

# Krajnji produkti termičke obrade opeke i keramike

---

**Tomac, Matea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:866094>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

**MATEA TOMAC**

**KRAJNJI PRODKTI TERMIČKE OBRADJE OPEKE I KERAMIKE**

Diplomski rad  
predložen Geološkom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog stupnja  
magistra geologije

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

MATEA TOMAC

**Krajnji produkti termičke obrade opeke i keramike**

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog stupnja magistra geologije

Zagreb, 2020.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Mineraloško-petrološkom zavodu pod vodstvom prof. dr. sc. Vladimira Bermanca, u sklopu Diplomskog studija geoloških znanosti na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

*Zahvala prof. dr. sc. Vladimiru Bermancu na zadanoj temi i strpljenu prilikom obrade i interpretacije podataka. Također, roditeljima i užoj obitelji na svojoj potpori u ovom dugom procesu.*

*Hvala, Matea*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

### **KRAJNJI PRODKTI TERMIČKE OBRADE OPEKE I KERAMIKE**

Matea Tomac

Rad je izrađen: Minerološko-petrografski zavod, PMF, Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

**Sažetak:** Metodom XRD-a ispitani su uzorci opeke i keramike. Uzorci su sakupljeni na području Makedonije (Alinci), Brazila (Parelhas), Nepala (Kathmandu), Južnoafričkoj Republici (Kruger nacionalnog parka) i Hrvatske (na području Kalnika). Mineraloški sastav je dobiven kombinacijom XRD analize i promatranjem optičkim mikroskopom s ciljem utvrđivanja krajnjih produkata termičke obrade opeke.

**Rad sadrži:** 71+7 stranica, 29 slika, 19 tablica + 16, 19 rendgenograma, 18 literaturnih navoda

**Ključne riječi:** opeka, XRD, keramika,

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

**Mentor:** prof. dr. sc. Vladimir Bermanec

**Ocjenjivači:** prof. dr. sc. Vladimir Bermanec

Prof. dr.sc. Nenad Tomašić

Prof. dr.sc. Alan Moro

Rad prihvaćen: 5.3.2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb Master

Thesis Faculty of Science

Department of Geology

Master Thesis

### **End Products of Thermal Treatment of Brick and Ceramics**

Matea Tomac

Thesis completed at the Department of Minerology and Petrology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia.

**Abstract:** Brick and ceramic samples were tested by the XRD method. Samples were collected in Macedonia (Alinci), Brazil (Parelhas), Nepal (Kathmandu), South Africa (Kruger National Park) and Croatia (in the area of Kalnik). The mineralogical composition was obtained by a combination of XRD analysis and optical microscope observation to determine the end products of thermal treatment of the brick.

**Thesis contains:** 46 + 16 pages, 29 figures, 19 tables + 16, 19 rendgenograms, 18 references

**Key words:** brick, XRD, ceramics

**Original in:** Croatian

Thesis deposit in the Central geological library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia.

**Supervisor:** Vladimir Bermanec, PhD, full professor

**Reviewers:** Vladimir Bermanec, PhD, full professor

Nenad Tomašić, PhD, full professor

Alan Moro, PhD, full professor

Thesis accepted: 5.3.2020.

## Popis slika

- Slika 1.1.. Hoffman-ova peć, (1865., Njemačka) prva peć prikladna za veliku proizvodnju, koja sadržava brojne prostore koji se dijele na: 1. prostor za predzagrijavanje, 2. zagrijavanje i 3. hlađenje opeke. 3
- Slika 2.1. Geološka karta Sjeverne Makedonije s lokalitetom Alinci (Lambe Barandovski i dr, 2012.) .....5
- Slika 2.2. Geološka karta područja Parelhas-a, (Hartmut Beurlel i dr, 2016.) .....6
- Slika 2.3. Karta Koprivničko-križevačke županije (Kruk i Dedić, 2015.).....7
- Slika 2.4. Geološka karta Nepala sa podijeljenim litološkim jedinicama (Dahal R.K., 2006.) .....8
- Slika 2.5. Geološka karta Kruger nacionalnog parka.....9
- Slika 6.1. Uzorak keramike s porama (M1.1) Makedonija, Alinci..... 14
- Slika 6.2. Uzorak keramike (M5) žuto do sive boje. Makedonija, Alinci..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.3. Uzorak keramike (M2) crvenkasto-smeđe boje. Makedonija, Alinci. Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.4. Uzorak keramike M3 smeđe boje s površinskim sivim obojenjem. Makedonija, Alinci .....Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.5. Uzorak crijepa (B6) crvene boje, debljine od 0,5 do 1,5 cm; Brazil, Parelhas..Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.6. Uzorak (B3) praškaste ružičaste opeke s crvenim granulama, Brazil, Parelhas ..Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.7. Uzorak laminiranog crijepa (B8), izdvojene su dvije faze, crna i crvena; Brazil, Parelhas..... 17
- Slika 6.8. Uzorak iz Nepala (Kathmandu) (NK), makroskopski homogen i mekan, praškastError! Bookmark not defined.
- Slika 6.9. Uzorak B4, uzorak koji pokazuje izdvajanje faza. Južnoafrička Republika, Kruger nacionalni park ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.10. Uzorci opeke KC1, KC2, KC3. Kalnik, Hrvatska ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.11. Uzorci keramike (KS1, KS2, KS3, KS4). Kalnik, Hrvatska ..... 19
- Slika 6.12. Uzorak M1.1. s lijeve strane bez analizatora je vidljiva razlika u boji matriksa, a na desnoj slici s analizatorom vidljiva su usitnjena zrna muskovita (Ms) i kvarca (Qtz). Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.13. Uzorak M2 na lijevoj slici prikazuje uzorak bez analizatora, gdje je su jasno vidljivi štapičasti minerali, a na desnoj strani su vidljivi minerali kvarca (Qtz), muskovita (Ms) i anortoklasa (Aorth) ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.14. Uzorak M3 je s lijeve strane bez analizatora, od mineralnih faza su vidljivi muskovit i kvarc, te smeđi matriks, na desnoj slici je uzorak s analizatorom. .... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.15. Uzorak M5, na lijevoj strani je uzorak bez analizatora gdje je vidljiv smeđi matriks, a s desne strane je prikazan uzorak M5 s analizatorom su uočene mineralne faze mikrokлина (Mc), kvarca (Qtz) i muskovita (Ms) ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.16. Mikroskopski uzorak B3 s lijeve je bez analizatora i pokazuje zrna različite veličine uronjene u ružičasti matriks. S desne strane je slika uzorka s analizatorom i označeno je jedno zrno kvarca (Qtz) i jedno mikrokлина (Mc). ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.17. Na lijevoj strani je uzorak B6 bez analizator gdje dominiraju zrna kvarca i smeđi matriks. S desne strane su vidljiva zrna kvarca (Qtz) i muskovita (Ms). ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.18. Slika 5.2.7. Prikazuje uzorak B8 s lijeve strane bez anlizatora, a s desne strane s analizatorom. Crvena linija označava granicu promjene boje u matriksu..... 24
- Slika 6.19. Uzorak prikazan s uključenim analizatorom (desno) i bez analizatora (lijevo). Vidljiva su zrna muskovita (Ms) i kvarca (Qtz) ..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.20 Prikazuje uzorak KC2, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala Muskovita (Ms) i kvarca (Qtz) .Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.21. Prikazuje uzorak KC3, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz)..... Error! Bookmark not defined.
- Slika 6.22. Prikazuje uzorak KS3, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz)..... 26
- Slika 6.23. Prikazuje uzorak KC2, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz)..... 27

Slika 6.24. Prikazuje uzorak KC2, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala Muskovita (Ms) i kvarca (Qtz) .Error! Bookmark not defined.

Slika 6.25. Prikazuje uzorak KC2, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala albita (Alb), mikrokлина (Mc) i kvarca (Qtz) .28

#### Popis tablica:

Tablica 4.1 Popis uzoraka.....	Error! Bookmark not defined.
Tablica 5.1 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka opeke M1.1-crno .....	29
Tablica 5.2. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka M2.....	31
Tablica 5.3. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka M3.....	32
Tablica 5.4 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B3-crveno .....	33
Tablica 5.5 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B3-ružičasto .	34
Tablica 5.6 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B6.....	35
Tablica 5.7. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B8-crno.....	36
Tablica 5.8. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B8-crveno ....	37
Tablica 5.9 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC1.....	38
Tablica 5.10. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC2.....	39
Tablica 5.11. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC3.....	40
Tablica 5.12. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS1 .....	41
Tablica 5.13. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS2 .....	42
Tablica 5.14. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS3 .....	43
Tablica 5.15. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS4 .....	44
Tablica 5.16. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka NK.....	45
Tablica 5.17. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B4-crveno ..	46
Tablica 5.18. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B4-crveno ..	47
Tablica 8.1. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M1.1.- crno. ....	I
Tablica 8.2. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M2 .....	II
Tablica 8.3. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M3 .....	III
Tablica 8.4. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B3-crveno.....	IV
Tablica 8.5 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B3-ružičasto .....	IV
Tablica 8.6. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B6 .....	V
Tablica 8.7. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B8-crno .....	VI
Tablica 8.8. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B8-crveno.....	VII
Tablica 8.9 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC1 .....	IX
Tablica 8.10 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC2 .....	X
Tablica 8.11 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC3 .....	X
Tablica 8.12 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS1 .....	XI



Tablica 8.13 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS2.....	XII
Tablica 8.14 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS3.....	XIII
Tablica 8.15 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS4.....	XIII
Tablica 8.16 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka NK.....	XIV
Tablica 8.17 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B4-crno .....	XV
Tablica 8.18 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B4-crveno.....	XVI

**Popis dijagrama:**

Dijagram 1: Sinteracija u čvrstom i tekućem stanju .....	1
Dijagram 2. Rendgenogram uzorka M1.1-crno .....	29
Dijagram 3. Rendgenogram uzorka M2 .....	31
Dijagram 4. Rendgenogram uzorka M3 .....	32
Dijagram 5. Rendgenogram uzorka B3-crveno.....	33
Dijagram 6. Rendgenogram uzorka B3-ružičasto.....	34
Dijagram 7. Rendgenogram uzorka B6.....	35
Dijagram 8. Rendgenogram uzorka B8-crno.....	36
Dijagram 9. Rendgenogram uzorka B8-crveno.....	37
Dijagram 10. Rendgenogram uzorka KC1 .....	38
Dijagram 11. Rendgenogram uzorka KC2 .....	39
Dijagram 12. Rendgenogram uzorka KC3 .....	40
Dijagram 13. Rendgenogram uzorka KS1 .....	41
Dijagram 14. Rendgenogram uzorka KS2.....	42
Dijagram 15. Rendgenogram uzorka KS3.....	43
Dijagram 16. Rendgenogram uzorka KS4.....	44
Dijagram 17. Rendgenogram uzorka NK .....	45
Dijagram 18. Rendgenogram uzorka B4-crveno.....	46
Dijagram 19. Rendgenogram uzorka B4-crno.....	47

## Sadržaj

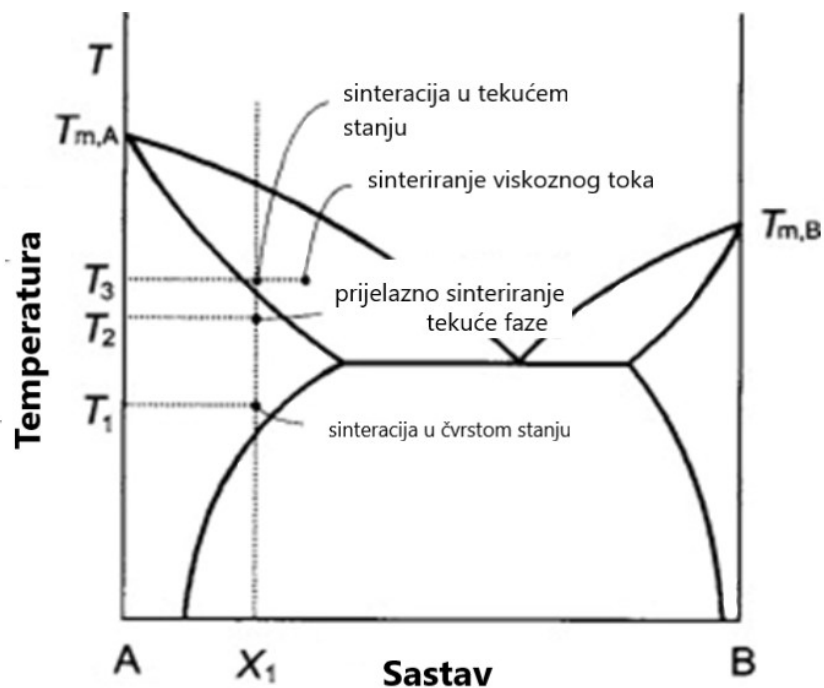
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Proizvodnja opeke kroz povijest</b> .....	2
<b>1.2. Proizvodnja keramike kroz povijest</b> .....	4
<b>2. GEOLOGIJA PODRUČJA</b> .....	5
<b>2.1. Sjeverna Makedonija (Alinci kod Prilepa)</b> .....	5
<b>2.2. Brazil (Parelhas)</b> .....	6
<b>2.3. Hrvatska (Kalnik)</b> .....	7
<b>2.4. Nepal (Kathmandu)</b> .....	8
<b>2.5. Južnoafrička Republika (Kruger nacionalni park)</b> .....	9
<b>3. LITERATURNI PREGLED</b> .....	10
<b>4. POPIS UZORAKA</b> .....	11
<b>5. METODE</b> .....	12
<b>5.1. Rendgenska difrakcija na prahu</b> .....	12
<b>5.2. Mikroskopiranje optičkim mikroskopom i priprema uzoraka</b> .....	13
<b>6. REZULTATI</b> .....	14
<b>6.1. Makroskopski opis preparata</b> .....	14
<b>6.2. Mikroskopski opis uzoraka</b> .....	21
<b>6.3. Rendgenska difrakcija na prahu</b> .....	28
<b>7. RASPRAVA</b> .....	48
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	53
<b>9. LITERATURA</b> .....	54
<b>10. PRILOZI</b> .....	I

## 1. UVOD

Uzorci opeke i keramike uzeti su s različitih lokaliteta. Glavna ideja ovog diplomskog je uočiti teksturne i mineraloške razlike ili sličnosti između pribavljenih uzoraka. Također pokušati razlučiti što je posljedica obrade materijala od kojeg je opeka napravljena, a što je posljedica svojstva samog materijala.

Procesi proizvodnje opeke se nisu bitnije mijenjali od samih početaka, danas se jedino mogu uočiti tehnološke razlike između različitih tvornica na različitim lokalitetima koje su proces proizvodnje prilagodili dostupnom materijalu i potrebama njihovog tržišta.

Opeke i keramike se proizvode procesom sinteracije. Proces sinteracije (S.L. Kang, 2005.) se može podijeliti na sinteraciju u čvrstom i tekućem stanju. Opeke i keramike se proizvode procesom sinteracije u čvrstom stanju, tj. dvije smjese koje su prethodno usitnjene se miješaju i peku na temperaturi sinteracije u čvrstom stanju, bez prijelaza u tekuće stanje, što je vidljivo iz dijagrama, *Dijagram 1.1.*



*Dijagram 1.1: Sinteracija u čvrstom i tekućem stanju*

Materijali su prilikom obrade dodatno usitnjavani i miješani s drugim materijalom, da bi se dobila najpovoljnija svojstva i da bi se omogućio proces sinteracije. Na temelju krajnjih produkata teško je razlučiti koji bi bio izvorni materijal pojedinog uzorka. Temperature pečenja također variraju od uzorka do uzorka, stoga se na pojedinim uzorcima primjećuje proces djelomične sinteracije, što nepovoljno utječe na kvalitetu opeke. Takve posljedice su najčešće na uzorcima iz Brazila, jer su uzorci uzeti sa deponija opeke u krugu tvornice opeke u Parelhas-u.

Svi uzorci su ispitani makroskopski, mikroskopski i rendgenskom difrakcijom na prahu, radi što točnijeg utvrđivanja mineraloškog sastava i uočavanja teksturnih specifičnosti.

### **1.1. Proizvodnja opeke kroz povijest**

Različiti izvori drugačije definiraju prvu pojavu opeke, vjerojatno je najtočniji podatak da su opeke prvi put korištene u izgradnji 7000 godina prije nove ere, u gradu Jeriho. Prve opeke su bile oblikovane i sušene na suncu. Stari Egipćani su u blatnu smjesu za pravljene opeke stavljali slamu, zatim sušili na suncu.

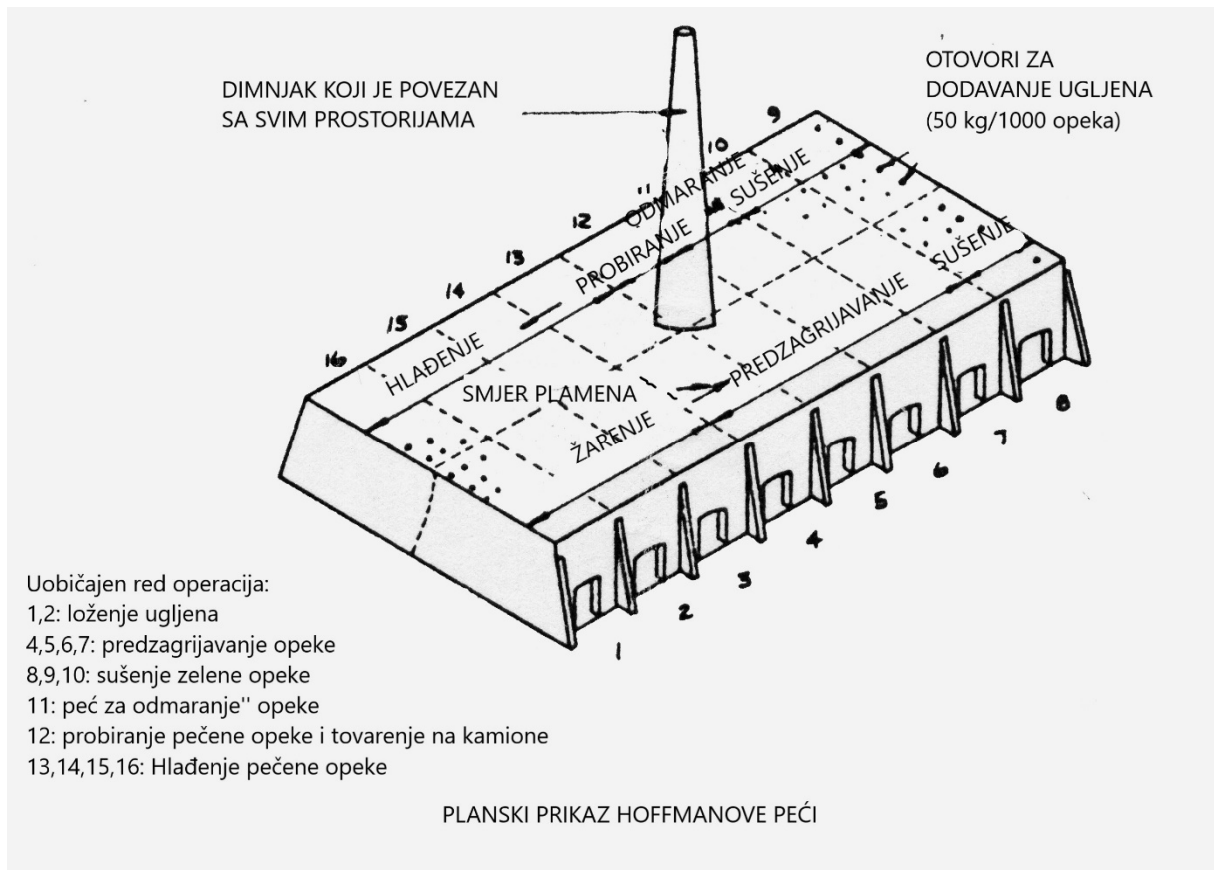
Babilonci su prvi počeli peći opeke koje imaju otpornost na temperaturne i atmosferske uvijete. Proces pečenja opeka su usavršili antički Rimljani koristeći crvenu ili bijelu glinu, koju je sušena u zasebnim pećima. Produkt takvog sušenja opeke su bile dvije vrste opeke:

1. „mekana opeka“ koja je bila složena na vanjskom rubu peći, zbog čega je imala manju otpornost na temperaturne i atmosferske promjene. Stoga je bila upotrebljavana kao unutarnja, izolacijska ili ukrasna opeka.
2. „Tvrda opeka“ koja je bila pečena na sredini peći, čime je bila izložena većim temperaturama, zbog čega se glineni materijal bolje stlačio i imao bolju otpornost na različite vanjske utjecaje. Koristila se za vanjsku, odnosno strukturnu izgradnju.

Paralelno Rimljanima, Grci su zaključili da pečena opeka ima bolja svojstva nego sušena na suncu, također su zaključili da pravokutni oblik opeke ima bolju otpornost na erozijske procese nego drugi oblici opeke (pr. okrugle, trokutaste itd. kakve su radili Rimljani).

Nakon pada Rimskog carstva, do 12. stoljeća industrija opeke je bila prisutna samo na području Italije. Nizozemci su ponovno pokrenuli proizvodnju opeke i počeli izvoziti opeku u Englesku, a u 16. stoljeću i u Ameriku.

Do sredine 18. stoljeća proizvodnja je bila tehnološki poprilično primitivna, kao u starom Rimu. 1865. izumljena je Hoffman-ova peć (slika 1.1.) u Njemačkoj, nakon čega je proizvodnja uvelike porasla.



Slika 1.1.. Hoffman-ova peć, (1865., Njemačka) prva peć prikladna za veliku proizvodnju, koja sadržava brojne prostore koji se dijele na: 1. prostor za predzagrijavanje, 2. zagrijavanje i 3. hlađenje opeke.

U 20. stoljeću procesi proizvodnje opeke su napredovali. Opekekama su poboljšana svojstva otpornosti na temperature, atmosferilije i pritisak. Usprkos svim poboljšanjima u kvaliteti proizvoda, tržište opeke se nije bitno promijenilo u posljednjih nekoliko stoljeća.

([http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick\\_history.html](http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick_history.html))

## 1.2. Proizvodnja keramike kroz povijest

Najstariji keramički artefakt je iz Češke pod nazivom Venera iz Doline Veštonice, gdje su pronađeni ostaci peći, koje datiraju 28 000 godina prije nove ere.

Uvaženo je mišljenje da kultura obrađivanja keramike kreće u istočnoj Aziji, točnije Kini, odakle su se vještine obrađivanja gline s vodom, zatim pečenje, proširile na istok prema Japanu i zapadu na istok Rusije.

7000-9000 godina prije nove ere, razvojem agrikulture i stočarstva počela je proizvodnja glinene keramike koja je bila sušena na suncu ili na relativno niskim temperaturama (nižim od 1000°C) u malim, jednostavnim pećima iskopani u tlu. Proizvodile su se pločice za oblogu, opeke, vrčevi za vodu i hranu, te spremnici i ukrasni predmeti.

Oko 3500 godina prije nove ere, napravljen je prvi lončarski kotač, što je bio početak keramike s radijalnom simetrijom.

U 6. i 5. stoljeću prije nove ere, Grci su bojali keramičke posude oksidacijom u pećima prilikom pečenja keramike.

U 6. stoljeću, u Kini su napravljene prve visoke peći koje su dostizale temperature do 1350°C, što je dovelo do proizvodnje prvog porculana (poroznost manja od 1%) iz kaolinske gline.

U Europi u 15. stoljeću su napravljene visoke peći koje su dostizale temperature do 1500°C, što je dovelo do povećane proizvodnje i veće mogućnosti obogaćivanja materijala procesom sinteracije.

Keramika danas ima najbitniju ulogu u tehnologiji, gdje se proizvode sintetske smjese sa specifičnim svojstvima koje služe kao izolatori.

<https://ceramics.org/about/what-are-engineered-ceramics-and-glass/brief-history-of-ceramics-and-glass>)

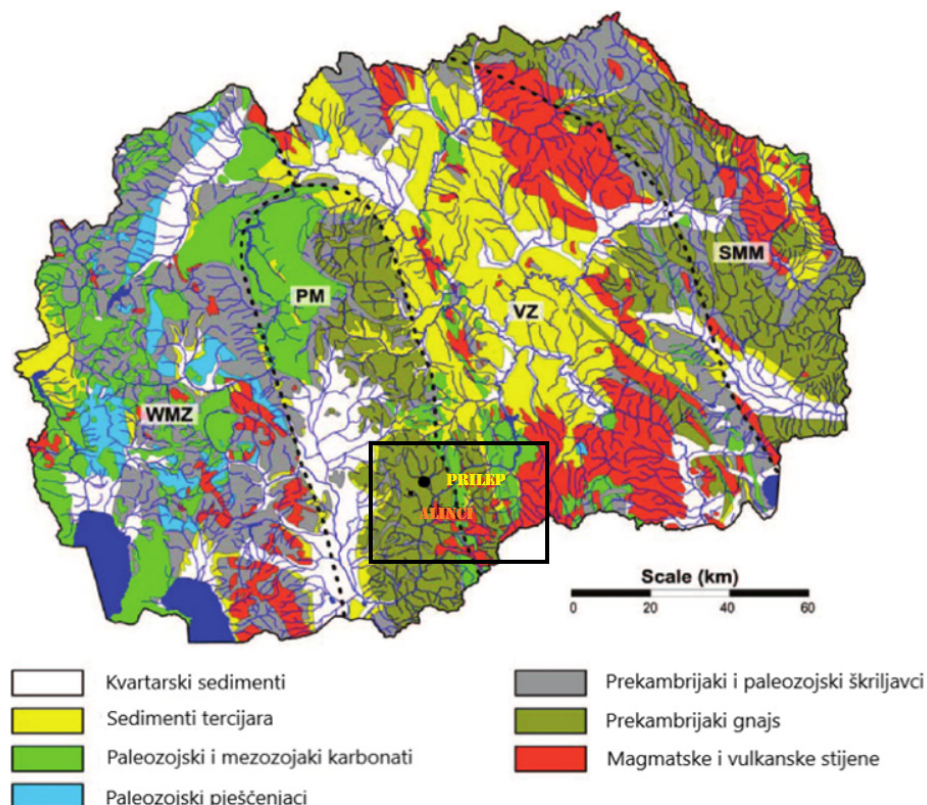
## 2. GEOLOGIJA PODRUČJA

Budući da su uzorci uzeti s različitih lokaliteta, lokalna geologija igra veliku ulogu u razumijevanju mineralnih kombinacija koje se mogu pronaći u pojedinim opekama i keramikama. Uzorci su s područja Makedonije (Alinci kod Prilepa), Brazila (Parelhas), Hrvatske (Kalnik), Nepala (Kathmandu) i Južnoafričke Republike (Nacionalni park Kruger).

### 2.1. Sjeverna Makedonija (Alinci kod Prilepa)

Selo Alinci je smješteno 11 km od Prilepa (Slika 2.1.1.). Litološki se razlikuje nekoliko jedinica: alkalni sijeniti, amfiboliti, gnajs, muskovitni škriljavci i mramor. Alkalni sijeniti čine glavno magmatsko tijelo koje se proteže na 2 km<sup>2</sup>, s istočne i zapadne strane okruženo amfibolitima, a s južne muskovitnim škriljancima. Gnajs se formirao u žilama alkalnog sijenita.

