

Godišnje izvješće 1 Rezultati

Zagreb, 28.2.2018.

Izradio/la:
Tomislav Brenko, mag. geol

Strategija laboratorijskih istraživanja napravljena je prema ciljevima zadanim za prvu projektnu godinu projekta „Proizvodnja željeza uz rijeku Dravu u antici i srednjem vijeku: stvaranje i transfer znanja, tehnologija i roba“. Osnovni cilj laboratorijskih istraživanja bio je na temelju postojeće literature odrediti pogodne analitičke metode za određivanje sadržaja željeza, te odrediti načine i oblike njegovog pojavljivanja unutar vertikalnih profila tla, s mogućnošću utvrđivanja horizonata koje sadrže močvarnu željeznu rudu (eng. *Bog iron ore*). Iako danas ovakav tip rude ne predstavlja ekonomski značajne pojave željezne rude, u prošlosti je vrlo često eksploatiran, upravo zbog jednostavnog načina eksploatacije i kasnije obrade.

Danas je vrlo dobro dokumentiran mineralni i kemijski sastav močvarne željezne rude, u kojem su dominantni predstavnici željezoviti oksihidroksidi poput goethita, lepidokrokita ili ferihidrita. Upravo iz tog razloga, odabrana je rendgenska difrakcija na prahu (XRD) kao polazna analiza kojom bi se utvrdila prisutnost željezovitih oksihidroksida unutar profila tla. Prethodno usitnjeni uzorci snimljeni su pomoću Phillipsovog vertikalnog goniometra (vrste X'Pert) opremljenog sa bakrenom cijevi i grafitnim monokromatorom. Prilikom mjerenja koristio se napon od 40 kV i struja jakosti 40 mA. Veličina koraka bila je $0,02^\circ 2\theta$.

Uz rendgensku difrakciju na prahu mjenen je i magnetski susceptibilitet, koji predstavlja sposobnost materijala da pokazuje magnetična svojstva u prisustvu slabog magnetnog polja. Goethit, kao važna komponenta močvarne željezne rude pokazuje antiferomagnetična svojstva što znači unatoč tome što pokazuje nešto niže vrijednosti naspram ferimagnetičnih minerala poput magnetita, i dalje se lako uočavaju anomalije u tlu koje mogu upućivati na dijelove tla bogatije sa željezovitim mineralima. Za određivanje magnetskog susceptibiliteta korišten je ručni magnetometar Kappametar KT-6.

Profili koji su pokazivali pojave goethita na XRD snimci, te povišene vrijednosti magnetskog susceptibiliteta izabrani su za obradu kemijskim analizama. Izabran je profil Kalinovac – Hrastova Greda (K – HG) iz razloga što se smatra najperspektivnijim, te je odlučeno na njemu odrediti udjele željeza. Napravljena su dva tipa kemijskih analiza, totalno razaranje uzorka određivanjem ukupnog sadržaja željeza pomoću zlatotopke (smjesa dušične i kloridne kiseline u volumnom omjeru 1:3), te sekvencijska ekstrakcijska analiza tla gdje se korištenjem pojedinih reagensa dobivaju podaci o količini željeza vezanog u jednoj o četiri frakcije tla (karbonatnoj, oksidativnoj, organskoj i rezidualnoj). Za određivanje željeza dobivenih korištenjem zlatotopke kao i određivanje željeza u pojedinim frakcijama tla korišten je Analyst 700 atomski spektrometar.

U Tablici 1 prikazan je popis do sada uzetih uzoraka na lokacijama diljem Podravine zajedno sa prethodno uzorkovanim površinskim dijelovima tla i pronađenom rudačom. Ozmakom + označene su analize koje su do sada napravljene, a oznakom + koje se planiraju napraviti do 1.2.2019.

U Tablici 2 prikazani su i podaci o nekoliko vrsta željezne rude prije i nakon termičke obrade u talioničkim pećima dobivenih tokom metalurške radionice u Brnu (Češka). Navedeni uzorci analizirani su iz razloga dobivanja rendgenskih difrakcijskih slika koje služe za dobivanje saznanja o procesima koji se odvijaju tokom njihove termičke obrade.

Tablica 1. Popis geoloških uzoraka i laboratorijskih analiza provedenih do 15.2.2018. (+) i analiza koje se planiraju provesti do 15.2.2019. (■)

