

MIKROTRDOTA NEKATERIH SLOVENSКИH APNENCEV

MICROHARDNESS OF SOME SLOVENIAN LIMESTONE

Vesna Krajnc, Simona Jarc, Breda Mirtič

NTF Oddelek za geologijo, Ljubljana, Slovenija

Prejem rokopisa - received: 1999-11-22; sprejem za objavo - accepted for publication: 1999-12-20

Propadanje naravnega kamna po vgrajevanju je aktualna tema v tujini kot tudi pri nas. Naravni kamen propada ali prepereva zaradi vremenskih razmer, ki jim je izpostavljen. Pri tem se kamnina topi, spreminja se njena mineralna sestava, trdnost, trdota, odsevna sposobnost polirane površine in druge karakteristike. Seveda je vse to odvisno od okolja, v katerem se kamnina nahaja. V slovenskih razmerah propadanje naravnega kamna še ni preiskano. V našo preiskavo so bili zajeti apneneci iz različnih slovenskih nahajališč: Hotavlj, Lipica I, Lipica II in Doline. Ti so: zgornjetriasna apnenca z intrabiomikrosparitno strukturo, zgornjekredna apnenca z biomikritno strukturo in zgornjekredni apnenec z mešano strukturo, od biomikritne do biosparitne. Preperevanje v naravnih okoljih smo v laboratoriju simulirali tako, da smo vzorce, namočene v destilirani vodi ali vodni raztopini soli, izmenično ogrevali in ohlajali. Rezultati merjenja mikrotrdote kažejo, da na trdoto apnenca vpliva njegova struktura. Trdota se spreminja s časom preperevanja.

Ključne besede: apnenec, mikrotrdota, kalcit, preperevanje

Natural stone decays because of the contact with the atmospheric effects. Different changes occur: leaching of the rock, changing of the mineral composition, hardness, strength and reflectance of the polished stone surface. Investigation of limestone from different Slovenian deposits were made. Upper Triassic limestones with intrabiomicrosparite structure, Upper Cretaceous limestones with biomicrosparite structure and Upper Cretaceous limestone with structure from biomicrosparite to biosparite were used. Weathering at the atmospheric conditions was simulated in the laboratory. Wetting of samples in the water or in the water solution of different salts was made at the different temperatures. Results of the microhardness measurements proved that the hardness of the limestone depends on the structure of the limestone. Furthermore, the structure of the limestone changes according to the duration of the weathering, as well.

Key words: limestone, microhardness, calcite, weathering

1 UVOD

Trdota oziroma mikrotrdota je odpor materiala proti delovanju mehanske sile na njegovo površino. Ugotavljamo jo na različne načine in jo tudi različno izražamo. Pri merjenju trdote ne uničimo preizkušanca. Približno lahko ugotavljamo trdoto s primerjalno Mohsovo trdotno lestvico, po kateri določamo trdoto z razo. Točno pa merimo trdoto na različne načine. Najpogostejša so merjenja trdote po Brinellu (HB), po Rockwellu (HRC in HRB) in po Vickersu (HV). Vrednosti, ki jih dobimo s temi tremi metodami, niso absolutno primerljive.¹

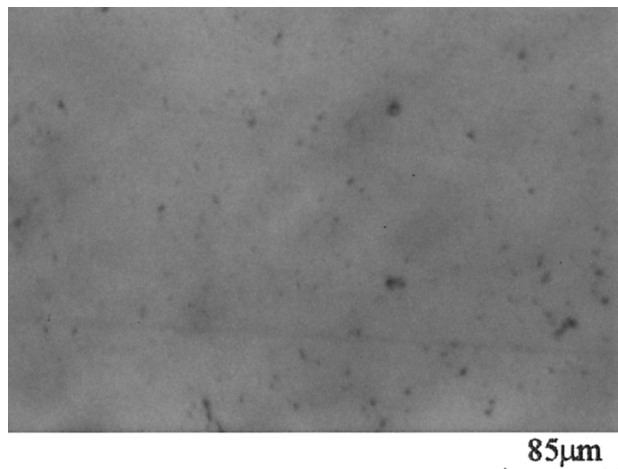
Med preperevanjem kamnine prvotni minerali razpadejo, se topijo in s tem se povečuje poroznost kamnine. Lahko pa namesto njih nastajajo novi minerali, ki imajo navadno manjšo trdoto. Povečana poroznost zmanjšuje odpor kamnine proti delovanju mehanske sile. Trdota naravnega kamna se spreminja v odvisnosti od stopnje, do katere je kamnina preperela.

