

Chemische Analysen der Pseudomorphosen (Tabelle Seite 47)

In der Periode des antiken Eisenhüttenwesens war die Vorbereitung des Erzeinsatzes bedeutend leichter mit Bohnerzen und Pseudomorphosen als aber mit stückigem Limonit. Stückiges Limonit mussten sie in tieferen Schichten schürfen, bei den Schmelzstätten aber auf kleinere Stückchen brechen. Die schlechtere Qualität des Eisenerzes würde aber zur Folge ein noch schlechteres Ausbringen an Eisen haben, als es schon überhaupt bei qualitativ bestem Erz wegen unkonstanter Reduktion war.

Es wäre übertrieben und falsch, wenn wir behaupten würden, dass in der urgeschichtlichen Eisenhüttenstätigkeit in der Wochein kein stückiges Eisenerz verwendet wurde. Auf Ajdovski Gradec bei Bitnje haben wir in der Schlackenhalde zahlreiche Beispiele von stückigem Eisenerz gefunden, welches dem hämatitischen Eisenerz mit $96,50\%$ Fe_2O_3 und $0,50\%$ FeO angehört. Der Archäologe Dr. Walter Schmid fand vor dem zweiten Weltkrieg auf Ajdovski Gradec stückiges hämatitisches Eisenerz mit $96,81\%$ Fe_2O_3 und $0,14\%$ FeO . Solches Eisenerz ist aber im Vergleich zum stückigen Limonit von bedeutend besserer Qualität, wenn wir es mit den tiefer angeführten chemischen Analysen der Erzproben vergleichen. Bis jetzt haben wir nur auf Ajdovski Gradec die Verwendbarkeit des hämatitischen stückigen Erzes festgestellt.

Chemische Analysen der bemusterten Limonite (Tabelle Seite 48)

Chemische Analysen des Hämatits von Ajdovski Gradec (Tabelle Seite 49)

Bild 19 — Hämatit — Ajdovski Gradec (Sammlung Schmid — Nationalmuseum Ljubljana) (Seite 49)

Bild 20 — Thermogramm (in der Luft) Hämatit — Ajdovski Gradec (Seite 49)

Bild 21 — Thermogramm (mit Holzkohle) Hämatit — Ajdovski Gradec (Seite 49)

Alles weist darauf hin, dass auf Ajdovski Gradec Bohnerze und Hämatit in Form eines gemischten Erzeinsatzes zur bestimmten Zeitperiode erschmolzen wurden. Aus der Erzsammlung Schmid ist noch ersichtlich, dass grobe Bohnerze verwendet wurden, die dimensionsmässig bedeutend die Grösse der gefundenen Depotbohnerze in Studor und Dunaj bei Jereka übersteigen.

Eine von den ungelösten Fragen ist die Grösse der Bohnerze mit Rücksicht auf die Höhe der Fundstätte. Wir bemerkten nämlich, dass die Dimensionen der Bohnerze — der freiliegenden oder der mit Kalkbindemittel zusammengeklebten — mit der Höhe geringer werden, das heisst je höher der Fundort desto feiner sind die Bohnerze. Die feinsten Bohnerze fanden wir auf Veliki Triglav in der Höhe von 2600 m , 50 m unter der Kreuzung der Bergsteige vom Triglav auf Dolič (Kugyweg). Die feinen Bohnerze sind zwischen feinem weissen Kalkstein und rötlichem Staub vermischt. Sie sind sehr fein, das grösste übersteigt nicht die Grösse eines Weizenkorns, während wir die kleinsten kaum makroskopisch auf dem Boden bemerken können. Zwischen den Bohnerzen sind auch paramagnetische Formen und feine Pseudomorphosen. Fast alle grösseren Bohnerze haben eine flache Form und sind schwarz, vorwiegend aber braun. Der Fundort umfasst nur einige Quadratmeter und liegt in einer Zone, durch welche einige parallele Brüche verlaufen.

Eine von den Besonderheiten der Bohnerze aus dem Hochgebirge ist, dass sie mehr zweiwertiges Eisen enthalten als die Bohnerze aus den tieferen Gebieten. Augenscheinlich sind auch ihre physikalischen Eigenschaften, unter ihnen besonders die thermischen Veränderungen, die sich bei den einzelnen Sorten von Bohnerzen zeigen. Die thermischen Veränderungen sind der Spiegel der chemischen Zusammensetzung der Erzmaterie, der Nebengesteine und der chemischen Reaktionen, die bei jeder Erhöhung der Temperatur bis zur fließenden Phase vorkommen. Wenn alle Bohnerze der gleichen Genesis und chemischer Zusammensetzung angehören würden, wäre dies aus den gleichen physikalischen Eigenschaften ersichtlich. Der Unterschied wäre nur in der Morphologie. Die gesammelten Muster aus verschiedenen Orten und Höhen wie es Veliki Triglav, Dolič und

Dedno Polje sind, weisen aber beim Vergleich untereinander doch einige Unterschiede auf. Es wurden zwei Thermogramme aufgenommen und drei Serien von Temperaturänderungen photographiert.

Bild 22 — Thermogramm (in der Luft) — Bohnerz vom Veliki Triglav (Seite 50)

Bild 23 — Thermogramm (in der Luft) — Bohnerz vom Dolič (Seite 50)

Aus den Tabellen der Temperaturpunkte ersehen wir die Temperaturen, bei welchen das zerleinerte Bohnerz zu sintern anfängt, sintert, erweicht, schmilzt und in den fließenden Aggregatzustand übergeht. Für die bezeichneten Punkte des Sinterns und Erweichens wird jene Temperatur erachtet, bei welcher diese beiden Erscheinungen am ausgedrücktesten sind. Im Allgemeinen können wir aber das Sintern und Erweichen als einen längeren zeitlichen und damit auch temperaturmässigen Interval betrachten.

Chemische Analysen von drei Beispielen von Bohnerzen

Bild 24 — Veliki Triglav — Tabelle Seite 50 links unten

Bild 25 — Dolič — Tabelle Seite 50 rechts unten

Bild 26 — Dedno Polje — Tabelle Seite 51 oben

Die Bestimmung der Temperaturunterschiede ist nicht nur deswegen bedeutsam, damit wir die Unterschiede zwischen den Bohnerzen, die wir auf verschiedenen Orten finden, sehen können, sondern auch deswegen, damit wir leichter die Technologie des Eisenhüttenwesens studieren können. Vor allem interessiert uns, welche Arten von Bohnerzen verwendet wurden und bis zu welcher Höhe in den Julischen Alpen die bergmännische Tätigkeit gereicht hat. Wir haben leider nur wenig Depotmaterial von den ältesten eisenhüttnerischen Standorten, wodurch uns eben die weitere Forschungsarbeit sehr erschwert wird.

Vergleichstabelle der Temperaturpunkte bei den Bohnerzen

Fundort	Beginn des Sinterns °C	°C Sintern	Erweichungspunkt °C	Schmelzpunkt °C	fließende Erzmaterie °C
Veliki Triglav (Kugyweg)	700	800	1400	1490—1495	1500
Dolič	700	930	1370	1440—1495	1500
Dedno Polje	580	600	1380	1460—1480	1500

Bild 27—32 Lichtbilder der Temperaturänderungen- Probebeispiel Bohnerz — Veliki Triglav Seite 51 und 52/2)

Bild 33—38 — Bohnerz Dolič Seite 52

Bild 39—44 — Bohnerz — Dedno Polje Seite 53

Die in der Nähe der Schlackenhalde in Studor gefundenen Bohnerze unterscheiden sich von den bisher behandelten Bohnerzen, was sich in den chemischen Analysen, Thermogrammen (in der Luft und in der Reduktionsatmosphäre) und in den Intervallen der Temperaturpunkte vom Anfang des Sinterns bis zum fließenden Aggregatzustand zeigt. Es ist wahrscheinlich nicht falsch, wenn wir behaupten, dass das Bergwesen der Antike die Höhengrenze über 1700 m nicht überschritten hat, nach den bescheidenen Laboratoriums- und Geländeuntersuchungen zu schliessen.

Bild 45 — Thermogramm (Luftatmosphäre) — Bohnerz Studor (Prodovje) (Seite 53)

Bild 46 — Thermogramm (Reduktionsatmosphäre) — Bohnerz Studor (Prodovje) (Seite 54)

Bild 47 — Thermogramm (Luftatmosphäre) — Bohnerz Studor (Rajna) (Seite 54)

Bild 48 — Thermogramm (Reduktionsatmosphäre) — Bohnerz Studor (Rajna) (Seite 54)

Tabelle der Temperaturpunkte der Bohnerze — Studor (Depotfund)

Fundort Lokalname	Beginn d. Sinterns °C	°C Sintern	Erweichungspunkt °C	Schmelzpunkt °C	fließende Erzmaterie °C
Prodovje	680	900	1470	1490	1495
Rajna	400	850	1440	1465—1470	1480

Bild 49—53 — Lichtbilder der Temperaturänderungen der Versuchsproben von Bohnerz — Prodovje (Depotfund) Seite 54 (2) und 55 (3)

Bild 54—58 — Bohnerz — Rajna (Depotfund) Seite 55 (5)

Es ist logisch, dass es dem Menschen nicht notwendig war, die Erzlager in den höher gelegenen Felsgebieten zu suchen, weil er sie dort nicht so viel fand, um sie schmelzen zu können. Die Lager der Bohnerze waren in den tieferen Gebieten, wie es sich auch bei unserer Bemusterung der Bohnerze erwies. Die Grenzen der bergmännischen Tätigkeit im Gebiet der Pokljuka und Fužinarska Planota waren: Spodnje Gorjuše, Berjanca, Klek, Alpe Lipanca, Alpe Krstenica, Dedno Polje, Viševnik, Lom und Mesnovec. Die dicksten Bohnerze bemusterten wir auf der Weggabelung Rudna Dolina — Alpe Javornik, Rudna Dolina

Kote 1317, Lmovec, Mesnovec Kote 1481—1451, Na Mlakah und auf der Alpe Krstenica. Die Bohnerze sind flach, dick und von unregelmässigen Formen. Ihre Grösse beträgt bis zu 6 cm. Bezüglich der Grösse und der Menge der Bohnerze ist das Gebiet der Alpe Krstenica vorherrschend. Nach den Untersuchungen im Terrain und den zahlreichen gefundenen, zeitlich noch nicht bestimmten Keramikfragmenten können wir auf ein umfangreiches bergmännisches Gebiet schliessen. Auf Krstenica haben wir zwischen den Bohnerzen in einem einzigen Fall auch stückiges hämatitisches Erz festgestellt.

Das Eisenerz auf der Alpe Krstenica befindet sich auf einer Kalksteinunterlage, die mit Erde gemischt ist, teilweise findet man es aber in grossen Stücken des umkrystallisierten Kalksteines.

Chemische Analyse der Kalksteine — Alpe Krstenica (Unterlage der Bohnerze und der stückigen Eisenerze)
gewöhnlicher Kalkstein umkrystallisierter Kalkstein

(Analyse nach Tabelle Seite 56)

Bild 58 — Alpe Krstenica — der Fundort der Bohnerze ist östlich der Almhütten auf der Grenzterasse (Seite 56)

Chemische Analysen der dicken Bohnerze (Tabelle Seite 56 unten)

Zwischen den Bohnerzen finden wir sehr ähnliche Formen von roten und rotbraunen Ooiden von Nichteisenerz, vor allem im Gebiete von Medvedovec. Sie sind durch den hohen Gehalt an Silizium und Aluminium charakterisiert, wie es aus den Angaben der chemischen Analyse ersichtlich ist.

Chemische Analyse der rotbraunen und rötlichen Ooide
rotbraune Ooide rötliche Ooide
(Tabelle Seite 57 linke Kolonne)

Aus der chemischen Analyse ist es ersichtlich, dass es sich hier um ein ausserordentlich unreines Bauxit bzw. um Hämatogelit handelt. Der äusseren Form nach können wir schliessen, dass solche Ooidenformen unter den gleichen Bedingungen entstanden sind wie die Bohnerze. Auch die Erde und die grösseren Stücke in den tieferen Schichten enthalten grössere Mengen von Aluminium.

Chemische Analyse der Erde und eines roten kompakten Stückes

Erde rotes kompaktes Stück
(Tabelle Seite 57 rechte Kolonne)

Die Erde, in welcher die Bohnerze gelegen sind, diente den Eisenhüttern als Baumaterial für die Ofenauskleidungen, worauf man durch Vergleichsanalysen schliessen könnte. Ebenso wie die Erde,

enthalten die Ofenauskleidungen ziemliche Mengen von Titanoxyd. Wegen des grossen Eisengehaltes, welcher die Feuerbeständigkeit der Ofenauskleidungen verminderte, stellten die Erden nicht das allerbeste Material dar. Die Funde der Ofenauskleidungen von den eisenhüttnerischen Standorten lassen uns vermuten, dass die Arbeit trotz schlechter Bedingungen ungehindert getan wurde.

Zwischen den Bohnerzen befinden sich noch Beispiele von paramagnetischen Bohnerzen, die vom Magnet angezogen werden. Paramagnetische Bohnerze gibt es nach Menge und den Fundorten nicht viel. Die ersten paramagnetischen Bohnerze fanden wir im Jahre 1962 auf Dedno Polje, ein Jahr später aber noch auf Veliki Triglav, Dolič, Medvedovec und Klek. Die grössten Bohnerze waren bis zu 5 mm gross, die kleinsten aber unter 1 mm. Die meisten Varianten wurden auf Pokljuka im Gebiet von Medvedovec vorgefunden. Im Vergleich zum gewöhnlichen Bohnerz ist das am gleichen Ort vorgefundene paramagnetische Bohnerz um 5,4 % reicher an Eisen, wie es aus der chemischen Analyse ersichtlich ist.

Bild 59 — Lmovec — südlich Kote 1426 — mit Erde vermisches Bohnerz eingeschlossen zwischen zwei Felsbrüchen. (Seite 57)

Chemische Analysen von zwei Bohnerzen aus Medvedovec
paramagnetisch gewöhnlich
(Tabelle Seite 58)

Der Paramagnetismus wurde auch beim Nichtbohnerz festgestellt, das auch von Medvedovec ist. Die chemische und die DTA-Analyse klassieren das Erz unter Hämatit.

