

# Osnovi petrologije

Nada Vasković, Bojan Kostić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Osnovi petrologije | Nada Vasković, Bojan Kostić | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006658>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)





UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO - GEOLOŠKI FAKULTET

NADA VASKOVIĆ  
BOJAN KOSTIĆ

# OSNOVI PETROLOGIJE

BEOGRAD, 2022.



# **OSNOVI PETROLOGIJE**

**dr Nada Vasković, van. prof. u penziji**  
**dr Bojan Kostić, docent**

Urednik:

**dr Vesna Matović, red. prof.**

Recenzenti:

**dr Danica Srećković-Batoćanin, red. prof.**  
**dr Violeta Gajić, van. prof.**

Odobreno za štampu od strane Nastavno - naučnog veća  
Rudarsko - geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu  
odlukom br. 8/62 od 26. 9. 2022. godine

Izdavač:

**Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet**

11000 Beograd, Đušina 7, 011/3219 - 101

Za izdavača:

**Dekan Rudarsko - geološkog fakulteta - dr Biljana Abolmasov**

Autor fotografije na koricama:

**dr Bojan Kostić, docent**

Grafička priprema za štampu:

**Stanislav Pavlović**

Štampa:

***Forma B, Beograd***

Tiraž:

**100 primeraka**

ISBN-978-86-7352-383-5

**Copyright ©**

Ova knjiga se ne sme bez dozvole autora, ni u celini ni u delovima umnožavati, preštamovati ili obrađivati u elektronskom sistemu. Ona ne sme bez odobrenja izdavača distribuirati. Sva prava za objavljivanje ove knjige zadržavaju autori i izdavač prema odredbama Zakona o autorskim pravima.



*Univerzitet u Beogradu*



*Rudarsko - geološki fakultet*



**NADA VASKOVIĆ  
BOJAN KOSTIĆ**

# **OSNOVI PETROLOGIJE**

**BEOGRAD, 2022.**



# Sadržaj

<b>1. SOLARNI SISTEM</b>	15
1.1. POREKLO SOLARNOG SISTEMA	17
1.1.1. Veliki prasak – „Big Bang”	17
1.1.2. Rađanje zvezda i planeta	20
LITERATURA	23
<b>2. GRAĐA ZEMLJE</b>	25
2.1. SEIZMIČKI TALASI	28
2.2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ZEMLJINIH SLOJEVA	30
2.3. GEOTERMALNI GRADIJENT	34
2.4. TEKTONIKA PLOČA	35
2.4.1. Wilsonov ciklus	39
LITERATURA	41
<b>3. STENE LITOSFERE - OSNOVNI POJMOVI</b>	45
<b>4. MAGMATSKE STENE</b>	48
4.1. MAGMA	48
4.1.1. Osobine rastopa i hemijski sastav magme	48
4.1.2. Tektonika ploča i nastanak magmi	50
4.1.3. Fizička svojstva magme	55
4.1.3.1. Temperatura	55
4.1.3.2. Pritisak	55
4.1.3.3. Gustina	56
4.1.3.4. Viskoznost	58
4.2. DIFERENCIJACIJA MAGME	61
4.2.1. Magmatska diferencijacija u zatvorenim sistemima	63
4.2.1.1. Frakcionisanje rastopa i kristala	63
4.2.1.2. Fizička separacija nemešljivih tečnosti	67
4.2.1.3. Separacija lako isparljivih fluida iz rastopa	68
4.2.2. Magmatska diferencijacija u otvorenim sistemima	69
4.3. OBLICI MAGMATSKIH TELA	70
4.3.1. Intruzivna diskordantna magmatska tela	70