| UZORAK | | | XRD | GKA | SEA | MS | SEM |
|-----------|-----------------|------------|-----|-----|-----|----|-----|
| Lab. broj | Terenska oznaka | Dubina, cm | | | | | |
| 5858 | PS-R 1 | 0 – 30 | + | | | + | |
| 5859 | PS-R 2 | 30 – 60 | + | | | + | |
| 5860 | PS-R 3 | 60 – 100 | + | | | + | |
| 5861 | PS-R 4 | 100 - 140 | + | | | + | |
| 5862 | PS-P 1 | 0 – 40 | + | | | + | |
| 5863 | PS-P 2 | 40 – 70 | + | | | + | |
| 5864 | PS-P 3 | 70 - 100 | + | | | + | |
| 5865 | PS-P 4 | 100 – 140 | + | | | + | |
| 5866 | PS-P 5 | 140 – 170 | + | | | + | |
| 5867 | PS-P 6 | 170 – 200 | + | | | + | |
| 5868 | K-HG 1 | 0 – 30 | + | ■ | + | + | ■ |
| 5869 | K-HG 2 | 30 – 60 | + | ■ | + | + | ■ |
| 5870 | K-HG 3 | 60 – 80 | + | ■ | + | + | ■ |
| 5871 | K-HG 4 | 80 – 100 | + | ■ | + | + | ■ |
| 5872 | K-HG 5 | 100 – 130 | + | ■ | + | + | ■ |
| 5872 | Ž-P 1 | 0 – 30 | | | | + | |
| 5873 | Ž-P 2 | 30 – 60 | | | | + | |
| 5874 | Ž-P 3 | 60 – 90 | | | | + | |
| 5875 | Ž-P 4 | 90 – 100 | | | | + | |
| 5876 | Ž-P 5 | 100 – 140 | | | | + | |
| 5877 | Ž-Š 1 | 0 – 30 | + | | | + | |
| 5878 | Ž-Š 2 | 30 – 60 | + | | | + | |
| 5879 | Ž-Š 3 | 60 – 100 | + | | | + | |
| 5880 | Ž-Š 4 | 100 – 140 | + | | | + | |
| 5881 | Ž-Š 5 | 140 – 160 | + | | | + | |
| 5882 | Ž2 1 | 0 – 30 | | | | + | |
| 5883 | Ž2 2 | 30 – 60 | | | | + | |
| 5884 | Ž2 2 | 60 – 100 | | | | + | |
| 5885 | NP-MB 1 | 0 – 30 | + | ■ | | + | |
| 5886 | NP-MB 2 | 30 – 60 | + | ■ | | + | |
| 5887 | NP-MB 3 | 60 – 80 | + | ■ | | + | |
| 5888 | NP-MB 4 | 80 – 100 | + | ■ | | + | |
| 5889 | NP-MB 5 | 100 – 120 | + | ■ | | + | |
| 5890 | NP-MB 6 | 120 – 140 | + | ■ | | + | |

TransFER



| | | | | | | | |
|------|----------|-----------|---|---|---|--|---|
| 5891 | NP-MB 7 | 140 – 160 | + | + | | | + |
| 5892 | NP-MB 8 | 160 -180 | + | + | | | + |
| 5893 | NP-MB 9 | 180 – 200 | + | + | | | + |
| 5894 | NP-MB 10 | 200 – 220 | + | + | | | + |
| 5895 | NP-MB 11 | 220 – 250 | + | + | | | + |
| 5896 | D-P 1 | 0 – 30 | + | | | | + |
| 5897 | D-P 2 | 30 – 60 | + | | | | + |
| 5898 | D-P 3 | 60 – 90 | + | | | | + |
| 5899 | D-P 4 | 90 – 120 | + | | | | + |
| 5900 | D-P 5 | 120 – 140 | + | | | | + |
| 5901 | D-P 6 | 140 – 160 | + | | | | + |
| 5902 | D-P 7 | 160 – 175 | + | | | | + |
| 5903 | D-P 8 | 175 – 185 | + | | | | + |
| 5907 | D-BG 1 | 0 – 20 | + | | | | + |
| 5908 | D-BG 2 | 20 – 30 | + | | | | + |
| 5909 | D-BG 3 | 30 – 50 | + | | | | + |
| 5910 | D-BG 4 | 35 – 55 | + | | | | + |
| 5911 | D-BG 5 | 45 – 65 | + | | | | + |
| 5912 | J-Š 1 | 0 – 30 | + | | | | + |
| 5913 | J-Š 2 | 30 – 60 | + | | | | + |
| 5914 | J-Š 3 | 60 – 95 | + | | | | + |
| 5915 | J-Š 4 | 95 – 130 | + | | | | + |
| 5916 | J-Š 5 | 130 – 150 | | | | | |
| 5935 | P-C 1 | 0 – 30 | + | + | + | | + |
| 5936 | P-C 2 | 30 – 65 | + | + | + | | + |
| 5937 | P-C 3 | 65 – 90 | + | + | + | | + |
| 5938 | P-C 4 | 90 – 120 | + | + | + | | + |
| 5939 | P-C 5 | 120 – 150 | + | + | + | | + |
| 5940 | P-C 6 | 150 – 175 | + | + | + | | + |
| 5941 | P-C 7 | 175 – 195 | + | + | + | | + |
| 5943 | P-G 1 | 0 – 30 | + | + | + | | + |
| 5944 | P-G 2 | 30 – 65 | + | + | + | | + |
| 5945 | P-G 3 | 65 – 100 | + | + | + | | + |
| 5946 | P-G 4 | 100 – 140 | + | + | + | | + |
| 5947 | P-G 5 | 140 – 170 | + | + | + | | + |
| 5948 | P-G 6 | 170 – 205 | + | + | + | | + |
| 5949 | P-G 7 | 205 – 220 | + | | | | + |
| 5953 | M-T 1 | 0 – 40 | + | | | | + |
| 5954 | M-T 2 | 40 – 70 | + | | | | + |
| 5955 | M-T 3 | 70 – 120 | + | | | | + |