Chemische Analyse des paramagnetischen Hämatits von Medvedovec.
(Tabelle Seite 58 unten)

Bild 61 — DTA-Diagramm des paramagnetischen Hämatits von Medvedovec (Seite 59 oben)

Nach der mikroskopisch-mineralogischen Analyse enthalten die paramagnetischen Bohnerze und das hämatitische Eisenerz die Minerale Magnetit und Maghemit.

Im Tal der Triglavseen fanden wir unter Zelnarica beim Grossen Schwarzen See einen grossen Kalksteinblock, auf welchem feine Bohnerze waren.

Bild 60 — Das Tal der Triglavseen (Seite 58)

Die schön gerundeten Bohnerze waren mit Kalkbindemittel von rötlicher Farbe zusammengeklebt. Die Bohnerze waren von verschiedenen Farben. Ähnliche Beispiele fanden wir auch im Schutt. Die Grösse der kleinen Bohnerze war höchstens die von Hirsekörnern.

Einzelne Bohnerzlager konnten wir im ganzen Tal nicht finden, wohl aber Beispiele von porösen stückigen Eisenerzen, die aus Wasserlösungen entstanden sind. Den am meisten erzhaltigen Kalkstein stellt Tičarica dar, was aus ihrer Felsseite, die gegen die Triglavseen einfällt, sichtbar ist. Tičarica ist stark limonitisiert, jedoch findet man auf dem Abhangschutt keine Spur von Bohnerzen.

Bild 62 — Limonitisierte Tičarica — Tal der Triglavseen (Seite 59)

Dickere Bohnerze fanden wir aber immer in tieferen Gegenden. Wahrscheinlich geht es bei diesen Beispielen um die Erscheinung, dass die grösseren Bohnerze aus den höheren Gebieten leichter in die tieferen Gebiete gelangt sind und dass sie bei ihrer Formung kleineren Kräften und kürzere Zeit ausgesetzt waren. Bei den Bohnerzen ist bemerkbar auch dieses, dass sie feiner sind, geradere Flächen haben, ohne Einbuchtungen und ohne sichtbare Rinnen sind. Der Form nach überwiegen die flacheren Formen, die dunkler gefärbt sind. Mit Rücksicht auf die Grösse und die Abgeschliffenheit einzelner Bohnerzarten dürfte die Ansicht vorherrschen, dass es sich nach der Zeit des Geschehens und der Kraft der mechanischen Einwirkung um ungleichmässige Vorgänge handelt. Ob dies auf Dedno Polje, Rudno Polje und in der Richtung auf Lmovec so war, kann man nicht mit Sicherheit behaupten. Möglicherweise sind die feinsten Bohnerze in diese Gebiete nachträglich aus den höheren Gegenden gelangt. Es sind dies der Form nach die am besten ausgeprägten feinen Bohnerze mit stark glasierter Oberfläche.

TECHNOLOGISCHE BEDINGUNGEN IM ANTIKEN EISENHÜTTENWESEN DER WOCHEIN

Die Reduktion der Bohnerze in den Windöfen verlief nicht so, wie wir uns dies mit Hilfe des DTA erklären würden. Der Vergleich zwischen der Reduktion des Bohnerzes (DTA) und der Reduktion des Bohnerzes im Windofen ist sehr anschaulich.

Reduktion des Bohnerzes (DTA) — Rudno Polje

Phase	Temperatur °C	Mengenverhältnis und Änderung d. Eisenoxyde
I	530—750	Fe ₂ O ₃ (wenig) — — Fe ₃ O ₄ (viel)
II	bis 940	Fe ₃ O ₄ (wenig) — — FeO (viel)
III	1020—1035	FeO (wenig) — — Fe (viel)

Reduktion des Bohnerzes im Windofen

Phase	Temperatur °C	Mengenverhältnis und Änderung d. Eisenoxyde
I	über 580 über 780	Fe ₂ O ₃ (wenig) — Fe ₃ O ₄ (viel)
II	über 1100	Fe ₃ O ₄ (wenig) — FeO (viel)
III	um 1250—1350	FeO (viel) — Fe (wenig)

Die chemischen Untersuchungen der nicht gänzlich ausreduzierten Bohnerze und Schlacken haben uns gezeigt, dass sich eben die dritte Phase von der laboratoriumsmässig gewonnenen Reduktionsphase stark unterscheidet. Es gibt viel Eisenoxyd, was eben dafür spricht, dass die dritte Reduktionsphase nur teilweise vor sich gegangen ist. Der Übergang aus FeO in Fe war nur geringfügig, weil in der Schlacke sehr viel unausreduziertes Eisen verblieben ist. Grosse Mühe aber nur wenig Erfolg, dafür aber das so teure und geschätzte Eisen. Dem Menschen ist es gelungen, aus einer gewaltigen Menge von Bohnerz, nur ein Teilchen an Sauerstoff gebundenes Eisen auszuschleiden, den Rest musste er aber wegwerfen. Dieses weggeworfene Erz, das wir nach der thermischen Umbildung als Schlacke kennen, enthielt noch immer ca. 40 bis 50 % Eisen, während ein ausserordentlich gutes rohes Bohnerz eine Eisengehalt von ca. 60 % hatte, das dehydrierte aber ca. 66 %.

Bild 63 — Thermogramm der Reduktion des Bohnerzes Rudno Polje mit Holzkohle (Seite 60)

Bild 64 — Mikrostruktur der Teilreduktion des Bohnerzes — Rudno Polje (Seite 60)

Bild 65 — Schlacke — Studor (Seite 60)

Chemische Analysen des veränderten Bohnerzes (Rösterz) — Studor (Tabelle Seite 60 oben)

Chemische Analysen stark saurer Schlacken — Studor (Tabelle Seite 60 unten)

Die Schlacken von Studor sind sehr sauer, weil es der Prozess so verlangte. Auch Mangan gab es in den Bohnerzen nicht genug, um die Gewinnung von Eisen zu erleichtern oder aber auf die Schmelzbarkeit der Schlacke einzuwirken. Der Verlauf der Arbeit im Windofen forderte riesige Mengen guten Reduktionsbrennstoffes, welche auf Rechnung des erhöhten SiO₂-Gehaltes noch gesteigert wurde.

Die am Terrain gefundenen Eisen der Antike, die aus den Bohnerzen gewonnen wurden, bezeugen, dass das Eisen gut schmiedbar und verformbar war. In einzelnen Beispielen sind im Eisen einige Schlackeneinschlüsse, ansonsten sind sie aber kompakt und lobenswert. Durch chemische Untersuchungen wurden im Eisen folgende anwesenden Elemente festgestellt: C, Si, Mn, P, S und Ti. Nach der metallographischen Untersuchung (Klassifikation) gehören sie zu den ferritischen Eisen und ferrit-perlitischen niedriggeköhlten Stählen. Als Ausnahmen fanden wir zwei Stücke Eisen — eines auf Prodovje, das andere auf Rajna. Aus diesen beiden Beispielen ist es ersichtlich, dass die Studorer nicht immer niedriggeköhlte Sorten Eisen, sondern auch hochgeköhlten Stahl und Roheisen erhielten. Der hochgeköhlte Stahl ist bezüglich des Gehaltes an Kohlenstoff und Schwefel sehr unhomogen, was aus der folgenden chemischen Analyse ersichtlich ist.

Chemische Analyse des hochgekohlten Stahls
— Prodojve
(Tabelle Seite 61 links oben)

Das Roheisen gehört der verunglückten Art von Eisen an, welches die damaligen Eisenhüttner nicht zu verwenden wussten. Für sie war es ohne jeden Wert. Wegen des hohem Kohlenstoffgehaltes war das Eisen nicht schmiedbar. Umschmelz-

öfen für das Roheisen waren damals noch nicht bekannt, deswegen wurde es weggeworfen. Das Beispiel des Roheisens kann uns als theoretischer Beweis dienen, dass auch im Windofen solches Eisen erzeugt wurde. Auch der Grauguss gehört unter diese Anomalien.

Chemische Analyse des Roheisens — Rajna
(Tabelle Seite 61 rechts oben)

Klassifikation der gefundenen Stähle aus Studor

Stahlsorte	% C	Metallographische Einteilung	Anzahl der Beispiele
sehr weich	↓ 0,90 ↓	subeutectoide Stähle	4
weich		Ferrit-Perlitkristalle	0
zäh		in verschiedenen Verhältnissen	0
zähhart und mittelhart		übereutectoide Stähle	0
hart		aus Ferritkristallen	0
sehr hart		und Zementit	1

Trotz des qualitativ reichen Eisenerzes, des Schmelzzusatzes und der genügenden Mengen von Reduktionsbrennstoff, konnten die antiken Eisenhüttner kein grösseres Ausbringen von Eisen bekommen. Dafür waren zwei Gründe vorhanden: zu niedere und ungleichmässige Temperatur und zu geringe Konzentration des Kohlenstoffmonoxydes. Das antike Eisenhüttenwesen hat mit der angemessenen Wahl des Einsatzes, das ist des Gemisches von Erz mit dem Schmelzzusatz, alle Möglichkeiten der eisenhüttnerischen Technik erschöpft. Die Herabsetzung des Schmelzpunktes der Bohnerze war die grösste Erfindung der alten eisenhüttnerischen Ära. Hätte man höhere Temperaturen erreicht, wäre die Reduktivität besser gewesen und man hätte mehr Eisen aus den Bohnerzen ausgeschieden. Jedoch das dann gewonnene Eisen hätte eine andere metallographische Struktur wegen des an das Eisen in Form von Karbid gebundenen Kohlenstoffes, wodurch es nicht mehr schmiedbar gewesen wäre. Die zweite Ungelegenheit dürfte aber wegen der schlechten Feuerbeständigkeit der Windofenauskleidung eingetreten sein.

Der Windofen erzeugte am meisten Schmiedeeisen und niedriggekohlten weichen Stahls in Form von verschiedenen grossen »Luppen«. Die einzelnen kleinen Luppen entsprachen für die Anfertigung von kleineren Gegenständen, jedoch für das Schmieden grösserer Werkzeuge war es notwendig das Eisen zu schweissen. Für die Technik der Schmiedeschweissung entsprach das Eisen aus dem Windofen, weil es niedrig gekohlt mit einem geringen Siliziumgehalt war. Das Schmiede-

eisen war fast reines Eisen mit Faserstruktur, welches bei ca. 1000° C erweichte. Es enthielt etwas Schlacke und Ferroferrioxyd. Es hatte aber diese gute Eigenschaft, dass es gegen Korrosion beständig war.

Die Schweissbarkeit der kleinen Eisenluppen miteinander war die zweite Erfindung in der Eisenhüttenstätigkeit. Eine Umschmelzung kleinerer Eisenstückchen statt der Schmiedeschweissung war wegen der zu niedrigen Temperaturen von Schmiedefeuern nicht möglich. Für die Umschmelzung würden sie wenigstens 1500° C benötigen, während sie für die Entkohlung des Eisens mit hohem Kohlenstoffgehalt nur gegen 1200° C gebraucht hätten. Hochgekohltes Eisen (Roheisen) gab es aber nicht soviel, dass sich die Technik des Entkohlens hätte entwickeln können.

Die wenigsten Unterlagen haben wir über die Dimensionen der Windöfen. Einige Daten sammelte uns Dr. Walter Schmid bei der Erforschung des Ajdovski Gradec. Für Studor nahmen wir aber an, dass die Windöfen einen inneren Durchmesser von ca. 200 mm hatten, was wir aus den Funden und Rekonstruktion schliessen. Dieselben Dimensionen dürften auch für Dunaj bei Jeroka Geltung haben. Wir fanden ein Stück gerundete Schlacke, an welcher die innere Ofenauskleidung vom Ofenboden angebacken war. Die äussere Form dieser Schlacke ist das Negativ des Ofenbodens. Dieses ist eines der Beispiele, als es dem Eisenhüttner nicht gelungen ist Eisen zu bekommen, weswegen er das ganze als unverwendbares Material wegwarf. Wir fanden nur die eine Hälfte der geformten Eisenschlacke, die aber für uns

einen unermesslichen Wert darstellt. Das Beispiel spricht auch ganz augenscheinlich darüber, dass trotz fleissigen Händen nicht immer Eisen zu bekommen war.

Chemische Analyse der Schlacke (vom Ofenboden) — Dunaj bei Jereka

(Tabelle Seite 61 unten)

Mit Hilfe der Temperaturpunkte bei der Schlacke und der Ofenauskleidung von Dunaj bei Jereka bekamen wir bedeutsame Unterlagen für die weitere Forschung von Bohnerzschmelzungen. Aus dem Beispiel für die Schlacke, welche 20,80 % SiO_2 enthält, sehen wir, dass sie einen bedeutend tieferen Schmelzpunkt hatte als die Bohnerze, wenn wir die Schmelzpunkte der Bohnerze, Pseudomorphosen und Hämatit vergleichen.

Temperaturpunkte der Schlacke und der Ofenauskleidung — Dunaj bei Jereka

Physikalische Konstante	Schlacke	Ofenauskleidung
Sinterbeginn	1180° C	850° C
Sintern	1180° C	1000° C
Erweichungspunkt	1360° C	1240° C
Schmelzpunkt	1425° C	1320—1325° C
fließende Materie	1430° C	1340° C

Schmelzpunkttabelle der Eisenerze

Erzart	Fundort	Schmelzpunkt in °C
Medvedovec	stückiges Hämatit	1530
Medvedovec	Pseudomorphose	1510
Medvedovec	Bohnerz	1525
Berjanca	Pseudomorphose	1510
Berjanca	Bohnerz	1470
Gabelung Rudna Dolina—Alpe Javornik	Bohnerz	1550
Dolič	Bohnerz	1570
Dedno Polje	Bohnerz	1500

Aus den Unterlagen der Temperaturpunkte, die wir für die Schlacke bekommen haben, können wir schliessen, dass im Ofen die erreichte Temperatur zwischen dem Erweichungspunkt und dem Schmelzpunkt war. Im überwiegenden Teil zeigen die Untersuchungen der Ofenauskleidungen aus Studor, Dunaj bei Jereka und Ajdovski Gradec niedrigere Schmelzpunkte als die Schlacken, jedoch waren glücklicherweise die höchsten Temperaturen in der Ofenachse erreicht worden und nicht am Umfang. Darin lag eben die Rettung wegen der schlechteren Feuerbeständigkeit des Materials, welches die Eisenhüttner im Gebiet der Julischen Alpen überhaupt bekommen konnten.