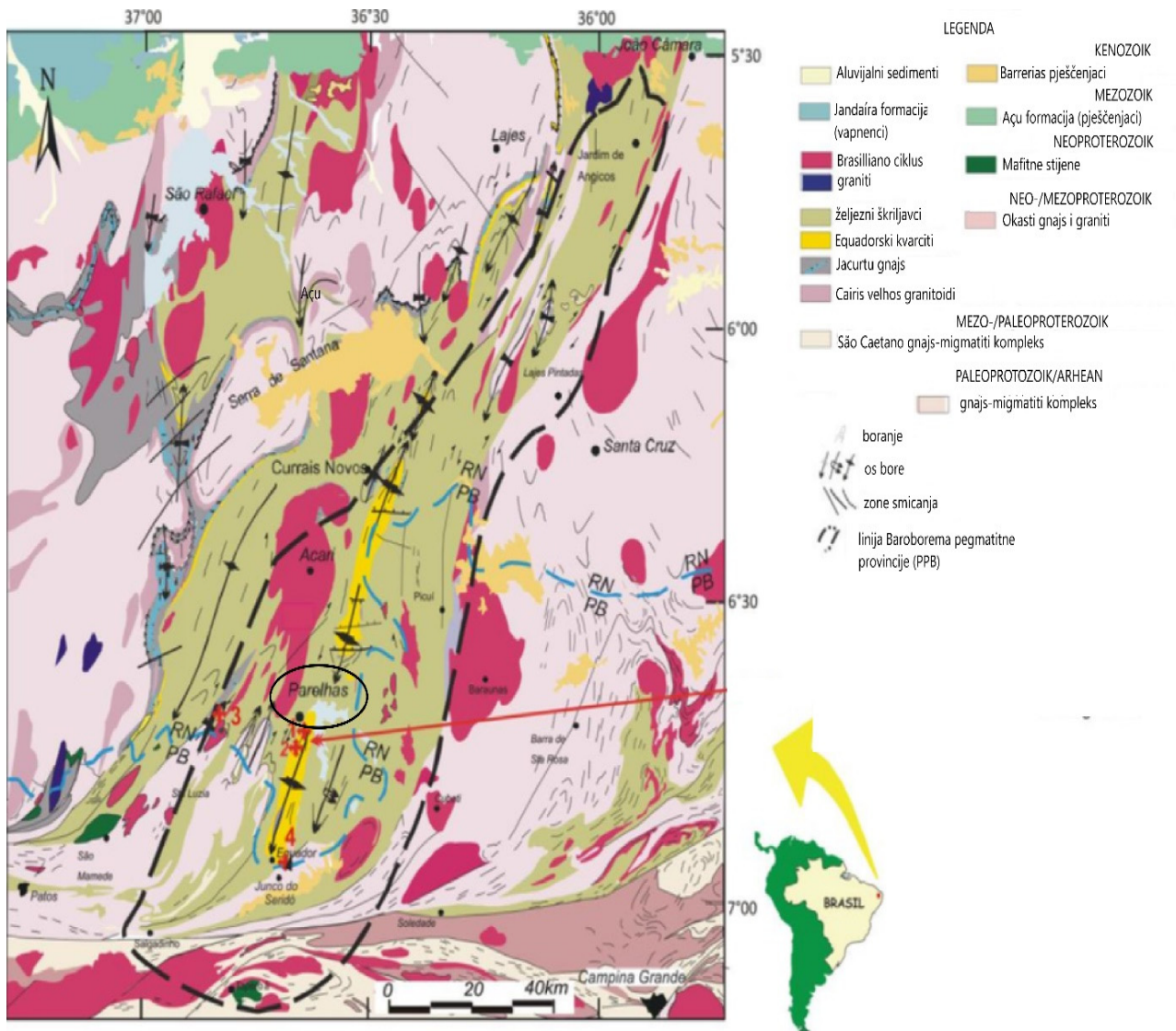
Minerali koji se u Alincima pojavljuju u sijenitnom masivu su arfedsonit, mikroklin i albit kao dominantne faze, a u manjoj zastupljenosti su titanit, augit, cirkon, apatit i davidit (G. Jovanovski i dr., 2003.).



Slika 2.1. Geološka karta Sjeverne Makedonije s lokalitetom Alinci (Lambe Barandovski i dr, 2012.)

## 2.2. Brazil (Parelhas)

Parelhas je smješten na istoku Brazila u središtu Baroborema provincije. Litološki je leži željeznim škriljavcima (Slika 2.2.1.), sa istočne i južne strane je okružen ekvadorskim kvarcitima, a sa zapadne strane Brasilliano ciklusom.

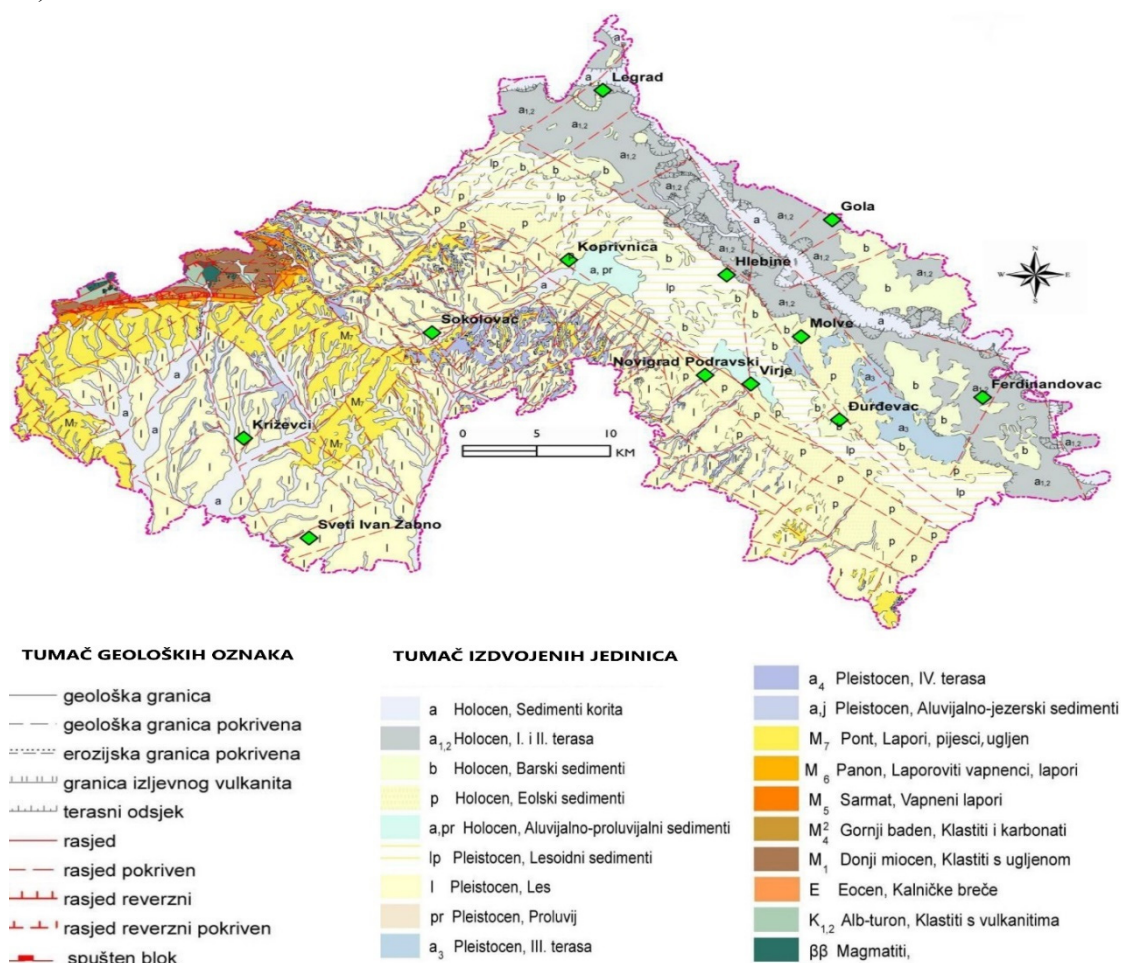


Slika 2.2. Geološka karta područja Parelhas-a, (Beurlel H. i dr, 2016.)



### 2.3. Hrvatska (Kalnik)

Kalničko gorje (Slika 2.3.1.) izgrađuju naslage krede, paleogena, donjeg miocena, badena, sarmata, panona, ponta i kvartara. Kalničke eocenske breče izgrađuju južni greben Kalničkog gorja. Južni greben se, u dužini oko 30 km i u širini do 500 m, proteže u pravcu istok-zapad. Neogen se dijeli na miocen i na pliocen. Za područje sjeverozapadne Hrvatske važniji je miocen koji je, s obzirom na relativnu „kratkotrajnost“, ostavio najviše naslaga. Klastiti donjeg miocena sa smeđim ugljenom (M<sub>1</sub>) se nalaze u središnjem dijelu Kalničkog gorja. Sastoje se od izmjena šljunka, pijeska, pješčenjaka, lapora, glina i tufova sa slojevima smeđeg ugljena. U pleistocen su uvrštene tvorevine riječnog (pijesci i šljunci IV i III terase) i riječno-jezerskog (proluvijalni klastiti), te jezersko-barskog i eolskog tipa sedimentacije (les i lesoidni sedimenti). Najviše su rasprostranjene na istočnim i južnim padinama Kalničkog gorja. Holocenske naslage su podijeljene u slijedeće genetske tipove: Pijesci i šljunci II. i I. terase, aluvijalno proluvijalne naslage, aluvij potoka i korita rijeke Drave te eolski pijesci i barski sedimenti. U kvartatnim naslagama se javljaju ležišta građevnog pijeska i šljunka, te ciglarske gline (Kruk i Dedić, 2015).

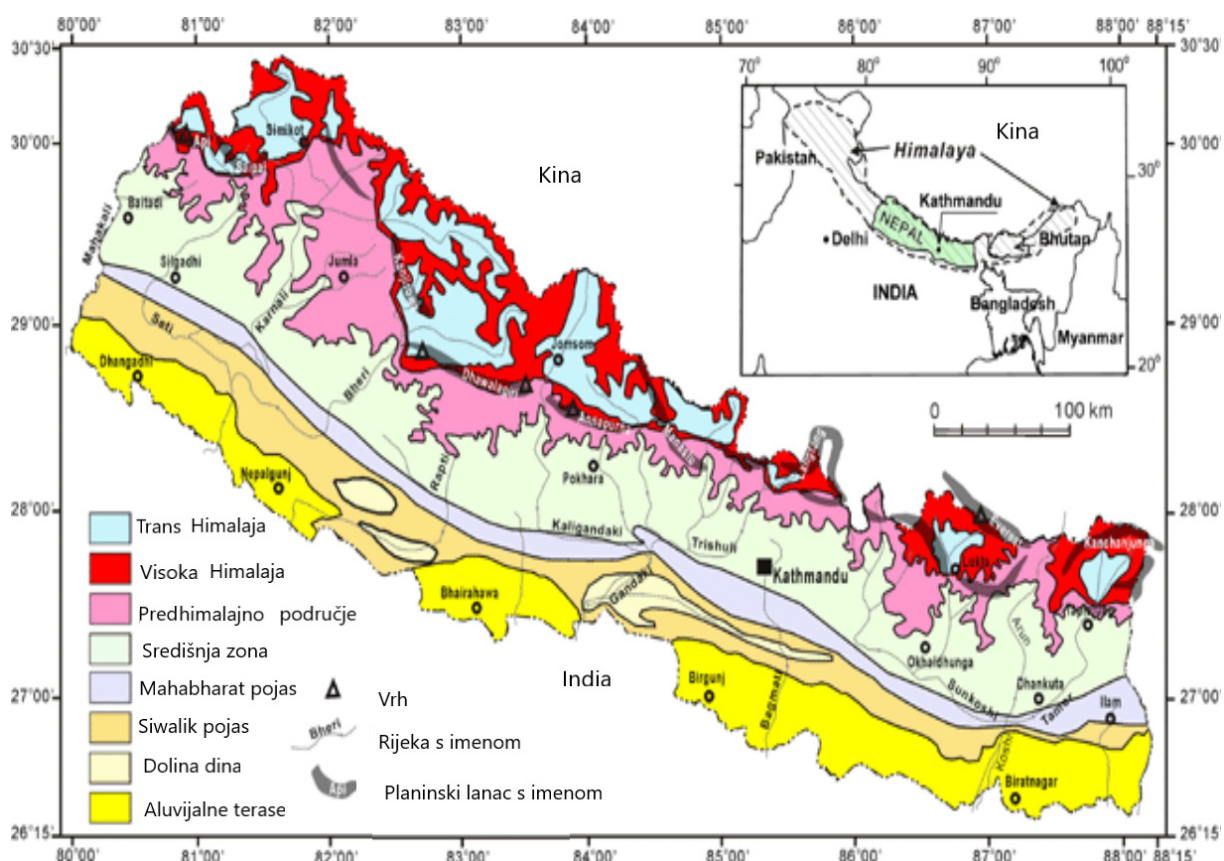


Slika 2.3. Karta Koprivničko-križevačke županije (Kruk i Dedić, 2015.)

## 2.4. Nepal (Kathmandu)

Kathmandu (slika 2.4.1.) se nalazi u središnjoj zoni. Središnja zona je litološki obilježena pojavama škrljavaca, filita, gnajsa, kvarcita, granita i vapnenca. S južne strane se nalazi Mahabharat pojas u kojem se nalaze stijene gnajsa, filita, škrljavca i mramora. Prema jugu se prostiru još dvije zone: Siwalik i Aluvijalni pojas. U Siwalik pojasu se nalaze sandstoni, mudstoni, šejlovi i konglomerati, a u aluvijalnom pojasu se nalaze stijene aluvijali nanosi šljunka koji se prema jugu usitnjavaju u fini pijesak.

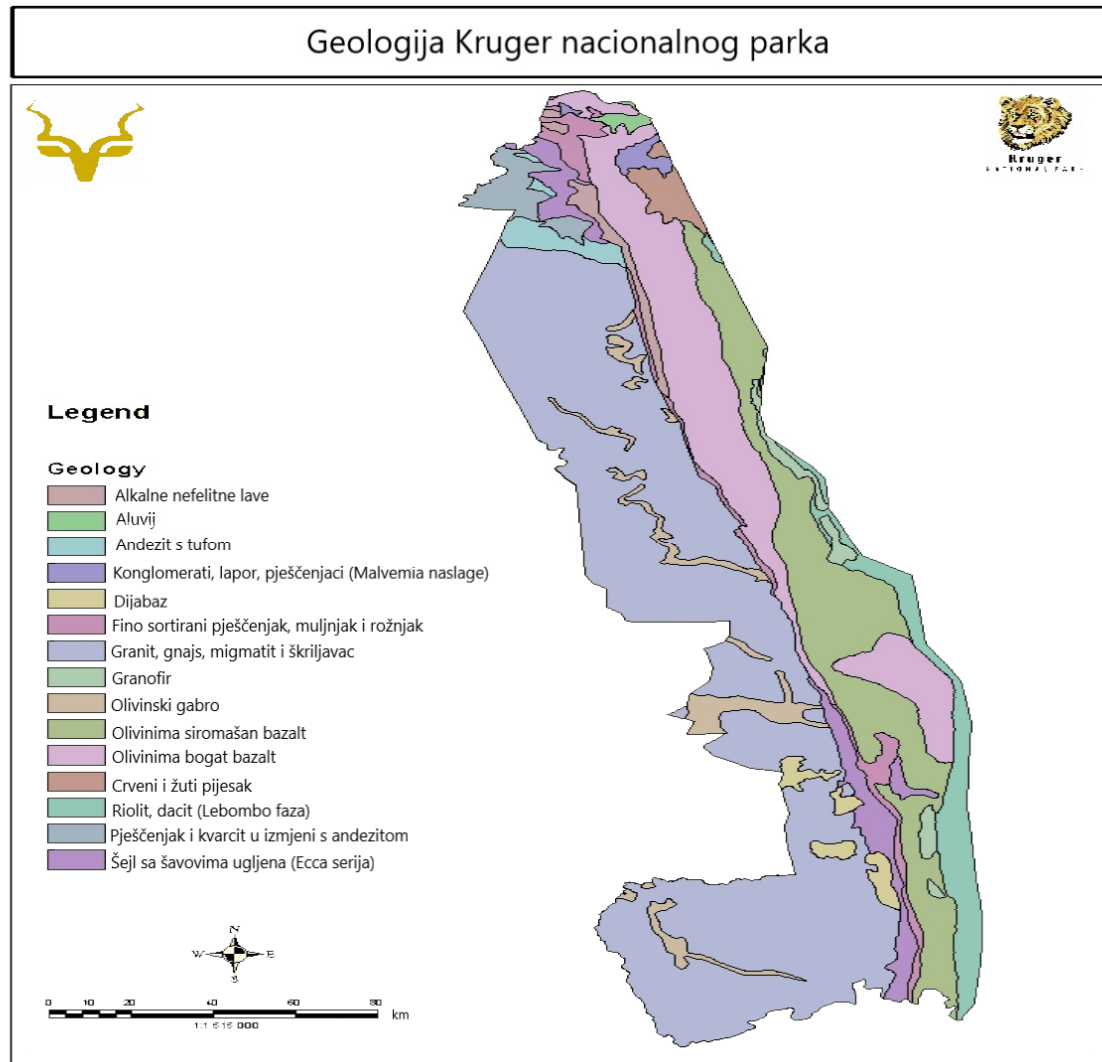
Sjeverno od Kathmandua se nalazi područje Himalaje koje se dijeli na predhimaljno, trans i visoko područje. Predhimalajno područje litološki sadrži gnajs, škrljavac, filit i mramor, dok transhimalajno područje litološki sadrži gnajs, škrljavac i mramor s područja visoke Himalaje, te Tethyske sedimente kao vapnenca, šejlove, sandstone i dr. Područje visoke Himalaje litološki sadrži gnajs, škrljavce, migmatite i mramor. (Dahal R.K., 2006.)



Slika 2.4. Geološka karta Nepala sa podijeljenim litološkim jedinicama (Dahal R.K., 2006.)

## 2.5. Južnoafrička Republika (Kruger nacionalni park)

Kruger nacionalni park (slika 2.5.1.) se nalazi u Južnoafričkoj Republici. Naslage koje prevladavaju su magmatskog porijekla. Granit i gabra su se međusobno izmjenjuju. Naslage šejlaova i pješčenjaka su rasprostranjeni na samom sjeveru parka i na jugu između naslaga granita i bazalta. Naslage riolita se pojavljuju na istoku na granici s Mozambikom.



Slika 2.5. Geološka karta Kruger nacionalnog parka

([https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps\\_environment.php](https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps_environment.php))

### 3. LITERATURNI PREGLED

Za izradu ovoga rada korištena je literatura koja je navedena u sljedećem tekstu.

R.E. Grim (1953.) je u svojoj knjizi „Clay Mineralogy“ napravio pregled svih minerala glina dotad poznatih.

I.L. Freeman (1964.) u svome radu, na primjeru deset različitih uzoraka, objašnjava kako određene skupine minerala povoljno ili nepovoljno utječu na krajnji proizvod. Primijetio je da kalcit uvijek nepovoljno utječe na strukturu, na temperaturama između 800°C i 1050°C uzorci pokazuju jako veliko smanjenje obujma opeke, dok na temperaturama iznad 1050°C dolazi do urušavanja strukture. Također, minerali glina kao illit, montmorilonit i kaolinit povoljno utječu na strukturu posebice u kombinaciji sa kvarcom.

Peters & Inberg (1978.) objašnjavaju kako i na kojim temperaturama dolazi do mineralnih izmjena tijekom termičke obrade, također jezgrovito i sažeto interpretiraju kako kalcit nepovoljno utječe na proizvodnju opeke, posebice ako je njegov postotak veći od 20%. U svome radu su pratili temperaturne promjene u kojima su naveli temperature zatvaranja za određene minerale.

S.L. Kang (2005.) je napravio pregled u kojemu objašnjava proces sinteracije.

Ahmad i dr. (2008) u svome radu ukazuje na problem moderne industrije. Rad je izveden u Pakistanu, gdje se vrlo neučinkovito kontrolira proizvodnja i temperature pečenja. Ideja rada je bila ponuditi rješenje na aktualne probleme dodavanjem flukseva u smjese za pripremu opeke, da bi se smanjila temperatura sinteracija, a zadržala ista cijena proizvodnje.

Težak (2011.) u svome radu govori o vrstama glina koje se koriste u industriji opeke, kao i procesima kojima se materijal za potrebe proizvodnje opeke obrađuje od samog iskopa do krajnjeg produkta.

M. Arsenović i dr. (2014.) na 11 različitih uzoraka lesa uzetih s različitih dubina, pokušava utvrditi je li moguće napraviti kvalitetnu opeku. Zaključak je da se ovisno o sastavu i udjelu karbonata može napraviti opeka. Najbolje značajke imaju materijali u kojima ima najmanje kalcita, a najbolje značajke i najveću plastičnost uzorci sa mineralima glina.

## 4. POPIS UZORAKA

U navedenoj tablici se nalazi popis uzorka sa oznakom uzorka i državom u kojoj su prikupljeni. Uzorci označeni slovom M su makedonskog podrijetla, dok su oni označeni slovom B brazilskog, isključujući uzorak B4 koji je Južnoafričkog podrijetla. Uzorak NK je iz Nepala. Uzorci iz Hrvatske su označeni sa slovom K, a slovo C označava uzorke koji su cigle, dok S označava uzorke koji su keramike.

<b>SJEVERNA MAKEDONIJA</b>	<b>BRAZIL</b>	<b>HRVATSKA</b>	<b>NEPAL</b>	<b>JUŽNOAFRIČKA REPUBLIKA</b>
M1.1	B3	KC1	NK	B4
M2	B6	KC2		
M3	B8	KC3		
M5		KS1		
		KS2		
		KS3		
		KS4		

Tablica 4.1 Popis uzoraka

## 5. METODE

Analizirani materijali u ovom diplomskom su keramike i opeke. Uzorci (Tablica 4.1.) su analizirani metodom rendgenske difrakcije na prahu i optičkim mikroskopom.

### 5.1. Rendgenska difrakcija na prahu

Rendgenska difrakcija na prahu je nedestruktivna fazna analiza, koja za analizu koristi elektromagnetsko rendgensko zračenje. Rendgenska difrakcija (x-ray diffraction – XRD) je analitička tehnika koja nam daje informacije o kristalnoj strukturi, kemijskom sastavu i fizičkim osobinama materijala, a da pritom materijal ostaje nepromijenjen. Pojam rendgenska difrakcija (XRD) obuhvaća: difrakciju x-zraka na monokristalu, difrakciju x-zraka na praškastom uzorku (XRPD) te mnoge druge tehnike difrakcije x-zraka. Do difrakcije dolazi kada valovi, valne duljine reda veličine  $1\text{Å}$  ( $10^{-10}\text{m}$ ), međudjeluju s periodički uređenom tvari, tj. kristalom.

Svaki kristalizirani materijal ima karakterističan rendgenogram praha, na temelju njega se može prepoznati o kakvom je mineralu riječ. Svaki rendgenogram je jedinstven za pojedini mineral, a rezultati o sastavu pojedinog materijala se dobivaju uspoređivanjem dobivenog rendgenograma s već postojećim bazama podataka.

Rendgensko zračenje je nastalo kao rezultat brzog kretanja elektrona pri visokom naponu, zbog čega dolazi do izbijanja elektrona iz unutarnje ljuske koje mora biti upotpunjeno drugim elektronom iz vanjske ljuske. Prijelazom iz ljuske višeg reda u niži, dolazi do oslobađanja energije koje se zove karakteristično rendgensko zračenje.

Zračenje stvoreno u rendgenskoj cijevi se usmjerava prema uzorku gdje se ono difraktira (ogiba) s uzorka u detektor, koji očitava intenzitet i kut na kojemu je zadovoljena difrakcija, odnosno Braagov zakon.

Uzorci su analizirani kontinuiranom kvalitativnom analizom (QUALI\_ANALIZA2) sa Cu anodom. Analiza je provedena u trajanju od 50 minuta, a prah je analiziran na aluminijskom nosaču.

## 5.2. Mikroskopiranje optičkim mikroskopom i priprema uzoraka

Mikroskopski preparati su napravljeni od uzoraka iz Sjeverne Makedonije (M1.1., M2, M3, M5), Brazila (B3, B6, B8), Hrvatske (KC1, KC2, KC3, KS1, KS2, KS3, KS4), Nepala (NK) i Južnoafričke republike (B4). Svi uzorci su impregnirani s PETROPOXY 154 epoksidnom smolom. Na predmetno stakalce su zalijepljeni kanada balzamom koji ima indeks loma 1,54. Preparati su brušeni na prahu 90, 250 i 500. Uzorci su promatrani mikroskopom bez pokrovnog stakalca, jer su unatoč impregnaciji jako porozni i trošeni. S obzirom da su prilikom zagrijavanja uzorci pucali i izvijali se, stavljanjem pokrovnog stakalca na tanke i krhke preparate došlo bi do uništenja tekstura uzorka. Umjesto stakalca, da bi zadržali vlažnost, premazani su lanenim uljem koje je manje masno od ostalih ulja i ispire se vodom.

Mikroskopiranje je optička metoda koja se koristi za određivanje mineralnog sastava, strukturnih i teksturnih obilježja stijene, polarizacijskim mikroskopom. Kod polarizacijskog mikroskopa svjetlost prolazi kroz polarizator gdje se polarizira, odnosno vibrira samo u jednoj ravnini, zatim prolazi kroz objektiv, analizator (ukoliko je uključen) i naposljetku kroz okular. Ovisno je li kondenzator uključen ili ne, opažanja provodimo u ortoskopskim uvjetima (snop paralelnih zraka svjetlosti na preparat pada pod kutom od 90°) ili u konoskopskim uvjetima (snop konvergirane svjetlosti). U ortoskopskim uvjetima bez uključenog analizatora promatra se oblik i veličina mineralnih zrna, postojanje pukotina, reljef, kalavosti, vlastita boja mineralnog zrna, te postojanje pseudoapsorpcije i pleokroizma. S uključenim analizatorom, razlikuju se optički izotropni od anizotropnih minerala, dvolom, potamnjenja, optički karakter izduženja i interferencijske boje.

Fotografije uzoraka su snimljene uz pomoć digitalne kamere Canon EOS 550D, a uzorci su mikroskopirani mikroskopom Carl Zeiss Axiolab. Uzorci su mikroskopirani u prolaznom svijetlu, sa i bez analizatora, a mjerilo fotografija je dodano u računalnom programu EOS Utility.

## 6. REZULTATI

### 6.1. Makroskopski opis preparata

Uzorak M1.1. (Slika 6.1.1.) je izdvojen u dvije faze, crvenu i crnu. Crvena faza je homogena i prema sredini prelazi u smeđe-crnu fazu. Makroskopski nije vidljiv mineraloški sastav, ali je moguće uočiti veća zrna koja su uklopljena u matriks crvene boje. Zrna su žute boje i različitih veličina. Također je moguće uočiti pore različitih veličina.



*Slika 6.1. Uzorak opeke s porama (M1.1). Makedonija, Alinci*

Uzorak M2 (Slika 6.1.2.) je fragment keramičke posude, crvenkasto-smeđe je boje. Na površini je obojena smeđe, debljine pola centimetra. Mineraloški sastav makroskopski nije moguće utvrditi. Fragment se na prijelomu mrvi. Površina uzorka je smeđe boje dok je u presjeku crvenkasta. Sama površina je trošena i različite boje od samog materijala keramike, jer je vjerojatno tanki sloj dodan radi zaštite i estetike.