V članku predstavljamo rezultate preskusa pospešenega staranja nekaterih karbonatnih kamnin, ki se v slovenskem prostoru uporabljajo kot naravni kamen, pri katerem smo določali stopnjo preperevanja kamnine tako, da smo merili spremembo mikrotrdote na poliranih površinah preizkušancev.

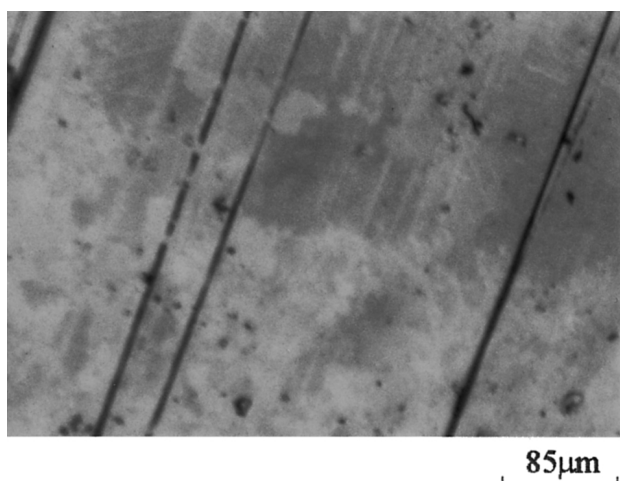
2 OPIS VZORCEV

Preskusu pospešenega staranja so bili izpostavljeni vzorci naslednjih karbonatnih kamnin:

- rožnati apnenec iz Hotavelj, zgornjetriasne starosti z intrabiomikrosparitno strukturo (Hr)
- sivi apnenec iz Hotavelj, zgornjetriasne starosti z intrabiomikrosparitno strukturo (Hs)



Slika 1: Enotni lipiški apnenec z dobro spolirano površino
Figure 1: Lipica unito limestone with good polished surface



Slika 2: Rožasti lipiški apnenec z vidnimi razami, ki so nastale pri poliranju

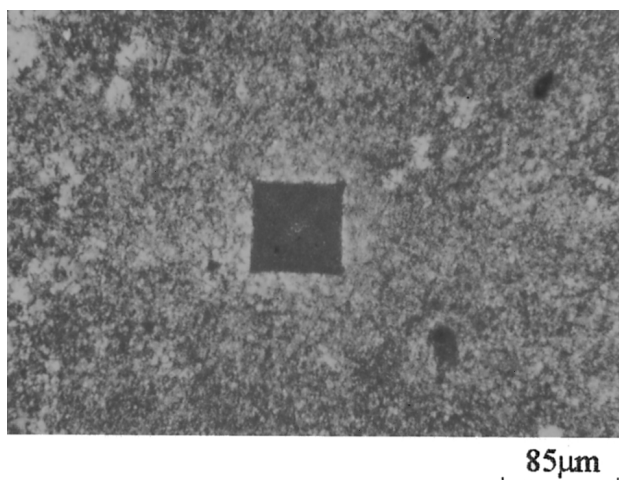
Figure 2: Lipica fiorito limestone with visible scratches, arised by polishing

- rožasti (fiorito) apnenec iz Lipice I, zgornjekredne starosti z biomikritno strukturo (Lf)
- enotni (unito) apnenec iz Lipice II, zgornjekredne starosti z biomikritno strukturo (Lu)
- apnenec iz Dolin, zgornjekredne starosti od biomikritne do biosparitne strukture (D).