4.3.2. Intruzivna konkordantna magmatska tela	72
4.3.3. Ekstruzivna magmatska tela	72
4.3.4. Lučenje magmatskih tela	73
4.4. SKLOP MAGMATSKIH STENA	75
4.4.1. Teksture magmatskih stena	75
4.4.2. Strukture magmatskih stena	77
4.5. MINERALNI SASTAV I KLASIFIKACIJA MAGMATSKIH STENA	78
4.5.1. Osnovne karakteristike glavnih minerala	79
4.5.1.1. SiO <sub>2</sub> minerali	79
4.5.1.2. Feldspati	80
4.5.1.3. Olivini	81
4.5.1.4. Pirokseni	82
4.5.1.5. Amfiboli	83
4.5.1.6. Feldspatoidi	83
4.5.1.7. Liskuni	84
4.5.2. Mineraloško - hemijska klasifikacija magmatskih stena	84
4.6. GRUPA ULTRABAZIČNIH MAGMATSKIH STENA	88
4.6.1. Familija dunita i olivinita	90
4.6.1.1. Dunit	91
4.6.1.2. Olivinit	92
4.6.2. Familija Peridotita	92
4.6.2.1. Harzburgit	92
4.6.2.2. Lertzolit	94
4.6.2.3. Verlit	95
4.6.3. Familija pikrita	95
4.6.3.1. Pikrit	95
4.6.3.2. Komatit	96
4.7. GRUPA BAZIČNIH MAGMATSKIH STENA	96
4.7.1. Familija piroksenita	97
4.7.2. Familija gabroida	97
4.7.2.1. Gabro	99
4.7.2.2. Anortozit	100
4.7.3. Familija bazalta i dolerita	101
4.7.3.1. Bazalt	102
4.7.3.2. Dolerit ili dijabaz	103
4.7.3.3. Bazaltna stakla	104
4.7.3.4. Spilit	105
4.7.4. Bazične magmatske stene alkalnog niza	106

<b>4.8. GRUPA INTERMEĐIJARNIH MAGMATSKIH STENA</b>	<b>106</b>
<b>4.8.1. Klasa plutonskih i vulkanskih stena kalkoalkalnog niza</b>	<b>106</b>
4.8.1.1. Diorit	107
4.8.1.2. Kvarcdiorit	107
4.8.1.3. Andezitbazalt	108
4.8.1.4. Andezit	108
<b>4.8.2. Klasa plutonskih i vulkanskih stena subalkalnog niza</b>	<b>110</b>
4.8.2.1. Moncodiorit	110
4.8.2.2. Monconit	111
4.8.2.3. Kvarcmonconit	111
4.8.2.4. Sijenit	112
4.8.2.5. Bazaltni trahandezit	113
4.8.2.6. Latit	113
4.8.2.7. Trahandezit	114
4.8.2.8. Trahit	114
4.8.2.9. Kvarclatit	115
<b>4.8.3. Klase plutonskih i vulkanskih stena alkalnog niza</b>	<b>116</b>
<b>4.9. GRUPA KISELIH MAGMATSKIH STENA</b>	<b>116</b>
<b>4.9.1. Familija Granodiorita</b>	<b>117</b>
4.9.1.1. Granodiorit	117
4.9.1.2. Tonalit	118
<b>4.9.2. Familija Granita</b>	<b>119</b>
4.9.2.1. Granit	119
4.9.2.2. Pegmatit i aplit	122
<b>4.9.3. Familija dacita</b>	<b>124</b>
4.9.3.1. Dacit	124
4.9.3.2. Riodacit	125
4.9.3.3. Riolit	125
<b>4.10. GRUPA EGZOTIČNIH MAGMATSKIH STENA</b>	<b>126</b>
4.10.1. Lamprofiri	127
4.10.2. Lamproiti	127
4.10.3. Kimberliti	129
<b>4.11. NESILIKATNE MAGMATSKE STENE - KARBONATITI</b>	<b>130</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>132</b>
<b>5. SEDIMENTNE STENE</b>	<b>140</b>
<b>5.1. PROCESI POVRŠINSKOG RASPADANJA STENA</b>	<b>141</b>
5.1.1. Regioni sa nivalnom klimom	142