Lichtbilder der Temperaturänderungen der Versuchsproben

Bild 66 — 71 — Schlacke — Dunaj bei Jereka, Seite 82 (4)—83 (2)

Bild 72 — 80 — Ofenauskleidung — Dunaj bei Jereka, Seite 83 (6)—84 (3)

Wir haben auch Beweise von Ajdovski Gradec, dass im Windofen höhere Temperaturen erreicht wurden als bei den normalen Arbeitsbedingungen. Die Temperatur im Ofen überstieg den Schmelzpunkt der Ofenauskleidung und so entstand aus ihr die glasartige Schlacke. Die empfindlichste Stelle für die thermische Deformation war ober der Düse für die Luftzufuhr bzw. jener Teil der Wand, auf welchen sich das Feuer richtete und die konzentrierte Wärme abgab. Durch das Verschieben der Wärmekonzentration aus der Mitte des Einsatzes gegen die Peripherie, folgte verbindlich die Umformung des feuerbeständigen Materials.

Vielleicht handelt es sich in diesem Beispiel um Proben jener Stufe der eisenhüttnerischen Technik auf Ajdovski Gradec, als der Windofen mit hand- oder fussbetriebenen Blasbälgen ausgerüstet wurde, wobei höhere Temperaturen und auch ein grösseres Ausbringen von Eisen erreicht wurden.

Im westlichen Gebiet des Ajdovski Gradec fanden wir im Jahre 1964 in der Schlackenhalde auch zwei interessante Beispiele von Ofenauskleidung und Schlacke. Wie es aus den Lichtbildern der Temperaturänderungen ersichtlich ist, ist der Schmelzpunkt der Ofenauskleidung höher als der des Beispiels von Dunaj bei Jereka.

Chemische Analyse der grauen Ofenauskleidung von Ajdovski Gradec (Tabelle Seite 64)

Bild 81 — 89 — Lichtbilder der Temperaturänderungen des Versuchsbeispiels der grauen Ofenauskleidung — Ajdovski Gradec, Seite 64 (2)—65 (7)

Die Schlacke mit einem hohen SiO_2 -Gehalt ist bisher ein einzigartiges Beispiel, welche einen bedeutend geringeren Gehalt an Fe_2O_3 und FeO hat, als wir es bei den bisherigen Untersuchungen der antiken Schlacken gewöhnt waren. Nach der chemischen Analyse würden wir schliessen, dass sich die Konzentration von SiO_2 auf Rechnung der grösseren Ausscheidung von Eisen vergrösserte, wie dies in allen früheren Perioden war, wenn wir die Analysen der gesammelten Muster von Schlacke berücksichtigen. Wahrscheinlich stammt diese Schlacke aus jener Zeit, als die Eisenhüttentätigkeit auf Ajdovski Gradec auf der höchsten Stufe ar. Gleichzeitig könnten wir aber auch darauf schliessen, dass die »römische Eisenhütte« auf Ajdovski Gradec bezüglich der Reduktivität von Eisenerz ihren Höhepunkt im 4. Jahrhundert unserer Ära erreicht hat.

SCHLUSSWORT

Die Aktion des Technischen Museums der Železarna Jesenice hatte eine positive Aufgabe bei der Erforschung der Eisenerzfundorte. Die über zehnjährigen Untersuchungen der Bohnerze am Terrain und im Laboratorium zeugten in Verbindung mit der Forschung der Technologie des antiken Eisenhüttenwesens Resultate.

Die Geländebesichtigungen von Pokljuka und Fužinarska Planota boten uns weite Perspektiven für die Gleichstellung der menschlichen Tätigkeit beim Kohlenbrennen, Bergbau und Gewinnung von Rohstoffen als Zusatz den Bohnerzen und zum Bau der Windöfen. Ungezählte Probleme, die beim Studium der technischen Eisenhüttengeschichte entstehen, wurden mit Hilfe der allseitig geführten Laboratoriumsuntersuchungen klarer. Alle Untersuchungen ergänzen sich untereinander und ermöglichen eine beschleunigte Lösung von Problemen, welchen die Forscher der technischen Eisenhüttengeschichte der Wochein begegnen.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die grösste Konzentration der Bohnerze in den Karstgruben und Dolinen ist. Dort wo sich die sekundären Erzstätten der Bohnerze befinden, sind auch die Erden, welche vom antiken Eisenhüttner als Baumaterial für die Windöfen und als Schmelzzusatz der Bohnerze verwendet wurden. Die Bohnerze, die dem antiken Eisenhüttner zur Gewinnung von Eisen dienten, sind grösstenteils Produkt von Pseudomorphose nach Pyrit und Markasit. Die untersuchten Muster von Eisenerz wurden mittels chemischer, different-thermischer Analyse in der Luft- und in der Reduktionsatmosphäre untersucht. In einigen Fällen bestimmten wir aber noch die physikalisch-thermischen Eigenschaften, damit wir die Verbindung zwischen dem Schmelzpunkt des Eisenerzes und der Schlacken bestimmen konnten. Die Laboratoriumsuntersuchungen bestätigten unsere Vermutungen über den Entwicklungsweg des antiken Eisenhüttenwesens der Wochein. Die Technologie der Gewinnung von Eisen aus den Bohnerzen könnten wir uns nicht anders erklären als nur auf die Art, dass wir die zahlreichen Resultate der Untersuchungen soweit als möglich untereinander verglichen und

verbunden haben. In der antiken Eisenhüttentätigkeit war nicht nur das Eisenerz wichtig, sondern auch die Silikaterde und der Quarz. Die Schlacken und die Ofenauskleidungen dienten uns als Hilfsmaterial beim Studium, aus welchem wir den Grad der Reduktivität, den Schmelzzusatz und die in den Öfen herrschenden Temperaturen zu bestimmen wünschten.

Ein gutes feuerbeständiges und plastisches Material war in allen Zeiten der alten Eisenperioden die Grundlage für ungestörtes Arbeiten und seltenere Erneuerung der Windöfen. Mit Hilfe des Naturwindes aber auch mittels der Blasbälge war es nicht möglich, in den windigen Gebieten der antiken eisenhüttnerischen Stellungen solche Temperaturen zu erreichen, dass sie den Eisenerzen nicht Schmelzzusätze zu geben bemüsstigt waren. Den Schlacken nach zu schliessen war in der antiken Eisenhüttentätigkeit von Hallstatt bis zum Zerfall des römischen Kaiserreiches kein grösserer Fortschritt zu bemerken, als höchstens vor dem Zerfall der römischen Eisenhütte auf Ajdovski Gradec. Die Kraft der Winde sowie der Menschen Hände und Verstand konnten trotz reichem Eisenerz keine besseren Bedingungen bei der Gewinnung des Eisens erreichen. In der tausendjährigen Periode des antiken Eisenhüttenwesens in der Wochein, erschöpften sich alle Möglichkeiten in der Technologie des Schmelzens von Bohnerzen. Das antike Eisenhüttenwesen auf den Hügeln gab dem Noricum und den italischen Ländern viel Eisen, der Wochein aber Ruhm und den Weg zur neuen Form der Eisenhüttentätigkeit an den Wässern der Wochein.

Anmerkung: Bei den Untersuchungen wirkten mit:

das Chemische Laboratorium der Železarna Jesenice,

das Chemische Laboratorium Rudnika Svinca, Mežica,

das Chemische Institut »Boris Kidrič«, Ljubljana und

das Metallurgische Institut, Ljubljana.

Historische Übersicht der bestehenden Archivunterlagen über das Bergwesen in den Julischen Alpen

Die Aufzeichnungen über die bergmännische Tätigkeit im Oberkrainer Winkel reichen zurück bis in das Jahr 1500 und zwar nach den Bergbüchern der einstigen Berghauptmannschaften, die sich jetzt im Staatsarchiv der V. R. Slowenien in Ljubljana befinden.

Im Archiv unseres Technischen Museums bewahren wir aber verschiedene Auszüge aus den Bergbüchern auf, die — nach Papier und Abschrift schliessend — ungefähr vor zweihundert Jahren angefertigt wurden.

Die einzelnen Erzfundstätten kann man heute am Terrain nicht bestimmen, da weder in den Bergbüchern noch in den Verleihungsurkunden die entsprechenden Pläne oder Karten vorhanden sind. Erst viel später wurde das verbindliche Locieren in geographischen Karten eingeführt. Ausserdem wurden zur Bezeichnung der einzelnen Fundstätten Lokalnamen verwendet, die heutzutage schon mehr oder weniger in Vergessenheit geraten sind. An diese erinnern sich nur noch die älteren Leute, die in diesem Gebiet leben, wo seinerzeit Erz geschürft oder Kohle gebrannt wurde. Nach Erzählungen dieser Leute hatte jedes Tälchen, Hügel, Ort eines Kohlenmeilers oder Erzlacke seinen eigenen Namen, der aber auch mit der Zeit vergessen wurde.

Aus allen diesen Verleihungen sind folgende Daten ersichtlich:

Datum der Verleihung, wem diese und für welchen Ort verliehen wurde, Art der Verleihung — auf Erz oder Kohle — sowie auch die Namen der Arbeiter, die dort beschäftigt waren, endlich auch der Name des Bergrichters, der die Verleihung erteilte.

Das erste Verzeichnis der Unterlagen beginnt mit dem Jahre 1641 und beschreibt — teilweise mit grossen Intervallen — die Verleihungen bis zum Jahre 1778.

Im ersten Verzeichnis wurden alle Verleihungen von Bergrechten auf Erz oder Kohle den Gewerken in Bohinjska Bistrica erteilt und zwar teilweise auf den Namen des Gewerken oder anonym.

Die Bergrechte wurden seitens der Oberbergrichter in Ljubljana erteilt und war dies im Jahre 1641 Karel Wünz, von 1659 an Johann Bernhard

Rosseti, von 1713 an Franz Sig. Kappus, vom Jahre 1736 an Johann Bapta von Nemizhofen und vom Jahre 1767 Johann Wolfgang von Eichelburg.

Die Eigennamen — der Orte und der Personen — schrieben wir im Artikel so, wie diese in den alten Verleihungsurkunden eingetragen sind.

Das zweite Verzeichnis der Unterlagen sind aber die Verleihungen von Bergrechten an die Gewerke in Stara Fužina (Althammer, Alter Hammer) und zwar für die Zeit vom Jahre 1742 bis 1776.

Auszug der Unterlagen für Bohinjska Bistrica (Wocheiner Feistritz):

1641 19^{ter}8^{ber}

Hanns Jeritsch, bekam das Recht nach dem Eisenstein zu suchen, zu schürfen und seines Gefahls aufzuschlagen, im ganzen Ring »pod Shavnikom na Polanj«, »na Shavniki«, »pod Lusho u Dolinj«, »nad Waito u Bregu« und »u Jelovzi nad Waito u Grabnj«.

1641 12^{ten}9^{ber}

Hanns Kasper Jeritsch, bekam die Verleihung auf Erztgruben »Sa Lomam sa Skrvnikovo Lusho«, »pod Verbo«, »per Lushi«, alle zusammen gelegen »Sa Jamrovim Rotam«, Item ein Wäschwerk daselbst samt der Lakhen »u Kamnitj Dolinj«.

1659 8 April

Georg von Locatelli bekam die Verleihung auf ein Erztgruben auf den Eisenstein am Gorivsh »Pohovzi« genannt.

1713 26^{ten}7^{ber}

Francesco Pitoni auf Anhalten wurde Pt. denen Schussniksch. Erzt-Knappen hiemit ganz ernstlich anbefohlen, damit dieselben in ihrer Erztgruben »U Berdah« die Compagni verdoppeln, und daraus Kraft der in solchen ergangenen Erkantnussen abgelassenen Auflagen genugsam das Erzt so gewis erzeugen und solches abzuwägen gestatten, als in widrigen dem Herrn Suppl. sothaner Compagni zu verdoppeln ganz unverschont verstatet, und wider dieselben das erforderliche Einsehen vorgenommen werden solle.

1714 6^{ten}Febr.

Francesco Pitoni erhielt die Verleihung einer Erztgruben »na Rodnem Poli na Stegneh« woselbst Matheus Longusch, Kasper und Thonj Bergarbeiter, in Kraft der Kaysl. Bergwerks Ordnung, jedoch denen vorigen Empfangen unprejudizierlich verlichen und ausgelassen.

1714 6^{ten}Febr.

Francesco Pitoni erhielt die Verleihung einer Erztgruben »per Marjetene Lvshi u te Globoke Konte pod tem vsokem Hribam«, woselbst Jury Kotzian arbeitet.

1714 12^{ten}May

Francesco Pitoni bekam die Verleihung einer Erztgruben »per Marjetene Lvshi u Laboki konti«, so der Jury Kotzian mit seiner Compagni aufgeworffen.

1714 12^tMay

Francesco Pitoni bekam die Verleihung einer neuen Kohlstadt in Kerschdorfer Gemein »na sa Trepo«, welche der Martin Weizel samt seinen Mitgespännen bearbeitet.

1714 12^tMay

Francesco Pitoni bekam die Verleihung für eine neue Erztgruben an Goriusch »Komenska Dolina Sa Polizami«, so der Hansche Jenko mit seiner Compagni aufgeworffen item ein dtto neue Erztgruben an Goriusch »na Svjskem Laso«, welche der Jury Koroschez mit seiner Compagni aufgeworffen.

1714 26^{te}May

Francesco Pitoni bekam die Verleihung einer Kohlstadt »Pod Robam pod Klanzam«, welche Matheus Repinz und Hansche Zerkounekh bearbeiten.

1714 26^{ten}May

Desgleichen ein Kohlstadt »u Resio u Storah feldrah«, welche der Jury Markutsch mit Thomassen Schniders bearbeitet.

1714 26 May

Desgleichen ein Erztgruben »u tem novem Delo u Markoharjoveh Laseh na Gorivshah«, worinnen der Urban Koroschetz mit seiner Compagni arbeitet.

1714 26^{ten}May

Desgleichen ein Kohlstadt und zwar die Mittlere »Sa Sholnizhovem Rotam Sa Blatam na spodne Gorelce«, darauf der Mathia Wlaschin mit Jakoben Smukauern arbeitet.

1714 8^{ten}July

Desgleichen eine Kohlstadt »per ovzie Jame« von der alten Arbeit »na Planine«, samt den dazugehörigen Holzschlag, welche der Andre Bingulle und seine Compagni bearbeiten.

1714 8^{ten}July

Desgleichen in »Jlovza pod Stara Konta«, welche der Urban Menzinger bearbeitet.