| | | | | | | | |
|------|----------------|------------|---|---|---|---|---|
| 6026 | S-M p 1 | 0 – 30 | + | | | + | |
| 6027 | S-M p 2 | 30 – 60 | + | | | + | |
| 6028 | S-M p 3 | 60 – 85 | + | | | + | |
| 6029 | S-M p 4 | 85 – 130 | + | | | + | |
| 6030 | S-M p 5 | 130 – 160 | + | | | + | |
| 6031 | S-M p 6 | 160 – 190 | + | | | + | |
| 6033 | V-S 1 | 0 – 30 | | + | + | + | + |
| 6034 | V-S 2 | 30 – 55 | | + | + | + | + |
| 6035 | V-S 3 | 55 – 88 | | + | + | + | + |
| 6036 | V-S 4 | 88 – 118 | | + | + | + | + |
| 6037 | V-S 5 | 118 – 150 | | + | + | + | + |
| 6038 | V-S 6 | 150 – 180 | | + | + | + | + |
| 6039 | V-S 7 | 180 – 200 | | + | + | + | + |
| 6042 | NP-MB rudača 2 | površinski | | | | | |
| 7001 | H-D 1 | 0 – 40 | | + | + | + | + |
| 7002 | H-D 2 | 40 – 50 | | + | + | + | + |
| 7003 | H-D 3 | 50 – 80 | | + | + | + | + |
| 7004 | H-D 4 | 80 – 100 | | + | + | + | + |
| 7005 | H-D 5 | 100 – 120 | | + | + | + | + |
| 7006 | KI-LP 1 | 0 – 30 | | + | + | + | + |
| 7007 | KI-LP 2 | 30 – 60 | | + | + | + | + |
| 7008 | KI-LP 3 | 60 – 90 | | + | + | + | + |
| 7009 | KI-LP 4 | 90 – 120 | | + | + | + | + |
| 7010 | KI-LP 5 | 120 – 150 | | + | + | + | + |
| 7011 | KI-LP 6 | 150 – 192 | | + | + | + | + |
| 7012 | I-B 1 | 0 – 30 | | + | | + | |
| 7013 | I-B 2 | 30 – 70 | | + | | + | |
| 7014 | I-B 3 | 70 – 95 | | + | | + | |
| 7015 | I-B 4 | 95 - 150 | | + | | + | |
| 7016 | M1 1 | 0 – 30 | | | | + | |
| 7017 | M1 2 | 30 – 68 | | | | + | |
| 7018 | M1 3 | 68 – 100 | | | | + | |
| 7019 | M2 1 | 0 – 30 | | | | + | |
| 7020 | M2 2 | 30 – 60 | | | | + | |
| 7021 | M2 3 | 60 – 103 | | | | + | |
| 7022 | M2 4 | 103 – 120 | | | | + | |
| 7023 | M3 1 | 0 – 20 | | | | + | |
| 7024 | M3 2 | 20 – 50 | | | | + | |
| 7025 | M3 3 | 50 – 75 | | | | + | |
| 7026 | M3 4 | 75 – 120 | | | | + | |

| | | | | | | | |
|--------|-------------------|------------|---|---|---|--|---|
| 7027 | V 1 | 0 – 30 | | | | | + |
| 7028 | V 2 | 30 – 75 | | | | | + |
| 7029 | V 3 | 75 – 120 | | | | | + |
| 7030 | S-M potok 1 | 0 – 30 | | | | | + |
| 7031 | S-M potok 2 | 30 – 70 | | | | | + |
| 7032 | S-M potok 3 | 70 – 100 | | | | | + |
| 7033 | S-M potok 4 | 100 – 135 | | | | | + |
| 7034 | S-M potok 5 | 135 – 170 | | | | | + |
| 7035 | S-M potok 6 | 170 – 205 | | | | | + |
| 5771 | K-HG tlo 1 | površinski | + | + | | | + |
| 5772 | K-HG tlo 2 | površinski | + | + | | | + |
| 5773 | Konkrecije | površinski | + | + | | | + |
| 5774 | NP-MB rudača | površinski | + | + | | | + |
| 5774-S | Smeđi dio rudače | | + | + | | | |
| 5774-C | Crni dio rudače | | + | + | | | |
| 5774-Z | Zeleni dio rudače | | + | + | | | |
| 5775 | Kuglice | površinski | + | + | + | | + |