5.1.2. <i>Regioni sa humidnom klimom</i>	142
5.1.3. <i>Regioni sa aridnom klimom</i>	143
5.1.4. <i>Regioni sa sezonskom klimom</i>	144
5.2. <b>FIZIČKO RASPADANJE</b>	144
5.2.1. <i>Insolacija i dejstvo mraza</i>	145
5.2.2. <i>Kristalizacija mineralnih soli</i>	147
5.2.3. <i>Kretanje glečera</i>	149
5.2.4. <i>Uticao biljnih organizama</i>	149
5.2.5. <i>Mehanički rad talasa na obalama</i>	151
5.2.6. <i>Oslobađanje uticaja litostatičkog pritiska</i>	152
5.3. <b>HEMIJSKO RASPADANJE</b>	153
5.4. <b>BIOHEMIJSKO RASPADANJE</b>	160
5.5. <b>POSTOJANOST MINERALA I STENA</b>	161
5.6. <b>TRANSPORT I SEDIMENTACIJA KLASTIČNOG MATERIJALA</b>	165
5.6.1. <i>Gravitacioni transportklastičnog materijala</i>	165
5.6.2. <i>Transport klastičnog materijala ledom</i>	166
5.6.3. <i>Transport klastičnog materijala tekućom vodom</i>	167
5.6.4. <i>Transport klastičnog materijala vetrom</i>	170
5.7. <b>TRANSPORT I SEDIMENTACIJA RASTVORENOG MATERIJALA</b>	172
5.7.1. <i>Izlučivanje mineralnih supstanci iz jonskih rastvora i koloida</i>	174
5.8. <b>DIJAGENEZA</b>	177
5.9. <b>SKLOP SEDIMENTNIH STENA</b>	178
5.9.1. <i>Struktura</i>	178
5.9.2. <i>Tekstura</i>	180
5.10. <b>KLASIFIKACIJA SEDIMENTNIH STENA</b>	185
5.11. <b>SILICIKLASTIČNE SEDIMENTNE STENE</b>	186
5.11.1. <i>Psefiti i psefitoliti</i>	187
5.11.1.1. <i>Drobina</i>	187
5.11.1.2. <i>Breča</i>	188
5.11.1.3. <i>Šljunak</i>	190
5.11.1.4. <i>Konglomerat</i>	191
5.11.2. <i>Psefiti i psefitoliti</i>	193
5.11.2.1. <i>Pesak</i>	193
5.11.2.2. <i>Peščar</i>	195
5.11.3. <i>Alevriti i alevroliti</i>	199
5.11.3.1. <i>Alevrit/Alevrolit</i>	199

5.11.3.2. <i>Les</i>	200
5.11.3. <i>Peliti i pelitoliti</i>	201
5.11.3.1. <i>Mulj</i>	201
5.11.3.2. <i>Glina</i>	207
5.11.3.3. <i>Glinac</i>	208
5.11.3.4. <i>Šejl</i>	209
5.11.3.5. <i>Crni škriljci</i>	209
5.11.3.6. <i>Uljni škriljci</i>	209
5.12. <i>VULKANOKLASTIČNE STENE I SEDIMENTI</i>	210
5.12.1. <i>Klasifikacija vulkanoklastičnog materijala</i>	216
5.12.2. <i>Transport i način deponovanja piroklastičnog materijala</i>	218
5.12.3. <i>Sklop piroklastičnih i vulkanogeno-sedimentnih stena</i>	220
5.12.3.1. <i>Struktura piroklastičnih i vulkanogeno-sedimentnih stena</i>	222
5.12.4. <i>Klasifikacija vulkanogeno-sedimentnih stena</i>	223
5.12.4.1. <i>Vulkanski aglomerati/breče</i>	225
5.12.4.2. <i>Lapiliti</i>	226
5.12.4.3. <i>Plovućac</i>	226
5.12.4.4. <i>Skorija (vulkanska šljaka)</i>	227
5.12.4.5. <i>Tuf</i>	227
5.12.4.6. <i>Ignimbrit</i>	227
5.12.4.7. <i>Tufiti</i>	228
5.12.5. <i>Rasprostranjenje i upotreba vulkanoklastita</i>	228
5.13. <i>HEMIJSKE I ORGANOGENE SEDIMENTNE STENE</i>	229
5.13.1. <i>Karbonatne sedimentne stene</i>	229
5.13.1.1. <i>Krečnjak</i>	233
5.13.1.2. <i>Dolomit</i>	239
5.13.1.3. <i>Bigar, travertin, sedra, mermerni oniks i speleoteme</i>	241
5.13.2. <i>Silicijske sedimentne stene</i>	250
5.13.2.1. <i>Rožnac, flint, novakulit, lidit, porcelanit, silicijski sinter, jaspis</i>	251
5.13.2.2. <i>Radiolarit i dijatomit</i>	253
5.13.3. <i>Gvožđevite sedimentna stene</i>	253
5.13.3.1. <i>Gvožđevite formacije</i>	255
5.13.3.2. <i>Gvožđevite stene</i>	256
5.13.4. <i>Fosfatne sedimentne stene</i>	257
5.13.4.1. <i>Fosforiti</i>	259
5.13.4.2. <i>Fosfatna sočiva i nodule</i>	260
5.13.4.3. <i>Bioklastični ili koštani fosforiti</i>	261
5.13.4.4. <i>Fosfatni šljunak</i>	261
5.13.4.5. <i>Guano</i>	261