1714 31 X^{ber}

Desgleichen ein neue Kohlstadt »Pod Klanzam nad Suha« welche der Matheus Repinz Kohler samt seiner Compagni bearbeitet.

1715 10^{ten}July

Dann ein Erztgruben »na Rudne Doline«, welche durch Mathien Koroschez und dessen Compagni bearbeitet wird. Da Insimili ein deto Erztgruben »na Gorivsha Lome per Storze«, welche der Hansche Jenschko und Compagni bearbeitet.

1716 3^{ten}May

Sodann ein Erztgruben »na Gorivshah Sa Storam«, nebst den daselbst befindlichen Ort »Dolinza«, welche der Joseph Jenschko samt seiner Compagni aufgeworffen.

1716 3^{ten}May

Dann ein Erztgruben »in Jelovza u Prapratni Dolinj«, welche der Urban Koroschez von Gorivsha samt seinen Gespännen aufgeworffen.

1721 2^{ten}Jänner

Desgleichen ein neue Erztgruben »na Gorivshah« ober der alten Kohlstadt »na Hribzu«, welche der Andre Koroschez mit seiner Compagni aufgeworffen, und darinnen arbeitet.

Item ein andere neue Erztgruben, welche der Joseph Koroschez und seine Compagni »u Komejskem Hribi« aufgeworffen, und darinnen arbeiten thuet.

1736 24^{ten}7^{ber}

Pietro Antoni v. Pitoni, bekam als Eigenthümlicher Inhaber des Berg und Hammerwerks an der Feistritz in der Wohein, eine neue Eisen-Erztgruben in den Ort »Sa Kamjnito Dolino, Sa Jvrjovem Rotam u Konte« gelegn, darinnen der Jury Sodar mit seiner Compagni arbeitet.

Item ein andere deto neue Erztgruben »Sad Mejdvodovzam«, darinnen der Gregor Kozian arbeitet.

Mehr ein neue do. »U dovje Dolini majhenu u Stran«, darinnen der Primus Koss, mit seiner Compagni arbeitet.

Ferners ein neue Erztgruben »Pod Kopisham u douje Dolini« darinnen der Urban Jammer arbeitet.

Item ein do. »Sa Jvrjovem Rotam«, darinen der Gregor Kozian mit seiner Comp. arbeitet.

Dann ein deto »Pod Javoravo Skalo«, darinen der Jury Sodar arbeitet.

Mehr ein deto »mejd dveme Bresname« gelegen, darinen der Matheus Schmukouitsch arbeitet.

Item ein deto »Sa malen Verhovsha Snosetmj«, darinen der Marthin Schmukouitsch arbeitet.

Ferner ein neue Erztgruben »Na Berdih« darinen der Jury Schuschnikh arbeiten thuet.

Dann ein neue do. »js Rvdno Pole, ad Sgornjem Berse«, darinen der Walland Langusch arbeitet.

Mehr ein deto, darinen der Paul Sodar arbeitet »na Lomah ta perva Dolina«.

Folgen die empfangenen Kohlstaedt.

Ein neue Kohlstaedt »U zhernem Verhu pod Berdj«, wobey der Wlasch Wernath arbeitet.

Item ein andere Kohlstaedt »pod Berde« darbey der Thoni Longusch arbeitet.

Ferner Ein andere deto »U Jelouze, U Grabno pod Ribezhovo Planino«, darbey der Jakob Rintschetsch arbeitet.

Dann ein deto »Pod Kojnskim Ravnj« darbey der Thomas Spracha arbeitet.

Ferners ein deto »od Ribizhove Planjne«, darbey der Jerny Rintschetsch arbeitet.

1739 6t.7ber

Pieter Anthoni Pitoni bekam die Verleihung von zwey Kohlstaedter die erste »pod Berde sa Stermejnah«, so der Mathia und Primus Oblakh angeben, die andere aber in Jelauza, so Simon Ahaschitsch bearbeitet.

Insi: ein deto Kohlstaedt in Jelovza, so Gregor und Thoney Markusch arbeiten.

Item ein deto in Jelovza, so der Mathia Gottey arbeitet.

Dann ein deto »na sternavah pod zhernj Verham«, alwo Simon Sodja arbeitet.

Item ein Eisen-Erztgruben »u doji Dolinj nad tem Starem Kopisham«, darauf der Primass Koss Arbeiter ist.

Dann ein deto »Sa Jvrjovim Rotam« worauf der Paule Sodar arbeitet.

Insim: ein deto »na Snasetnjzi sa Stranjo«, so Hansche Jensko arbeitet.

Ferner ein deto »sa dovga Dolina sa Stranjo«, darinen Stephan Schuschnikh arbeitet.

1741 7terApril

Joseph Anthoni de Pitoni bekam die Verleihung von 1 Erzt District »na Rvdne Pole pod Srejskem Bresnam« im Thal gelegen auf Schürff Recht, darinen der Walland Longusch arbeitet.

Dann 2 Erztgruben die erste »u Kaminiti Dolinj na Gorivshah«, darinen der Matheus Koroschez arbeitet. Die anderte »na Gorivshah per Stor« gelegen darinen der Primus Koss arbeitet.

Item ein neue Kohlstaedt »u Jelouzi« gelegen darinen der Hansche Polakh arbeitet.

1741 11ten7ber

Der Herr Beförderer des Berg und Hammerwerks Feistritz in der Wohein erhielt die Verleihung nachfolgender Erztgruben und Kohlstaedt.

Erstlichen ein Erztgruben »na Rvdnem Pole pod Mesnovzam Volbelnovze« genannt, worinen der Walland Langusch und seine Gespäne arbeiten.

Ein deto »na Gorivshah sa Lomam« worinen der Mathia Jammer und seine Gespäne arbeiten.

Item ein neue Kohlstaedt »u Jelouze na Ribizhovj Planinj« genannt bey welcher Kohlstaedt der Gregor Isskra und Mathias Golia arbeiten.

Ein deto »u Jelouzi na Ribizhovj Planinj« genannt in welcher der Primass Golia und Gasper Isskra arbeiten.

1746 26 May

Der jezige Herr Beförderer zu Wohein an der Feistritz erhielt die Verleihung einer Erztgruben »U douge Doline nad Kopisham« zu Goriusch, worinen der Sodar Mathia Jenko und Mathia Schenekar als Erztknappen arbeiten.

Item ein Erztgruben »Sa Jvrjovim Rotam« zu Goriusch gelegen, worinen der Primus Koss, Mathia Jammer und mit interesst. als Erztknappen arbeiten.

Item ein Kohlstaedt »na Ravne« gelegen, worinen der Jakob Spracha als Kohler arbeitet.

Dann ein Kohlstaedt »U zhernem Verhu«, worinen der Thomas Morziz als Kohler arbeitet.

Ferner ein Kohlstaedt »pod Berdeh« gelegen, worinen der Matheus Sodja als Kohler arbeitet.

Mehr ein Kohlstaedt zu Goriusch »sa Stranjo«, worinen der Marthin Schuschnikh und Hansche Dobrauz als Kohler arbeitet.

1748 30ten8ber

Nemizhofen verlieh den Herren Inhabern des Hammers an der Feistritz in der Wohein ein Erztgruben »nad Kopisham U dovge Doline« gelegen, darinen der Jury Sodar, und Mitgespan als Erztknappen arbeiten.

Item ein Erztgruben »Sa Jvriovem Rotam« gelegen, darinen der Primus Koss und mit interesst. als Erztknappen arbeiten.

Ferner ein Kohlstadt »pod Kojnskemj Ravnj med Berde mejmu prepovedanega Lesa« gelegen, worinen der Andre Menzinger als Kohler arbeitet.

Dann ein Erztgruben »U Jamah, U Konte, per Waitah« gelegen, darinen der Hansche Klemenz und Mathia Kerdina als Erztknappen arbeiten.

Ingleichen ein Kohlstadt auf den Berg »Wazha«, darinen der Ander Pekan, und Comp. als Kohler arbeiten.

Ebenmässig ein Erztgruben »U Jelouze, U Pra-protneze« gelegen, darinen der Simon Koroschez als Erztknapp arbeitet.

Ins: ein deto »na Berdeh sa Pesam« gelegen, darinen der Simon Schuan, und mit interesst. als Erztknappen arbeiten.

Item ein deto »u Rvdne Dolinj pod Waito« gelegen, darinen der Gregor Schmukauz und mit interesst. als Erztknappen arbeiten.

Ingleichen ein neue do. »na Goriushah pod tem starem Kopisho u Dolinj« gelegen, darinen der Hansche Jammer und mit interesst. als Erztknappen arbeiten.

1752 21 Febr.

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois v. Edlstein eine Erztgruben »Sa Rvdnatem Lomam u Frati sa Lesam« gelegen, worinen der Jury Lepeiner und Mitgespan als Erztknappen arbeiten.

1753 18^{ten}Jänner

Nemizhofen verlieh dn. jezigen Befördern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein Erztgruben »na gorivshah sa Komno nad Spodnem Kopisham«, darinen der Urban Jammer als Erztknapp arbeitet.

Item ein deto »na Rvden Pole u Srednem Bresnj« darinen der Wastian Longusch als Erztknapp arbeitet.

Ins: ein do. »na Gorivshah nad Mokrimj Pezhmj« darinen der Marthin Lussmann als Erztknapp arbeitet.

Dann ein Kohlstadt »u Mesnovzi u Jelovzj« darinen Jury Sprache als Kohler arbeitet.

1754 8^{ten}Jänner

Nemizhofen verlieh dem jezigen Inhaber des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein Erztgruben »na Gorivshah u dovgi Dolinj per Poti«, gelegen darinen der Primus Koss und Lukas Bergknapp bei den alten Hammer in der Compagni arbeiten.

Item ein deto Gruben »na Gorivshah u dovgi Dolinj pod Starmj Kopishamj«, darinen der Lorenz Jammer und sein Gespan arbeitet.

Dann ein do. »na Rvden Polj pod Mesnovzam« darinen Kasper und Leonhard Schmukauz arbeitet.

Ein do. »na Rvden Polj u Sreinskim Bresnj pod Steso« darinen Waland Langusch und Gespäne arbeiten.

Ferner ein neue Kohlstadt »U Jelovzi u Mesnovzi« ein deto »U Jelovzi u Mesnovze«,

ein do. »Na Berdeh«

ein do. »pod Berdmj«.

1754 4^{ten}X^{ber}

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Inhabern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein neue Erztgruben »u Svatovnke u Tomjnskem krajo per Remerlne« darinen der Jury Achez und Christoph Kauschler als Erztknappen arbeiten.

1754 19^{ten}X^{ber}

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Inhabern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein neue Eisen-Erztgruben »U Srejdenskem Bresnj na krajo« gelegen, darinen der Andre Hribar und Paul Longusch als Erztknappen arbeiten.

1755 9^{ten}7^{ber}

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Inhabern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein Eisen-Erztgruben »U Jamah«, darinen der Urban Arch und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Ins: ein do. »Sa Rvdnem Lomam pod Frato, pod Kopisham« gelegen, darinen der Micha Katraschnikh als Erztknapp arbeitet.

Ein do. »na Gorivshah na mokreh Pezheh« darinen der Stephan Schuschnikh als Erztknapp arbeitet.

Ein deto »na Gorivshah na mokreh Pezheh«, darinen des Stephan Schuschnikh Söhne als Erztknappen arbeiten.

Ein deto »na Gorivshah pod Spodnim Kopisham« gelegen, darinen der Jakob Schuschnikh als Erztknapp arbeitet.

Ein deto »na Gorivshah nad tem Starim Kopisham« gelegen, darinen der Paull Sodar als Erztknapp arbeitet.

1757 23^{ten}Augt.

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein, als Inhabern des Hammers an der Feistritz in der Wohein ein neue Kohlstadt »U Zhernem Verhu« darinen der Jakob Dobrauz als Kohler arbeitet.

Item ein neue Erztgruben »na Gorivshah nad Mokrjmi Pezhmj«, darinen der Gregor Longosch als Erztknapp arbeitet.

Item ein deto »u Jamah v Konti od Waite« darinen der Hansche Klemenz als Erztknapp arbeitet.

Ein do. »na Rvden Polj per Jvriovjm Bresnj« darinen der Lorenz Mittel als Erztknapp arbeitet.

Ein deto »pod Hrastzo per Waite« darinen der Hansche Klemenz und seine Gespänn arbeiten.

Ein deto aldorten »pod Lvsha na Poti« darinen der Hansche Klemenz und seine Gespänn arbeiten.

1758 9^{ten}8ber

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois v. Edlstein Hammersgewerken an der Feistritz in der Wohein ein neue Erztgruben »Sa Javernikam« darinen Hansche Klemenz und Gespan Erztknappen arbeiten.

Ins: Ein neue Kohlstadt »Sa Smerselzam«, darinen der Jury und Adam Schoklitsch als Kohler arbeiten.

Ins: ein neue Erztgruben »Sa Javernikam«, darinen Andre Sodar und Gespanne als Erztknappen arbeiten.

1758 9^{ten}8ber

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Hammersgewerken an der Feistritz in der Wohein ein neue Erztgruben »na Gorivshah nad mokrom Pezhmj«, darinen der Urban Jammer und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Ins: ein deto »u Starim Lomo« darinen der Urban und Jakob Arich als Erztknappen arbeiten.

1758 19^{ten}Xber

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Hammersgewerken an der Feistritz in der Wohein ein neue aufgeworfene Eisen Erztgruben »sa Hrastza«, darinen Thone Arich und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Ins: ein deto »Sa Hrastzo« darinen der Matheus Media und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Item ein deto »Sa Javernikam« darinen Jury Sodar und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Ferner ein deto »Sa Javernikam«, worinen Mathia Schenekar und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Dann ein deto »Sa Hrastzo« darinen Jakob und Lukas Tschudnekh Erztknappen arbeiten.

1759 17^{ten}8ber

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Hammersgewerken an der Feistritz in der Wohein ein neue aufgeworfene Erztgruben »Sa Hrastzo«, darinen der Urban Arch und Comp. als Erztknappen arbeiten.

Ins: ein do. »Sa Hrastzo«, darinen der Lorenz Mittel und Comp. als Erztknappen arbeiten.

Ins. ein do. »Sa Hrastzo« darinen der Anthon Sodia und Comp. als Erztknappen arbeiten.