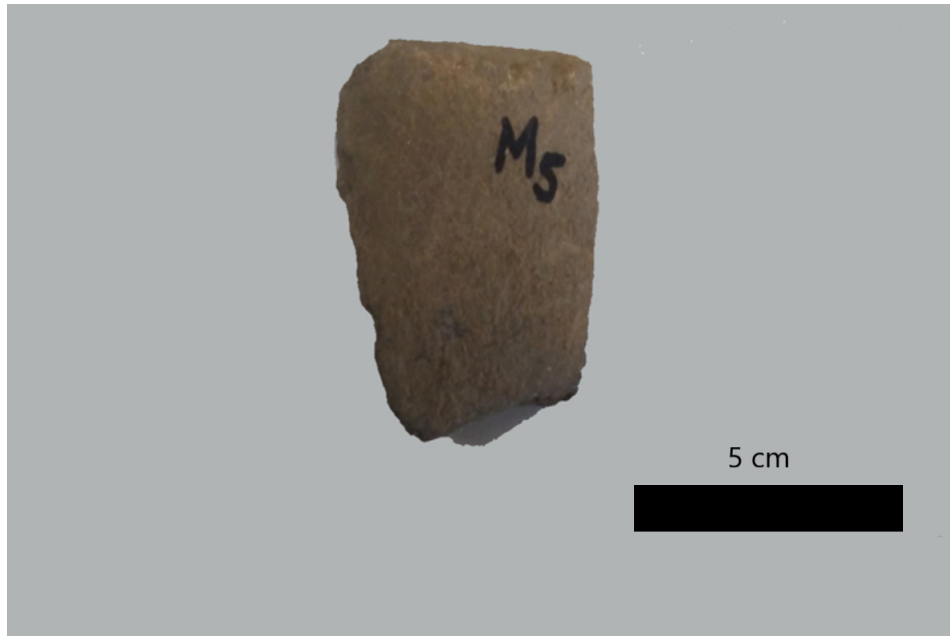
*Slika 6.2. Uzorak keramike (M2) crvenkasto-smeđe boje. Makedonija, Alinci*

Uzorak M3 (Slika 6.1.3.) je fragment keramike. Na površini je obojen sivo, a boja keramike je smeđa. Fragment je homogen i makroskopski nisu vidljiva mineralna zrna. Zbog vanjskih utjecaja dio boje je uklonjen. Na lomu nisu vidljiva zrna minerala ili stijena, ali u prijelomu se mogu vidjeti pore koje su nastale prilikom proizvodnje samog keramičkog predmeta.



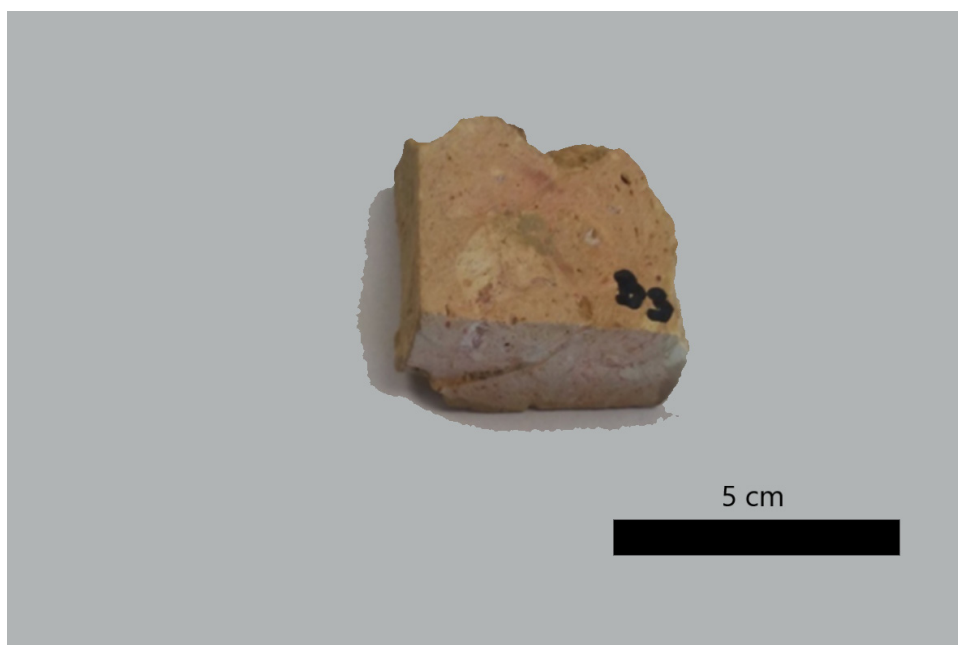
*Slika 6.3 Uzorak keramike (M3) smeđe boje s površinskim sivim obojenjem. Makedonija, Alinci*

Uzorak M5 (Slika 6.1.4.) je dio keramičke posude, debljine 1 cm. Svjetlosmeđe je boje, homogen i na prijelomu nisu vidljiva mineralna zrna. Površina uzorka je praškasta i u tankom sloju pokazuje promjenu boje, što je vjerojatno rezultat obojenja posude.



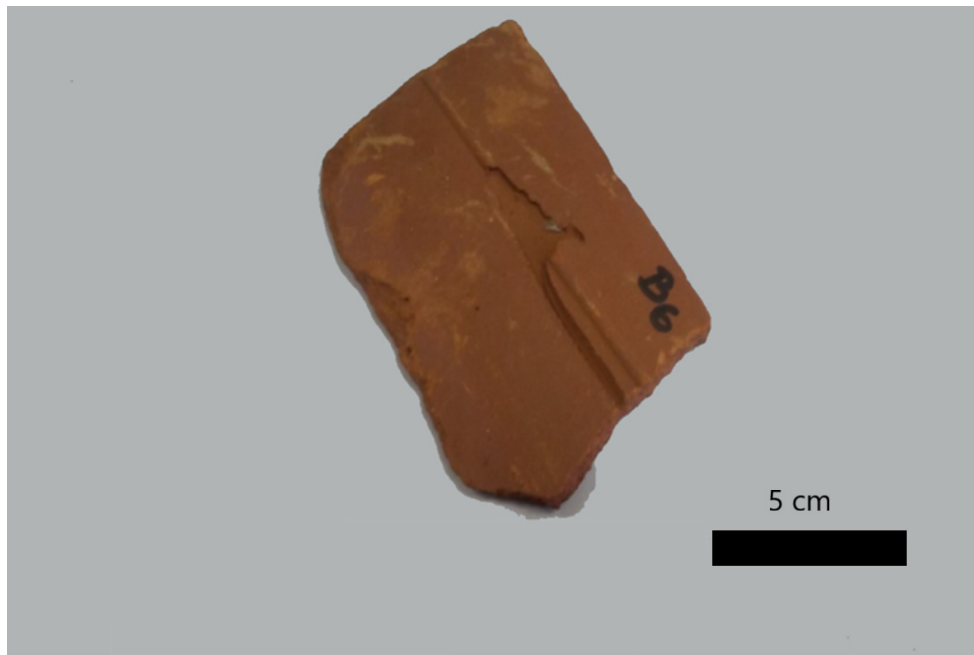
*Slika 6.4. Uzorak keramike (M5) žuto do sive boje. Makedonija, Alinci*

Uzorak B3 (slika 6.1.5.) je prevladavajući ružičaste boje s mjestimičnim bijelim mrljama i crvenim granulama. Uzorak je praškasti i porozan. Vidljivi su uklopci stijena ili minerala koje nije moguće utvrditi makroskopski.



*Slika 6.5 Uzorak (B3) praškaste ružičaste opeke s crvenim granulama, Brazil, Parelhas*

Uzorak B6 (Slika 6.1.6.) je crveno-narančaste boje, vjerojatno fragment crijepa. Sitnozrnat i homogen uz vrlo malo promjene boje. Na uzorku su vidljive sitne pore, a u prijelomu je praškast. Na površini nema značajnijih promjena, osim blagog trošenja.



*Slika 6.6. Uzorak crijepa (B6) crvene boje, debljine od 0,5 do 1,5 cm; Brazil, Parelhas*

Uzorak B8 (Slika 6.1.7.) pokazuje izdvajanje crvene i crne faze. Rubni slojevi su crvene boje, homogeni i sitnozrnati, a središnji sloj tamne boje (tamno sive do crne). Unutar tamnijeg sloja nalaze se zrna metalnog odsjaja, dok isti izostaju u crvenoj fazi. Mineraloški sastav nije moguće utvrditi makroskopski. Na uzorku je vidljivo jedno bezbojno, prozirno zaostalo zrno.



*Slika 6.7. Uzorak laminiranog crijepa (B8), izdvojene su dvije faze, crna i crvena; Brazil, Parelhas*

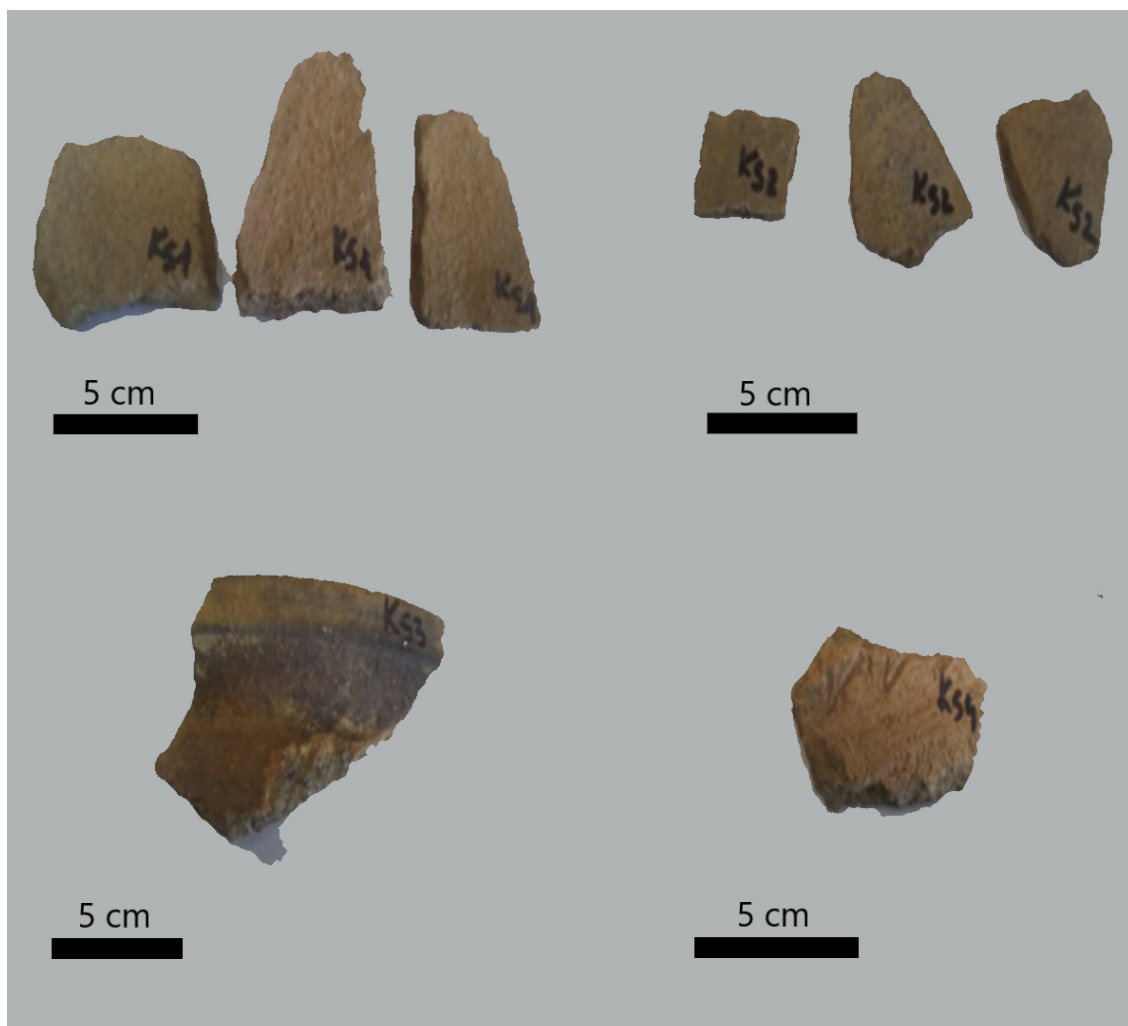
Uzorci iz Hrvatske su uzeti s Kalnika i mogu se podijeliti u dvije skupine: 1. opeke i 2. keramike. Opeke su uzorci KC1, KC2 i KC3, a keramike su KS1, KS2, KS3 i KS4.

Opeke (slika 6.1.8.) su homogene, crvene boje, s vidljivim fragmentima stijena ili minerala u crvenom sitnozrnatom matriksu. KC1 je uzorak tamno crvene boje, homogen sa vidljivim porama i zaostalim zrnima stijena ili minerala u presjeku. Na površini je vidljiv vezivni cement. Uzorak KC2 je najlošije pripremljen od kalničkih uzoraka opeke i jasno se razaznaju zrna mineral i/ili stijena u crvenom matriksu, makroskopski su vidljive pore različitih veličina. Također, dio zrna koja su vidljiva izgledaju usmjereno u jednom smjeru. Uzorak KC2 je najbolje pripremljen, odnosno usitnjen prije pečenja jer ima najmanje zaostalih zrna, gotovo ništa, homogen je u cijelom svojem presjeku i narančaste je boje. U presjeku su vidljive pore različitih veličina i oblika.



Slika 6.8. Uzorci opeke KC1, KC2, KC3. Kalnik, Hrvatska

Keramike (slika 6.1.9.) su sivo-žute boje, vjerojatno fragmenti keramičkih posuda, u presjeku su vidljivi minerali u svjetlom matriksu. Sve keramike su dodatno obojene na površini, u presjeku se može vidjeti razlika u boji same keramike i sloja boje. Uzorci KS1 i KS2 su makroskopski slični, razlikuju se po debljini presjeka, zbog čega je kod uzoraka KS1 vidljivije pore i zrna stijena i/ili minerala. Uzorak KS3 je tamnije površinski obojen nego drugi uzorci, ali pokazuje iste značajke u presjeku kao ostali uzorci, što su zaostala zrna minerala i/ili fragmenata stijena. Uzorak KS4 je površinski trošniji od ostalih uzoraka, također su u presjeku vidljive pore i zaostala zrna minerala i/ili stijena.



Slika 6.9. Uzorci keramike (KS1, KS2, KS3, KS4). Kalnik, Hrvatska

Uzorak iz Nepala (Kathmandu) (Slika 6.1.10.) je praškast i porozan, vrlo slabe čvrstoće, žute boje s trošenom i ispucanom površinom. U presjeku su vidljive pore nastale trošenjem. Uzorak je homogen, nisu vidljiva zaostala zrna minerala i/ili stijena.



*Slika 6.1.10. Uzorak iz Nepala (Kathmandu) (NK), makroskopski homogen i mekan, praškast*

B4 (Slika 6.1.11.) je uzorak iz Nacionalnog parka prirode Kruger u Južnoj Africi. Kao uzorak iz Brazila B8 pokazuje izdvajanje crvene i crne faze, a razlika između uzoraka je u veličini zrna minerala i/ili stijena koja su vidljiva u matriksu. Kod uzorka B4 su zrna izraženija

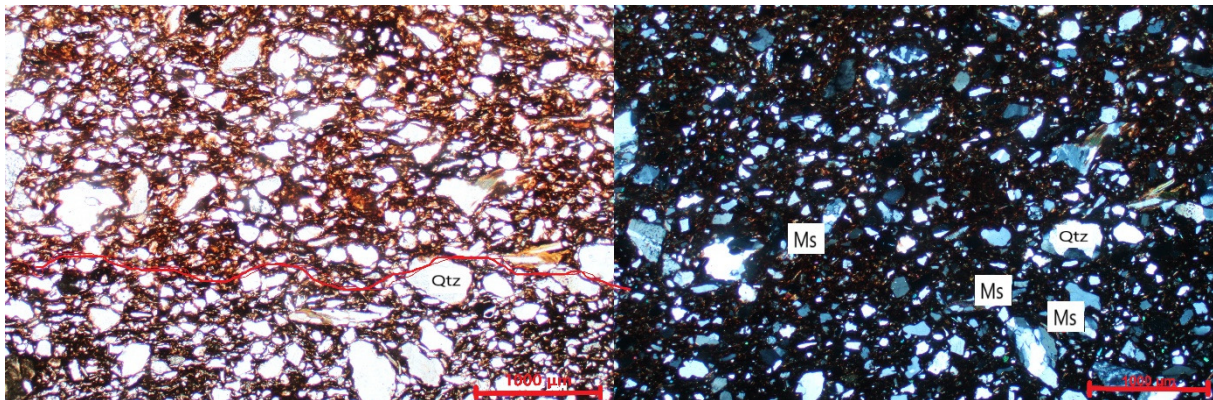


*Slika 6.11. Uzorak B4, uzorak koji pokazuje izdvajanje faza. Južnoafrička Republika, Kruger nacionalni park*

## 6.2. Mikroskopski opis uzoraka

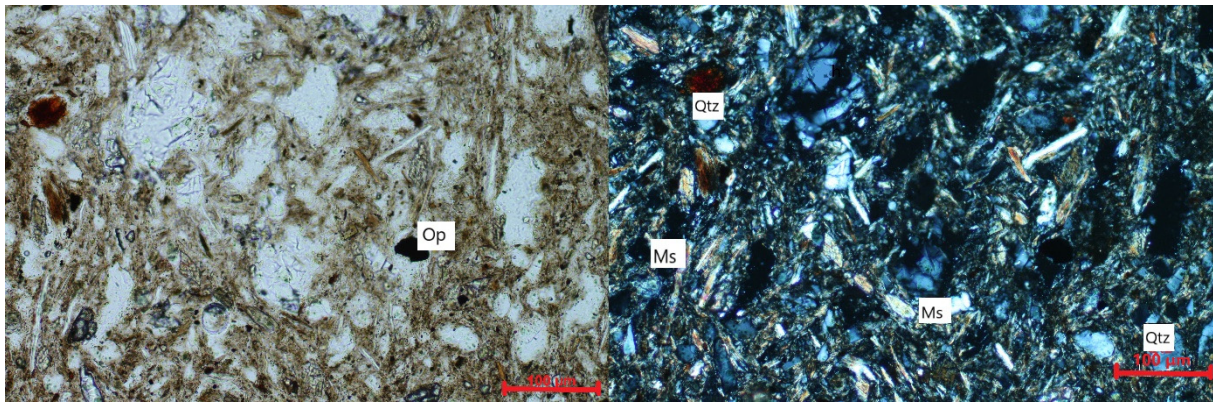
Mirokopiranjem uzoraka dobiven je uvid u teksturne značajke uzoraka, s obzirom da su uzorci dodatno usitnjavani i obrađivani za potrebe proizvodnje, nije moguće utvrditi sve mineralne faze.

Uzorakom M1.1. (Slika 6.2.1.) dominira crvenkasto-smeđi matriks. U matriksu se mogu uočiti zrna muskovita i kvarca. Na slici bez analizatora je vidljiva razlika u boji matriksa, koja je odvojena crvenom linijom. Zrna kvarca su alotriomorfna i dobro sortirana, zrna muskovita su hipidiomorfna i pokazuju izduženje duž osi b. Zrna kvarca i muskovita ne pokazuju preferiranu orijentaciju. Ostale mineralne faze koje su prisutne u uzorku su dobivene rendgenskom difrakcijom jer ih nije moguće uočiti optičkim mikroskopom na najvećem povećanju.



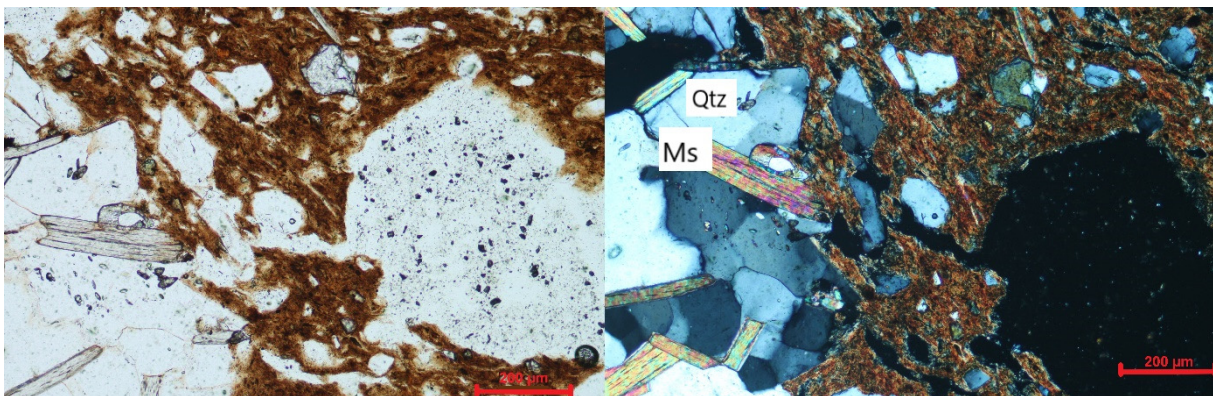
Slika 6.12. Uzorak M1.1. s lijeve strane bez analizatora je vidljiva razlika u boji matriksa, a na desnoj slici s analizatorom vidljiva su usitnjena zrna muskovita (Ms) i kvarca (Qtz)

Na uzorku M2 (Slika 6.2.2.) su vidljiva zrna muskovita, kvarca i opakih minerala, ostale minerale nije moguće jasno razlučiti ni na najvećem povećanju jer su previše usitnjeni prilikom obrade. Matriks je svijetlosmeđe boje. Zrna kvarca su alotriomorfna i loše sortirana, a zrna muskovita su hipidiomorfna i izdužena po osi b. Zrna opakih minerala su alotriomorfna. Ostale mineralne faze su prepoznate rendgenskom analizom, jer se nalaze u matriksu.



Slika 6.13. . Uzorak M2 na lijevoj slici prikazuje uzorak bez analizatora, gdje je su jasno vidljivi štapičasti i opaki minerali, a na desnoj strani su vidljivi minerali kvarca (Qtz), muskovita (Ms).

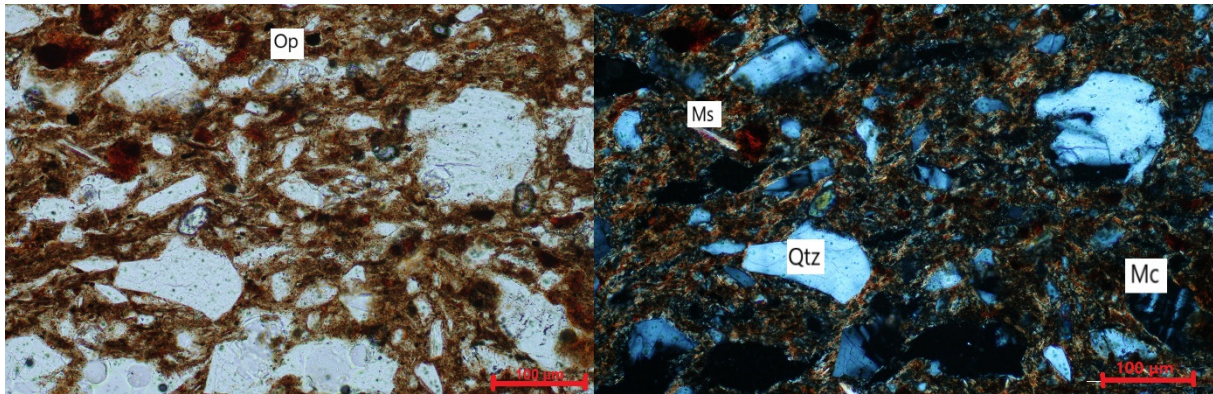
Uzorak M3 (6.2.3.) sadrži nakupine kvarca i muskovita u smeđe-crvenom matrkusu. Zrna kvarca su alortiomorfna, a zrna muskovita su izdužena duž osi b bez preferirane orijentacije. U uzorku se zrna kvarca pojavljuju u dva oblika: kao nakupine različito orijentiranih sraslih zrna i kao slobodna zrna. Zrna kvarca i muskovita su jedine faze vidljive optičkim mikroskopom, ostale mineralne faze se nalaze u matriksu i utvrđene su rendgenskom difrakcijom.



Slika 6.14 Uzorak M3 je s lijeve strane bez analizatora, od mineralnih faza su vidljivi muskovit (MS) i kvarc (Qzt), te smeđi matriks, na desnoj slici je uzorak s analizatorom.

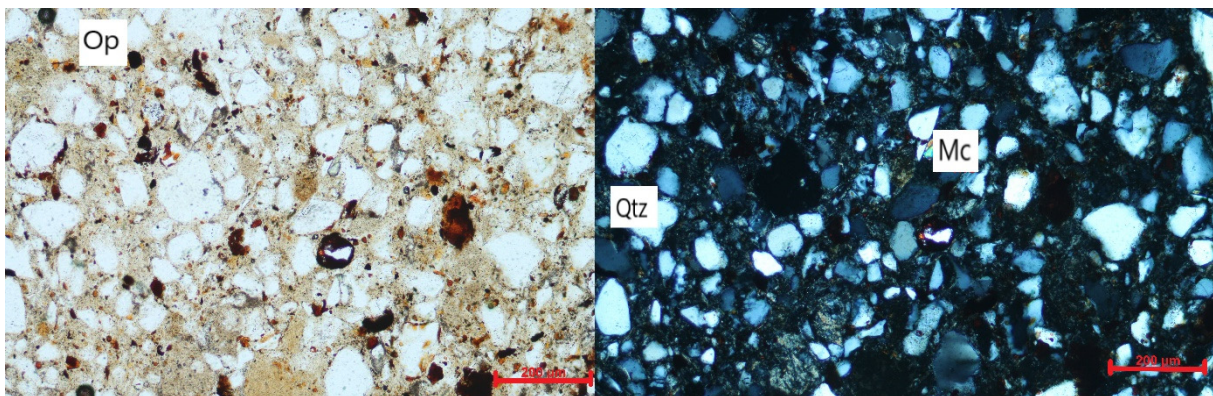
Uzorak M5 (Slika 6.2.4.) sadrži mineralna zrna kvarca, mikrokлина, muskovita i opakih minerala, a ostale mineralne faze se nalaze usitnjeni u matriksu i nije ih moguće točno tvrditi ni pod najvećim povećanjem. Zrna kvarca i mikrokлина su alotriomorfna i loše sortirana, a zrna muskovita hipidiomorfna i izdužena duž osi b. U uzorku nije uočena preferirana orijentacija izduženih zrna muskovita. Opaki minerali su alotriomorfni. Mineralne faze iz matriksa utvrđene su rendgenskom difrakcijom.





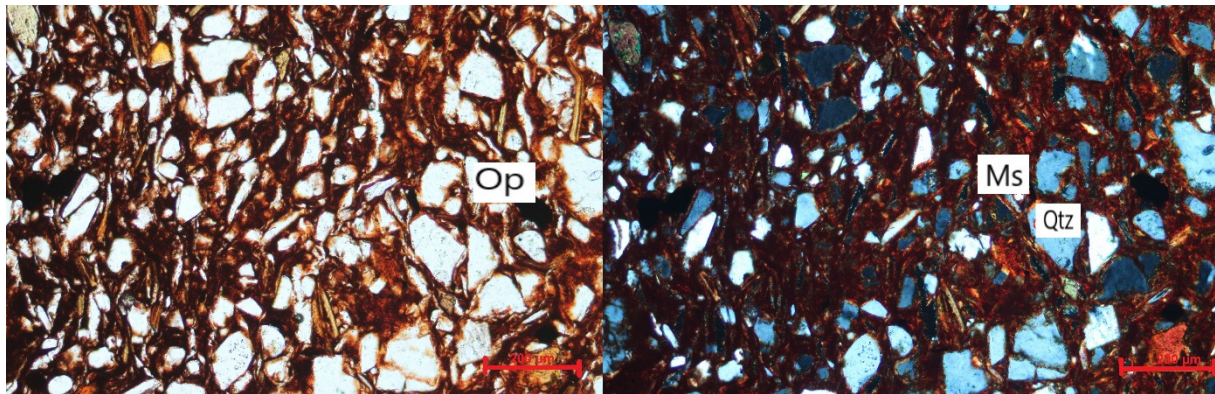
Slika 6.2.4. Uzorak M5, na lijevoj strani je uzorak bez analizatora gdje je vidljiv smeđi matriks, a s desne strane je prikazan s uključenim analizatorom. Uočena su zrna mikrokлина (Mc), kvarca (Qtz), muskovita (Ms) i opakih minerala (Op)

Uzorak B3 (Slika 6.2.5.) sadrži minerale mikrokлина i kvarca i opakih minerala, ostali minerali su u matriksu i nije ih moguće zapaziti optičkim mikroskopom. Matriks je ružičaste boje sa smeđim uklopcima. Zrna kvarca su alotriomorfna i dobro sortirana. Zrna mikrokлина su alotriomorfna i usitnjenija od zrna kvarca. Zrna opakih minerala su alotriomorfna. Mineralni sastav matriksa je utvrđen rendgenskom difrakcijom.