5.13.5. <i>Evaporitske sedimentne stene</i>	261
5.13.5.1. <i>Klasifikacija i mineralni sastav evaporita</i>	262
5.13.5.2. <i>Niz izlučivanja evaporitskih minerala iz brina</i>	265
5.13.6. <i>Ugalj</i>	268
5.13.6.1. <i>Klasifikacija ugljeva i petrološke karakteristike</i>	273
5.13.6.2. <i>Macerali</i>	276
5.13.7. <i>Naftonosne - rezervoar stene</i>	278
5.13.7.1. <i>Uljani šejlovi</i>	281
5.13.7.2. <i>Uljani (bituminozni) pesak</i>	282
5.13.7.3. <i>Karbonatne rezervoar stene</i>	282
<b>LITERATURA</b>	284
<b>6. METAMORFNE STENE</b>	301
6.1. <b>DEFINICIJA I KARAKTER METAMORFIZMA</b>	301
6.2. <b>DONJA I GORNJA GRANICA METAMORFIZMA</b>	302
6.2.1. <i>Temperatura</i>	303
6.2.2. <i>Pritisak</i>	305
6.3. <b>TIPOVI METAMORFIZMA</b>	306
6.3.1. <i>Kontaktni metamorfizam</i>	307
6.3.2. <i>Pirometamorfizam</i>	308
6.3.3. <i>Svetlosni metamorfizam</i>	308
6.3.4. <i>Kontaktni metamorfizam vruće ploče</i>	308
6.3.5. <i>Impaktni metamorfizam</i>	309
6.3.6. <i>Hidrotermalni metamorfizam</i>	309
6.3.7. <i>Kataklastični metamorfizam</i>	311
6.3.8. <i>Orogeni metamorfizam</i>	311
6.4. <b>SKLOP METAMORFNIH STENA</b>	313
6.4.1. <i>Struktura</i>	313
6.4.2. <i>Tekstura</i>	315
6.4.2.1. <i>Relikne teksture</i>	321
6.4.2.2. <i>Singenetske teksture</i>	322
6.4.2.3. <i>Migmatske teksture</i>	323
6.4.2.4. <i>Kataklastične teksture</i>	328
6.5. <b>PROTOLITI: PRIMARNI MATERIJAL METAMORFNIH STENA</b>	334
6.6. <b>STEPEN METAMORFIZMA I METAMORFNE FACIJE</b>	337
6.6.1. <i>Stepen metamorfizma</i>	337
6.6.2. <i>Metamorfne facije</i>	339
6.7. <b>SISTEMATIKA I NOMENKLATURA METAMORFNIH STENA</b>	343



6.8. REGIONALNO METAMORFNE STENE	344
6.8.1. Petrološke karakteristike	345
6.8.1.1. Slejt (argilošist)	345
6.8.1.2. Filit	346
6.8.1.3. Grupa škriljaca	347
6.8.1.4. Zelene stene	351
6.8.1.5. Kvarcit	352
6.8.1.6. Mermer	352
6.8.1.7. Gnajs	354
6.8.1.8. Amfibolit	355
6.8.1.9. Plavi škriljac (blušist)	357
6.8.1.10. Eklogit	359
6.8.1.11. Granulit	361
6.8.1.12. Migmatiti	362
6.8.2. Stene ultravisokog pritiska	366
6.9. KATAKLASTIČNE METAMORFNE STENE	369
6.9.1. Petrološke karakteristike	369
6.9.1.1. Rasedna (tektonska) breča	369
6.9.1.2. Kataklazit	371
6.9.1.3. Milonit	372
6.9.1.4. Pseudotahilit	374
6.10. IMPAKTNE METAMORFNE STENE	374
6.11. KONTAKTNO METAMORFNE STENE	377
6.11.1. Termometamorfne stene	379
6.11.1.1. Hornfelsi	381
6.11.1.2. Bobičavi škriljac	384
6.11.1.3. Kontaktni mermeri	384
6.11.1.4. Pegavi škriljac	385
6.11.2. Kontaktno metasomatske stene	385
6.11.2.1. Klasifikacija kontaktno metasomatskih stena	386
6.11.3. Petrografske karakteristike	387
6.11.3.1. Skarn	387
6.11.3.2. Skarnoidi	390
6.11.3.3. Adinoli	390
6.11.3.4. Feniti	391
6.11.3.5. Rodingiti	391
6.11.3.6. Grajzeni	392
6.11.3.7. Beroziti	392
6.11.3.8. Propiliti	393