Item ein deto »Sa Hrastzo«, darinen der Luka Kozianz und Gespänn als Erztknappen arbeiten.

Mehr ein deto »Sa Javernikam pod to spodno Lvsho« darinen der Hansche Klemenz und Gespänn als Erztknappen arbeiten.

Dann ein deto »Sa Hrastzo«, darinen der Matheus Media und Paul Arich als Erztknappen arbeiten.

Mehr ein deto »Na Werdeh«, darinen der Gregor Rossman und Gespann als Erztknappen arbeiten.

Ferner ein deto »u Jelovce na ta kraj Blatneka«, darinen der Jury Dobrauz, Pust und Justin Meklatsch Erztknappen arbeiten.

1760 4^{ten}9ber

Nemizhofen verlieh Michael Angelo Zois von Edlstein Hammersgewerken an der Feistritz in der Wohein ein neue Erztgruben in der »Jelovza na ta Kraj Blatneka« darinen der Jury Dobrauz, Pust und Justin Meklatsch als Erztknappen arbeiten.

Ingleichen ein deto »u Jamah Sa Lusham pod Potam« darinen der Anton Dobrauz und Kasper Schmukauz als Erztknappen arbeiten.

Item ein do. »Sa Hrastzo«, darinen Anthon Dobrauz und Kasper Schmukauz als Erztknappen arbeiten.

Dann ein do. »Sa Hrastzo pod Stermo Lvsho«, oder den Luka-Berg, darinen der Jakob Tschudnekh und Gespan als Erztknappen arbeiten.

Mehr ein dito »na Berdeh«, darinen der Jakob Suldan und Simon Schuan als Erztknappen arbeiten.

1764 30^{ten}Xber

der Herr Hammers Beforderer des dasigen Bergwerks an der Feistritz hat bey dem dasigen Unter-

berggericht hienach bemerkte Erztgruben sub beygesetzten datis per interim ad notam verbuchen lassen.

Eine neue Erztgruben »na Ribsizi nad Grejnskimj Starmj U Robu«, worinen Marthin Arch vulgo Lussmann und Gregor Jämer Erztknappen arbeiten. Den 9^{ten} 8^{ber} 1764

Eine do. »na Gorivshah Sa Pohovzam«, worinen Jakob, Micha und Matheus Dobrauz Gebrieder Erztknappen arbeiten. Den 25^{ten} 9^{ber} 1764.

In Urkund dessen ist meine hienach gesezte Amtsfertigung. Wohein den lezten X^{ber} 1764. Joseph Pflieger Unterbergrichter alda.

1769 2^{ten}Jänner

Johann Wolfgang v. Aichsburg verlieh Michael Angelo Freyherrn von Zois, als Inhabern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein neue Kohlstadt »Sa Rvdnatem Lomam« genannt, darauf Jury Schoklitsch und seine Gespänn als Kohler arbeiten: Vermög der Landesfürstl. Bergwerksordnung, jedoch denen vorhin etwo ausgeförtigten Empfangen unprejudizirlich verlihen, und ausgelaassen worden.

Item ein neue Kohlstadt »Sa Mesnovzam u Kvanze« genannt, darauf Jakob und Kasper Dobrauz als Kohler arbeiten.

1770 31^{ten}X^{ber}

Aichsburg verlieh Michael Angelo Zois Freyherrn v. Edlstein Inhabern des Hammers an der Feistritz in der Wohein ein neu Eisen Erztgruben »U Leplenzah« genannt auf Schacht und Stolmbrecht, darinen Urban Schmukauz und dessen Mitgespänn als Erztknappen arbeiten.

Item ein do. Erztgruben »U Rvdnj Doline« genannt, darinen Jakob Tschudnikh, und dessen Gespänn, als Erztknappen arbeiten.

Item ein deto neue Erztgruben »na Gorivshah Sa dovgo Dolino« genannt, darinen Kasper Tschudnikh und dessen Gespänn als Erztknappen arbeiten.

Item ein neue Erztgruben »Sa Gmaino« genannt auf Schacht Recht, darinen Primus und Kasper Schmukauz als Erztknappen arbeiten.

Mehr ein neue Erztgruben an nämlichen Ort, darinen Jakob und Kasper Schuan als Erztknappen arbeiten.

Mehr ein do. neue Gruben »U Repenzah« genannt, darinen Matheus Media und Gespänn Erztknappen arbeiten.

Mehr ein do. Gruben »na Gorivshah«, darinen Hansche Klemenz und Gespänn als Erztknappen arbeiten.

Ferner ein neue Kohlstadt »Klvkovzi« genannt, darauf Jakob Schuschnikh und dessen Gespann als Kohler arbeiten.

Dann ein do. Kohlstadt »na Ribzhovj Planinj«, darauf Simon Sobaden und dessen Gespänn als Kohler arbeiten.

1772 16^{ten}July

Aichsburg verlieh dem Inhaber des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein eine neue Kohlstadt »U praprotne Doline u Mesnovze« gelegen, darauf der Thomas Spracha und dessen Gespänn als Kohler arbeiten.

Item ein do. Kohlstadt »pod Zhertmj« genannt, worauf Matheus Slamnikh als Kohler arbeitet.

Insimili ein do. »u Mesnovze« genannt, worauf Anton Sodia und dessen Gespänn als Kohler arbeiten.

1773 2^{ten}Jänner

Aichelburg verlieh dem Inhabern des Hammers an der Feistritz in der Wohein ein neue Kohlstadt »na Kojnskeh Ravneh« genannt.

Item ein do. »na Kojnskeh Ravneh« genannt, worauf Andre Zingle und dessen Gespänn als Kohler arbeiten.

dann ein do. Kohlstadt »U Mesnovzi« genannt, daran Martin Gottey und dessen Gespänn als Kohler arbeiten.

1774 7^{ten}Jänner

Aichelburg verlieh dem Inhabern des Bergwerks an der Feistritz in der Wohein ein neue Kohlstadt »Sa Svhem Mozhilam« genannt, worauf Matheus Bängs und Jakob Kozianz als Kohler arbeiten.

Item ein do. neue »u Prapatnici«, so Jakob Schenn und dessen Gespänn arbeiten.

Item ein do. neue »na kojnskih Ravneh«, so Thomas Iskra und dessen Gespänn arbeiten.

Item ein do. neue »sa Ribzhava Planina«, so Anthon Media und dessen Gespänn arbeiten.

Item eine do. neue »na Zherteh«, so Simon Rosmann und dessen Gespann arbeiten.

Item eine deto neue »na Ribzhovj Planine«, so Urban Prössel und dessen Gespänn arbeiten.

Insimili eine neue Eisen Erztgruben »na Gorivshah« genannt, worinen Marthin Arch als Erztknapp arbeitet.

1775 5^{ten}Jänner

Aichelburg verlieh dem Inhaber des Bergwerks Feistritz in der Wohein ein neue Kohlstadt »Sa Rvdnatem Lomam Vome« genannt, alwo Winfähle gelegen, darauf der Justin Blashin und dessen Gespann als Kohler arbeiten.

Eine neue Kohlstadt »u Mesnovzi«, darauf Jakob und Anton Iskra als Kohler arbeiten.

Eine do. Kohlstadt »na kojnskeh Ravneh« darauf Thomas und Jury Iskra als Kohler arbeiten.

Eine do. Kohlstadt »na kojnskeh Ravneh« darauf Schicht und Klafterweise gearbeitet wird.

Eine als verlassenen Erztgruben »U Mesnovzi Versnazha« genannt, darinen der Jakob Tschudnek und dessen Gespann als Erztknappen arbeiten.

Ein neue deto »Mesnavzi« darinen der Gregor und Kasper Smvkauz als Erztknappen arbeiten.

Eine neue do. »Mesnavzi«, darinen der Jakob Tschudnekh und dessen Gespann als Erztknappen arbeiten.

1775 23^{ten}9ber

Den Inhabern des Berg- und Hammerwerk Feistritz in der Wohein Freyherrn v. Edlstein ist von Aichelburg verstatet worden in den Gebürg »Sa Rvdatem Lomam« genannt, an Eisenstein dergestalt schürfen zu dürfen, dass er Herr den wirklichen Bau alda anzuzeigen, und solchen vermög Bergordnung ordentlich ausmässen und Verpflocken zu lassen schuldig seyn solle.

Insimili in den nämlichen Revir darinen Jakob Tschudnikh und sein Sohn schürfet.

In simili in den nämlichen Revir alwo der Matheus Schoklitsch, dann Andre Diak schürfet.

In simili »U Mesnovzi« genannt alwo der Gregor Smukauz und dessen Sohn schürfen.

In simili in den nämlichen Revir alwo der Jakob und Luka Tschuden und dessen Gespann schürfen.

In simili »na Gorivshah na Svjnskem Laso«, alwo Kasper Tschuden und Jakob Sodar schürfen.

In simili in den nämlichen District alwo der Marthin und Lienhard Kozianz schürfen.

1775 23^{ten}9ber

Aichelburg verlieh dem Inhabern des Berg- und Hammerwerk in Wohein an Feistritz, ein neue Kohlstadt »u Mesnovzi« genannt, darauf Andre Iskra und Thomas Märkuch arbeiten.

Ein do. Kohlstadt in den nämlichen District gelegen, darauf der Anthon Sodja und Walnd Polant als Kohler arbeiten.

Ein do. Kohlstadt »sa zhernem Verham« darauf der Urban Dobrauz und Jakob Rounigg kohlen.

1776 8^{ten}Jänner

Dem Inhaber des Bergwerks Feistritz in der Wohein ist von Aichelburg in dem District »Sa Javerkam« genannt, auf Eisenstein schürfen zu dürfen dergestalten verstatet worden, dass er Herre bey wirklich ansitzenden Bau alda anzuzeigen, und solchen vermög der Landesfürstl. Bergordnung zu verpflocken, und ausmässen zu lassen schuldig seyn solle.

1778 25^{ten}Febr.

Aichelburg verstatete dem Sigmund Zois Freyherrn von Edlstein als Inhabern des Berg- und Hammerwerks Feistritzer Hammer an der Wohein, in dem Distrikt zu »Gorivsh pod Jerebovo Skalo« durch die Erztknappen Waland Stergar und Gespanne auf Eisenstein schürfen zu dürfen.

In simili in den Distrikt zu »Gorivsh u Lomu« genannt, worinen der Paul Arch und Gespanne schürfen.

Do. in dem nämlichen Distrikt eben »u Lomu« genannt, alwo der Jakob Tschudnek und Gespanne schürfen.

In simili in den District zu »Gorivsh u dovge Doline« genannt, alwo der Urban Kotraschnig und Gespanne schürfen.

Do. »U zokovite Doline« alwo der Jakob Stergar und Gespanne schürfen.

In simili »na Pogorenci« genannt alwo der Mathia Koraschneg und Gespanne schürfen.

1778 4^{ten}Juny

Aichelburg verstatete dem Sigmund Zois Freyherrn v. Edlstein als Inhabern des Berg- und Hammerwerks Feistritz in der Wohein in dem District zu »Goriusch na Markosarjoveh Laseh« durch die Erztknappen Gregor Arch und Gespan auf Eisenstein schürfen zu dürfen.

Item zu Goriusch in den District »u Starj Lvshi« durch die Erztknappen Ignatz Jammer und Gespan auf Eisenstein.

Do. in dem District zu Goriusch »per Marjetni Lvshj« durch die Erztknappen Ignatz Jammer und Gespan auf Eisenstein.

Do. in dem District zu Goriusch »sa Rvdnatem Lomam« durch die Erztknappen Augustin Wlaschin und Gespann auf Eisenstein.

Den Gewerken in Stara Fužina (Altenhammer) wurden aber folgende Verleihungen von Schürfrechten und Kohlstädte erteilt.

1742 10^{ten}7^{ber}

Herrn Matheusen Wärl Bestand Inhabern des oberen oder alten Hammers in der Wohein wurde eine neue Erztgruben »pod Rosvram« genannt, darinen der Marko Koroschez arbeiteth, verliehen.

Item ein neue Erztgruben »v Jamah v Clade« genannt, darinen Jerny Tardina Erzt-Knapp arbeitet.

Ingleichen ein neue Erztgruben »v Jamach v Cladie«, neben des Jerny Tardina gelegen, worinen der Mathia Arch und Gespane arbeitethen.

Insimili ein neue Erztgruben »in Rebna Dollina« genannt, darinen Micha Stergar und Jakob Stergar arbeiteth.

1743 2^{ten}7^{ber}

Herrn Matheusen Wärl, als Eigenthümern des alten Hammers in der Wohein, wurde ein Erztgruben »na Rudnem Polle v Bresno pod Pothio« gelegen worinen der Thomas Sodja Erzt Knapp arbeitet, verliehen.

Item ein deto Erztgruben »na Rudnem Polle pod tem velkem Bresnam« gelegen, worinen der Marthen Koroschez und dessen Compagnie Erztknappen arbeitethen.

1745 15^{ten}7^{ber}

Dem H. jezigen Herren Beförderern des alten Hammers in der Wohein wurde ein Erztgruben »na Goriuschach sa Meduedouzam« gelegen, worinen der Lucas Jammer und mitgespan als Erzt-Knappen arbeitethen, verliehen.

Item ein Erztgruben »na rudnem Pole v tem srednem Bresno pod Potio« gelegen, darinen der Thomas Sodja als Erzt. Knapp arbeiteth.

Item ein Erztgruben »na Goriuschach sa Medvedouzam v Lehso« gelegen, darinen der André Koroschez, und mit Compagnie arbeiten.

1745 16^{ten}7^{ber}

Dem N. jezigen Herren Beförderern das alten Hammers in der Wohein wurde ein Kohlstadt »na golle Verch v Merszah« gelegen, worinen der André Schokelz arbeitet verliehen.

Item ein Kohlstadt »sa Rudnat-sam« gelegen, worinen der Gregor Koroschez Podrobizhar arbeiteth.

Item ein Kohlstadt »sa Rudnat-sam sa Lehsam« gelegen, worinen der Hansche Koroschez und Mitgespan arbeiteth.

1746 5^{ten}7^{ber}

An N. jezigen Herren Beförderern des alten Hammers in der Wohein wurde eine neue Erztgruben zu »Kersteniza« gelegen, worinen der Mathia Longos, und Compag. als Erztknappen arbeiten, verliehen.

Item ein Kohlstadt »na Sapath« gelegen, darinen der André Diakh als Koller arbeiteth.