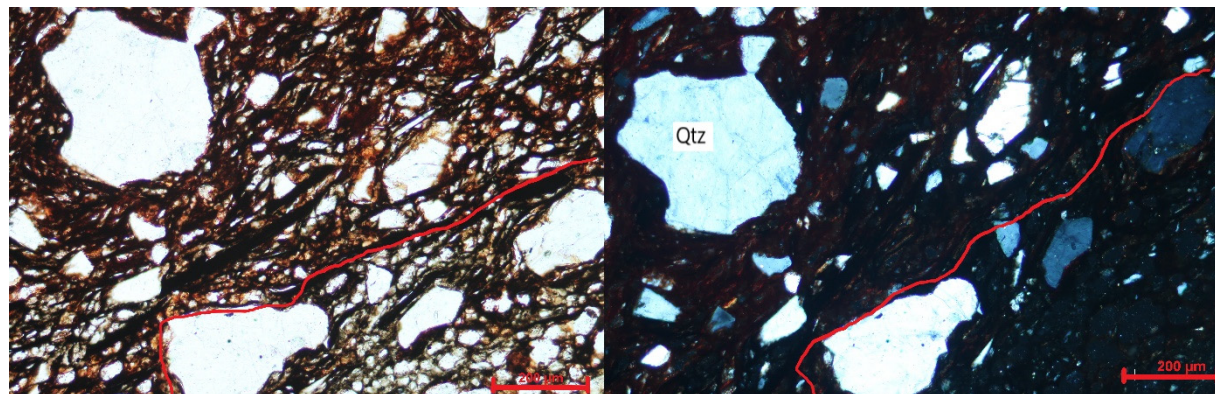
Slika 6.2.5. Mikroskopski uzorak B3 s lijeve je bez analizatora i pokazuje zrna podjednake veličine uronjene u ružičasti matriks. S desne strane je prikazan uzorak bez analizatora. Uočena su mineralna zrna mikrokлина (Mc), kvarca (Qtz) i opakih minerala (Op)

Uzorak B6 (Slika 6.2.6.) sadrži minerale kvarca, muskovita i opakih minerala koji su vidljivi mikroskopom, a ostale mineralne faze nije moguće utvrditi, jer se nalaze usitnjene u matriksu. Matriks je smeđe boje. Zrna kvarca su alotriomorfna i dobro sortirana. Zrna muskovita su hipidiomorfna i izdužena duž osi b, također su orijentirana u jednom smjeru.



Slika 6.15. Mikroskopski uzorak B6 s lijeve je bez analizatora i pokazuje zrna podjednake veličine uronjene u crveni matriks. S desne strane je prikazan uzorak bez analizatora. Uočena su mineralna zrna muskovita (*Ms*), kvarca (*Qtz*) i opakih minerala (*Op*).

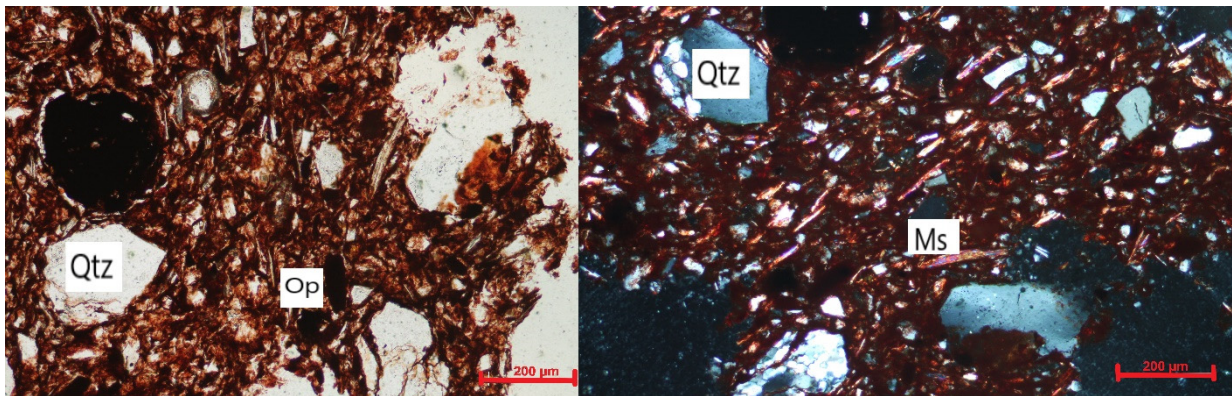
U uzorku B8 (Slika 6.2.7.) su zapažena mineralna zrna kvarca. Zrna kvarca su loše sortirana i alotriomorfna. Matriks je izdvojen u crvenu i smeđu fazu. Mineralni sastav matriksa je utvrđen rendgenskom difrakcijom na prahu.



Slika 6.16. Mikroskopski uzorak B8 s lijeve strane je bez analizatora, a s desne strane s analizatorom.

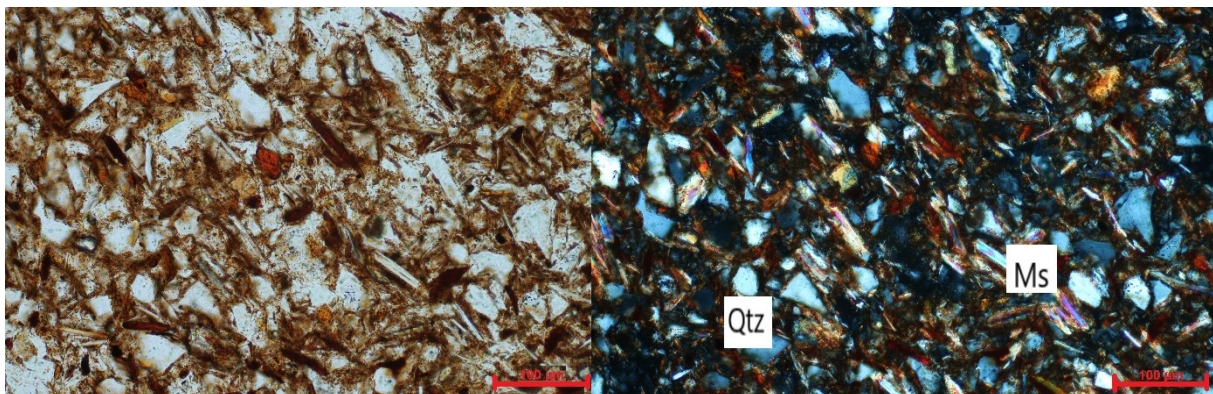
Crvena linija označava granicu promjene boje u matriksu.

Uzorak KC1 (Slika 6.2.8.) sadrži minerale kvarca, muskovita i opakih minerala. Zrna kvarca su alotriomorfna i loše graduirana. Zrna muskovita su hipidiomorfna i izdužena duž osi *b*. Matriks je crvene boje. Zrna muskovita pokazuju preferiranu orijentaciju u matriksu. Ostale mineralne faze nije moguće utvrditi optičkim mikroskopom, stoga su utvrđene rendgenskom difrakcijom na prahu.



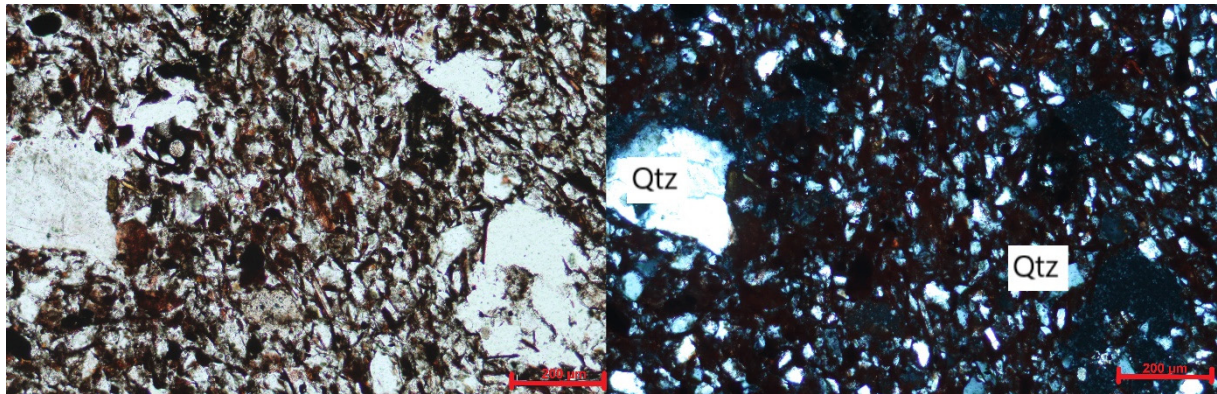
Slika 6.17. Uzorak KC1 prikazan s uključenim analizatorom (desno) i bez analizatora (lijevo). Vidljiva su zrna muskovita (Ms), kvarca (Qtz) i opakih minerala (Op)

Uzorak KC2 (Slika 6.2.9.) sadrži kvarc i muskovit. Kao i u prethodnim uzorcima, zrna muskovita su izdužena i pokazuju preferiranu orijentaciju, a zrna kvarca su alotriomorfna i dobro sortirana. Matriks je smeđe boje. Ostala mineralna zrna su usitnjena i teško ih je razaznati i pod najvećim povećanjem, stoga su utvrđena rendgenskom difrakcijom na prahu.



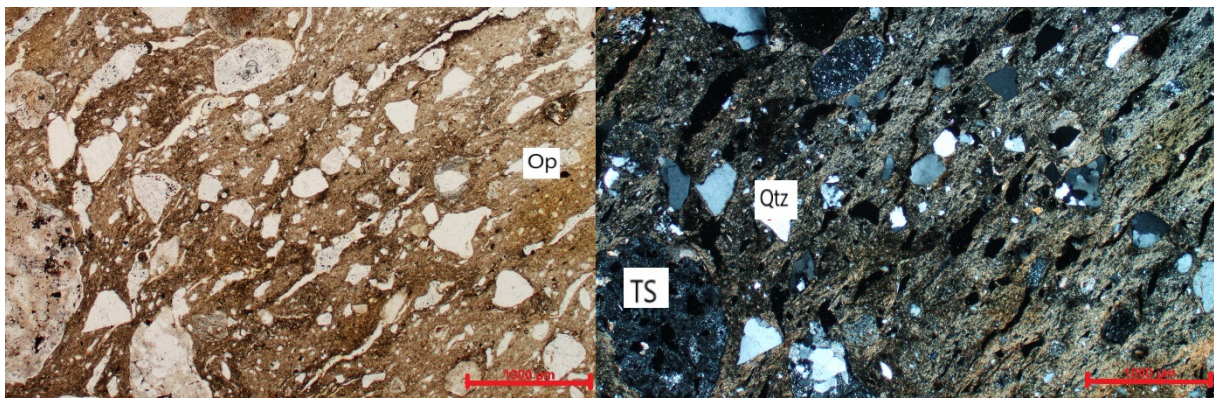
Slika 6.18. Prikazuje uzorak KC2, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala Muskovita (Ms) i kvarca (Qtz)

Uzorak KC3 (Slika 6.2.10.) sadrži kvarc, a ostale mineralne faze nije moguće razaznati optičkim mikroskopom jer se nalaze u matriksu. Zrna kvarca su alotriomorfna i dobro graduirana uz koji iznimku. Matriks je crvene boje. Mineralne faze iz matriksa su utvrđene rendgenskom difrakcijom.



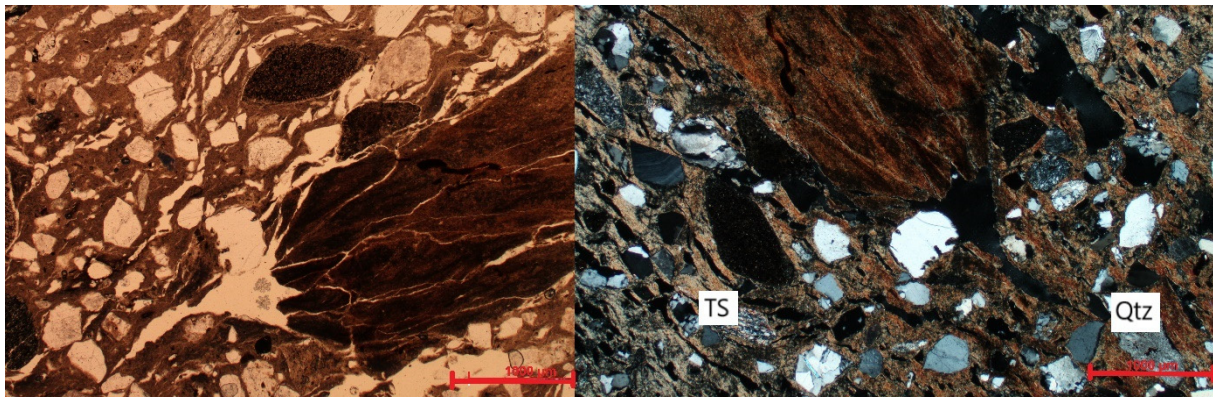
*Slika 6.19. Prikazuje uzorak KC3, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz)*

Uzorak KS3 (Slika 6.2.11.) sadrži zrna kvarca, opakih minerala i fragmenata stijena, ostala zrna nisu vidljiva optičkim mikroskopom. Na mjestima sadrži nakupine usitnjenog materijala kojemu je većinski sadržaj kvarc. Zrna kvarca su alotriomorfna i loše graduirana. Matriks je smeđe boje. U matriksu se mogu razaznati pukotine koje se protežu uzorkom paralelno svom izduženju.



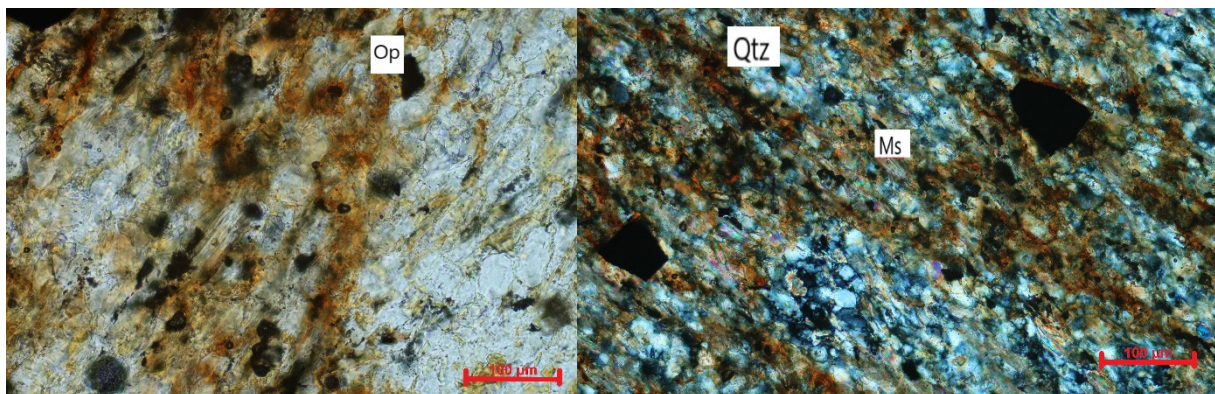
*Slika 6.20. Prikazuje uzorak KS3, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz), opakih minerala (Op) i fragmenata stijena (TS)*

Uzorak KS4 (Slika 6.2.12.) sadrži kvarc i fragmente stijena. Kvarc se pojavljuje u nakupinama i samostalno. Kvarc je alotriomorfna i loše graduirana. Zrna su preferirano orijentirana paralelno izduženju. Matriks je smeđe boje. Ostale mineralne faze nije moguće uočiti optičkim mikroskopom jer je materijal previše usitnjen, stoga su utvrđenje rendgenskom difrakcijom.



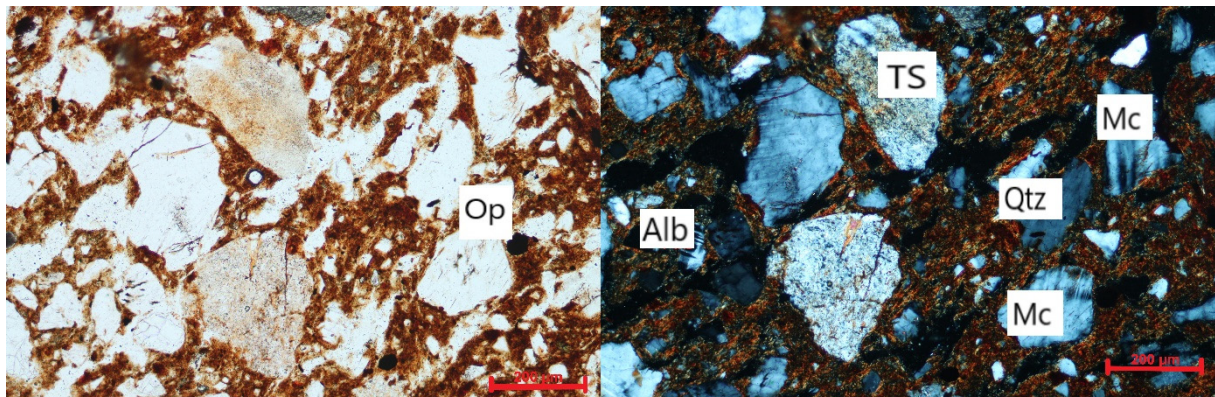
Slika 6.2.12. Prikazuje uzorak KS4, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala kvarca (Qtz) i fragmenti stijene (TS)

Uzorak NK (Slika 6.2.13.) sadrži kvarc, muskovit i opake minerale. Kvarc je alotriomorfna i dobro sortiran, a srna muskovita su hipidiomorfna s preferiranom orijentacijom (paralelno izduženju). Matriks je smeđe boje. Mineralne faze u matriksu su utvrđene rendgenskom difrakcijom.



Slika 6.2.13. Prikazuje uzorak NK, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala Muskovita (Ms) i kvarca (Qtz) i opakih minerala (Op)

Uzorak B4 (Slika 6.2.14.) sadrži albit, mikroklin i kvarc, opake minerale i fragmente stijena. Zrna su alotriomorfna i loše graduirana. Pukotine unutar matriksa su blago orijentirane. Matriks je smeđe-crvne boje. S obzirom da mikroskopom nije bilo moguće utvrditi mineralni sastav matriksa, mineralni sastav je dobiven rendgenskom difrakcijom.

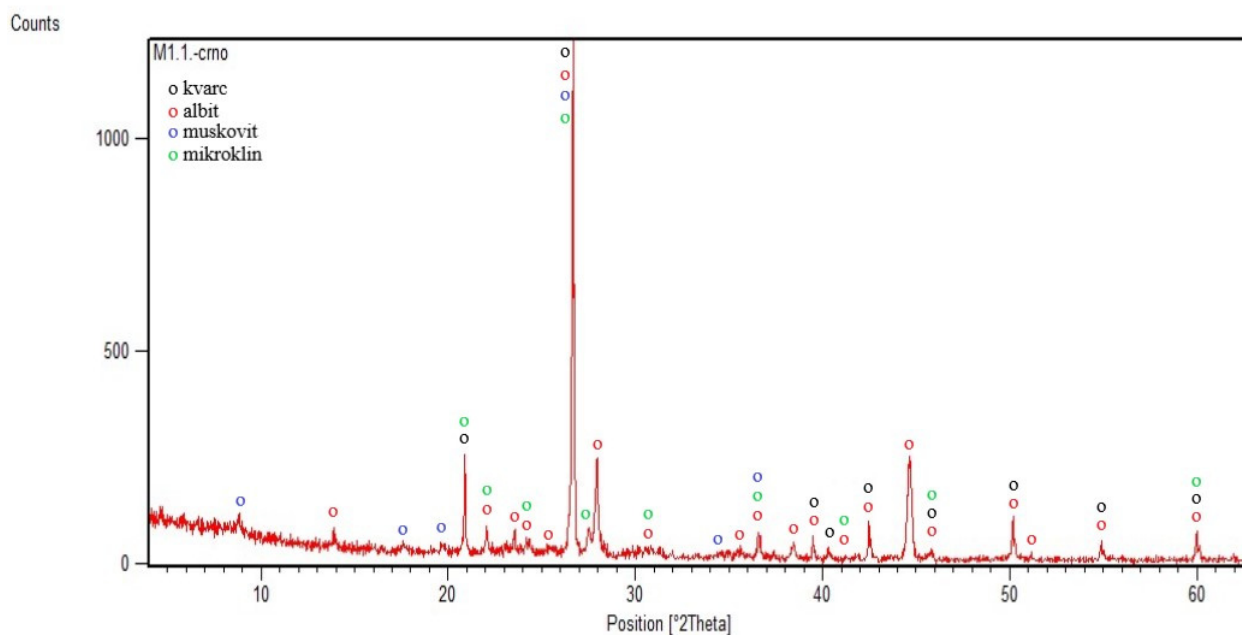


Slika 6.21. Prikazuje uzorak B4, slika s lijeve strane je uslikana bez analizatora, a slika s desne strane je uslikana s analizatorom. Razaznaju se zrna minerala albita (Alb), mikroklina (Mc), kvarca (Qtz), opakih minerala (Op) i fragmenata stijena (TS)

### 6.3. Rendgenska difrakcija na prahu

Rendgenskom difrakcijskom analizom praha analizirano je ukupno 16 uzoraka: M1.1-crno, M2, M3, B3-ružičasto, B3- crveno, B6, B8-crno, B8-crveno KC1, Kc2, Kc3, KS1, KS2, KS3, KS4, NK, B4-crno, B4-crveno. U nastavku su rezultati prikazani u vidu rendgenograma uz koje su priložene tablice korištenih kartica minerala pri interpretaciji. Tablice očitanih rendgenskih difrakcijskih maksimuma nalaze se u prilogu.

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku M1.1-crno određeni su kvarc, albit, muskovit, mikroclin (Dijagram 6.1.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.1.

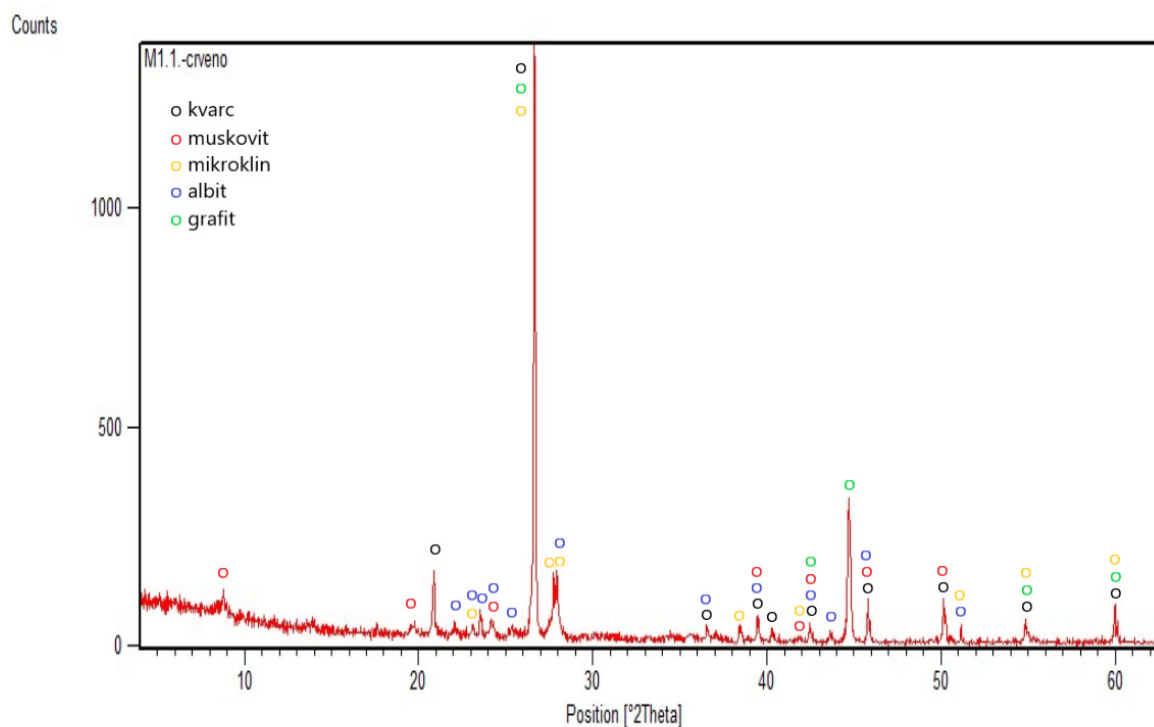


Dijagram 6.1. Rendgenogram uzorka M1.1-crno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-070-3755	Kvarc	SiO <sub>2</sub>
01-070-3752	Albit	(Na <sub>0.98</sub> Ca <sub>0.02</sub> )(Al <sub>1.02</sub> Si <sub>2.98</sub> O <sub>8</sub> )
00-007-0042	Muskovit	(K, Na)(Al, Mg, Fe) <sub>2</sub> (Si <sub>3.1</sub> Al <sub>0.9</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
00-001-0705	Mikroclin	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

Tablica 6.1 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka opeke M1.1-crno

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku M2 određeni su kvarc, albit, mikroclin, grafit, mikroclin (Dijagram 6.2.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.2.