Za vsako vrsto apnenca smo izdelali po osem vzorcev v obliki poliranega obrusa velikosti 5x5x1,5 cm (Slika 1, 2).

3 OPIS METODE STARANJA VZORCEV

Vzorci smo starali po modificirani metodi mokrega preskusa². Del vzorcev je bil ves čas staranja potopljen v destilirani vodi, drugi del v vodni raztopini NaCl, tretji del pa v vodni raztopini Na₂SO₄. Raztopine so bile pri 20°C nasičene. Pri tem so bili vzorci 10 minut na temperaturi 70°C in nato pet minut na 20°C. Za eno leto staranja je bilo treba preskus ponoviti 366-krat.



Slika 3: Odtis diamantne konice na rožastem lipiškem apnencu
Figure 3: Indentation of diamond indenter on Lipica fiorito limestone

Mikrotrdoto vzorcev smo merili pred pričetkom staranja, po enem letu in po dveh letih.

4 MERJENJE MIKROTRDOTE

Najbolj znana naprava za določanje mikrotrdote je durimet, znamke Leitz. V polirano površino posameznega minerala vtisnemo z določeno silo diamantno piramido, ki ima lahko različne oblike. Obremenitev piramide lahko spreminjamo, pri tem pa merimo in opazujemo velikost odtiska. Tako merimo dejanski odpor, ki ga daje mineral pri plastični deformaciji. Paziti moramo, da je površina vzorca gladka, brez por, luknjic in razpok ter da izbrano mesto ne leži neposredno ob meji z drugim mineralom. Meritve ponovimo vsaj petkrat na različnih mestih opazovanega zrna ter nato še petkrat na drugem zrnju istega minerala. Izmerimo dolžino obeh diagonal in izračunamo srednjo vrednost (Slika 3). Ker poznamo maso uporabljene uteži in dolžino diagonale, lahko izračunamo Vickersovo trdoto po formuli³:

$$VT = 1854,4 \cdot t \cdot d^{-2},$$

kjer je t masa v gramih, d pa dolžina diagonale v mikrometrih.

5 REZULTATI IN DISKUSIJA

Trdoto smo določali in izračunavali po Vickersu. Na vsakem vzorcu smo meritev ponovili desetkrat. V preglednici 1 so podani rezultati merjenja mikrotrdote vzorcev pred začetkom staranja kamnine in po enoletnem staranju. Pri vzorcih, ki so bili starani v destilirani vodi, se površina ni spremenila do te mere, da meritev mikrotrdote ne bi bila mogoča. Pri drugih vzorcih, ki so bili starani v raztopinah soli NaCl in Na₂SO₄, pa merjenje že po enem letu ni bilo več možno. Po dveh letih staranja je bila površina vseh preizkušancev tako poškodovana, da nismo mogli meriti mikrotrdote celo na vzorcih, staranih v destilirani vodi.

Preglednica 1: Mikrotrdota uporabljenih vzorcev naravnega kamna pred začetkom staranja in po enoletnem staranju

	Hr	Hs	D	Lu	Lf
HS ₀	136,9	133,6	142,6	137,4	125,1
±2σ	28	33	18	19	20
HS ₁	124,7	125,4	134,4	139,2	125,2
±2σ	18	21	23	12	19
Δ, %	8,9	6,1	5,8	-1,3	-0,1

Legenda:

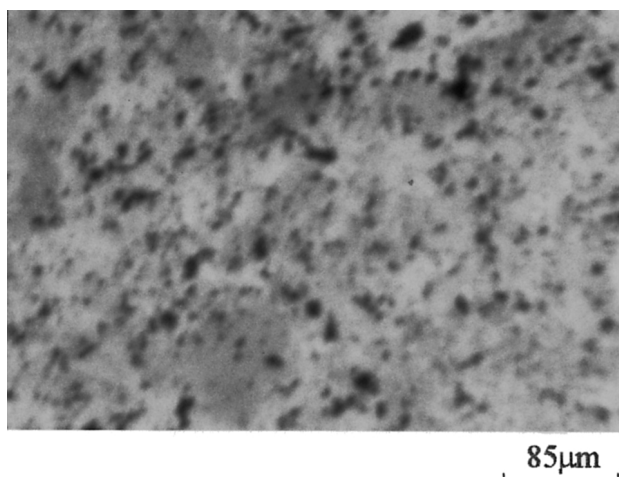
HS₀ = mikrotrdota vzorcev, HV pred začetkom staranja

HS₁ = mikrotrdota vzorcev, HV po enem letu staranja v destilirani vodi

σ = standardna deviacija

Δ, % = sprememba trdote, izražena v odstotkih.

Iz rezultatov je razvidno, da prepevanje vpliva na trdoto apnenca. V večini primerov se trdota s časom

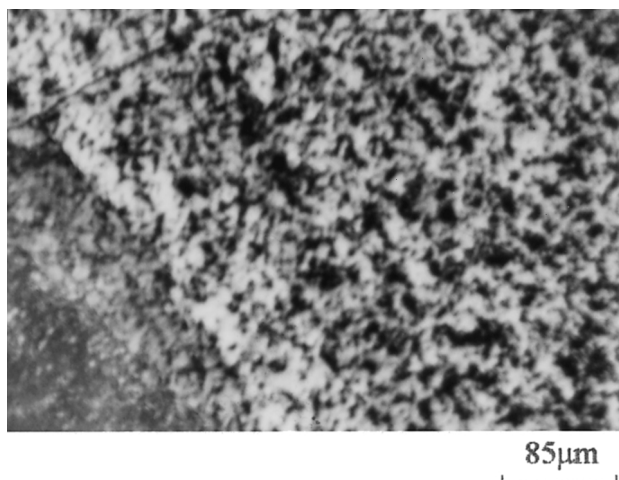


Slika 4: Apnenec iz kamnoloma Doline pred začetkom staranja
Figure 4: Limestone from Dolina stone-pit before starting fatigue test

znižuje. V primeru enotnega in rožastega lipiškega apnenca lahko iz preglednice razberemo, da se je trdota povečala. Vendar je sprememba znotraj natančnosti meritve.

Kamnine, ki smo jih uporabili, so zelo čisti apnenci, ki jih sestavlja mineral kalcit. Količina CaCO_3 (ali CaO) je okrog 99%, od 96% za hotaveljski apnenec do 98% za lipiškega. Kristali kalcita so lahko veliki nekaj μm do nekaj deset μm . Velikost kristalov kalcita določa strukturo apnenca. Tako imata rožnati in sivi hotaveljski apnenec intrabiomikrosparitno strukturo, enotni in rožasti lipiški apnenec biomikritno, apnenec iz Dolin pa mešano strukturo, od biomikritne do biosparitne.

Kristali se med ogrevanjem in ohlajanjem (med preskusom) širijo in krčijo. Večji kristali povzročijo večji raztezek. Za kalcit je značilen anizotropni raztezek (**Preglednica 2**).



Slika 5: Apnenec iz kamnoloma Doline po enem letu staranja v destilirani vodi

Figure 5: Limestone from Dolina stone-pit after first year of the fatigue test in distilled water

Preglednica 2: Linearni raztezek kalcita⁴

mineral	linearni raztezek %
kalcit \perp c	0,189
c	-0,042

Zaradi temperaturnih nihanj se vezi med kristali rahljajo, zato posamezni kristali izpadejo, kar je glavni vzrok za izgubo mase preizkušanca (**Preglednica 3**).