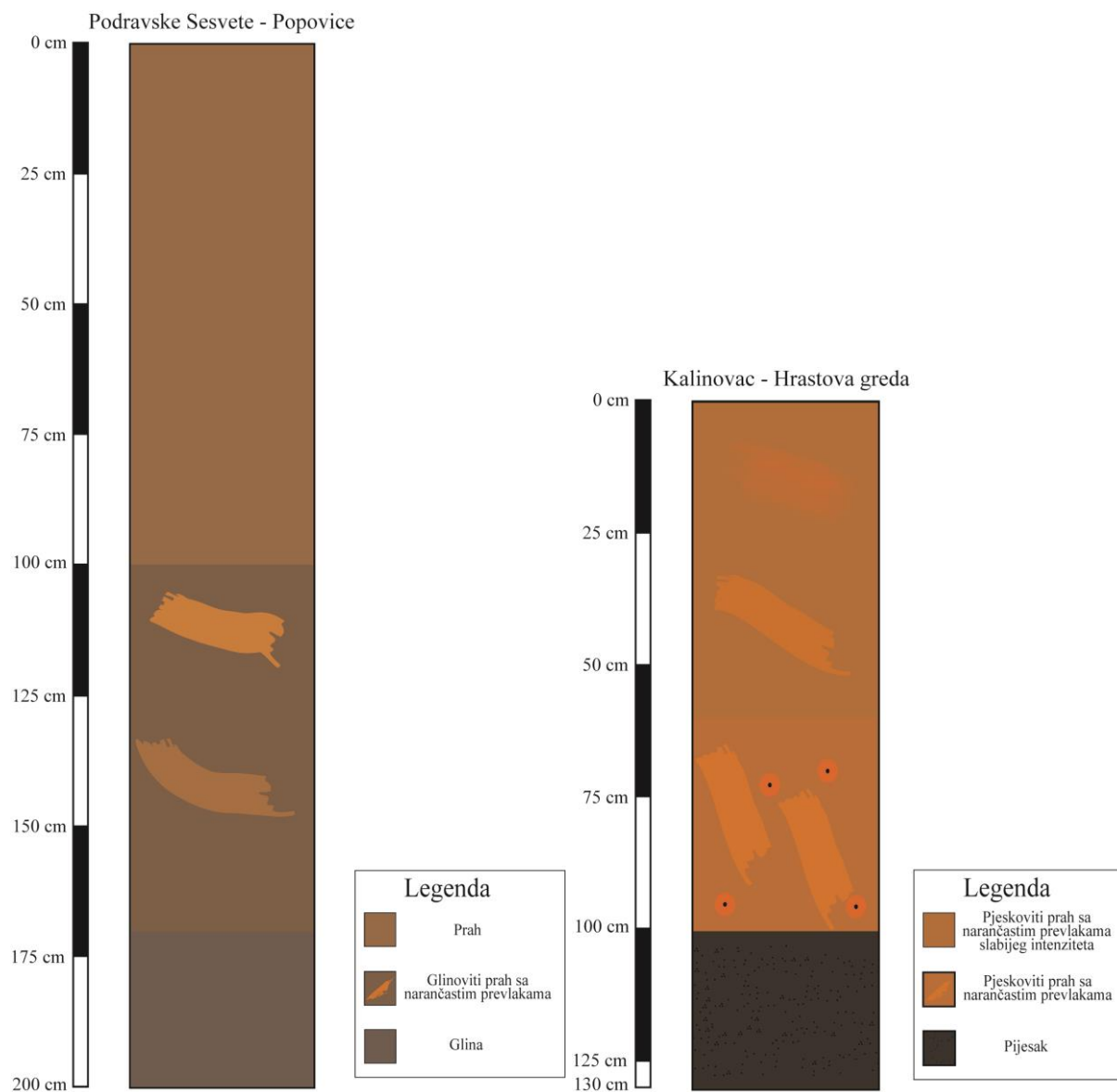
(XRD – Rendgenska difrakcijska analiza frakcije manje od 2 mm; GKA – geokemijske analize; SEA – sekvencijske ekstrakcijske analize; SEM – pretražna elektronska mikroskopija visoke razlučivosti; MS – magnetski susceptibilitet)