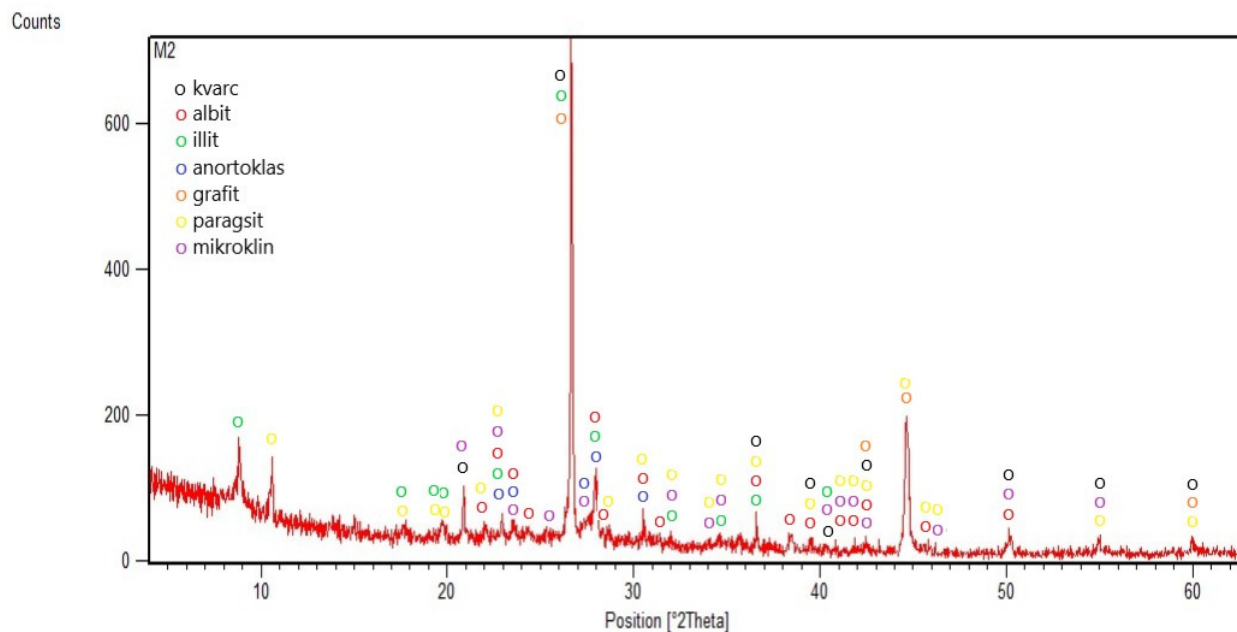
Dijagram 6.2. Rendgenogram uzorka M1.1-crveno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-083-2465	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
00-025-0284	Grafit	C
00-009-0466	Albit	Na Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
00-007-0042	Muskovit	( K , Na ) ( Al , Mg , Fe ) <sub>2</sub> ( Si <sub>3.1</sub> Al <sub>0.9</sub> ) O <sub>10</sub> ( O H ) <sub>2</sub>
00-001-0705	Mikroklin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

Tablica 6.2. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka opeke M1.1-crno

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku M2 određeni su kvarc, albit, illit, mikroklin, anortoklas, grafit, paragsit (Dijagram 6.3.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.3.



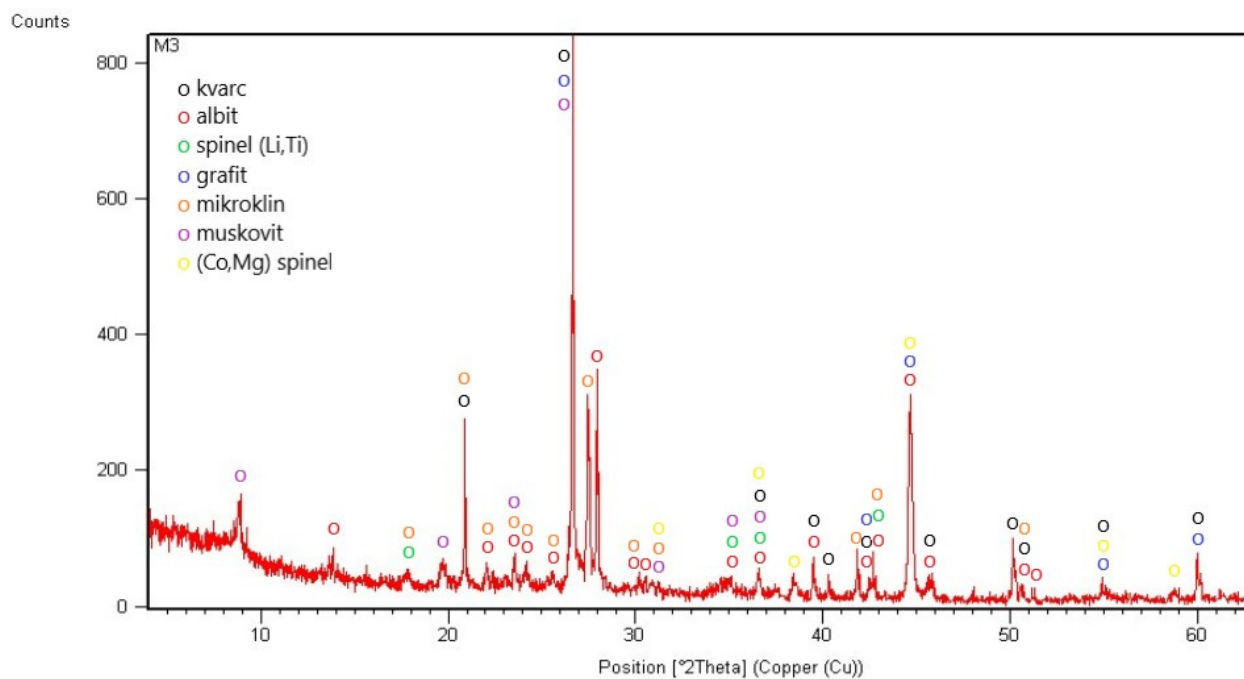


Dijagram 6.3. Rendgenogram uzorka M2

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-078-2315	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-041-1480	Albit	$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$
00-026-0911	Illit	$(\text{K,H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$
00-010-0361	Anortoklas	$\text{Na}_{0.71}\text{K}_{0.29}\text{Al Si}_3\text{O}_8$
01-089-8487	Grafit	C
01-084-2119	Pargasit	$\text{Na}_{3.38}\text{Ca}_{1.7}\text{Mg}_{3.34}\text{Fe}_{1.77}(\text{Al}_{1.8}\text{Si}_{6.2})\text{O}_{23}(\text{OH})$
01-076-0826	Mikrolin	$\text{K}_{.871}\text{Na}_{.120}\text{Rb}_{.008}\text{Al}_{0.94}\text{Si}_{3.06}\text{O}_8$

Tablica 6.3. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka M2

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku M3 određeni su kvarc, albit, grafit, mikroklin, spinel (Li,Ti), (Co, Mg) spinel (Dijagram 6.4.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.4.

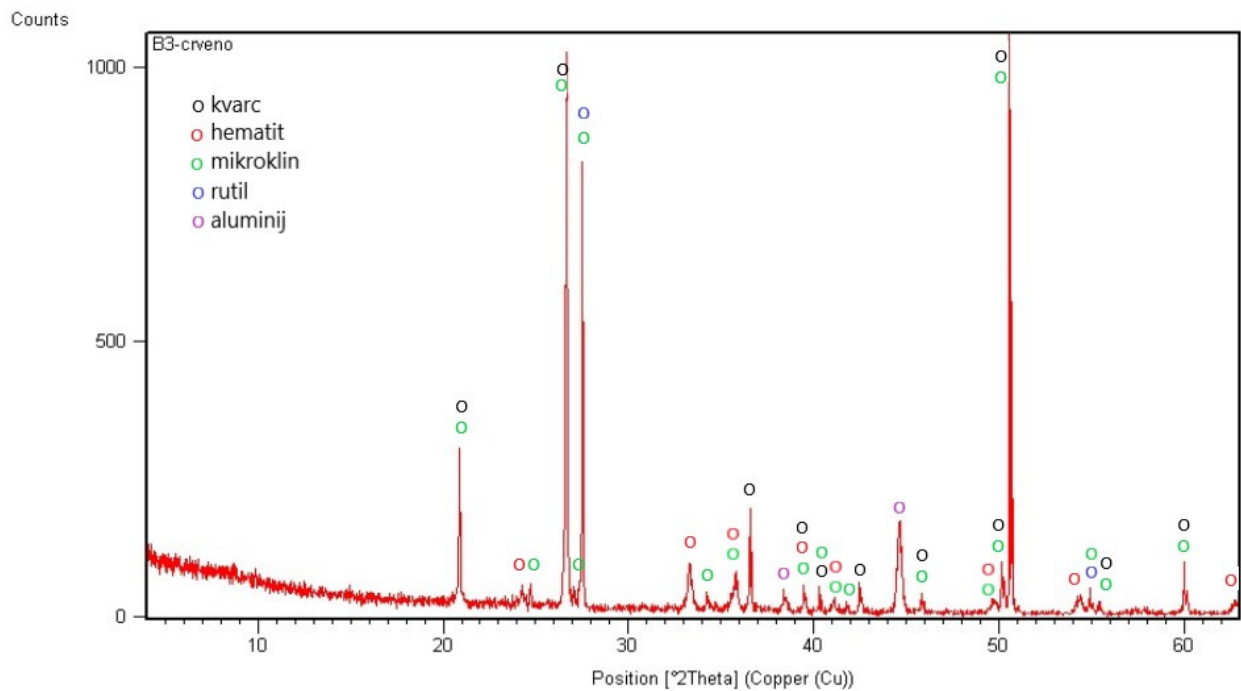


Dijagram 6.4. Rendgenogram uzorka M3

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0795	Kvarc	SiO <sub>2</sub>
00-009-0466	Albit	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
01-082-1616	Spinel (Li, Ti)	Li <sub>1.14</sub> Ti <sub>1.8</sub> O <sub>4</sub>
00-025-0284	Grafit	C
00-012-0703	Mikroklin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
00-007-0042	Muskovit	(K,Na)(Al,Mg,Fe) <sub>2</sub> (Si <sub>3.1</sub> Al <sub>0.9</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
00-001-1130	(Co,Mg) Spinel	Co <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>

Tablica 6.4. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka M3

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, hematit, rutil i aluminij (Dijagram 6.5.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.5.

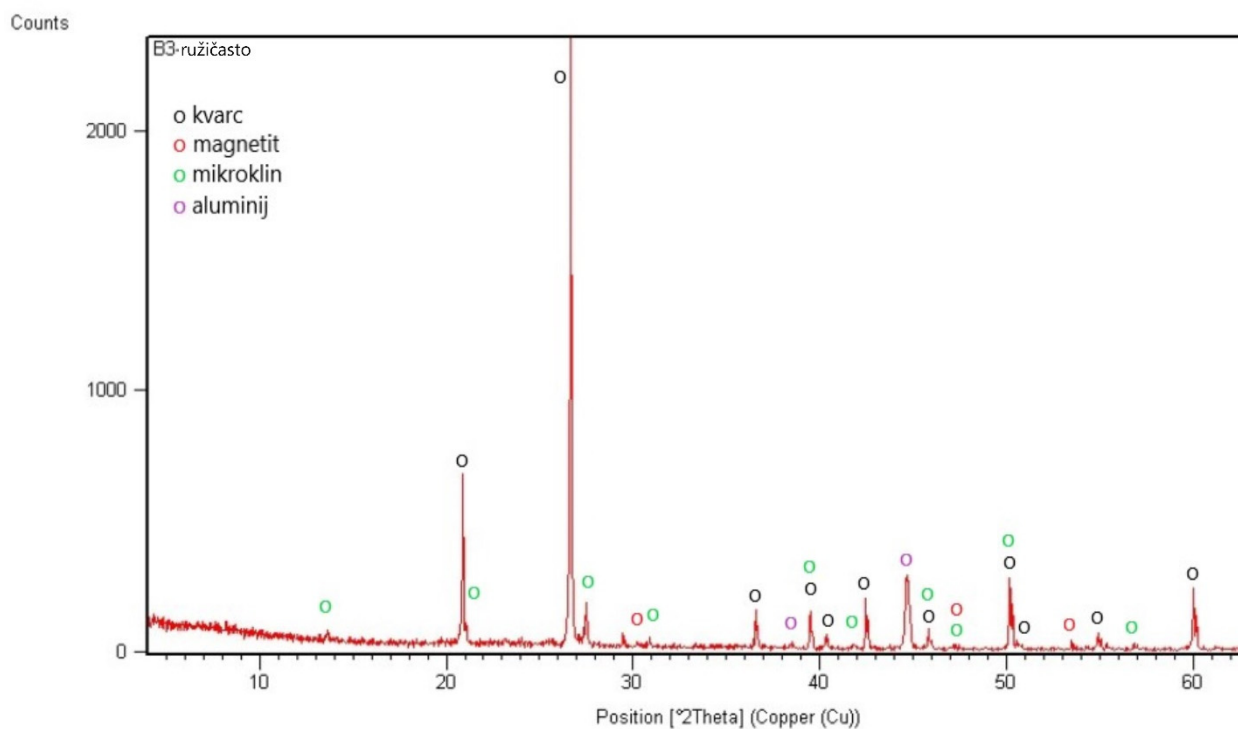


Dijagram 6.5. Rendgenogram uzorka B3-crveno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0930	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
01-089-8103	Hematit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
00-034-0180	Rutil	TiO <sub>2</sub>
01-076-0828	Mikroklin	K <sub>0.89</sub> Na <sub>0.1</sub> Ba <sub>0.01</sub> Al <sub>0.99</sub> Si <sub>3.01</sub> O <sub>8</sub>
01-085-1327	Aluminij	Al

Tablica 6.5 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B3-crveno

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.6.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.6.

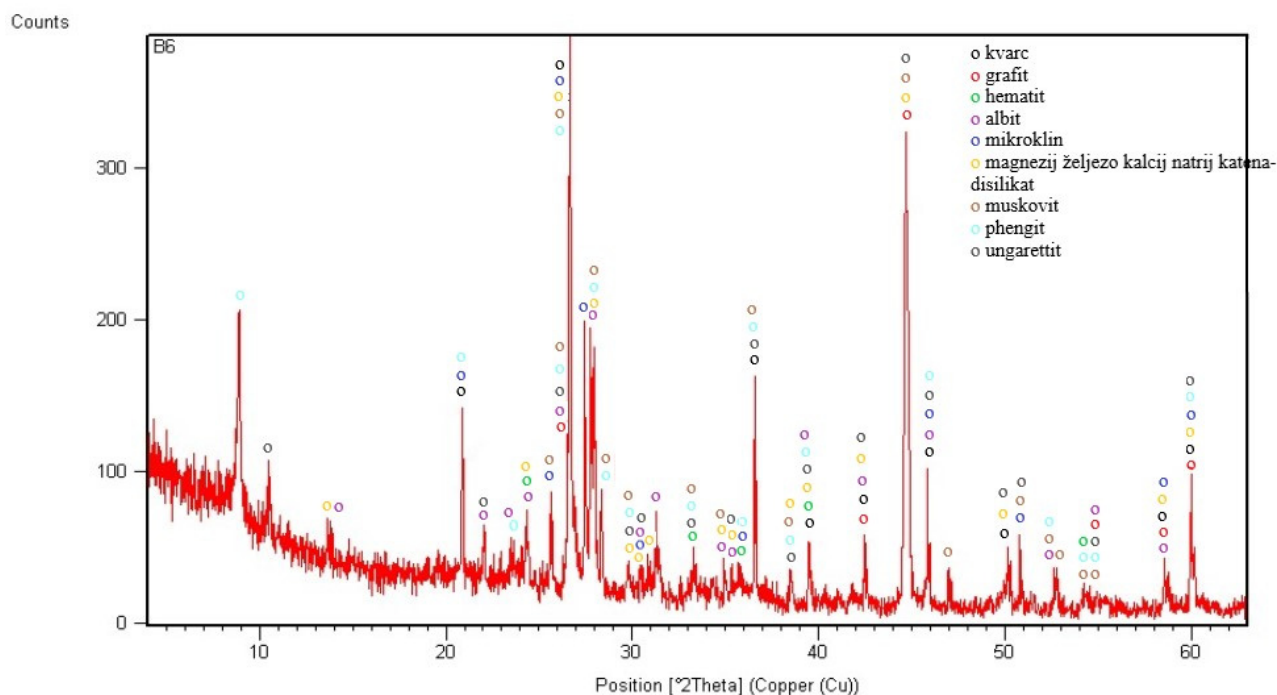


Dijagram 6.6. Rendgenogram uzorka B3-ružičasto

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0930	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
01-085-1327	Aluminij	Al
00-019-0932	Mikroklin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
01-089-0950	Magnetit	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>

Tablica 6.6 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B3-ružičasto

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, hematit, muskovit, phengit, ungaretit, albit, grafit, magnezij željezo kalcij natrij katen-disilikat (Dijagram 6.7.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.7.

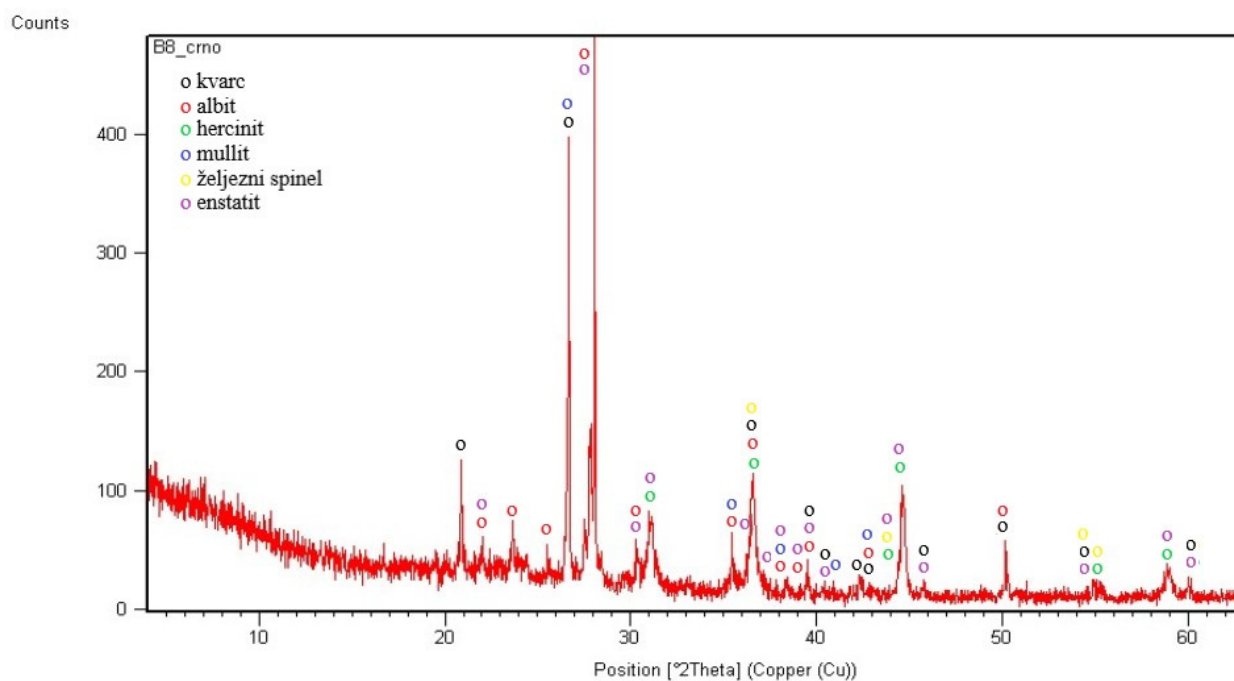


Dijagram 6.7. Rendgenogram uzorka B6

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-083-0539	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-008-0415	Grafit	C
01-089-2810	Hematit	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
00-020-0554	Albit	$\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$
00-001-0705	Mikroklin	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$
01-086-0003	Magnezij-željezo-kalcij-natrij katena-disilikat	$(\text{Mg}_{0.937}\text{Fe}_{0.063})(\text{Ca}_{0.751}\text{Na}_{0.231}\text{Fe}_{0.018})(\text{Si}_{1.77}\text{Al}_{0.23}\text{O}_6)$
01-074-0345	Muskovit	$\text{K Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
01-089-7537	Phengit	$\text{K}(\text{Al,Fe})_2 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10}(\text{OH})_2$
01-083-0641	Ungarettit	$(\text{Na}_{0.83}\text{K}_{0.15})(\text{Na}_{1.97}\text{Ca}_{0.03})(\text{Mn}_{0.94}\text{Mg}_{0.06})(\text{Mn}_{1.78}\text{Mg}_{0.22})\text{Mn}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})\text{O}_2$

Tablica 6.7 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B6

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, albit, hercinit, mullite, spinel, enstatite (Dijagram 6.8.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.8.

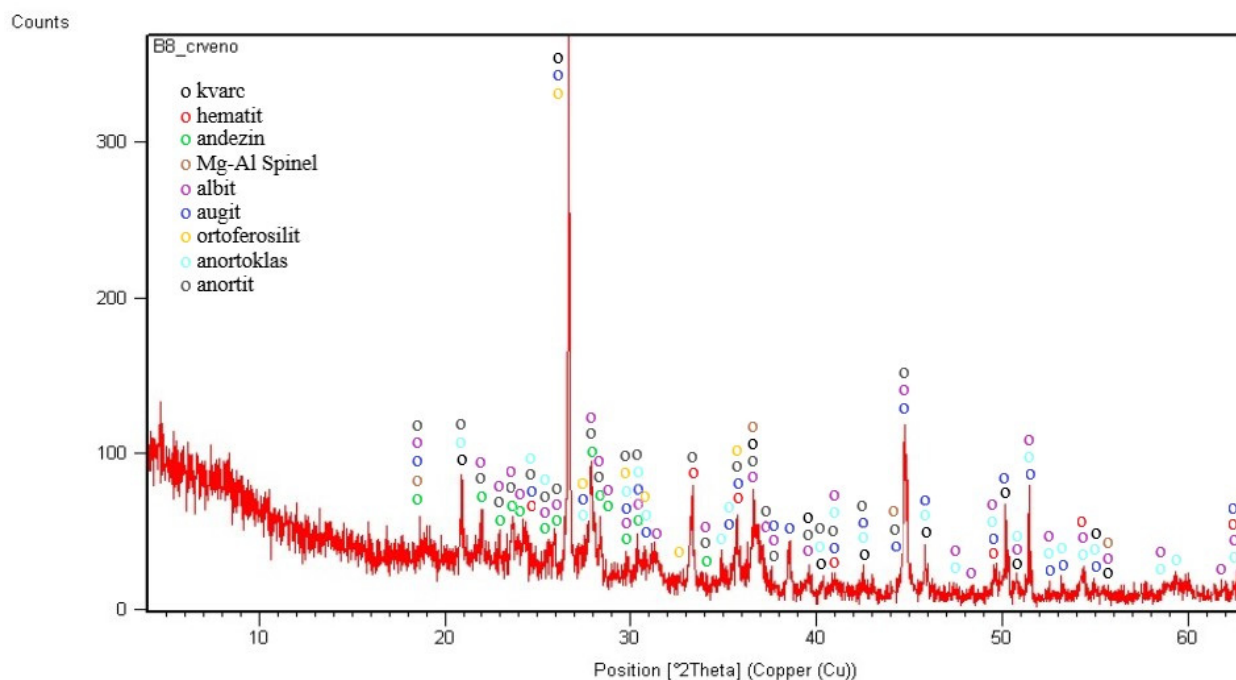


Dijagram 6.8. Rendgenogram uzorka B8-crno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
00-046-1045	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-010-0393	Albit	$\text{Na ( Si}_3\text{ Al ) O}_8$
01-082-0580	Hercinit	$( \text{Fe}_{0.808} \text{Al}_{0.192} ) ( \text{Al}_{1.808} \text{Fe}_{0.192} ) \text{O}_4$
00-002-1160	Mullit	$3 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 \cdot 2 \text{ Si O}_2$
00-021-0540	Spinel	$\text{Mg ( Al , Fe )}_2 \text{ O}_4$
01-074-1393	Enstatit	$\text{Fe}_{.155} \text{Mg}_{.845} \text{Si O}_3$

Tablica 6.8. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B8-crno

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, hematit, andezin, Mg-Al spinel, albit, augite, anortoklas, orthoferrosilit, anortit (Dijagram 6.9.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.9.

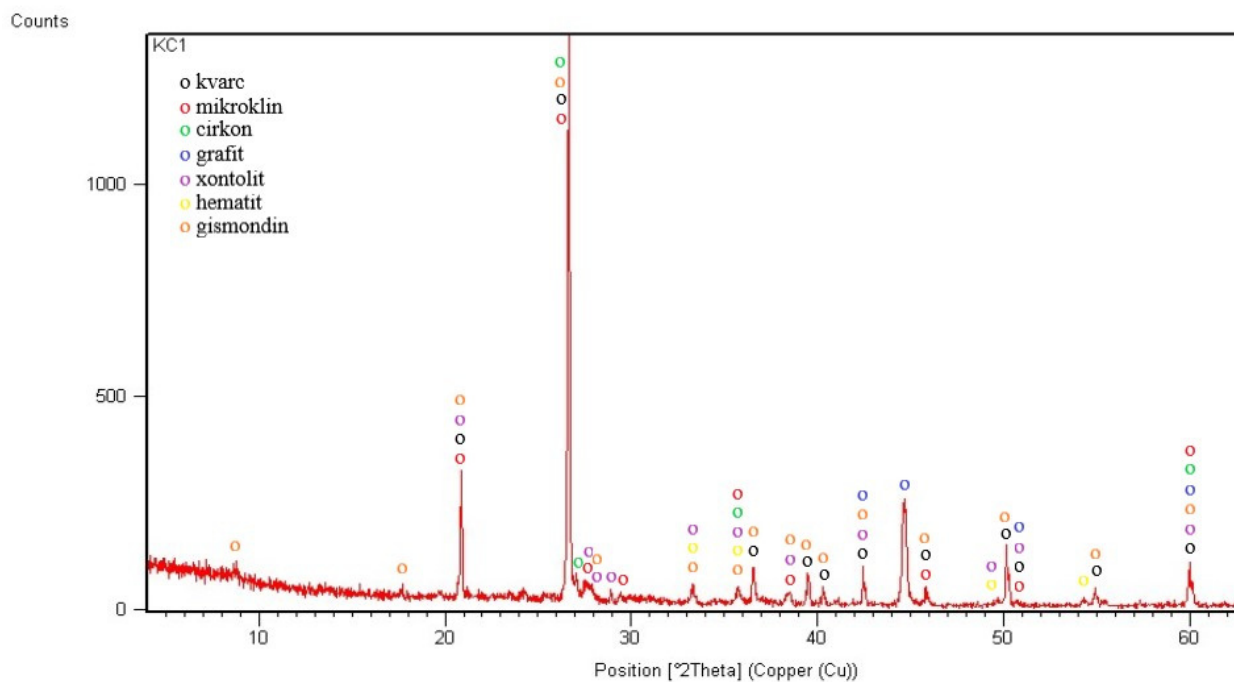


Dijagram 6.9. Rendgenogram uzorka B8-crveno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0796	Kvarc	$\text{Si O}_2$
01-089-8103	Hematit	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
00-010-0359	Andezin	$0.62 \text{ Na Al Si}_2 \text{O}_8 \cdot 0.38 \text{ Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$
01-086-0091	Mg-Al Spinel	$(\text{Mg}_{0.73} \text{Al}_{0.27}) (\text{Al}_{0.865} \text{Mg}_{0.135})_2 \text{O}_4$
00-020-0548	Albit	$(\text{Na}, \text{Ca}) (\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_8$
01-088-0853	Augite	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti}) (\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Na}, \text{Mg}) (\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_6$
01-087-0684	Anortoklas	$(\text{K}_{0.93} \text{Na}_{0.07}) (\text{Al Si}_3 \text{O}_8)$
00-017-0547	Orthoferrosilit	$\text{Fe Si O}_3$
01-073-1435	Anortit	$\text{Ca} (\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8)$

Tablica 6.9. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B8-crveno

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikrokline, zircon, grafit, xonotlit, hematit, gismondin (Dijagram 6.10.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Data) navedeni su u tablici 6.10.