Preglednica 3: Sprememba mase vzorcev naravnega kamna pred staranjem in po enoletnem staranju v destilirani vodi

vz/m	Hr	Hs	D	Lu	Lf
m_0	137,1234	107,8308	126,0462	115,0840	125,4979
m_1	137,1121	107,8203	126,0325	115,0697	125,4846
$\Delta, \%$	0,0082	0,0097	0,0108	0,0124	0,0106

Legenda:

vz = vzorci

m = masa v g

m_0 = začetna masa vzorcev pred staranjem v destilirani vodi

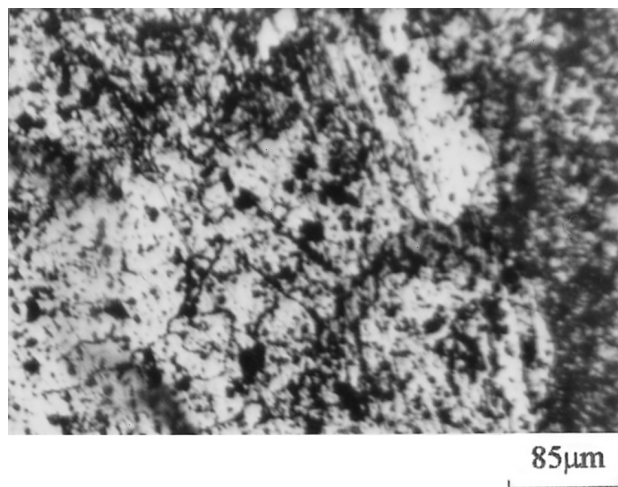
m_1 = masa vzorcev po enem letu staranja v destilirani vodi

$\Delta, \%$ = sprememba mase, izražena v odstotkih.

Površina kamnine postane porozna in hrapava, kar je makroskopsko vidno kot izguba sijaja. Povečana poroznost povzroči tudi znižanje trdote. Na trdoto pa vplivajo tudi vključki v kamnini, ki se med staranjem spreminjajo ali topijo.

Soli v raztopini pospešujejo izpadanje zrn kalcita iz kamnine.

Kristali kalcita se v tekočem mediju med staranjem topijo. Po enem letu se je iz apnencev, starih v destilirani vodi, izlužilo do nekaj tisočink odstotkov kalcija, zato se prav tako povečuje poroznost kamnine in znižuje trdota (**Slika 4, 5, 6**).



Slika 6: Apnenec iz kamnoloma Doline po enem letu staranja v raztopini NaCl

Figure 6: Limestone from Dolina stone-pit after first year of the fatigue test in NaCl solution

6 SKLEP

Uporabljen preskus pospešenega staranja kamnin upošteva naslednje lastnosti, ki povzročijo propadanje kamnine:

- minerali, ki sestavljajo kamnino, se topijo v vodi oz. v vodnih raztopinah soli
- minerali se zaradi izmeničnega ogrevanja in ohlajanja v temperaturnem območju, ki je značilno za naše klimatske razmere, krčijo in širijo v tolikšni meri, da prihaja do mehanskega razpadanja kamnine kot posledice slabljenja stikov med mineralnimi zrnji
- soli v raztopini pospešujejo mehansko propadanje kamnine.

Naštete posledice staranja povzročajo izgubo mase in zniževanje trdote preizkušanca.

Že po enem letu pospešenega staranja se trdota apnenca zmanjša v povprečju za 5%, čeprav je povprečna izgube mase pri tem komaj 0,01 mas.%.

7 LITERATURA

- ¹ Enciklopedija tehnike, Cankarjeva založba. Ljubljana, **1983**, 487
- ² L. Aires-Barros, Experiments on thermal fatigue of non-igneous rocks, Engineering Geology 11. Amsterdam, **1977**, 227
- ³ M. Drovenik, Microscopy of ores and coals. 1st part: Microscopy of ores, Ljubljana, **1978**, 136
- ⁴ N. Bilbija, Technical petrography - properties and use of stone, Naučna knjiga. Beograd, **1984**, 47