Tablica 2. Popis arheoloških uzoraka

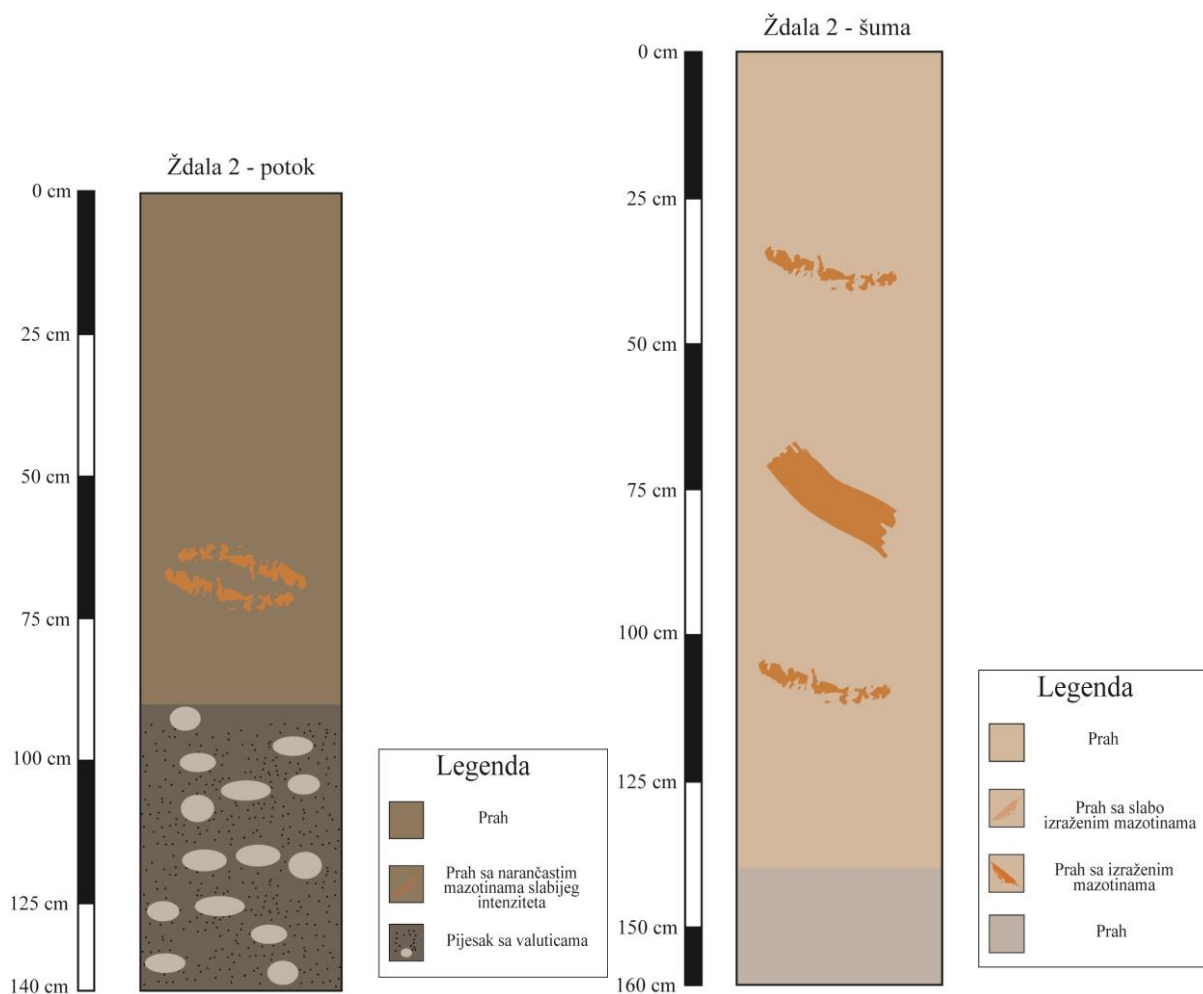
| Lab. broj | Naziv uzorka | Tip uzorka | XRD |
|-----------|---------------------------|---------------------|-----|
| 5814 | Peć 5 pijesak i goethit | Zgura | + |
| 5818 | Ruda nepržena - Olomučany | Ruda | + |
| 5823 | Fe bloom | Metalurško željezo | + |
| 5827 | Zdjelica - dno peći | Dio talioničke peći | + |