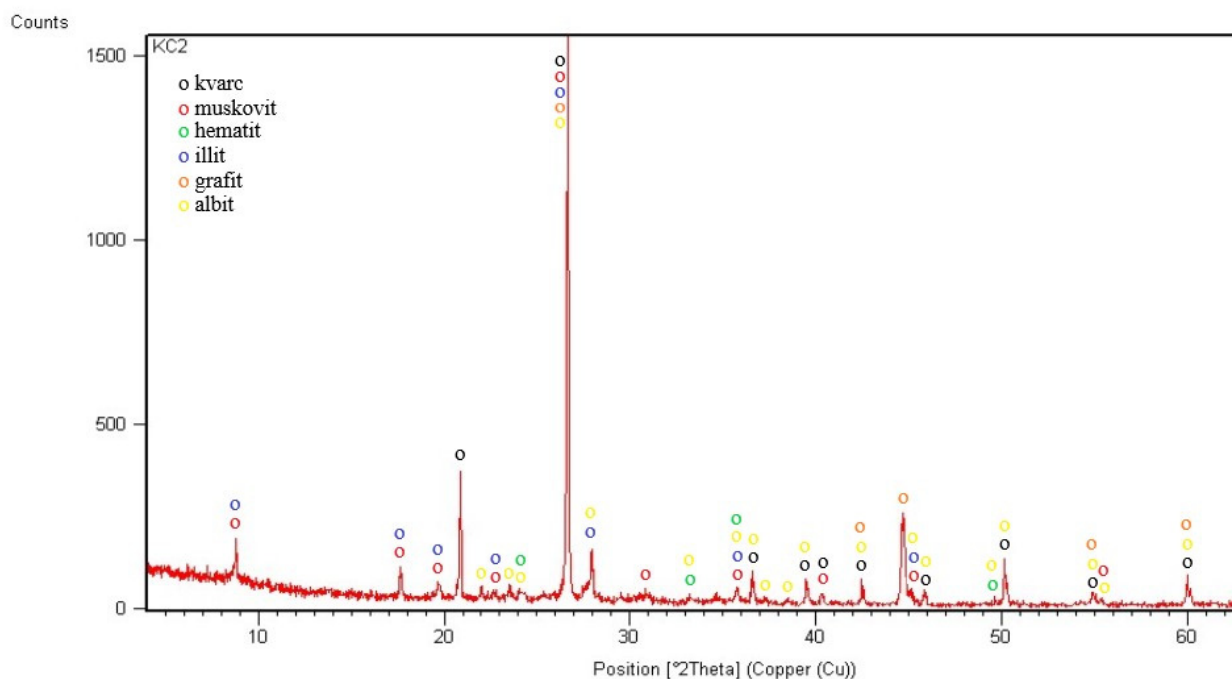
Dijagram 6.10. Rendgenogram uzorka KC1

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-070-3755	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-001-0705	Mikroklin	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$
01-083-1376	Zircon	$\text{Zr Si O}_4$
01-089-7213	Grafit	$\text{C}$
00-029-0379	Xonotlit	$\text{Ca}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{17} (\text{OH})_2$
00-001-1053	Hematit	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
00-020-0452	Gismondin	$\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$

Tablica 6.10 Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC1

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, muskovit, hematit, illit, grafit, albit (Dijagram 6.11.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.11.



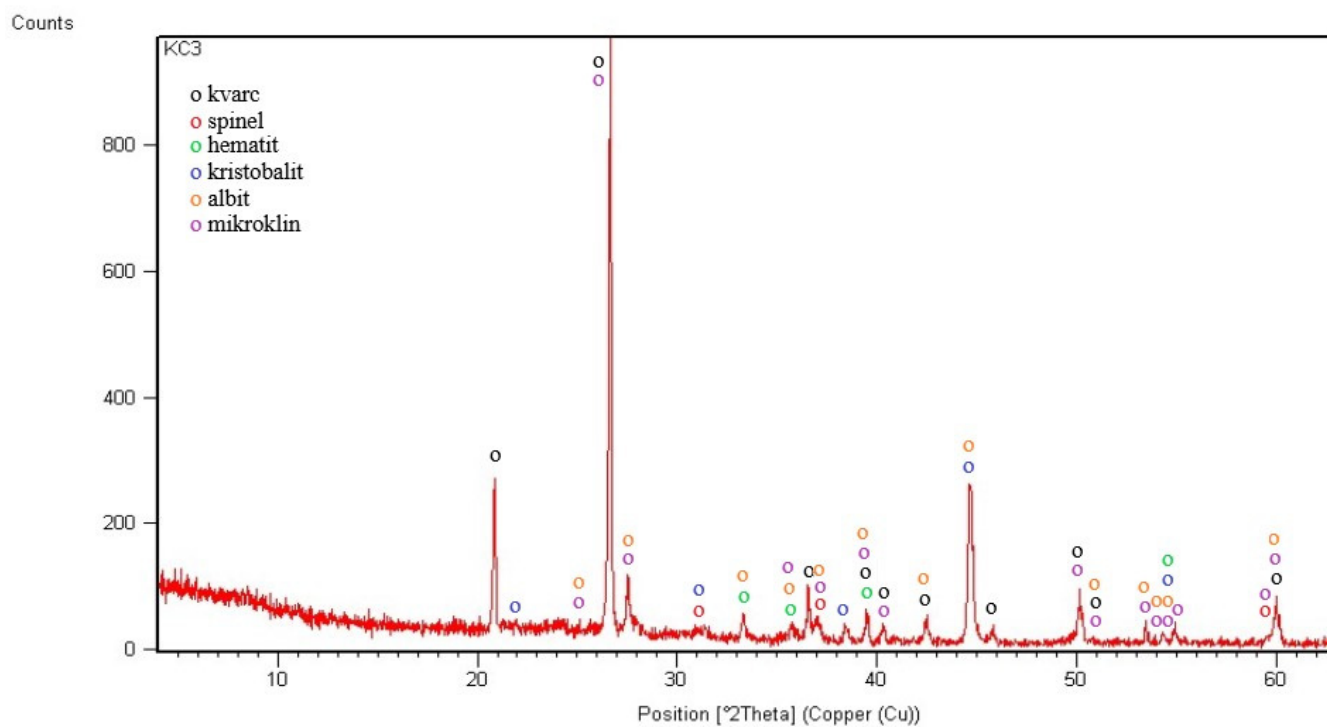


Dijagram 6.11. Rendgenogram uzorka KC2

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-070-3755	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-007-0042	Muskovit	$(\text{K,Na})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{Si}_{3.1}\text{Al}_{0.9})\text{O}_{10}(\text{O H})_2$
00-001-1053	Hematit	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
00-026-0911	Illit	$(\text{K,H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$
00-025-0284	Grafit	$\text{C}$
01-070-3752	Albit	$(\text{Na}_{0.98}\text{Ca}_{0.02})(\text{Al}_{1.02}\text{Si}_{2.98}\text{O}_8)$

Tablica 6.11. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC2

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, muskovit, hematit, spinel, kristobalit, albit (Dijagram 6.12.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.12.

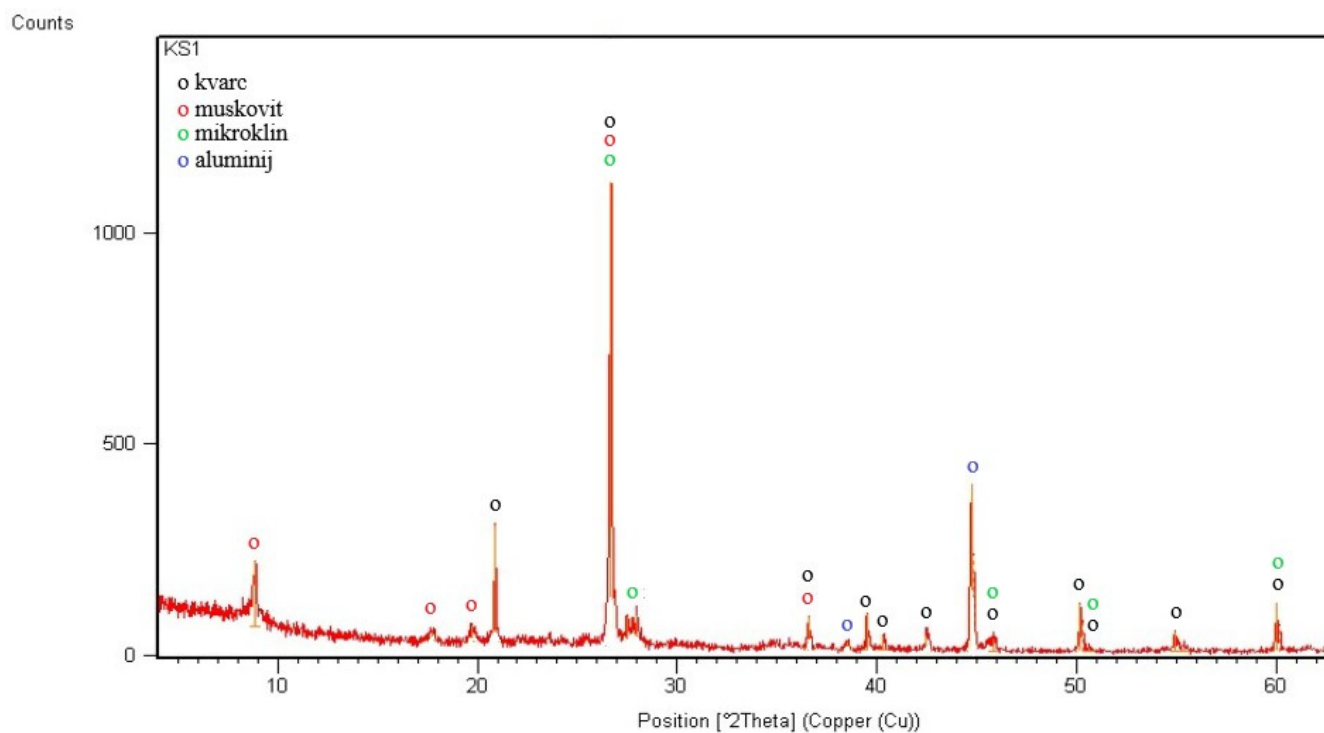


Dijagram 6.12. Rendgenogram uzorka KC3

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-070-3755	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
01-078-1603	Spinel	Cu <sub>0.5</sub> Ni <sub>0.5</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
00-013-0534	Hematit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
00-004-0379	Kristobalit	Si O <sub>2</sub>
01-083-1613	Albit	Na ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )
01-087-1788	Mikroklin	K ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )

Tablica 6.12. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KC3

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, muskovit, hematit, spinel, kristobalit, albit (Dijagram 6.13.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.13.

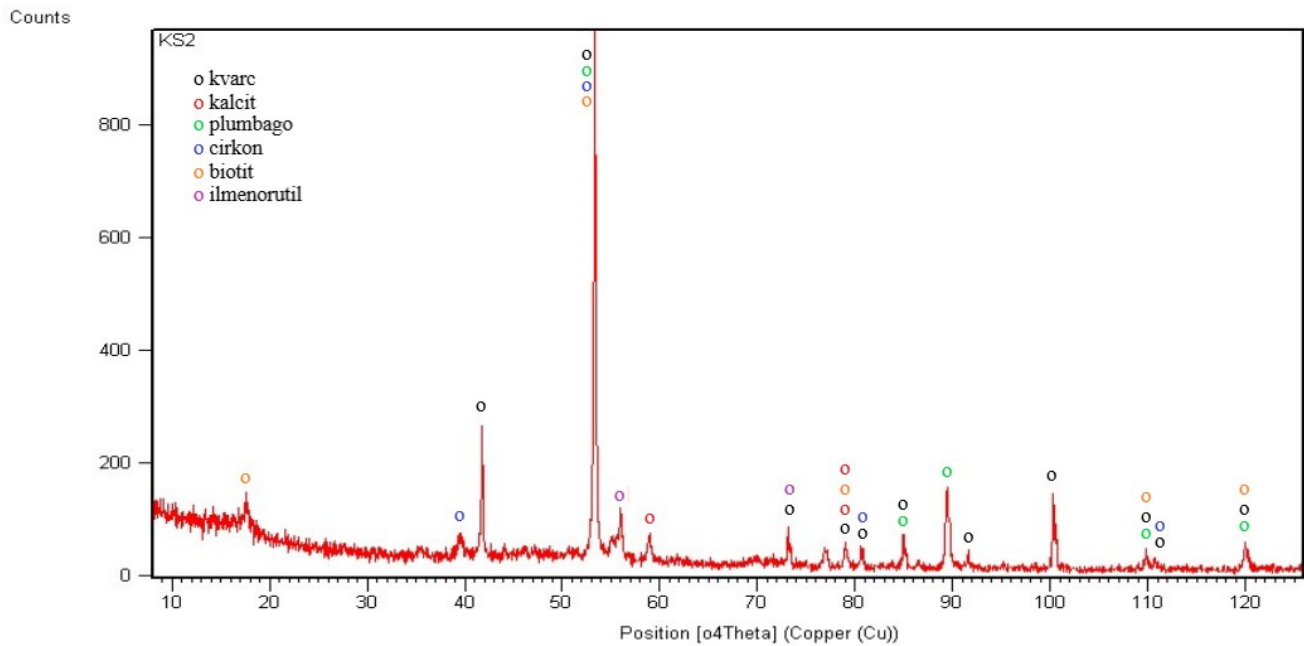


Dijagram 6.13. Rendgenogram uzorka KS1

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0796	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
00-007-0042	Muskovit	(K , Na)(Al , Mg , Fe) <sub>2</sub> (Si <sub>3,1</sub> Al <sub>0,9</sub> ) O <sub>10</sub> (O H) <sub>2</sub>
00-001-0705	Mikroklin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
00-004-0787	Aluminij	Al

Tablica 6.13. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS1

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, ilemnorutil, kalcit, spinel, plumbago, biotit (Dijagram 6.14.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.14.

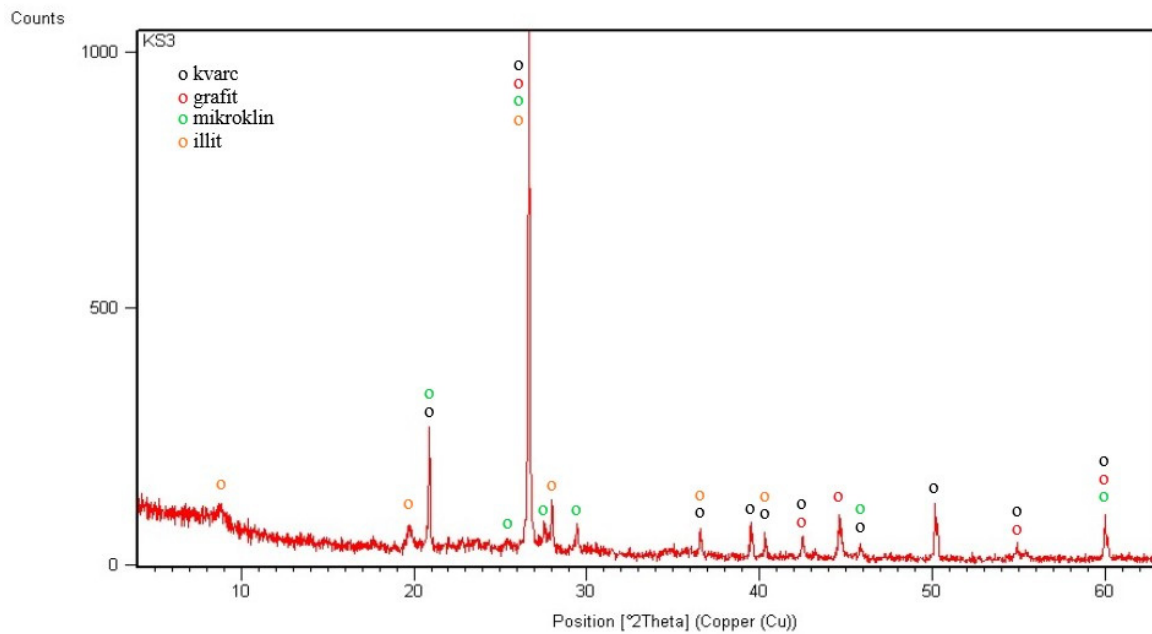


Dijagram 6.14. Rendgenogram uzorka KS2

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-083-2465	Kvarc	$\text{Si O}_2$
01-083-1762	Kalcite	$\text{Ca ( C O}_3 \text{ )}$
00-011-0396	Ilmenorutil	$( \text{Ti , Nb , Ta , Fe } ) \text{ O}_2$
00-023-0064	Plumbago	C
01-072-0402	Cirkon	$\text{Zr Si O}_4$
00-042-1414	Biotit	$\text{K ( Mg , Fe }^{+2} \text{ )}_3 ( \text{Al , Fe }^{+3} \text{ ) Si}_3\text{O}_{10} ( \text{O H , F } )_2$

Tablica 6.14. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS2

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.15.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.15.

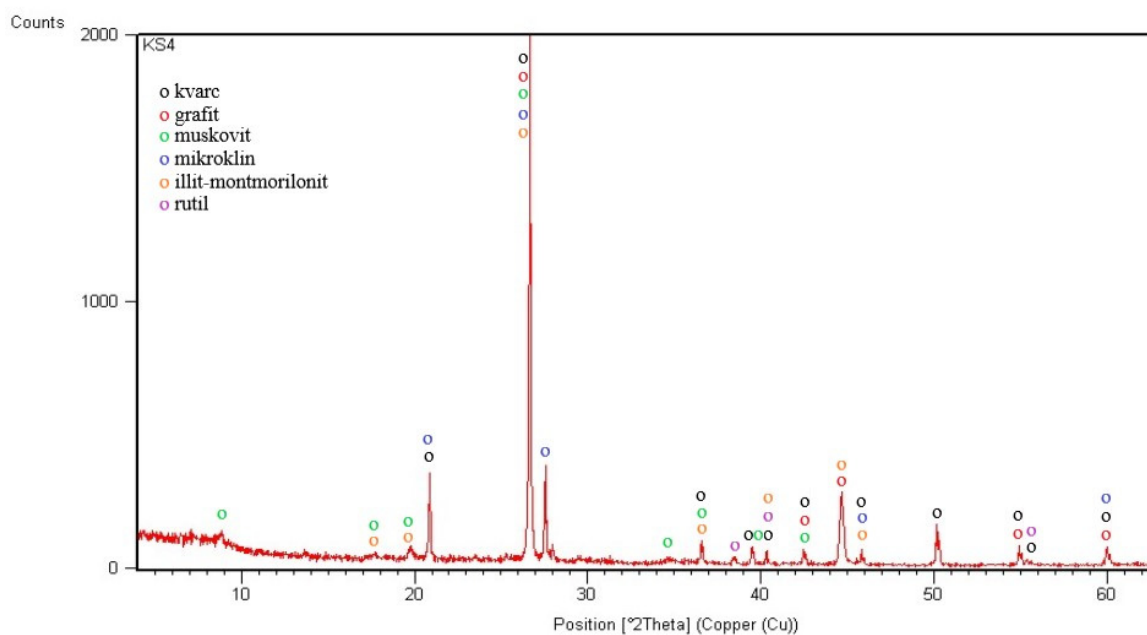


Dijagram 6.15. Rendgenogram uzorka KS3

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-083-2465	Kvarc	$\text{Si O}_2$
01-089-7213	Grafit	C
00-001-0705	Mikroklin	$\text{K Al Si}_3 \text{ O}_8$
00-026-0911	Illit	$(\text{K}, \text{H}_3 \text{O}) \text{ Al}_2 \text{ Si}_3 \text{ Al O}_{10} (\text{OH})_2$

Tablica 6.15. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS3

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.16.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.16.

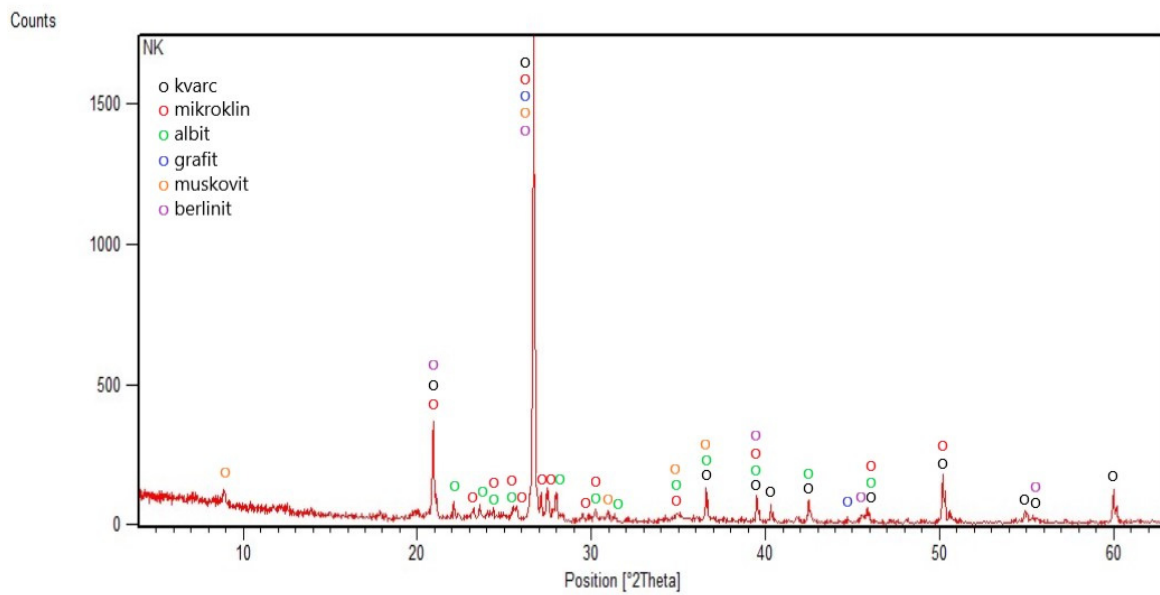


Dijagram 6.16. Rendgenogram uzorka KS4

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0794	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-025-0284	Grafit	C
00-007-0042	Muskovit	$(\text{K}, \text{Na}) (\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2 (\text{Si}_{3.1}\text{Al}_{0.9}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
00-001-0705	Mikroclin	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$
00-007-0330	Illit-Montmorillonit	$\text{K} - \text{Al}_4 (\text{Si Al})_8 \text{O}_{20} (\text{OH})_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$
01-076-0326	Rutil	$\text{Ti O}_2$

Tablica 6.16. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka KS4

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroclin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.17.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.17.

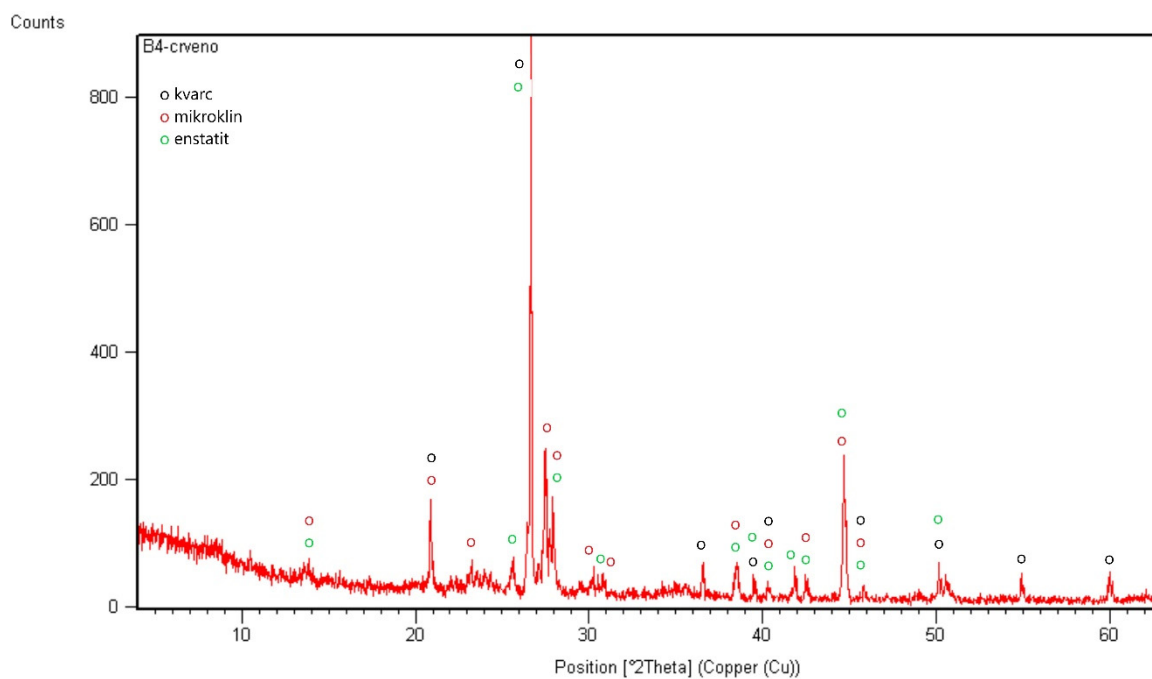


Dijagram 6.17. Rendgenogram uzorka NK

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-087-2096	Kvarc	$\text{Si O}_2$
00-019-0932	Mikrokline	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_8$
00-009-0466	Albit	$\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$
00-008-0415	Grafit	C
00-007-0042	Muskovit	$(\text{K}, \text{Na}) (\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2 (\text{Si}_{3.1} \text{Al}_{0.9}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
01-089-4201	Berlinit	$\text{Al} (\text{P O}_4)$

Tablica 6.17. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka NK

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroklin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.18.). Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.18.



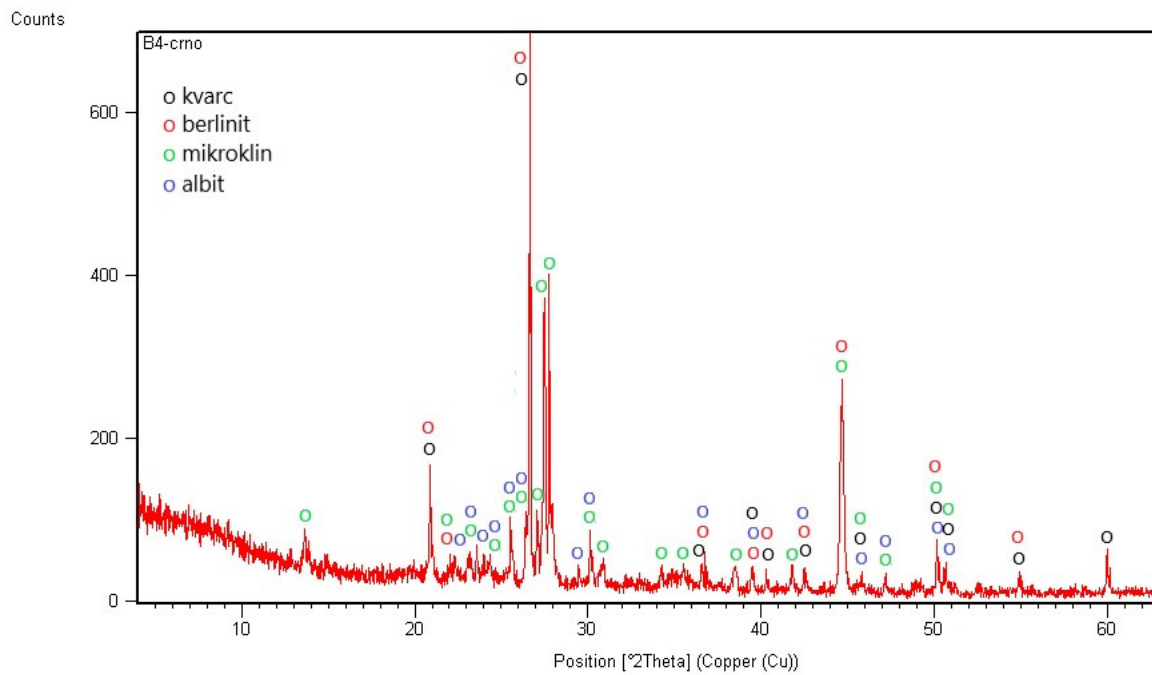
*Dijagram 6.18. Rendgenogram uzorka B4-crveno*

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
00-033-1161	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
00-022-0687	Mikroclin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
01-075-0702	Enstatit	Mg <sub>28.40</sub> Sc <sub>4.62</sub> Li <sub>1.33</sub> Si <sub>32</sub> O <sub>100</sub>

*Tablica 6.18. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B4-crveno*

Na temelju dobivenog rendgenograma u uzorku određeni su kvarc, mikroclin, magnetit i aluminij (Dijagram 6.19.) Podaci o korištenim PDF (Powder diffraction file) karticama iz ICDD (International Centre for Diffraction Dana) navedeni su u tablici 6.19.