Mehr ein Kollstadt »v Mesnouze« gelegen, worinen der Jury Arich und Compag. als Koller arbeiteth.

1748 30^{ten}8^{ber}

Den Hrren Bestandt Inhabern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue Eisen-Erztgruben »na Goriuschach sa Meduedouzam« gelegen, darinen der Lucas Jammer als Erztknapp arbeitet, verliehen.

Item ein neue Erztgruben »na Rudnem Polle v Presem« liegend, darinen der Lorenz und André Mittl als Erzt Knappen arbeitethen.

Item ein neue deto »na Goriuschach sa Meduedouzam« ligend, worinen der Hansche Stergar und mit interesst. als Erzt Knappen arbeiten.

Ingleichen ein deto »na Goriuschach v Lehso« gelegen, worinen der Lorenz Stergar und Compag. als Erzt Knappen arbeitethen.

Ferner ein Kohlstadt »v Bukovm Rebro sa Prapenzo«, worinen der Hansche Dobrauz und Lorenz Arich Lussman, als Kohler arbeitethen.

Dann ein Erztgruben »V Lehso« darinen der Lorenz Stergar, et Compag. als Erztknappen arbeitethen.

Ebenmässig ein deto »V Jamach v Konte«, worinen der Mathia Arich, et Compag. als Erztknappen arbeitethen.

Mehr ein Kohlstadt »pod Javaram na Stareze Raune«, alwo der Primus Rossmann, als Kohler arbeiteth.

Item ein neue Erztgruben »sa Meduedouzam v Konte na Goriuschach« gelegen, worinen der Hansche Stergar Vrschneg als Erztknapp arbeiteth.

Insimili ein deto »na Goriuschach, v dovge Dolline« gelegen, darinen der Jakob Stergar, und Compag. als Erztknappen arbeitethen.

1750 4^{ten}9^{ber}

Dn. jezigen Bestand Inhabern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue Eisen Erzt Gruben »na Kerstenize« gelegen, darinen der Mathia Longos, und Compag. als Erztknappen arbeitethen, verliehen.

Item ein deto »na Goriuschach sa Meduedouzam« gelegen, darinen der Luca Jammer, als Erztknapp arbeiteth.

Item ein deto »na Ruden Polle pod Baitho«, worinen der Lorenz, und Andrä Mittl als Erztknappen arbeitethen.

Dann ein deto »na Goriuschach, sa Meduedouzam«, darinen Der Hanns Stergar und Compag. arbeitethen.

Ferner ein neüe deto »na Goriuschach v Lehso«, worinen der Lorenz Stergar, und Compag. als Erztknappen arbeiteth.

Ein deto »na Goriuschach sa Meduedouzam«, darinen der Lorenz und Hanss Stergar als Erztknappen arbeitethen.

Item ein deto »v Jamach v Konte«, darinen der Mathia Arich und Compag. als Erztknappen arbeitethen.

Ferner ein neüe Kohlstadt »pod Javeram«, alwo der Primus Rossmann als Kohler arbeiteth.

Ein neüe Erztgruben »na Goriuschach«, darinen der Hanss Stergar Erztknapp arbeiteth.

Ein deto »na Goriuschach v Dovie Dolline«, worinen der Jakob Stergar Erztknapp arbeiteth.

Item ein neüe Kohlstadt »v Brahsinze«, darinen der Martin Suppanz Kohler arbeiteth.

Ein deto neüe »na Sponig Gorrellegh, sa jasmanovem Rotam« gelegen, darinen der Gregor Koroschez Kohler arbeiteth.

Dann ein neüe Erzt Gruben »V Rudne Dolline sa Leppenzam«, darinen der Jakob Schmukauch Erztknapp arbeiteth.

Item ein deto »na Goriuschach v Lehso«, darinen der Gregor Sodia, und Compag. als Erztknappen arbeitethen.

Dann ein deto »v Jamach v Konte« darinen der Thone Arrich und Compag. als Erztknappen arbeitethen.

Ein deto »v Rudne Dolline per Blaschinovich Ogradich« darinen Simon Blaschin, und Jakob Koroschez Erztknappen arbeitethen.

Ein neüe Kohlstadt »v Derle«, darinen eigene Hammers Arbeiter arbeitethen.

ein deto »v Brahsinze«, alwo der Andrä Longos Kohler arbeiteth.

1750 10^{ten}9ber

Dn. jezigen Bestand Inhabern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neüe Kohlstadt »na Spodnech Gorelezah Sa Tamonovem Rottam« verliehen.

Item ein neüe Erztgruben »V Dolline Sa Leppenzam«, darinen Jakob Schmukauz Erztknapp arbeiteth.

Dann ein deto »na Goriuschach v Lehso«, der Erztknapp Gregor Sodia.

Insimili deto ein »v Jamach v Konte«, darinen Anthon Arch, und Compagn. Erztknappen arbeitethen.

1753 18^{ten}Jänner

Dn. jezigen Befördern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neüe Eisen Erzt Gruben »na Goriuschach nad starim Kopischam per Potti na Hribi«, darinen der Andrä Koroschez, und Gregor Stergar als Erztknappen arbeitethen verliehen.

Item ein deto »na Goriuschach Sa Meduedouzam na Krai, nad Stegnami« darinen der Jakob Dobrauz und Jakob Stergar als Erzt Knappen arbeitethen.

Insimili ein deto »na Goriuschach, V Dovie Dolline«, worinen der Gregor Sodia und Mitgespanen als Erzt Knappen arbeitethen.

1754 8^{ten}Jänner

Dn. jezigen Beförderern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue Erztgruben »V Klosak« gelegen, darinen Joseph Mally und sein Gespan, als Erztknappen arbeitethen, verliehen.

1755 12^{ten}May

Dn. jezigen Bestand Inhabern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue Eisen Erzt Gruben »na Rudem Pole, v Srenskem Wresno« genandt, neben des Matheus Schmittig Gruben gelegen, darinen der Paule Longos und Andrä Hribar, als Erztknappen arbeitethen, verliehen.

1755 13^{ten}Juny

Dn. jezigen Bestand Inhabern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neüe Eisen Erzt Gruben »V Rudne Dolline v Blasinoveh Ogradich« genannt, darinen der Simon Wlaschin als Erzt Knapp arbeiteth, verliehen.

1758 14^{ten}Xber

Dem N. jezigen Beförderern des alten Hammers in der Wohein wurde ein neu aufgeworfene Erztgruben »v Mersle Dollini« zu Goriuschach auf

schacht und Stolmbrecht, darinen der Lucas Sodia, Leonhard Koroschez und Gaspar Koroschez als ErztKnappen arbeithen, verliechen.

Insimili ein deto »Na Rudnem Polle v Longosovem Brehno« auf Schacht und Stolmbrecht, darinen der Andrä Hribar und dessen Gespan als ErztKnappen arbeithen.

Insimili ein deto »sa Krahsizo na Raune per petraske Luse« auf Schacht und Stolmbrecht, darinen der Mathia Arch und Urban Dobrauz als ErztKnappen arbeithen.

Insimili ein deto »sa Krahsizo per Steze« auf Schacht und Stolmbrecht, darinen Hanss und Thomas Sodia Erzt Knappen arbeithen.

Item ein deto »sa vodnikam sa tem sgorenim Kopsiche«, darinen Lucas Sodia und Compag. als Erzt-Knappen arbeit.

Insgleichen ein deto »sa Krahsizo per Steze« unweith deren Thoni und Hanss Sodia Gruben gelegen, darinen Thomas und Clemen Sodia Erzt Knappen arbeithen.

Insimili ein deto »sa Krahsizo v Hribe«, darinen Jerny Arich ErztKnapp arbeithet.

Mehr ein deto »V Starem Lomu Sa Loquam«, darinen Lukas und Anton Petrasch ErztKnappen arbeithen.

Item ein deto »Sa Krahszo V Conte«, darinen Peter Arich und Andrä Skontar als ErztKnappen arbeithen.

Item ein deto »sa Krahszo na Raune« auf Schacht und Stolmbrecht, darinen der Martin Arich und Gespan Erzt Knappen arbeithen.

Dann ein deto eben »sa Krahsizo na Raune« unweith des Marthin Arich Gruben darinen Martin Arich, Suppan Sohn und Valentin Arich Erzt Knappen arbeithen.

1760 4 9ber

Dem jezigen Herrn Beförderer des alten Hammers in der Wohein wurde ein neu aufgeworfene Erztgruben »v Starem Lomu sa Baito«, worinen Jakob Petratsch und Gespäne als ErztKnappen arbeithen, verliechen.

Insimili ein deto »sa Kraszo na Stegnech v Hribo«, darinen der Lorenz Mitel als Erzt Knapp arbeithet.

1763 29tenXber

Dem Hrn. Beförderer des alten Hammers in der Wohein wurde ein neu aufgeworfene Erztgruben »na Rudnem Polle, pod to staro Baito sa Breh-

nam«, darinen der Leonhard Schmittig und Compag. als Erzt Knappen arbeithen, verliechen.

Item ein deto »pod sabodovia Sraun Ogradize«, darinen der Franz Starre und Urban Hribar als ErztKnappen arbeit.

Item ein neue Kohlstadt »sa Rudnem Pollam«, allwo Marko und Peter Kautz als Kohler arbeithen.

Ferner ein deto in dem nämlichen Ort, allwo Jury und Urban Oblakh als Kohler arbeithen.

Ein deto »v Starem Lomu«, allwo Peter und Marthin Arich Kohler arbeithen.

Ein deto in nämlichen District, allwo Jakob Tanzer arb.

Ein deto »na Sedlize«, allwo Thomas Skander arbeithet.

Ein deto in nämlichen Ort, allwo Marthin Skander arbeit.

Ein deto »pod Mehsnouzam«, allwo Marthin Podlipneg arbeithet.

Ein deto »sa Polanzam«, alwo Hanss Dobrautz und Jury Sidor arbeithen.

Mehr ein ney aufgeworfene Erztgruben »sa Krahsizo sa Luscho«, darinen Anthoni Arich und Compagn. als Erzt Knappen arbeithen.

Ein deto »Sa Vochtam pod Robam«, darinen der Matheus Schmittig und Gespan als Erzt Knappen arbeithen.

Ein deto »na Goriuschach«, darinen Andrä Koroschez und Andrä Stergar Erzt Knappen arbeithen.

Ein deto »sa Vodnicami, vel Leppencah« genanndt, vorinen Jakob und Vallentin Koroschez arbeithen.

1767 30tenXber

Dn. jezigen Hrn. Beförderer des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue aufgeworfene Erztgruben »sa Krahsizo pod to Wistersko Baito«, worinen Matheus Podlipnig, Jakob Koroschez und Gespan als ErztKnappen arbeithen, verliechen.

Ein deto »na Goriuschach sa lansetouzam«, darinen Micha Stergar arbeithet.

Ein deto »na Goriuschach« in des Andrä Koroschez Grund und Boden, worinen Andrä Koroschez ErztKnapp arbeithet.

Ein deto »sa Lochta per Odariou Jame«, darinen Gregor und Leonhard Schmittekh dann Gespänn ErztKnappen arbeit.

Ein deto »na Goriuschach per Shinskem Laso«, darinen Andrä Stergar und Andrä Koroschez Erztknappen arbeithen.

Ein neüe Kohlstadt »Pod Meshnouzam«, darauf Luca Sodia als Kohler arbeithet.

Ein deto »v Meshnauz«, darauf Gregor und Jerny Koroschez als Kohler arbeithen.

Ein deto »v Meshnauz« darauf Gaspar Schest als Kohler arbeithet.

Ein deto »na Ruden Polle sa to novo Waito«, darauf Hansche Tanzer als Kohler arbeithet.

Ein deto »v Shebelize«, darauf Jerny Wernekh als Kohler arbeithet.

Ein neüe Erztgruben »v Rudne Dolline pod Meshnouzam«, darinen Lorenz Arich und Sebastian Dobrauz als Erzt Knappen arbeithen.

Item ein deto »sa Krahsizo per Weithe«, darinen Mathia Arich und Gespan als Erzt Knappen arbeithen.

1773 18 Jänner

Dem Herrn Beförderer des alten Hammers in der Wohein wurde ein neue Eisen Erzt Gruben »sa Lachto nad Skalo« genandt, darinen Anthon und Leonhard Schmitteg als Erzt Knappen arbeithen, verliechen.

Item ein deto »sa Lachto V Konte« genandt, darinen Matheus Schmitteg und Hansche Komiterkh als Erzt Knappen arbeithen.

Item ein neüe Kohlstadt »nad malla Saviza« genandt darinen Urban und Jury Oblakh als Kohler arbeithen.

Mehr ein neüe Erztgruben »V Rudne Dolline pod marietizhovem Kopsischam«, darinen Lorenz Arch und dessen Gespann Erzt Knappen arbeithen.

Mehr ein deto Erztgrube »na Goriuschach v Kamnite Dolline«, worinen Jakob Dobrauz und Primus Jammer als ErztKnappen arbeithen.

1773 3 7ber

Dem Hrn Inhaber des Bergwerks Althammer in der Wohein wurden zwey neue Eisen Erzt Grüben »Sa Rudnakam Podrobizhovim Kopsischam« worinen Carl Dirkh und dessen Söhne als Erzt Knappen arbeithen, verliechen.

Eine Deto »sa Rudnatkam«, worinen der Lucas Sodia und Jury Koroschez als Erztknappen arbeithen.

Ingleichen »u Krahsze«, worinen Simon Longosch, und sein Gespann als Erzt Knappen arbeithen.

1775 13tenApril

Dem Herrn Inhaber des Bergwerks Althammer in der Wohein wurde verstattet, in des Primass Stergar seinem Geräuth »na Goriuschach« genandt, auf Eisenstein schürfen zu dürfen gegendeme, dass er Herr bey wirklich anzuzizen kommenden Bau alda anzuzeigen, zu verpflocken und ausmässen zu lassen schuldig seyn solle.

Deto »sa Louretouzam« genandt, darinen Marthin Stergar als Erzt Knapp schürfft.

Item »sa Rudnatem Lamam« genandt unter des Anton und Luca Petiatsch Erztgruben, da Mathia Arich als Erzt Knapp Schürfft.

1776 16tenXber

Matthäus Schliber, Unterberg Richter Feistriz in der Wohein verlieh Dem Hrn. Inhaber des Bergwerks Alteisenhammer eine neüe EisenErztGruben »V Rudnate Dolline« genandt, darinen der Jakob und Lorenz Arch samt dessen Mitgespann, als Erztknappen arbeithen.