Rezultati makroskopske analize profila tla

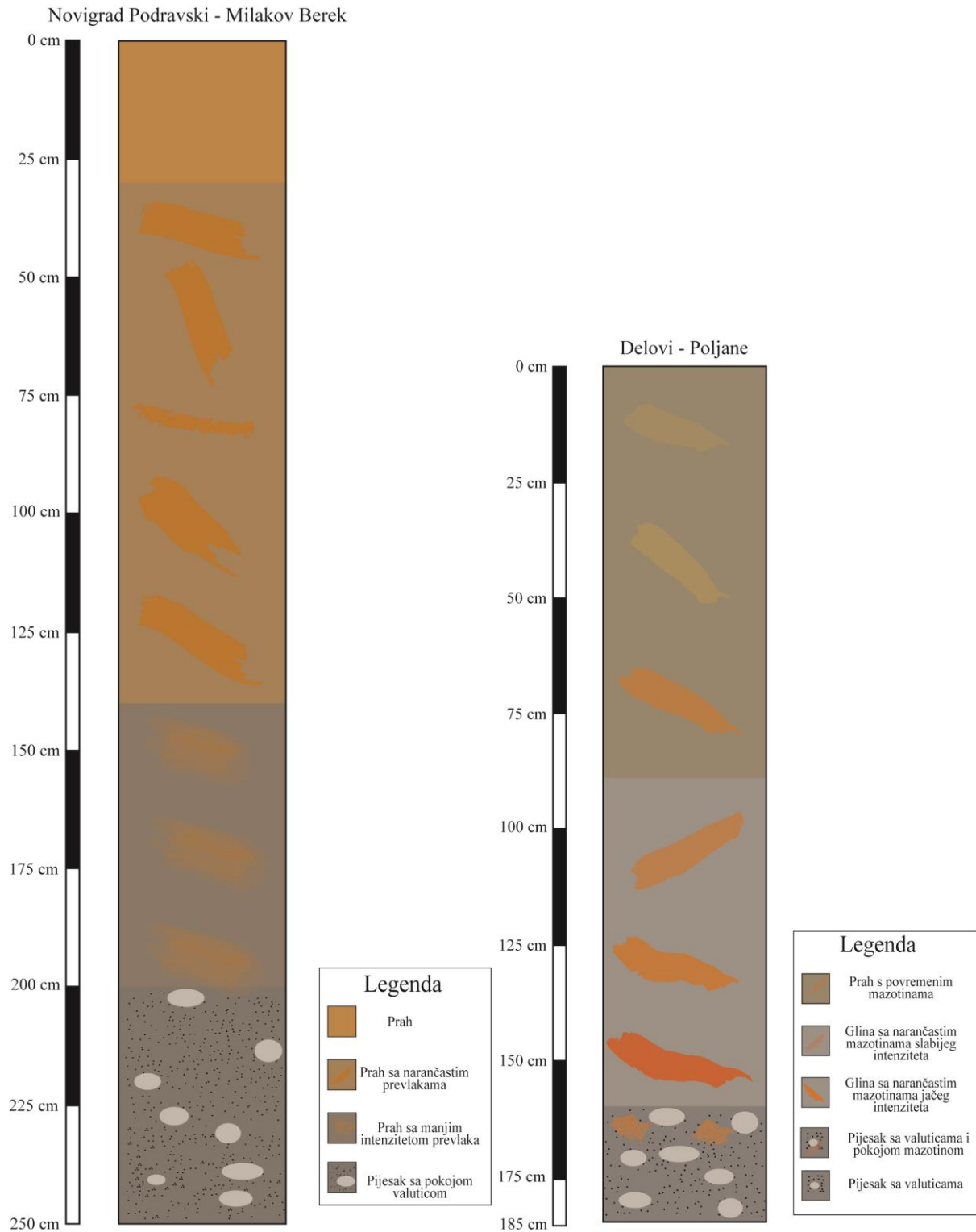
Profili tla makroskopski su pregledani, te su zabilježene pojave željeza u njima. Profili koji su pokazivali zanimljive pojave željeza u obliku prevlaka, nakupina ili mazotina skicirani su i prikazani na slikama 1–9.



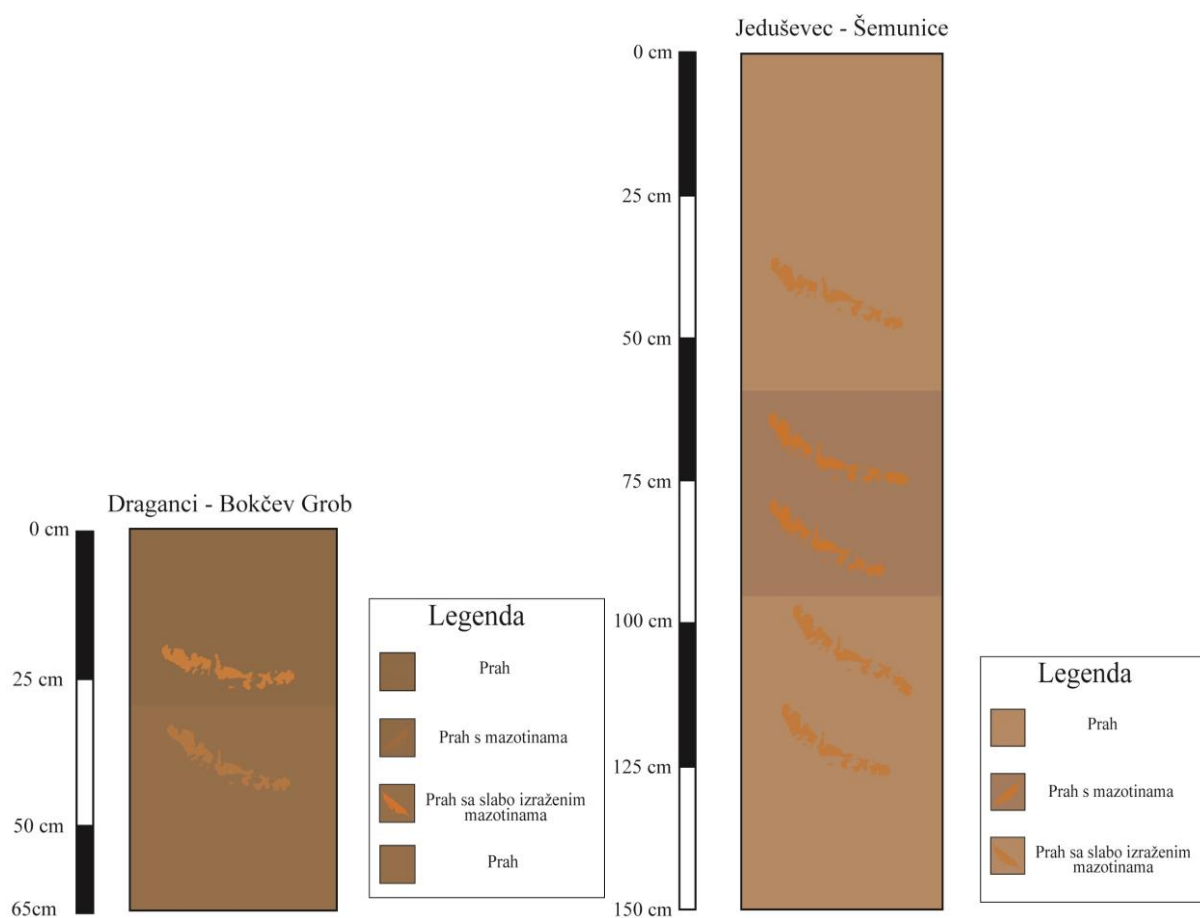
Slika 1. Skicirani profili sa lokaliteta Podravske Sesvete - Popovice i Kalinovac - Hrastova Greda