Dijagram 6.19. Rendgenogram uzorka B4-crno

Broj kartice	Ime minerala	Kemijska formula
01-085-0930	Kvarc	Si O <sub>2</sub>
01-076-0228	Berlinit	Al P O <sub>4</sub>
00-020-0554	Albit	Na Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
00-019-0926	Mikroklin	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

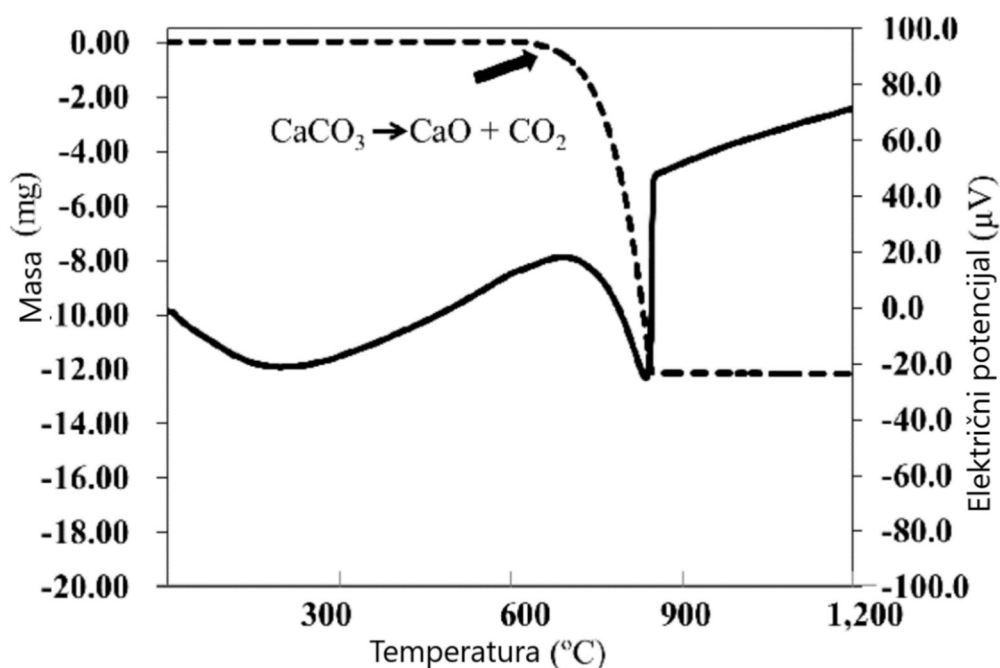
Tablica 6.19. Podaci o korištenim PDF karticama pri interpretaciji rendgenograma uzorka B4-crveno

## 7. RASPRAVA

Sva svojstva opeke su rezultat utjecaja izvornog materijala od kojeg je opeka napravljena, kao i procesa proizvodnje. Većina proizvođača miješa različite vrste gline da bi dobila idealna svojstva nakon termičke obrade. Najbitnija svojstva opeke su: 1) izdržljivost, 2) boja, 3) tekstura, 4) varijacija u veličini (sužavanje tijekom termičke obrade), 5) tlačna čvrstoća i 6) apsorpcija. Dostupno na (<http://www.gobrick.com/>)

Prema Saffer i dr. (2008.) opeke mogu biti podijeljene u različite grupe na temelju mineralnog sastava, pod nazivima: silicijske, cirkonijske, magnezitne, aluminijske, mulitne i dolomitne opeke. Uravnotežen omjer kristalne i staklene faze pomaže uravnotežiti strukturu opeke, i njenu trajnost.

Prema Težak (2011.) sirovina za dobivanje građevinske opeke i crijepa, je tzv. opekarska glina, koja se ubraja u manje kvalitetne gline, obično je ilovača, koja sadrži znatni udio primjesa kao što su  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dolomiti, sulfati Ca i Mg, zatim željezni spojevi, alkalijske i dr. Prisutnost  $\text{SiO}_2$  u izvjesnoj mjeri je poželjna, jer  $\text{SiO}_2$  djeluje kao sredstvo koje smanjuje skupljanje. Vapnenac je nepoželjan, posebno ako se nalazi u iznosima iznad 20%, štetan je i ako je koncentriran u obliku većih čestica, jer pečenjem prelazi u  $\text{CaO}$  (slika ), koji u gotovom proizvodu može djelovati destruktivno zbog prijelaza u  $\text{Ca(OH)}_2$ . Prisutnost željenog oksida u izvjesnoj mjeri utječe na temperaturu pečenja, tj. snižava je jer spojevi željeza djeluju kao

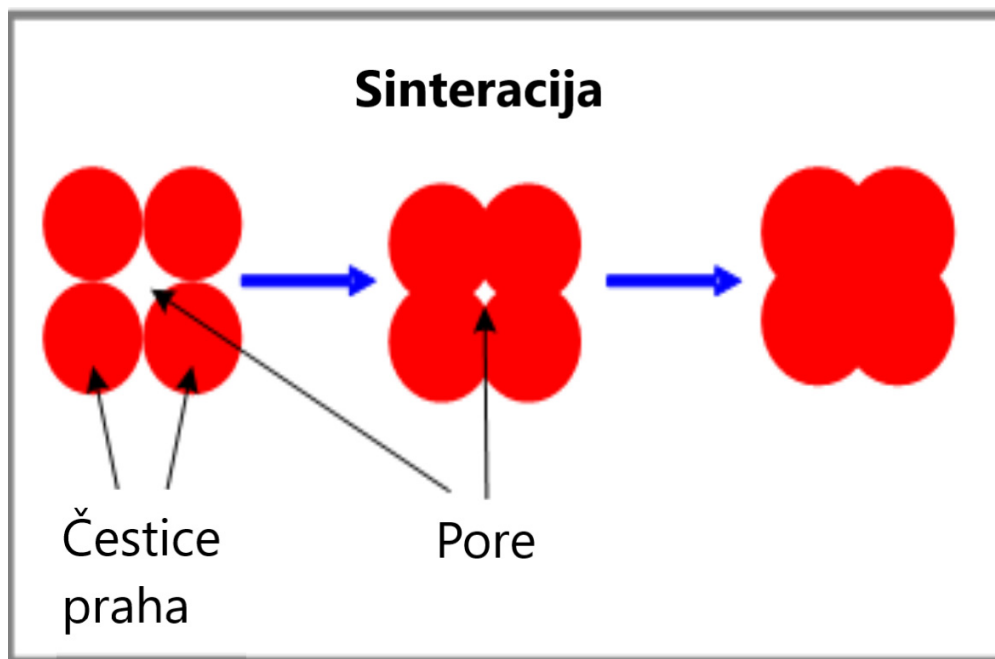


Dijagram 7.1. Utjecaj temperature na raspad  $\text{CaCO}_3$  u  $\text{CaO} + \text{CO}_2$

topitelji. Prisutnost željeza daje proizvodu i karakterističnu crvenu boju. Humusne i druge organske tvari pečenjem sagorijevaju i utječu na poroznost proizvoda.

U keramici napravljenoj od Ca-bogate gline je orijentirano slaganje minerala slabije izraženo nego kod Ca-siromašnom glinom, zbog ekvidimenzionalnih kalcitnih zrna i neorijentiranog rasta Ca-silikata, zbog čega je narušena slojevitost glina. Očekivali bi da će karbonatne opeke biti svijetle, ali zbog uvjeta u peći dolazi do odlaska željeza u čvrstu fazu, klinopiroksen i/ili galenit. Što je više Ca prisutno to će manje Fe otići u hematit i magnetit (Peters & Iberg, 1978).

Opeke se, kako je već navedeno u uvodu, dobivaju procesom sinteracije. Sinteracija je proces koji se u slučaju opeka odvija u čvrstom stanju. To znači da se prethodno usitnjena stijena miješa s drugom usitnjenom stijenom i podvrgava visokim temperaturama. Proces se odvija s dodatkom vode na početku tako da bi se dobila što homogenija smjesa. Posljedično, novo dobivena smjesa se suši, da bi se izgubila sva voda iz sistema. Nakon što je opeka osušena podvrgava se povišenim temperaturama. Voda u procesu sinteracije služi kao fluks koji omogućava difuziju iona između čestica. Optimalna temperatura sinteracije se određuje eksperimentalno s obzirom na materijal koji je dostupan. Uglavnom su to temperature oko 1000°C. Kada sustav dosegne optimalnu temperaturu sinteracije dolazi do popunjavanja pora (Slika 7.1.) koje su u procesu nastale i povećava se sveukupna čvrstoća opeke. Na pre niskim temperaturama sinteracije neće doći do popunjavanja pora, jer neće biti omogućena dovoljna mobilnost kationa da bi se stvorili povoljni spojevi, dok na previsokim temperaturama može doći do pretaljivanja silikatnih komponenti što dovodi do stvaranja amorfne tvari, tj. stakla. Staklo, iako tvrdo i čvrsto, povećava krhkost opeke. Proces nastanka stakla prilikom sinteracije naziva se vitrifikacija. Ako je u sistemu previše stakla, opeka će imati manju poroznost, ali će istovremeno imati manju plastičnost. Kod procesa sinteracije je najbitnije odabrati optimalnu temperaturu na kojoj će biti zadovoljene visoka tvrdoća i plastičnost te relativno niska poroznost. Također, prilikom sinteracije je bitno dobro pripremiti materijal jer ako materijal nije dovoljno usitnjen, neće biti dovoljno kontakata između čestica, tj. koloida. Svrha same sinteracije i cijelog procesa pripreme je da što više čestica bude u kontaktu, jer će se tako moći doći do više izmjena. Ukoliko procesom nije postignuta zadovoljavajuća veličina čestica na samom početku, konačna opeka će imati znatno veću poroznost. Temperature sinteracije se mogu smanjiti ukoliko se poveća tlak. Također, veliki utjecaj na temperature sinteracije imaju i mineralni sastav.



Slika 7.1. Popunjavanje pora prilikom procesa sinteracije.

Sličnosti u teksturama i sastavu se mogu primijetiti među uzorcima s istih lokaliteta. Također izdvajanje faza, koje se može uočiti golim okom, značajka je uzoraka koji nisu sa istog lokaliteta. Što znači da problem nije lokalni. U uzorcima B4, B8, B3 i M1.1. može se uočiti izdvajanje faza. Faze se razlikuju u boji i prema načinu pojave. Kod uzorka B3 se može uočiti izdvojena granulasta crvena faza u ružičastom matriksu, dok je kod uzoraka B4, B8 i M1.1. izdvajanje faza vidljivo kao izmjena crvenih i crnih slojeva.

U mikroskopskim preparatima (Tablica 7.1.) može se uočiti razlika između uzoraka keramike i opeke. Uzorci keramike sadrže više pora i lošije sortirana zrna nego uzorci opeke.

Uzorak	M1.1	M2	M3	M5	B3	B6	B8	KC1	KC2	KC3	KS1	KS2	KS3	KS4	NK	B4
Opeka	+				+	+	+	+	+	+					+	+
Keramika		+	+	+							+	+	+	+		
Izdvajanje faza	+				+		+									+
Sortiranost	dobra	loša	loša	loša	dobra	dobra	loša	loša	dobra	dobra/-	loša	loša	loša	loša	dobra	loša
Preferirana orijentacija minerala	ne	ne	ne	ne	ne	da	da	da	da	ne	da	da	da	da	da	ne
Prisutnost pukotina	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Prisutnost pukotina	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tablica 7.1. Svojstva keramika i opeka

M1.1-crno sadrži muskovit, s obzirom da je temperatura raspadanja počinje iznad  $700^{\circ}\text{C}$ , a u potpunosti je se izmjeni na temperaturu od  $950^{\circ}\text{C}$ , može se zaključiti da temperatura nije prelazila  $950^{\circ}\text{C}$ . Crvena faza je sastavom ista kao i crna uz dodatak grafita grafita. Crna faza se nalazi u „sendviču“ crvene faze.

Slično se dogodilo s B8-crno, samo su se u ovome uzorku dogodile izmjene alkalijskih i zemnoalkalijskih iona, stoga su glavne faze albit i kvarc, što uzorak čini vrlo krhkim.

Uzorak B4 u svojoj crnoj fazi sadrži kvarc, berlinit, albit i mikroklin. Berlinit je aluminijev oksid koji je nastao u procesu sinteracije. U crvena faza sadrži kvarc albit i enstatit. S obzirom da se karbonat na nižim temperaturama raspao, može se zaključiti da je materijal iz kojega je napravljena opeka ima udio kalcita preko 20%, na što upućuje pojava enstatita, a ne magnetita ili hematita. Temperature su prema mineralnom sastavu bile prosječne za sinteriranje opeke (oko  $1000^{\circ}\text{C}$ ). Termičkom obradom na višim temperaturama se može izbjeći nepovoljan utjecaj karbonata na plastičnost i poroznost opeke, ali kada te temperature postanu previsoke u prekratkom vremenu, dolazi do izdvajanja faza. Također, preveliki udio karbonata će samo blokirati svaki nastanak oksida, koji poboljšavaju svojstva opeke.

B3-ružičasto i B3-crveno su dvije faze istog uzorka. B3-ružičasto je dominantna faza u kojoj je raspršena crvena faza u obliku granula. U ružičastoj fazi je prisutan magnetit, a u crvenoj rutil i hematit, što upućuje na udio kalcita ispod 20%. Temperatura sinteracije je vjerojatno bila kao i uzorku B4 oko  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Uzorak M2 je keramika koja uz illit sadrži i paragsit. S obzirom da oba mineral sadrže vodu, može se zaključiti da ili temperatura pečenja nije bila dovoljno visoka da se dogode izmjene spomenutih minerala, ili je keramika naknadno, vanjskim utjecajem izmijenila svoj sastav. Temperatura pečenja nije prelazila, prema trenutnom sastavu,  $650^{\circ}\text{C}$ , jer bi se na višim temperaturama struktura illita raspala. S obzirom da je u pitanju keramički predmet, najvjerojatnije posuda, nije isključeno da su temperature bile niže nego one za proizvodnju opeke.

Uzorak M3 je fragment keramike kao i uzorak M2. Uz kvarc, mikroklin, grafit i albit sadrži još muskovit, spinel (Li, Ti) i (Co, Mg) spinel. S obzirom su u uzorku spineli očekivala bi se visoka temperatura pečenja, preko  $1000^{\circ}\text{C}$ , ali zbog prisutnosti muskovita, može se zaključiti da su temperature bile niže od  $950^{\circ}\text{C}$ .

Uzorak B6 sadrži ungarit i hematit, uz phengit, muskovit, mikroklin itd. Hematit ukazuje na temp iznad 1000°C, dok ungarit zbog dodatka vode koji je pečenjem trebao izaći iz sustava, tvrdi da su temperature trebale biti znatno niže. S obzirom da je B6 uzorak crijepa, vjerojatno je voda u sustav došla naknadno, zbog izloženosti vanjskim utjecajima.

Kalničke opeke su za razliku od brazilskih i makedonskih bogatije željezovitim mineralima što ih čini puno plastičnijim od spomenutih opeka, također sadrže manje pukotina, tj. manje su porozne. Uzorak KC1 sadrži xontolit i hematit, što upućuje na temperature sinteracije oko 1000°C i naknadu izloženost atmosferilijama. KC2 sadrži muskovit, illit i hematit što upućuje na srednje nisku temperaturu pečenja, jer su svi minerali ostali nepromijenjeni, također je i makroskopski vidljivo da priprema nije bila najbolja, jer je zaostala velika količina zrna veličine graška. KC3 sadrži hematit, što je željezoviti mineral koji povećava plastičnost opeke nasuprot alklijskim mineralima kao mikroklin i albit koji se također nalaze u uzorku.

U kalničkim keramikama u uzorku KS4 je prisutan illit-montmorilonit, a u KS3 illit, što upućuje na temperaturu pečenja između 700 i 900°C. Mikroskopiranjem je uočeno da su mineralna zrna i pore preferirano orijentirani, što upućuje na naprezanje ili naglo pečenja dok sva voda iz sustava još nije otišla.

Uzorak iz Kathmandua sadrži muskovit, kvarc, mikroklin, albit i berlinit što upućuje na temperature pečenja nešto niže od prosječne temperature sinteracije, ali u svakom slučaju više od 750°C jer nije registriran kalcit.

## 8. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima i proučenoj literaturi doneseni su sljedeći zaključci:

1. Priprema i temperature pečenja opeka kontroliranije su nego kod keramika korištenih za proizvodnju posuda, ukrasa itd...
2. Temperature sinteracije ovise o mineralnom sastavu same opeke i fluksu.
3. Udio kalcita preko 20% nepovoljno utječe na opeku i čini opeku krhkom. Isti učinak imaju minerali bogati alkalijskim i zemnoalkalijskim kationima.
4. Prisutnost željeza snižava temperature sinteracije i pozitivno pridonosi plastičnosti opeke.
5. SiO<sub>2</sub> komponenta pozitivno utječe na smanjenje poroznosti opeke prilikom sinteracije, osima ako dođe do vitrifikacije (pretaljivanja i nastanka stakla), tada snižava plastičnost opeke.
6. Kalcit „koči“ proizvodnju željeznih oksida (hematit, magnetit), jer Ca odlazi u stvaranje klinopiroksena i/ili galenita.
7. Izmjene u keramici i opeci ne staju hlađenjem, nego se i dalje izmjenjuju utjecajem vanjskih čimbenika, ponajviše vode. Proces je spor i uvelike ovisi o uvjetima u kojima se pojedina opeka ili keramika nalaze.

## 9. LITERATURA

Težak D. (2011.) Proizvodnja, kvaliteta i ispitivanje opekarske gline. Magistarski rad. Geotehnički fakultet. Sveučilište u Zagrebu. 1-32

Peters T. & Iberg R. (1978.). Mineralogical Changes During Firing of Calcium-Rich Brick Clays. American Ceramic Society Bulletin. Vol 5, No 5. str. 503-506

Safeer A., Yaseen I. i Fazal G. (2008.). Phase and Microstructure of Brick-Clay Soil and Fired Clay-Bricks From Some Areas in Peshawar Pakistan. J Pak Mater Soc. 2 (1) str. 33-39

Barandovski L., V. Frontasyeva M., Stafilov S., Šajn R., Pavlov S. i Enimiteva V. (2012). Trends of atmospheric deposition of trace elements in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique. Journal of Environmental Science and Health Part A 47(13):2000-15 (Dostupno na:

[https://www.researchgate.net/publication/230631574\\_Trends\\_of\\_atmospheric\\_deposition\\_of\\_trace\\_elements\\_in\\_Macedonia\\_studied\\_by\\_the\\_moss\\_biomonitoring\\_technique](https://www.researchgate.net/publication/230631574_Trends_of_atmospheric_deposition_of_trace_elements_in_Macedonia_studied_by_the_moss_biomonitoring_technique))

Beurlel H., Rhede D., Soares D. i Thomas R. (2016) Mg-rich Mica and Tourmaline in Pink-Colored „Parelhas Quartzite“ Intercalations in the Equador Formation, Borborema Pegamite Province, Ne-Brazil: Record of Evaporitic Protolith?. Journal of Environmental Science and Health. (Dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Simplified-Geology-of-the-Serido-Fold-Belt-in-the-northern-domain-of-the-Borborema\\_fig1\\_306026612](https://www.researchgate.net/figure/Simplified-Geology-of-the-Serido-Fold-Belt-in-the-northern-domain-of-the-Borborema_fig1_306026612))

Kurk B. & Dedić Ž. (2014). Rudarsko-geološka studija Koprivničko- križevačke županije-studija. Hrvatski geološki institut- Zavod za mineralne sirovine. Zagreb, 2014.

Dahal R.K. (2006) Geology of Nepal. (Dostupno na: [www.ranjan.net.np](http://www.ranjan.net.np))

Freeman I.L. (1964) Mineralogy of Ten British Clays. Clay Min. Bull. 5, 474. str. 475-486

The Brick Industry Assosiation. Manufacturing of Brick: 2006. Technical Notes on Brick Construction. 1995: 703-620-0010.

Grim R. E. Clay Mineralogy. New York: McGraw-Hill Book Company, INC; 1953.

Arsenović M., Pezob L., Mančić L. i Radojević Z. (2014). Thermal and mineralogical characterization of loess heavy clays for potential use in brick industry. Thermochemica Acta 580. str. 38–45.

Kang S.J. L. Densification, Grain Growth, and Microstructure. Sintering Processes. 1st ed: Butterworth-Heinemann; 2005



Literatura s interneta:

[https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps\\_environment.php](https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps_environment.php)

[http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick\\_history.html](http://www.brickdirectory.co.uk/html/brick_history.html)

<https://ceramics.org/about/what-are-engineered-ceramics-and-glass/brief-history-of-ceramics-and-glass>

[http://www.llanymynech.org.uk/html/hoffman\\_kiln.html](http://www.llanymynech.org.uk/html/hoffman_kiln.html)

[https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps\\_environment.php](https://www.sanparks.org/parks/kruger/conservation/scientific/maps/maps_environment.php)

<http://www.gobrick.com/>

[https://www.researchgate.net/publication/230631574\\_Trends\\_of\\_atmospheric\\_deposition\\_of\\_trace\\_elements\\_in\\_Macedonia\\_studied\\_by\\_the\\_moss\\_biomonitoring\\_technique](https://www.researchgate.net/publication/230631574_Trends_of_atmospheric_deposition_of_trace_elements_in_Macedonia_studied_by_the_moss_biomonitoring_technique)

[https://www.researchgate.net/figure/Simplified-Geology-of-the-Serido-Fold-Belt-in-the-northern-domain-of-the-Borborema\\_fig1\\_306026612](https://www.researchgate.net/figure/Simplified-Geology-of-the-Serido-Fold-Belt-in-the-northern-domain-of-the-Borborema_fig1_306026612)

## 10. PRILOZI

Tablica 10.1. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M1.1.- crno.

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2 $\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.7980	10.05108	3.79	muskovit
13.8725	6.38379	4.19	albit
17.6568	5.02320	1.24	muskovit
19.7691	4.49097	1.18	muskovit
20.8936	4.25174	19.03	kvarc; mikroklin
22.0763	4.02656	4.50	albit; mikroklin
23.5362	3.78001	3.48	albit
24.2819	3.66559	2.28	albit; mikroklin
25.4083	3.50559	1.32	albit
26.6627	3.34344	100.00	kvarc; albit; muskovit; mikroklin
27.5225	3.24091	5.28	mikroklin
27.9181	3.19588	16.36	albit
30.5316	2.92801	2.17	albit; mikroklin
33.2800	2.69222	0.17	albit
34.6000	2.59248	1.45	muskovit
35.4735	2.53061	1.24	albit
36.5690	2.45728	4.59	kvarc; albit; muskovit
38.4407	2.34184	3.12	albit
39.4721	2.28299	3.11	kvarc; albit
40.2985	2.23806	2.69	kvarc
41.8580	2.15821	0.94	albit; mikroklin
42.4715	2.12669	7.94	kvarc; albit
44.6705	2.02865	20.71	albit
45.8760	1.97811	1.33	kvarc; albit; mikroklin
50.1587	1.81879	7.76	kvarc; albit
51.1400	1.78617	0.77	albit
54.8637	1.67343	2.93	kvarc; albit
59.9883	1.54087	5.92	kvarc; albit; mikroklin
60.1337	1.54131	3.10	

Tablica 10.2. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M2

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.8547	9.98683	11.94	illit
10.6143	8.33489	12.48	paragsit
17.6200	5.03359	1.96	illit; paragsit
19.7479	4.49576	4.01	illit; paragsit
19.9147	4.45848	3.99	illit; paragsit
20.8880	4.25286	11.89	kvarc; mikroklin
22.0228	4.03624	5.98	albit; paragsit
22.9482	3.87552	6.90	albit; illit; aortoklas; paragsit; mikroklin
23.5662	3.77526	2.95	albit; anortoklas; mikroklin
24.0500	3.70041	0.16	albit; illit; anortoklas; paragsit
24.2100	3.67631	3.57	albit; paragsit
24.3639	3.65343	5.37	albit
25.3342	3.51567	4.34	mikroklin
26.3700	3.37988	12.48	albit; paragsit
26.6652	3.34313	100.00	kvarc; illit; grafit
27.5664	3.23585	6.05	anortoklas; mikroklin
27.9710	3.18995	13.26	albit; illit; anortoklas
28.3700	3.14599	4.55	albit
28.6587	3.11495	4.70	paragsit
30.3300	2.94701	0.79	albit; paragsit; mikroklin
30.5423	2.92701	6.52	albit; anortoklas; paragsit; mikroklin
30.7317	2.90940	1.74	anortoklas; mikroklin
31.2100	2.86590	1.89	illit
31.3989	2.84909	4.48	albit
31.9700	2.79948	1.10	illit; paragsit; mikroklin
34.5894	2.59325	4.85	paragsit; mikroklin
35.1100	2.55598	1.74	illit; paragsit; mikroklin
35.5900	2.52260	0.32	albit; mikroklin
35.7300	2.51304	0.32	illit; mikroklin
36.0300	2.49280	0.16	albit; mikroklin
36.4900	2.46242	0.79	kvarc; illit; paragsit
36.5908	2.45587	2.34	kvarc; albit; illit; paragsit
38.4288	2.34253	3.38	albit
39.4700	2.28311	2.37	kvarc; albit; paragsit
40.2700	2.23958	1.26	kvarc; illit; mikroklin
40.8100	2.21118	0.16	albit; paragsit; mikroklin
41.8100	2.16058	0.16	albit; paragsit; mikroklin
42.3822	2.13273	0.61	kvarc; albit; grafit; paragsit; mikroklin
44.6658	2.02885	28.38	grafit; paragsit
45.3900	1.99815	1.42	albit; paragsit
45.5500	1.99150	1.26	albit; paragsit
45.8500	1.97917	0.79	kvarc; mikroklin
46.1700	1.96619	2.53	paragsit; mikroklin
50.0300	1.82317	1.42	kvarc; albit; mikroklin
50.2028	1.81730	2.63	kvarc; mikroklin
50.5700	1.80496	1.42	kvarc; grafit; paragsit; mikroklin
50.7300	1.79964	1.10	kvarc; albit; grafit; paragsit; mikroklin
53.8500	1.70251	0.16	paragsit
54.4500	1.68516	0.47	albit; paragsit
54.9256	1.67169	2.22	kvarc; paragsit; mikroklin
55.3300	1.66042	0.16	kvarc; albit; mikroklin

60.0051	1.54048	2.32	kvarc; grafit; paragsit
---------	---------	------	-------------------------