Ausser den Abschriften, aus welchen wir die vorstehenden Angaben geschöpft haben, besitzen wir auch Sammelauszüge, deren einer ungefähr zur gleichen Zeit geschrieben wurde wie die Abschriften und ist auch mit der ersten Abschrift identisch.

Das zweite Verzeichnis wurde zu Illyriens Zeiten vor ca. 150 Jahren verfasst und ist auf amtlichem Papier mit aufgedruckter Stempelmarke geschrieben. Hierzu müssen wir bemerken, dass dieses Verzeichnis beide vorstehenden Beschreibungen der Verleihungen von Erzgruben und Kohlenmeilern umfasst.

Für den Woheiner Gewerken Alexander von Locatelli bestehen aber zwei Dokumente von Verleihungen und zwar die Abschrift der Verleihung vom 14. 11. 1708, welche am 26. 1. 1722. vom Schreiber des K. k. Berggerichts in Ljubljana, Johann Joseph Schimitsch angefertigt wurde und wo es für das Woheiner Revier heisst:

von dem Ort Stenge bis zum Savefluss und dann bis zum oberen Rañd der Jelovica, in der Richtung gegen Wohein, dann weiter nach den Rändern herum, darauf weiter nach den Rändern der Woheiner Berge bis zum Rand von Gorjuše und von hier gradeaus gegen Stenge.

Das zweite Dokument ist aber nur ein Sammelverzeichnis der Verleihungen vom Jahre 1728 bis zum Jahre 1739, in welchem 59 Erzgruben und Kohlenmeiler ohne jedwede genauere Bezeichnung der einzelnen Stätten angeführt sind.

In einem besonderen Auszug, welcher auf sehr feinem alten holländischen Papier geschrieben ist, sind die Verleihungen für die vereinten Eisenhütten Woheiner Feistritz und Althammer im Woheiner Tal angeführt, dabei bemerkt aber der Schreiber dieses: dass sich in den Archiven des Besitzers in Ljubljana noch Dokumente befinden, sofern sie nicht durch Fahrlässigkeit der Vorfahren vernichtet wurden.

Sodann besteht ein Verzeichnis des Oberbergrichters für die Verleihungen von Kohlstätten im Woheiner Revier vom Jahre 1714 bis zum Jahr 1775.

Die nächste Aufstellung ist der Auszug aus den Bergbüchern in Ljubljana für alle Verleihungen von Bergrechten, die einzelne Interessenten erhalten haben — ausser des Herrn Baron (Zois) und zwar in der Zeit vom 1. 1. 1790 bis einschliesslich 21. 7. 1825.

Die Eisenhütten von Zois in Bohinjska Bistrica (an der Feistritz in der Wohein) schlossen am 18. 11. 1849 mit sechs woheiner Bergknappen — Jakob und Lorent Arch, Matija und Johann Markeš, Simon Žvan und Lorenz Zmitek einen Vertrag, wonach sich diese verpflichteten den Eisenhütten Erz aus den ihnen verliehenen Bergrevieren auf Rudno Polje zu dem vereinbarten Preis von 25 Kreuzer je Zentner franko Erzlager zu liefern. Als Gegenleistung würde ihnen aber die Eisenhütte eine neue Verleihung von Bergrechten nach ihrem Wunsch im Ausmasse von 56 Klafter Breite und 224 Klafter Länge besorgen.

Vor dem ersten Weltkrieg stellte der damalige Bergverwalter der Krainischen Industrie Gesellschaft ein Verzeichnis von 233 Verleihungen von Bergrechten und Kohlstätten zusammen und zwar auf Grundlage der Originalverleihungsurkunden, die damals in der Bergabteilung aufbewahrt wurden. Dieses Verzeichnis umfasste einen Zeitraum vom 10. 5. 1583 bis zum 8. 10. 1849.

Wie schon früher erwähnt wurde, bestehen für die einzelnen Verleihungen keinerlei Eintragungen auf geographischen Karten. Die erste Bergkarte, die im Staatsarchiv Sloveniens in Ljubljana aufbewahrt wird, datiert aus dem Jahre 1825. In dieser Karte sind 24 Verleihungen von Bergrechten vermerkt, von welchen 16 schon erteilt waren und für die übrigen 8 wurde aber die Verleihung angesucht.

Unter den alten Vermerken müssen wir jedenfalls auch die Unterlagen aus dem Buch »Oryctographia Carniolica« von Hacquet aus dem Jahre 1778 erwähnen. Auf Seite 18 seiner »Physikalischen Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien, und zum Theil der benachbarten Länder« schreibt er über das Berggebiet im Woheiner Winkel:

»»Ehe ich von Werke und Bergbaue zu reden anfangte, will ich diejenigen Gegenden beschreiben, wo ich die Gruben, oder, besser zu sagen, die Schächte gefunden habe: erstens, im Mittelgebirge Goriusha gegen Morgen sind fünf Schächte, die dermalen bearbeitet werden; sie sind zwey gute Stunden vom Werke entfernt: zweytens, gegen Mitternacht, ebenfalls im Mittelgebirge »sa Rudnadem Lom«, drey Stunden in der Anhöhe befinden sich zween Schächte; dann in einem daran stossenden Gebirge »na Rudna pole« abermal zween Schächte; zwo Stunden weit von diesem Gebirge »Sa Krasiza« sind ebenfalls drey Schächte, wovon einer 95 Lachter abgetäuft ist; nicht sehr entfernt von dieser Grube sind noch im Gebirge »O Jama« zween nicht tiefe Schächte. Alle diese Gruben sind zu zwey, drey und auch mehr Stunden im Gebirge, folglich ist es nicht wenig beschwerlich, die Erze zuzubringen. Die eingegangenen Gruben gegen Abend sind im Gebirge »Salahta na usheivnik«; gegen Mitternacht aber, erstens, im Gebirge »na Kerstaniza«; zweytens, »na Rudna dolina«, und »Sa Javernik«. Es ist zu verwundern, dass man in dieser Gegend jemals mit Nutzen die Erze hat zubringen können, indem sie 4 bis 5 Stunden hoch im Gebirge sind. Ehe ich weiter von Bearbeitung der Erze rede, will ich, so viel als möglich, von den zweyen dortigen Hammerwerken Nachricht geben: eines führt den Namen ALTHAMMER, und liegt gegen Mitternacht im oberen Thale; das andere heisst FEISTRIZ, und liegt gegen Mittag im untern Thale der Wohein. Die Erze brechen hier Mugelweis in meistens stehenden Klüften, in einem Thonmergel mit Kalksande;«« u. s. w.

Beim weiteren Untersuchen der geschichtlichen Vormerkungen haben wir nach Müllner »Geschichte des Eisens« festgestellt, dass die Karte aus dem Jahre 1825, die in Verwahrung des Staatsarchivs in Ljubljana ist, den Bergbesitz der Zois'schen Eisenhütten darstellt der sich bis zum Jahre 1848 bei der Beschreibung der Eisenhütten für Seraphine Zois nicht geändert hat.

In dieser Beschreibung sind mit Ortsnamen neun Erzstätten bezeichnet, die übrigen 15 Fundstätten aber mit Heiligennamen.

(Seite 74/75 das slowenischen Originals)

In der Karte im Masstabe 1 Wiener Zoll = 2000 Klafter oder fünf Tausend Schritte sind die einzelnen Ortschaften ziemlich genau eingezeichnet und versuchten wir auf Spezialkarten im Masstabe 1 : 25.000 die einzelnen Erzstätten festzulegen:

1. Erzstätte: za Brezنام v Gorjušah — befindet sich südöstlich Kote 1096 Hribarice und verläuft von Kote 933 in nordöstlicher Richtung gegen Kote 960.

2. Erzstätte: Za Stolum pod Gorjušam — beginnt ungefähr in der Mitte zwischen beiden Koten 966 (südöstlich von Hribarice) und verläuft in östlicher Richtung bis südlich der Kote 984. Diese Fundstätte scheint mit dem historischen oftbenannten und reichen Fundort »Kamnita Dolina« identisch zu sein.

3. Erzstätte: U Medvedouz sa Javernikam — beginnt nordwestlich Kote 1318 Medvedova Konta und verläuft in nordwestlicher Richtung bis ungefähr Mitte zwischen den Koten 1486 und 1370 (bis zum Hügel ohne Höhenbezeichnung südwestlich Kote 1370).

4. Erzstätte: Sa Medvedouzam sa Javernikam — beginnt ca. 500 m südöstlich Kote 1400 (nordwestlich Kote 1368 Jerebikovc) und verläuft bis zur Kote 1400.

5. Erzstätte: u debelem vercham sa Javernikam — beginnt ca. 250 m nordöstlich Kote 1400, verläuft dann in nordwestlicher Richtung gegen Zmrzlica und endet östlich Kote 1370.

6. Erzstätte: na vodnizach v rudna dolina — beginnt auf dem Südabhang von Rudna Dolina ca. 300 m südlich Kote 1257 und verläuft dann in südöstlicher Richtung bis östlich Kote 1388.

7. Erzstätte: na rudnat lom in dolina — liegt westlich Kote 1210 (südlich Mrzli Studenec) in nordwestlicher Richtung dicht an der Kote, die ungefähr an der Mitte des Fundortes liegt.

8. Erzstätte: u Jerebikouz — liegt westlich Zontarica in nordwestlicher Richtung und reicht bis 200 m vor Kote 1221, die zum Abhang der Kote 1368 Jerebikouc gehört.

9. Erzstätte: u Schaunek in Jellouza — beginnt zwischen den Koten 1217 und 1170 südlich Volčje Jame und verläuft in nordwestlicher Richtung (bis südöstlich von Nemški Rovt (Deutschge-reuth)).

10. Erzstätte: St. Sigismund — Medvedovc, beginnt 100 m östlich Kote 1357, verläuft in westlicher Richtung und endet am Wege, der gegen Norden auf Kote 1382 führt.

11. Erzstätte: St. Carol — beginnt 100 m westlich Kote 1319 Medvedova Konta und verläuft ca. 400 m fast genau nach Westen.

12. Erzstätte: St. Seraphicus — Jelovica, beginnt bei Kote 1310 westlich Konjske Ravne und verläuft in der Richtung des Durchschlages nach Norden bis westlich Kote 1248.

13. Erzstätte: St. Michael — Jelovca, beginnt am Wege, der von Kote 1243 nach Onkar führt und verläuft in nordwestlicher Richtung bis 100 m südlich Kote 1079 Razpotje.

14. Erzstätte: St. Bernard: beginnt 200 m südlich Kote 1451 Mesnovec und verläuft östlich bis zum Punkt zwischen den Koten 1388 und 1394.

15. Erzstätte: St. Anton — beginnt nordwestlich Kote 1394 und verläuft 400 m gegen Nordwesten bis nordöstlich Kote 1451 Mesnovec.

16. Erzstätte: St. Peter — Rudno Polje: von Kote 1346 verläuft 400 m nach Südwesten an Kote 1341 vorbei.

17. Erzstätte: St. Paul — Rudno Polje: beginnt in der Mitte des Durchschlages zwischen den Koten 1417 und 1348 und verläuft in südwestlicher Richtung bis 200 m vor Kote 1341.

18. Erzstätte: St. Jacob — Rudno Polje: in der Verlängerung von Nr. 17 in der Richtung auf Kote 1336 bis 300 m vor dieser.

19. Erzstätte: St. Johann — Medvedovec — Medvedova Konta: Zwischen den verliehenen Grubenfeldern 10 und 11 und zwar beginnt am östlichen Anfang der 11 und verläuft in südwestlicher Richtung bis Mitte von 10.

20. Erzstätte: St. Thomas — Medvedovec — Medvedova Konta: ist an der westlichen Seite an 19 angeschlossen.

21. Erzstätte: St. Philipp: beginnt 100 m südwestlich Kote 1421 Medvedovec und verläuft 400 m in südwestlicher Richtung bis 250 m vor Kote 1300.

22. Erzstätte: St. Bartholomeus: beginnt 150 m nordöstlich Kote 1320 Rudna Dolina und verläuft 400 m in fast nördlicher Richtung an Kote 1358 vorbei.

23. Erzstätte: St. Matheus: ist in der Karte nicht eingezeichnet.

24. Erzstätte: St. Simeon: Boltarje — liegt in nordwestlicher Richtung zwischen den Koten 703 und 923 (ca 100 × 400 m).

Nach Müllner gewann Sigmund Zois das Erz in den vier alten grossen Revieren:

Revier Gorjuše mit den Bergwerken na Veršeh, na Perdouence, u Souce, na Dunaju, na Vase, na Špiku, na Kuharjovem.

Revier Jelovca: v Ogorevcu, Pod Klukovcem, v Praprotni dolini, v Šavneku, na Brdah.

Revier za Javornikom: Za Medvedovcem, v Medvedovci, v Debelem vrhu, v Zupaneh Stengah.

Revier Rudna Dolina: na Vodenicah, Rudnat lom, v Jerebikovcu, pod Kozjem stanom pod Lipanco, pod Brdam pod Lipanco, Pod Debelim Vrhom za Javernikam, per starem delu za Polano, za Javornikam, za Polano pod Pleščam, nad Kranjsko Dolino, v Kovori, za Jerebikovcam, za Rudnatem Lomam, za Srepnekom, v Golem Vrh za Ribšico, na Tisovcu, na Plesnatem vrhu na Plesnarici.

Neben den angeführten hatte Zois noch Erzstätten na Kaplerci, Mrežišče, pod Razov in Mesnovc. Ausserdem hatte Zois auf Rudno Polje noch fünf Erzstätten mit Eigen- und Heiligennamen.

Nach Müllner wurde das Erz in manchen Bergwerken auch Jahrzehnte lang geschürft und es wird erzählt, dass eine einzige Grube von Rudno Polje den alten Schmelzofen in Althammer durch ganze sieben Jahre mit Erz versorgte. Nebstbei wurde auch das Gerede der Bauern erwähnt, die wohl in ihrer freien Zeit Erzknappen waren, dass sie sich traurigen Herzens an das Ende der Woheiner Eisenindustrie erinnern, da in den alten Bergwerken noch unerschöpfliche Erzmengen vorhanden wären.