6.11.3.9. <i>Sekundarni (hidrotermalni) kvarciti</i>	393
6.11.3.10. <i>Gumbejiti</i>	393
6.11.3.11. <i>Eseiti</i>	394
6.11.3.12. <i>Argiliziti</i>	394
6.12. <i>PIROMETAMORFNE STENE</i>	394
6.12.1. <i>Petrološke karakteristike</i>	396
6.12.1.1. <i>Paralave</i>	396
6.12.1.2. <i>Buhiti</i>	397
6.12.1.3. <i>Pečene stene - porcelaniti</i>	397
6.12.1.4. <i>Klinker</i>	398
6.12.1.5. <i>Ksenoliti</i>	398
6.12.1.6. <i>Filguriti</i>	399
6.13. <i>TERMOMETAMORFIZAM U PODINI ULTRAMAFITSKH TELA</i>	400
<i>LITERATURA</i>	403





# Predgovor

*Petrologija (petros: stena, logos: saznanje), jedna od subdisciplina geologije, a bavi se opisom i sistematikom (klasifikacijom) stena na makro- i mikroskopskom nivou, uslovima nastanka i evolucije stena, njihovom načinu pojavljivanja, sklopu i procesima preobražavanja, na površini i u unutrašnjosti Zemlje, zasnovane na primeni brojnih fizičkih i fizičko-hemijskih principa i zakona.*

*Ispitivanje stena na površini Zemlje se vrši makroskopskim terenskim osmatranjima. Posmatraju se načini odnosno oblici njihovog pojavljivanja, međusobni odnosi, položaj u prostoru, sklop, mineralni sastojci, njihova veličina i oblik (obično uz pomoć lupe) i približno determinišne vrsta stene. Mikroskopskim i hemijskim ispitivanjima uzoraka stena uzetih na terenu se vrši tačnija determinacija.*

*Knjiga OSNOVI PETROLOGIJE je namenjena prvenstveno studentima osnovnih akademskih studija Odseka za Geologiju na Rudarsko-geološkom fakultetu, a kojima je petrologija magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stena obavezan predmet izučavanja tokom studiranja. Kao pomoćnu literaturu mogu da je koriste i studenti osnovnih akademskih studija Odseka za Rudarstvo na Rudarsko-geološkom fakultetu kojima petrologija nije uža naučna disciplina odnosno struka, studenti Odseka za Geologiju koji slušaju predmet Petrologija na studijskim programima Hidrogeologija, Geofizika i Geotehnika na istom fakultetu, a takođe i studenti drugih tehničkih ili prirodnih nauka (geografija, arhitektura, građevinarstvo, biologija, zaštita životne sredine i dr.).*

*U udžbeniku su prikazana najsavremenijih saznanja o solarnom sistemu, postanku i građi Zemlje, genezi, sistematici i klasifikaciji stena, njihovim karakteristikama, rasprostranjenosti u svetu i Srbiji i ekonomskom značaju kao nosilaca metaličnih ili nemetalčnih mineralnih sirovina i primeni u različitim industrijskim granama (građevinarstvo, industrija punila, šećera, keramika, kozmetika i dr) tj. budućim stručnjacima koji će raditi na istraživanju i eksploataciji rudnih ležišta, rešavanju inženjerskih problema vezanih za gradnju, otvaranje rudnika i izradu podzemnih prostorija i uticaju potencijalnih zagađivača generisanih eksploatacijom stenskih masa i mineralnih sirovina i nusproizvoda na životnu sredinu i ljudsko zdravlje.*

*Budući stručnjaci se osposobljavaju da stečena saznanja iz oblasti petrologije primene u praksi tj. nauče kako i šta treba posmatrati i beležiti tokom rada na terenu i na koji način interpretirati prikupljene podatke. Stoga je u ovoj knjizi građivo, radi lakšeg razumevanja, ilustrovano brojnim grafičkim prikazima i fotografijama.*

U Beogradu, maj, 2022. god.

Autori

Nada Vasković

Bojan Kostić