Tablica 10.3. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka M3

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.9190	9.91498	10.63	muskovit
13.8727	6.38370	5.88	albit
17.8373	4.97277	2.56	spinel (Li,Ti); muskovit
19.7099	4.50434	4.47	muskovit
20.8968	4.25109	28.98	kvarc; mikroklin
22.0746	4.02688	4.09	albit; mikroklin
23.0548	3.85784	2.68	albit; mikroklin; muskovit
23.5300	3.78100	5.05	albit
24.1422	3.68648	3.42	albit; mikroklin
25.5966	3.48022	2.91	albit; mikroklin
26.6475	3.34531	100.00	kvarc; grafit; muskovit
27.4470	3.24965	35.81	mikroklin
27.9272	3.19485	34.92	albit
30.2526	2.95437	1.90	albit; mikroklin
30.5171	2.92937	2.96	albit
30.9195	2.89215	1.87	mikroklin; muskovit; (Co,Mg) spinel
35.0383	2.56104	3.16	albit; spinel (Li,Ti); muskovit
36.5716	2.45712	4.10	kvarc; albit; spinel (Li,Ti); muskovit; (Co,Mg) spinel
38.4174	2.34320	3.39	(Co,Mg) spinel
39.4807	2.28251	7.53	kvarc; albit
40.2965	2.23817	3.85	kvarc
41.8270	2.15795	8.91	mikroklin
42.4523	2.12937	3.97	kvarc; albit; grafit
42.7994	2.11290	3.81	albit; spinel (Li,Ti); mikroklin
44.6336	2.03024	32.05	albit; grafit; (Co,Mg) spinel
45.7551	1.98305	3.72	kvarc; albit
50.1381	1.81799	8.81	kvarc
50.2862	1.81748	5.31	
50.5566	1.80391	2.28	kvarc; albit; mikroklin
51.1433	1.78459	2.38	albit
54.8737	1.67176	3.32	kvarc; grafit; (Co,Mg) spinel
58.7275	1.57091	0.94	(Co,Mg) spinel
59.9653	1.54141	8.58	kvarc; grafit
60.1484	1.54097	4.43	

Tablica 10.4. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B3-crveno

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
20.8923	4.25201	27.35	kvarc; mikroklin
24.2297	3.67336	3.15	hematit
24.7290	3.60032	2.28	mikroklin
26.6500	3.34500	100.00	kvarc; mikroklin
27.0588	3.29538	2.73	mikroklin
27.4947	3.24413	76.35	rutil; mikroklin
33.3243	2.68874	8.25	hematit
34.2325	2.61946	2.68	mikroklin
35.8009	2.50822	5.80	hematit; mikroklin
36.5522	2.45634	18.95	kvarc
38.4015	2.34414	2.41	aluminij
39.4810	2.28249	2.94	kvarc; hematit; mikroklin
40.3078	2.23757	4.50	kvarc; mikroklin
41.0857	2.19698	2.02	hematit; mikroklin
41.7886	2.16164	1.27	mikroklin
42.4630	2.12885	5.38	kvarc
44.6228	2.03071	16.24	aluminij
45.8123	1.98071	3.23	kvarc; mikroklin
49.6412	1.83653	2.75	hematit; mikroklin
50.1441	1.81929	12.29	kvarc; mikroklin
50.5556	1.80544	53.64	kvarc; mikroklin
54.2300	1.69148	3.26	hematit
54.4036	1.68509	2.53	rutil; mikroklin
54.8881	1.67136	4.68	kvarc; mikroklin
55.3285	1.65909	2.27	kvarc; mikroklin
59.9746	1.54119	8.28	kvarc; mikroklin
62.7200	1.48017	1.68	hematit

Tablica 10.5 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B3-ružičasto

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
13.6636	6.48090	1.11	mikroklin
20.8982	4.25082	20.41	kvarc
21.0818	4.21421	2.09	mikroklin
26.6720	3.34229	100.00	kvarc
27.4849	3.24526	5.35	mikroklin
29.4875	3.02926	2.38	
30.2100	2.95844	0.59	hematit
30.9252	2.89164	0.65	mikroklin
36.5639	2.45558	4.74	kvarc

38.4981	2.33847	0.45	aluminij
39.4888	2.28206	4.67	kvarc; mikroklin
40.3060	2.23766	1.32	kvarc
41.8116	2.16050	0.69	mikroklin
42.4578	2.12734	6.54	kvarc
44.6444	2.02809	9.03	aluminij
45.8096	1.97918	2.53	kvarc; mikroklin
47.1718	1.92515	0.75	mikroklin; hematit
50.1500	1.81909	8.95	kvarc; mikroklin
50.5284	1.80486	1.14	kvarc
53.4649	1.71244	1.14	hematit
54.8834	1.67149	2.09	kvarc
55.3423	1.65871	1.01	kvarc
56.8100	1.61929	0.79	mikroklin
59.9899	1.54083	7.71	kvarc

Tablica 10.6. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B6

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2 $\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.9227	9.91094	44.60	phengit
10.5595	8.37808	19.18	ungaretit
13.6610	6.48215	10.08	magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat
13.8800	6.38035	16.00	albit
20.8780	4.25488	34.00	kvarc; mikroklin; phengit
22.0480	4.03168	10.01	albit; ungaretit
23.4900	3.78734	9.01	albit
23.6373	3.76407	14.08	phengit
24.3274	3.65884	21.67	hematit; albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat
25.6614	3.47157	12.18	mikroklin; muskovit
26.5100	3.36235	61.80	grafit; albit; muskovit; phengit; ungarettit
26.6538	3.34453	100.00	kvarc; mikroklin; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit; phengit
27.4349	3.25106	56.61	mikroklin
27.7361	3.21644	57.00	albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit; phengit
28.3465	3.14854	18.12	albit; phengit
29.7936	2.99883	11.05	magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit; phengite; ungarettit
30.4569	2.93502	9.83	albit; mikroklin; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; ungarettit
30.9100	2.89302	17.68	magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat
31.2703	2.86051	15.95	albit
33.2900	2.69143	5.32	hematit; muskovit; phengit; ungarettit

34.9540	2.56703	12.92	albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit
35.3300	2.54056	2.78	albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; ungarettit
35.6900	2.51576	6.63	hematit; mikroklin; phengit
36.5877	2.45607	24.05	kvarc; muskovit; phengit; ungarettit
38.4979	2.33849	5.84	magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit; phengit; ungarettit
39.4868	2.28217	11.84	kvarc; hematit; albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; phengit; ungarettit
42.4705	2.12850	14.38	kvarc; grafit; albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; ungarettit
44.6389	2.03001	78.96	grafit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; muskovit; ungarettit
45.8754	1.97813	8.67	kvarc; albit; mikroklin; phengit; ungarettit
46.9500	1.93533	6.28	muskovit
50.1749	1.81824	7.06	kvarc; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; ungarettit
50.7787	1.79654	15.59	mikroklin; muskovit; ungarettit
52.5700	1.74091	1.57	albit; muskovit; phengit
52.7154	1.73645	5.86	muskovit
54.2100	1.69205	3.13	hematit; muskovit; phengit
54.4900	1.68402	3.13	grafit; albit; muskovit; phengit; ungarettit
58.5871	1.57564	5.26	albit; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat
59.9587	1.54156	22.34	kvarc; grafit; mikroklin; magnezij željezo kalcij natrij katena-disilikat; phengit; ungarettit

Tablica 10.7. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B8-crno

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2 $\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
20.8912	4.25222	27.73	kvarc
22.0080	4.03890	10.47	albit; enstatit
23.6230	3.76632	9.11	albit
25.4100	3.50535	0.29	albit
26.6548	3.34441	97.44	kvarc; mullit
28.0343	3.18290	100.00	albit; enstatit
30.3521	2.94491	6.88	albit; enstatit
31.1570	2.87065	14.97	hercinit; enstatit
35.4900	2.52948	11.12	albit; mullit
36.2800	2.47619	3.04	enstatit
36.5454	2.45881	26.18	kvarc; albit; hercinit; spinel

37.4800	2.39962	2.01	enstatit
37.8400	2.37762	0.29	albit; mullit; enstatit
38.3400	2.34581	3.04	hercinit
38.4400	2.34575	1.63	
39.0300	2.30591	0.29	albit; enstatit
39.0900	2.30251	0.29	albit; enstatit
39.4218	2.28389	2.39	kvarc; albit; enstatit
40.4200	2.22977	1.75	kvarc; enstatit
40.8600	2.20676	1.27	mullit
42.3727	2.13142	3.90	kvarc
42.5200	2.12437	1.15	kvarc; albit; mullit
44.4324	2.03727	12.72	hercinit; spinel; enstatit
44.6060	2.02975	24.41	hercinit; enstatit
45.7400	1.98203	1.72	kvarc; enstatit
50.1599	1.81725	10.90	kvarc; albit
54.8700	1.67187	4.28	kvarc; spinel; enstatit
55.0978	1.66549	2.37	hercinit; spinel
55.4300	1.65629	0.29	kvarc; enstatit
58.9170	1.56631	6.74	hercinit; enstatit
59.9700	1.54130	5.54	kvarc; enstatit
60.1500	1.54093	3.53	

Tablica 10.8. Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B8-crveno

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
18.9013	4.69518	10.05	andezin; Mg-Al spinel; albit; augit; anortit
20.8899	4.25249	11.50	kvarc; anortoklas; anortit
21.9762	4.04469	4.46	andezin; albit; anortit
22.9097	3.88195	6.46	andezin; albit; anortit
23.6433	3.76313	13.06	andezin; albit; anortoklas; anortit
23.9439	3.71657	8.26	andezin; albit
24.1700	3.68231	7.20	hematit; augit; anortit
25.6498	3.47312	8.66	andezin; albit; anortoklas; anortit
25.8881	3.44169	9.47	andezin; albit; anortit
26.5100	3.36235	18.90	andezin; albit; anortit
26.6712	3.34240	100.00	kvarc; augit; ortoferosilit
27.5270	3.24039	11.04	augit; anortoklas; ortoferosilit
27.8470	3.20388	19.21	andezin; albit; anortit
27.9943	3.18735	15.89	andezin; albit; anortit
28.3817	3.14473	11.80	andezin; albit
29.8540	2.99291	7.21	andezin; albit; augit; anortoklas; ortoferosilit; anortit
30.4595	2.93478	9.10	andezin; albit; augit; anortoklas; anortit
30.7005	2.91228	9.85	augit; anortoklas; ortoferosilit



31.3365	2.85461	4.16	albit
32.5900	2.74763	0.29	ortoferosilit
33.2891	2.69151	14.46	hematit; anortit
33.8300	2.64970	0.58	andezin; albit; anortit
34.3900	2.60782	1.16	anortoklas
34.8900	2.57159	3.19	augit; anortoklas
35.4300	2.53362	0.87	andezin; albit; augit; anortit
35.7424	2.51219	7.77	hematit; augit; ortoferosilit; anortit
36.6311	2.45326	12.73	kvarc; Mg-Al spinel; albit; anortit
36.9700	2.43155	12.14	albit; anortit
37.5100	2.39777	1.74	anortit
37.7500	2.38308	2.03	albit; augit; anortoklas; anortit
38.4943	2.33870	7.58	augit
39.2300	2.29652	2.32	albit; augit; anortoklas; ortoferosilit; anortit
39.5500	2.27867	1.74	kvarc; albit; anortit
40.3100	2.23745	2.32	kvarc; anortoklas; anortit
40.8700	2.20807	1.16	hematit; albit; augit; anortoklas; anortit
41.0300	2.19983	2.03	hematit; augit; anortoklas; anortit
42.4900	2.12756	5.22	kvarc; augit; anortoklas; anortit
43.0500	2.10118	2.03	albit; anortoklas; anortit
44.0100	2.05755	2.90	anortoklas; anortit
44.3700	2.04169	0.58	Mg-Al spinel; augit; anortit
44.7199	2.02652	30.48	albit; augit; anortit
45.8522	1.97908	4.44	kvarc; augit; anortoklas
47.4300	1.91686	0.29	albit; anortoklas
48.4300	1.87959	1.74	albit
49.5700	1.83900	3.77	hematit; augit; anortoklas
49.7500	1.83277	1.74	hematit; albit; augit; anortoklas
50.1668	1.81701	16.93	kvarc; augit
50.6100	1.80363	2.03	kvarc; albit; anortoklas
50.7500	1.79898	2.61	kvarc; albit; augit; anortoklas
51.4300	1.77678	7.26	albit; augit; anortoklas
52.4300	1.74523	1.74	albit; augit; anortoklas
53.2900	1.71907	0.58	augit; anortoklas
54.2972	1.68814	4.08	hematit; albit; anortoklas
54.9100	1.67213	0.29	kvarc; augit; anortoklas
55.3900	1.65877	1.16	kvarc; Mg-Al spinel; albit; anortoklas
58.7900	1.57069	0.87	albit; anortoklas
59.3500	1.55720	2.61	anortoklas
59.7300	1.54820	2.32	albit; augit
61.8100	1.50100	0.58	albit
62.6900	1.48203	2.61	hematit; albit; augit; anortoklas

Tablica 10.9 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC1

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.8200	10.02609	4.35	gismondin
17.6704	5.01936	1.77	gismondin
20.8734	4.25581	22.74	kvarc; mikroklin; xontolit; gismondin
26.6440	3.34574	100.00	kvarc; mikroklin; grafit; gismondin
27.0292	3.29893	6.04	cirkon
27.5000	3.24351	4.45	mikroklin; xontolit
27.8341	3.20534	3.94	xontolit; gismondin
28.8950	3.09002	2.05	xontolit
29.4004	3.03804	1.27	mikroklin
33.2813	2.69212	2.91	xontolit; hematit; gismondin
35.7422	2.51221	3.15	mikroklin; cirkon; xontolit; hematit; gismondin
36.5527	2.45834	6.63	kvarc; gismondin
38.4869	2.33913	2.20	mikroklin; xontolit; gismondin
39.4689	2.28317	5.94	kvarc; gismondin
40.3219	2.23682	2.43	kvarc; gismondin
42.4440	2.12977	6.40	kvarc; grafit; xontolit; gismondin
44.5831	2.03242	17.21	grafit
45.7734	1.98230	3.14	kvarc; mikroklin; gismondin
49.6300	1.83692	0.91	xontolit; hematit
50.1301	1.81976	10.99	kvarc; gismondin
50.6823	1.80122	0.97	kvarc; mikroklin; grafit; xontolit
54.3153	1.68902	0.95	hematit
54.8602	1.67353	2.37	kvarc; gismondin
59.9623	1.54148	6.95	kvarc; mikroklin; cirkon; grafit; xontolit; gismondin

Tablica 10.10 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC2

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.8163	10.03027	7.89	muskovit; illit
17.6443	5.02671	4.07	muskovit; illit
19.7298	4.49983	2.76	muskovit; illit
20.8760	4.25528	20.87	kvarc
22.0023	4.03994	2.39	albit
22.7294	3.91232	1.32	muskovit; illit
23.5434	3.77888	2.44	albit
24.1904	3.67924	1.16	hematit; albit
26.6425	3.34593	100.00	kvarc; muskovit; illit; grafit; albit
27.9282	3.19475	9.39	illit; albit
30.9273	2.89144	1.41	muskovit
33.2144	2.69738	0.82	hematit; albit
34.6448	2.58922	1.19	
35.7640	2.51073	2.42	muskovit; hematit; illit; albit
36.5503	2.45850	6.01	kvarc; albit
37.2195	2.41582	1.19	albit
38.5180	2.33732	0.71	albit
39.4668	2.28329	4.55	kvarc; albit
40.2900	2.23851	1.99	kvarc; muskovit
42.4623	2.12889	4.59	kvarc; grafit; albit
44.6734	2.02852	20.21	grafit
45.0959	2.01049	2.85	muskovit; illit; albit
45.8132	1.98067	2.93	kvarc; albit
49.5700	1.83900	0.40	hematit; albit
50.1423	1.81935	8.23	kvarc; albit
54.8952	1.67254	2.50	kvarc; grafit; albit
55.2900	1.66153	1.07	albit; muskovit
59.9674	1.54263	5.45	kvarc; grafit; albit

Tablica 10.11 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KC3

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
20.8562	4.25928	23.81	kvarc
21.9039	4.05787	2.56	kristobalit
25.7015	3.46625	2.42	albit; mikroklin
26.6424	3.34594	100.00	kvarc; mikroklin

27.5203	3.24116	9.19	albit; mikroklin
31.3926	2.84964	3.20	spinel; kristobalit
33.3129	2.68964	3.78	hematit; albit
35.7440	2.51208	1.94	hematit; albit; mikroklin
36.3700	2.47027	4.99	kvarc; kristobalit; mikroklin
36.5652	2.45753	7.10	kvarc
36.9900	2.43028	5.76	spinel; albit; mikroklin
37.8300	2.37822	0.11	mikroklin
38.3871	2.34498	2.52	kristobalit
39.4918	2.28189	4.09	kvarc; hematit; albit; mikroklin
40.3614	2.23472	2.09	kvarc; mikroklin
40.9300	2.20498	0.63	hematit; albit; mikroklin
42.4243	2.13070	3.98	kvarc; albit
44.7102	2.02694	24.38	kristobalit; albit
45.7935	1.98148	2.06	kvarc
50.1094	1.82047	6.47	kvarc; mikroklin
50.7100	1.80031	0.84	kvarc; albit; mikroklin
53.4413	1.71456	3.33	albit; mikroklin
53.9100	1.70076	0.32	albit; mikroklin
54.3300	1.68860	1.47	hematit; kristobalit; albit; mikroklin
55.0211	1.66901	0.93	mikroklin
55.3700	1.65932	0.53	kvarc; albit; mikroklin
59.5100	1.55339	1.16	spinel; mikroklin
59.9458	1.54186	6.36	kvarc; albit; mikroklin

Tablica 10.12 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KSI

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.9074	9.92793	10.80	muskovit
17.7492	4.99724	1.65	muskovit
19.6971	4.50723	2.81	muskovit
20.8862	4.25324	19.48	kvarc
26.6690	3.34266	100.00	kvarc; muskovit; mikroklin
27.4932	3.24430	4.86	mikroklin
27.9724	3.18980	4.99	
36.5683	2.45732	5.39	kvarc; muskovit
38.4983	2.33846	1.52	aluminij
39.4858	2.28223	6.05	kvarc
40.3021	2.23787	2.41	kvarc
42.4714	2.12669	2.58	kvarc
44.7136	2.02512	27.68	aluminij
44.8455	2.02448	15.91	
45.8521	1.97745	2.13	kvarc; mikroklin

50.1577	1.81732	8.03	kvarc
50.2937	1.81723	4.85	
50.5700	1.80347	0.69	kvarc; mikroklin
54.9283	1.67023	3.45	kvarc
55.3400	1.65877	0.90	kvarc; muskovit
59.9840	1.54097	8.12	kvarc; mikroklin
60.1452	1.54105	4.33	

Tablica 10.13 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS2

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.8238	10.02176	5.27	biotit
19.7247	4.50098	3.88	cirkon
20.8896	4.25254	25.60	kvarc
26.6651	3.34314	100.00	kvarc; plumbago; cirkon; biotit
27.9725	3.18979	9.97	ilmenorutil
29.4704	3.03098	4.77	kalcit
36.5572	2.45805	6.66	kvarc; ilmenorutil
38.4897	2.33897	3.02	
39.5009	2.28139	4.12	kvarc; kalcit; ilmenorutil; biotit
40.2999	2.23798	4.18	kvarc; cirkon
42.4718	2.12843	6.40	kvarc; plumbago
44.6923	2.02603	14.96	plumbago
44.8425	2.02461	9.87	
45.8090	1.97920	2.69	kvarc
50.1578	1.81732	14.71	kvarc
54.8790	1.67161	3.13	kvarc; plumbago; biotit
55.3495	1.65851	2.75	kvarc; cirkon
59.9748	1.54118	5.43	kvarc; plumbago; biotit

Tablica 10.14 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS3

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.7329	10.12584	6.87	illit
19.7102	4.50426	4.22	illit
20.8957	4.25132	24.44	kvarc; mikroklin
25.4403	3.50125	1.54	mikroklin
26.6561	3.34424	100.00	kvarc; grafit; mikroklin; illit
27.5197	3.24124	6.38	mikroklin
27.9894	3.18790	8.70	illit
29.4466	3.03338	5.10	mikroklin
36.5545	2.45822	6.15	kvarc; illit
39.5161	2.28055	4.89	kvarc
40.3070	2.23760	5.40	kvarc; illit
42.4716	2.12844	4.27	kvarc; grafit
44.6255	2.03059	7.39	grafit
45.8300	1.97998	2.61	kvarc; mikroklin
50.1513	1.81754	11.78	kvarc
50.2931	1.81725	7.59	
54.8786	1.67162	3.60	kvarc; grafit
55.3636	1.65812	1.64	kvarc
59.9713	1.54127	9.39	kvarc; grafit; mikroklin

Tablica 10.15 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka KS4

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2Th.]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.8929	9.94404	2.55	muskovit
17.7800	4.98866	2.17	muskovit; illit-montmorilonit
19.7930	4.48562	2.10	muskovit; illit-montmorilonit
20.8778	4.25494	14.53	kvarc; mikroklin
26.6552	3.34436	100.00	kvarc; grafit; muskovit; mikroklin; illit-montmorilonit; rutil
27.5483	3.23794	18.69	mikroklin
27.9591	3.19128	3.81	
34.6158	2.59133	0.93	muskovit
36.5480	2.45865	4.44	kvarc; muskovit; illit-montmorilonit
38.3837	2.34518	1.13	rutil
39.4880	2.28210	3.48	kvarc
39.8879	2.26014	0.33	muskovit

40.3229	2.23676	2.72	kvarc; illit-montmorilonit; rutil
42.4491	2.12952	3.03	kvarc; grafit; muskovit
44.6640	2.02893	12.34	grafit; illit-montmorilonit
45.8069	1.98093	3.09	kvarc; mikroklin; illit-montmorilonit
50.1635	1.81712	8.15	kvarc
50.2984	1.81707	4.55	
54.8884	1.67135	2.30	kvarc; grafit
55.3632	1.65813	1.24	kvarc; rutil
59.9742	1.54120	3.95	kvarc; grafit; mikrolin

Tablica 10.16 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka NK

Položaj difrakcijskog maksimuma [ $^{\circ}2\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
8.9010	9.93505	2.86	muskovit
20.9214	4.24616	18.33	kvarc; mikroklin; berlinit
22.1024	4.02187	3.17	albit
23.2360	3.82816	1.83	mikroklin
23.5606	3.77615	2.34	albit
24.3400	3.65697	0.94	mikroklin; albit
25.5035	3.49272	2.61	mikroklin; albit
25.7254	3.46309	2.20	mikroklin
26.6842	3.34079	100.00	kvarc; mikroklin; grafit; muskovit; berlinit
27.0958	3.29097	4.81	mikroklin
27.5087	3.24250	5.57	mikroklin
27.9506	3.19224	5.84	albit
29.5006	3.02795	1.61	mikroklin
30.2453	2.95507	2.35	mikroklin; albit
30.9752	2.88708	2.43	muskovit
31.3006	2.85781	0.87	albit
34.2500	2.61816	0.65	mikroklin
34.9730	2.56568	1.61	mikroklin; albit; muskovit
36.5893	2.45597	7.23	kvarc; albit; muskovit
39.5224	2.28020	5.00	kvarc; mikroklin; albit; berlinit
40.3099	2.23745	2.51	kvarc
41.7814	2.16199	0.85	mikroklin
42.4816	2.12797	4.84	kvarc; albit
44.6868	2.02794	0.51	grafit
45.5200	1.99275	1.58	berlinit
45.8443	1.97940	3.37	kvarc; mikroklin; albit
47.2000	1.92566	0.56	mikroklin; albit; berlinit
48.1048	1.89154	0.52	albit

50.1801	1.81656	10.24	kvarc; mikroklin
50.3293	1.81603	6.73	
50.5652	1.80363	2.58	kvarc; mikroklin; albit
54.9122	1.67068	2.49	kvarc
55.3700	1.65795	1.17	kvarc; berlinit
60.0040	1.54050	6.43	kvarc

Tablica 10.17 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B4-crno

Položaj difrakcijskog maksimuma [°2 $\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intenzitet [%]	Prepoznate mineralne faze
13.6246	6.49939	5.34	mikroklin
20.8851	4.25345	13.67	kvarc; berlinit
21.0285	4.22477	8.51	berlinit; mikroklin
22.0900	4.02077	5.09	albit
22.2900	3.98514	7.20	mikroklin
22.3300	3.97810	5.87	mikroklin
22.3300	3.97810	5.87	mikroklin
23.0918	3.84856	6.19	albit; mikroklin
23.2218	3.82730	6.66	mikroklin
23.5868	3.76889	9.08	albit
23.9898	3.70649	5.82	mikroklin
24.2000	3.67477	1.01	albit; mikroklin
24.2900	3.66135	5.55	albit; mikroklin
25.5548	3.48293	9.25	albit; mikroklin
26.4301	3.37233	18.20	albit; mikroklin
26.6590	3.34389	100.00	kvarc; berlinit
27.0820	3.28989	11.46	mikroklin
27.4722	3.24404	58.46	mikroklin
27.7298	3.21449	63.31	albit
29.4701	3.03102	4.86	mikroklin
30.1344	2.96324	8.88	albit; mikroklin
30.8512	2.89601	4.35	mikroklin
34.2457	2.61848	5.06	mikroklin
35.4877	2.52963	5.25	mikroklin
36.5603	2.45785	6.76	kvarc
36.7458	2.44586	6.71	berlinit; albit
38.4712	2.33811	4.61	mikroklin
39.4772	2.28082	4.24	kvarc; berlinit; albit
40.3302	2.23452	2.21	kvarc; berlinit
41.8046	2.15906	4.90	mikroklin
42.5069	2.12500	3.26	kvarc; berlinit; albit
44.6666	2.02714	43.42	berlinit; mikroklin
45.7900	1.98162	4.21	kvarc, albit; mikroklin



47.1773	1.92494	2.99	albit; mikroklin
50.1463	1.81771	10.82	kvarc; berlinit; albit; mikroklin
50.4100	1.81031	0.50	berlinit; mikroklin
50.5466	1.80574	7.28	kvarc; albit; mikroklin
50.6499	1.80230	6.80	kvarc; albit; mikroklin
51.1700	1.78520	2.52	albit; mikroklin
54.8300	1.67299	1.85	kvarc; berlinit
54.8300	1.67299	1.85	kvarc; berlinit
54.9900	1.66850	2.36	kvarc; berlinit; albit
59.9635	1.54145	9.04	kvarc

Tablica 10.18 Položaji difrakcijskog maksimuma, međumrežni razmaci, relativni intenziteti i mineralne faze kojima pripadaju određeni maksimumi uzorka B4-crveno

Položaj difrakcijskog maksimuma [ $^{\circ}2\theta$ .]	Međumrežni razmak- d [Å]	Relativni intezitet [%]	Prepoznate mineralne faze
13.7613	6.43510	1.93	mikroklin; enstatit
20.8736	4.25577	15.97	kvarc; mikroklin
23.2118	3.83210	5.51	mikroklin
23.5506	3.77772	4.92	enstatit
24.0260	3.70405	4.38	mikroklin; enstatit
25.6446	3.47381	4.19	mikroklin; enstatit
26.6482	3.34523	100.00	kvarc; enstatit
27.1188	3.28824	7.07	mikroklin
27.4498	3.24933	25.04	mikroklin; enstatit
27.6300	3.22855	11.34	enstatit
27.9028	3.19760	17.11	enstatit
30.2266	2.95686	7.02	mikroklin
30.4600	2.93473	1.62	enstatit
30.7810	2.90485	2.97	mikroklin
35.0298	2.56165	0.83	mikroklin; enstatit
36.5575	2.45803	4.93	kvarc
38.4900	2.33895	5.59	mikroklin; enstatit
39.4681	2.28321	3.41	kvarc; enstatit
40.3414	2.23578	1.69	kvarc; mikroklin; enstatit
40.9813	2.20233	0.12	enstatit
41.8566	2.15828	4.78	mikroklin; enstatit
42.4668	2.12867	3.47	kvarc; enstatit
44.6559	2.02928	20.52	mikroklin; enstatit
45.8258	1.98016	1.77	kvarc; mikroklin; enstatit
50.1392	1.81795	7.23	kvarc; enstatit
54.8842	1.67147	4.83	kvarc
59.9498	1.54177	4.36	kvarc