Zum Zwecke der Übereinstimmung mit unserer Forschungsarbeit, die wir in den Monaten Juli und August 1963 durchgeführt haben, suchten wir alle alten Vermerke über die Erzfundstätten bzw. die Verleihungen von Bergrechten. Man muss zuerst feststellen, dass das Locieren von alten Erzfundstätten ausserordentlich schwer ist, weil diese mit einstigen Lokalnamen bezeichnet wurden, die in den heutigen geographischen Karten nicht mehr vermerkt sind, ältere geographische Karten stehen aber nicht zur Verfügung oder sind überhaupt nicht vorhanden. Teilweise konnten wir diese alten Lokalnamen nur bei den ältesten Einwohnern im Woheiner Winkel bekommen. Ausserdem ist aber die Location noch durch den unbestimmbaren Masstab der einzelnen Bezeichnung erschwert wie z. B.: der Ausdruck »za Jerebikovcem« kann sofort hinter dem Gipfel bedeuten, vielleicht aber auch 200 m oder gar 2 km dahinter. In den alten Verzeichnissen ist oft der Fundort »Mesnovec« genannt. Nun bestehen aber Mesnovec auf Jelovca, Mesnovec bei Gorjuše und Mesnovec bei Rudno Polje. Unserer Ansicht nach ist wahrscheinlich dieser letzte am häufigsten gedacht, da er am erreichsten ist. Jedoch nach den heutigen geographischen Karten ist Mesnovec ein Hügelland mit 1310 bis 1540 m Seehöhe, welches sich in der Ost—West—Richtung mehr als 2 km, in der Nord—Süd—Richtung aber fast 2 km ausdehnt.

Diese Erforschung im Gelände unternahmen wir aus zwei Gründen u. zw. erstens, um festzustellen, woher die alten Bergleute Erz für die Hochöfen in der Wohein gewannen, und zweitens, um uns das Terrain anzusehen, woher wir noch grössere Erzmengen für unsere Schmelzversuche in den Windöfen bekommen könnten.

Die Forschungen dauerten vom 25. Juli bis 8. August 1963. Wir begannen mit den Untersuchungen auf Pokljuka mit dem Ausgangspunkt Mrzli Studenec, von wo wir Expeditionen in den verschiedenen Richtungen der ehemaligen einzelnen Erzfundstätten unternahmen.

Sofort am ersten Tag war die Richtung unseres Weges gegen Rečiška Planina, der Kamm von Kokošinca, Berjanca, Veliko Voklo und Belska Planina. Überall fanden wir kleinere Mengen von Eisenerz — Bohnerze und Pseudomorphosen. Eine geschichtliche Bindung zu diesen Fundstätten haben wir nicht, es ist aber sehr wahrscheinlich, dass die seinerzeitigen Knappen auch hier Erz geschürft haben, vor allem aber Quarz, den sie im bestimmten Verhältnis dem Eisenerz zwecks Herabsetzung der Schmelztemperatur zugesetzt haben. Direkte Beweise für diese Behauptung haben wir nicht, jedoch kann uns als indirekter Beweis die Tatsache dienen, dass die vorgefundene alte Schlacke einen bedeutend grösseren Gehalt an Silizium hat, als dieses in dem Grundeisenerz enthalten ist.

Am nächsten Tag teilte sich die Mannschaft und erforschte eine Gruppe Kranjska Dolina, Lepa Kopišča, Meja Dolina, Klek, Zmrzlica, Medvedova Konta, Lipanca bis Javornik. Die andere Gruppe ging aber auf Jerebikovec, Planina Javornik, Medvedovec, Medvedova Konta, Planina Lipanca und bis Rudno Polje.

Beide Gruppen fanden fast überall mehr oder weniger Eisenerz. Die Fundorte sind teilweise auch geschichtlich und werden einzelne schon vor Jahrhunderten erwähnt. So ist Medvedovec schon im Jahre 1736 erwähnt, als dieser Fundort dem Besitzer der Eisenhütte in Bohinjska Bistrica P. A. von Pitoni verliehen wurde. Da Medvedovec ein sehr reicher Fundort war, fanden wir diesen Namen bei der Verleihung von Bergrechten öfters erwähnt, so im Jahre 1745 zweimal, 1748 dreimal und 1750 auch dreimal. Auch Planina Javornik oder die Erzstätten »sa Javernikam« sind sehr häufig erwähnt, sind aber fast identisch mit dem Fundort Medvedovec. Von der Alpe Javornik über Medvedovec bis Medvedova Konta ist nur etwas mehr als 1 km in der Nordrichtung, in der Querrichtung aber auch ungefähr so viel. Im Jahre 1808 wird Kranjska Dolina erwähnt und Jerebikovec, im gleichen Jahr aber wieder »za

Javornikam«. Klek wird im Jahre 1810 erwähnt, im Jahre 1815 aber das Gebirge Klek und »Zmrzla Dolina pod Klekom« oder aber »pod Debelo Pečjo«. Planina Lipanca wird das erstmal im Jahre 1750 erwähnt, die Erzfundstätten auf Rudno Polje aber in jeder grösseren Verleihung von Bergrechten vom Jahre 1714 an.

Das nächste Gebiet, welches wir erforschten, war von Rudno Polje an am nördlichen Abhang von Mesnovec und zurück auf Rudno Polje. Das ganze nördliche Abhanggebiet des Mesnovec ist sehr erreich und wurde dieses an vielen Orten geschürft. Parallel mit diesen Forschungen hat ein Teil der Gruppe den Nordabhang der Rudna Dolina bis südlich Petkovec und weiter bis Rudno Polje untersucht. Es sind alte Schürfungen bemerkbar und wurden auf diesem Abhang ziemlich viele Erzmuster gefunden. Rudna Dolina (Erztal) wird in den Verleihungen das erstmal in Jahre 1715 erwähnt, Mesnovec aber im Jahre 1736. Im übrigen werden diese zwei Fundstätten sehr oft in den Verleihungsurkunden bis zum Jahre 1800 genannt.

Die Forschung des nächsten Tages richtete sich gegen Gorjuše und Umgebung bis Koprivnik. In diesem Gebiet wurde wahrscheinlich zu Beginn der registrierten Bergtätigkeit das Eisenerz an Orten geschürft, die mit den verschiedensten Lokalnamen bezeichnet waren, die wir aber heute nicht mehr kennen, da sie in Vergessenheit geraten sind. Die ersten Vermerke über Verleihungen von Bergrechten in Gorjuše fanden wir im Jahre 1641, von welchen eine der besten und grössten in »Kamnita Dolina« war. Der grösste Teil der verschiedenen Verleihungen befindet sich bis zur Entfernung von 1 km südöstlich des Berges Hribarice Kote 1096. Dort befinden sich auch die Gruben, in welchen Erz geschürft wurde und ist eine davon am Gipfel der Hribarice noch offen. Diese Grube reicht jetzt noch bis zu einer Tiefe von 30 m. In dieser Grube fanden wir in der Tiefe von 13 m eine alte Grubenöllampe, die ungefähr 100 Jahre alt ist. In der Tiefe der Grube befindet sich auch noch Erz. Überall, wo wir in diesem Gebiet geforscht haben, fanden wir die verschiedensten Erzmuster.

Das nächste Forschungsgebiet war Rudno Polje, Španove Jame, Mesnovec und Lmovce. Für Rudno Polje erwähnten wir schon, dass dies eine reiche Erzfundstätte war. Španove Jame (die Gruben von Špan) zeigen aber schon dem Namen nach auf Bergtätigkeit, wo auch wir verschiedene Muster von Bohnerz fanden. Mesnovec und Lmovce erforschten wir in der Hauptsache längst der Forstautomobilstrasse, die in einer Länge von ca. 7 km um Mesnovec und Lmovce führt und dabei die

einzelnen Forstreviere verbindet, endet aber in der Nähe des Sporthotels auf Pokljuka. An vielen Stellen längs dieser Strasse fanden wir in den Durchschlägen zwischen den Felsbrüchen Erz, welches an einigen Stellen gar in Fels eingewachsen war. Der Kalkstein an der Strasse von Mesnovec enthält zahlreiche Versteinerungen der Fauna und Flora. Über die Verleihungen von Bergrechten in diesem Gebiet sprachen wir aber schon vorne.

Am folgenden Tag übersiedelte die Forschungsgruppe von Pokljuka über Praprotnica auf die Alpe Uskovnica. Auch auf Praprotnica und Uskovnica fanden wir kleinere Erzmuster, ob aber in diesem Gebiet je Erz geschürft wurde, ist uns nicht bekannt noch wurden in den Archiven irgendwelche Vermerke gefunden. Der Weg führte uns weiter an der Vodnik-Hütte vorbei, über Mišeljska Planina und Jezerca auf die Alpe Krstenica und weiter auf Planina pri Jezeru (Alpe am See). Unsere Absicht war, die Umgebung der Alpe Krstenica, die Umgebung der Alpe Viševnik sowie Dedno Polje zu untersuchen. Auf der Alpe Krstenica sind die reichsten Erzstätten, wo wir ausserordentlich schöne Krystallmuster mit Erz vorfanden. Nach geschichtlichen Dokumenten waren für dieses Gebiet die ersten Verleihungen von Bergrechten in den Jahren 1746 und 1750. Diese wurden an die Gewerke in Stara Fužina (Althammer) verliehen.

Während eine Gruppe das Erzgebiet um Krstenica erforschte, ging gleichzeitig die andere Gruppe in das Gebiet der Alpe Dedno Polje, wo in der Richtung gegen Huda Rupa sehr schöne gerundete Bohnerze in der Grösse von 0,5 bis 1,5 cm gefunden wurden. Nach Erzählungen waren hier sehr alte Erzstätten, jedoch fanden wir in den geschichtlichen Vermerken keinerlei Spuren, wem hier Bergrechte verliehen worden wären noch wer hier Erz geschürft hätte.

Die Forschungen setzten wir über die Alpe Viševnik fort auf einen Ort, für welchen wir wussten, das dort seinerzeit Erz geschürft wurde. Wir untersuchten zwei Schächte natürlichen Ursprungs, deren einer durch Bergarbeiten erweitert war und jetzt noch bis zur Tiefe von 15 m reicht, tiefer ist aber der Schacht verschüttet. In den Sprüngen an den Wänden fanden wir viel Erz, in der Tiefe von 6 m aber noch eine Holzwinde, mittels welcher die Knappen das Erz zu Tage förderten. Desweiteren fanden wir auch eine verwitterte Leiter. Der andere Schacht war unberührt und befindet sich in ihm ständig Schnee. Es gibt hier keine Spuren von Bergtätigkeit. Geschichtliche Vermerke über diese Gruben haben wir nicht.

Die weitere Forschungsarbeit führte uns über die Alpe Ovčarija zu den Triglavseen, dann weiter durch das Tal der Triglavseen bis zur Alpenhütte auf Prehodavci, sodann um den Berg Kanjevec auf Dolič, weiter an der Westseite der Šmarjetna Glava und längs des südwestlichen Kammes auf den Gipfel des Triglav mit der Rückkehr auf Dolič und weiter über Hribarice zurück zur Alpenhütte bei den Triglavseen. Wir wussten, dass in diesen Höhen keinerlei Bergtätigkeit ausgeübt wurde, noch wurden irgendwelche Bergrechte verliehen, uns interessierte jedoch, bis zu welcher Höhe wir Erze vorfinden werden. Fast den ganzen Weg entlang wurden kleinere Mengen von Eisenerz — Bohnerz gefunden, teils freiliegend, teilweise aber eingewachsen oder mit anderen Gesteinen zusammengeklebt. Die höchsten Eisenspuren waren ungefähr 50 m unter dem Gipfel des Grossen Triglav in Form von Limonitkruste auf Kalkstein. Der höchste Fundort von Bohnerz befand sich aber ca. 200 m unter dem Gipfel und zwar auf einer sehr kleinen Fläche und in Form von sehr kleinen Körnern. In grösserer Menge wurden aber die Bohnerze südwestlich des Sattels Dolič vorgefunden.

Von den Triglavseen übersiedelten wir auf Komna, für welche wir nach den vorgefundenen Resten wussten, dass dort seinerzeit in Windöfen Eisenerz geschmolzen wurde. Von irgendwelchen dokumentierten Verleihungen auf diesem Gebiet fanden wir keinerlei Spuren, jedoch ist unsere Behauptung, dass dort seinerzeit Eisenerz erschmolzen wurde, durch Funde von Schlacken mit hohem Eisengehalt dokumentiert. Die grosse Menge von Eisen in der Schlacke ist aber der Beweis für sehr alte und primitive Schmelztätigkeit in diesem Gebiet.

Auf Spodnja Komna fanden wir Limonitstücke nur am nordöstlichen Abhang des Mali Bogatin. Ein sehr interessanter Fall ist aber dies, dass nordwestlich der Alpe Govnjač eine kleine Karstdoline ist, die vollkommen mit Quarzsand gefüllt ist und zwar mit Staubsand, der mit feinem Schotter verschiedenfarbigen Quarzes bis zur Grösse von 2 cm vermischt ist. Zwischen dem Sand findet man auch einzelne Stückchen von kantigem Limoniterz. Der Quarzsand dürfte wahrscheinlich der Rest einer Moräne sein, die in der Eiszeit aus den Westalpen herangezogen wurde.

Die letzten Untersuchungen führten wir auf Lepa Komna durch, von der Alpe na Kraju bis Lanževica. Westlich des Ortes Lepa Ruša ist in einer Höhe von ca. 1600 m im karstigen Dolinengebiet Sandstein, der teilweise in Sandsteinkonglomerat übergeht. Unter diesen fanden wir viel knolliges Limonit bis zur Faustgrösse. Kleinere Stücke sind vollkommen rund und zeigen im Bruch konzentrische Kreise. Wir fanden aber auch scharfkantige Limonitformen.

Nach allem Vorstehenden war die Erzexpedition sehr erfolgreich, da wir wirklich grosse Mengen verschiedenartigen Eisenerzes vorgefunden haben. Die Fundorte konnten wir aber nicht mit geschichtlichen Daten dokumentieren, da in den Orten unseres Marsches die Verleihungen von Bergrechten nur für Stellen gegeben wurden, die verhältnismässig näher an den Eisenhütten lagen und zwar in der Hauptsache in der Umgebung von Koprivnik und Gorjuše, der ganzen Pokljuka einschliesslich Rudna Dolina und Rudno Polje. Ausserhalb der Erzstätten auf Pokljuka stellten wir den einzigen Erzfundort auf der Alpe Krstenica fest, für welchen Bergrechte erteilt wurden.