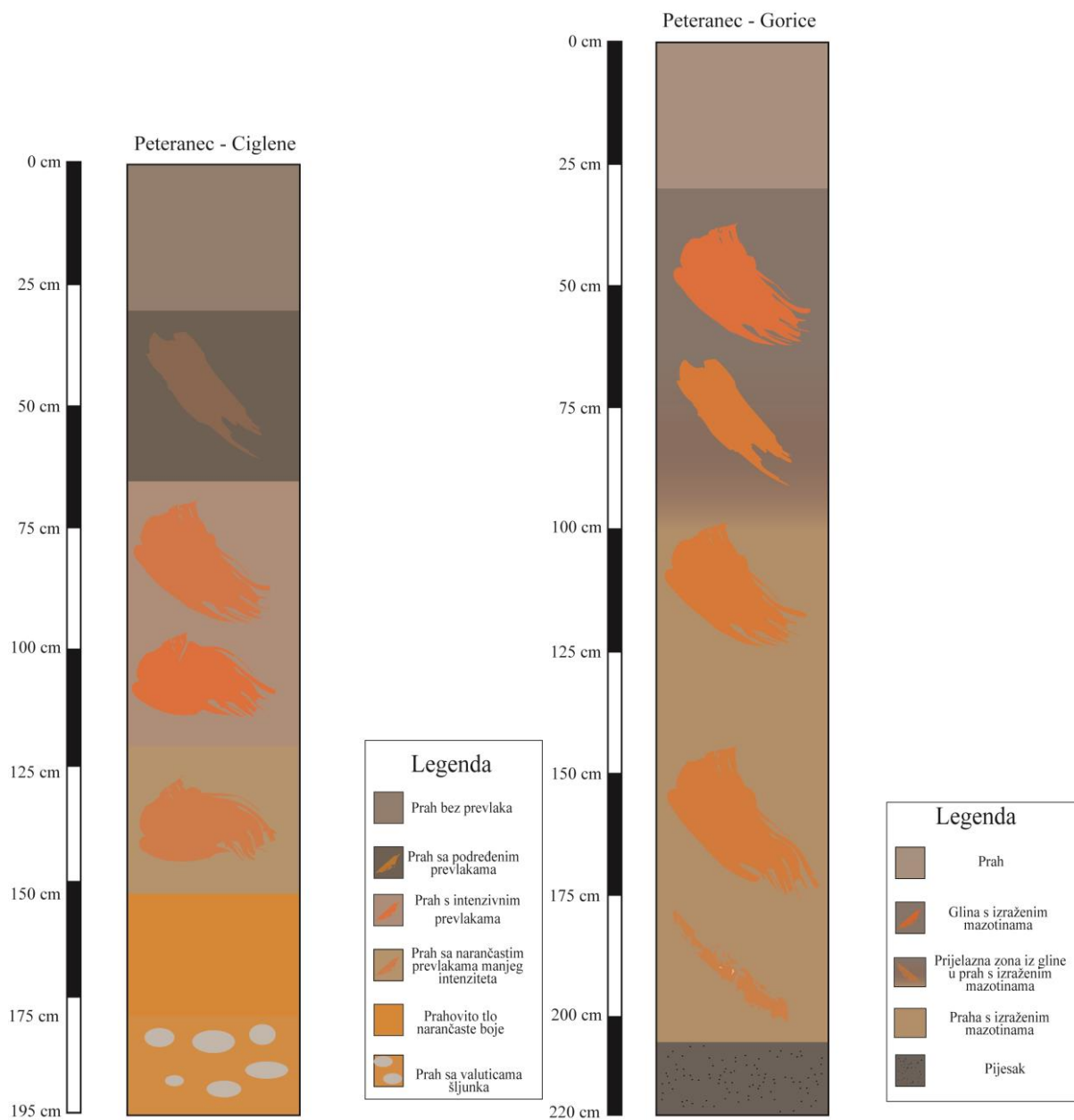
Slika 2. Skicirani profili sa lokaliteta Ždala 2 - potok i Ždala 2 - šuma



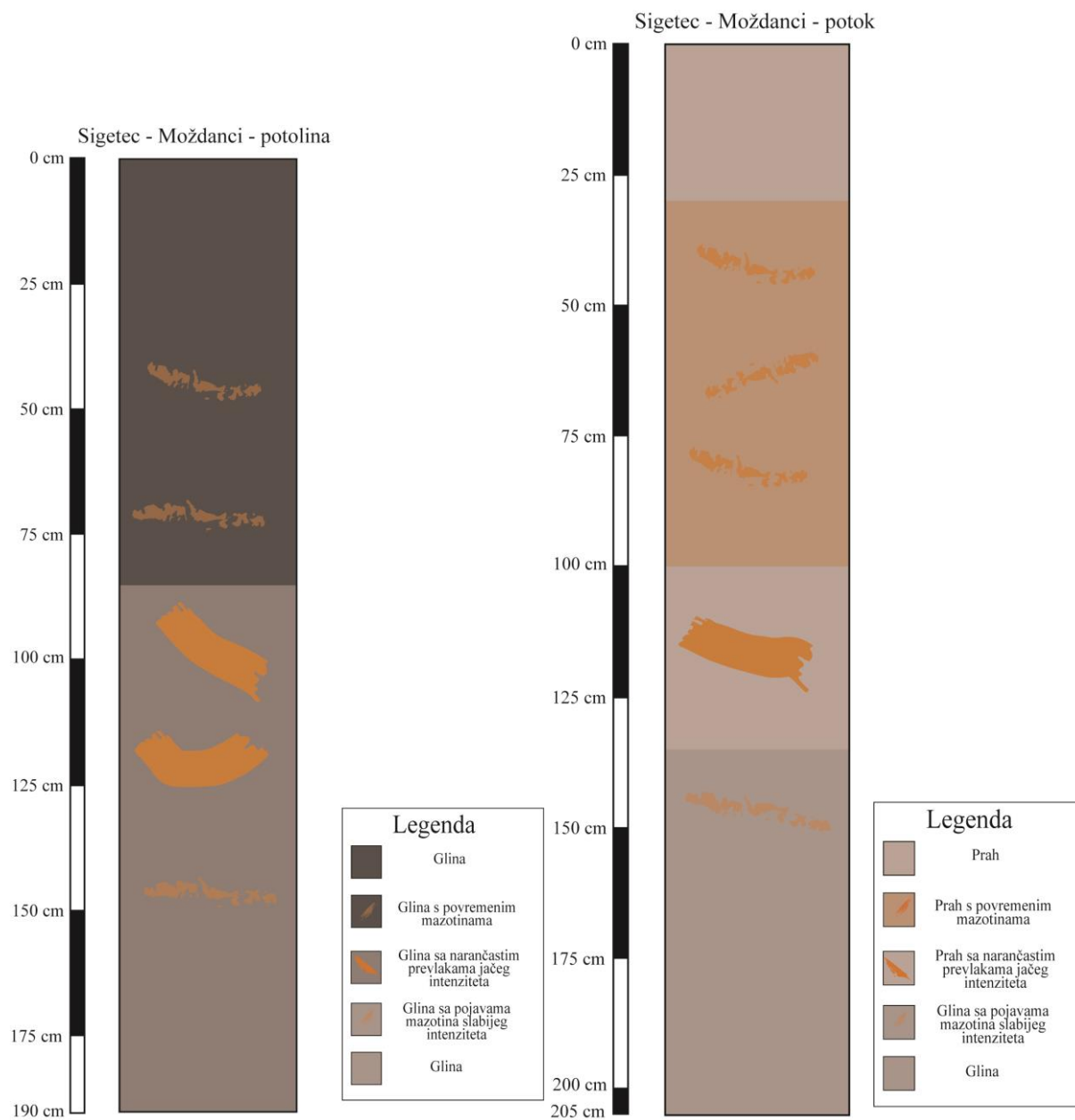
Slika 3. Skicirani profili sa lokaliteta Novigrad Podravski - Milakov Berek i Delovi - Poljane



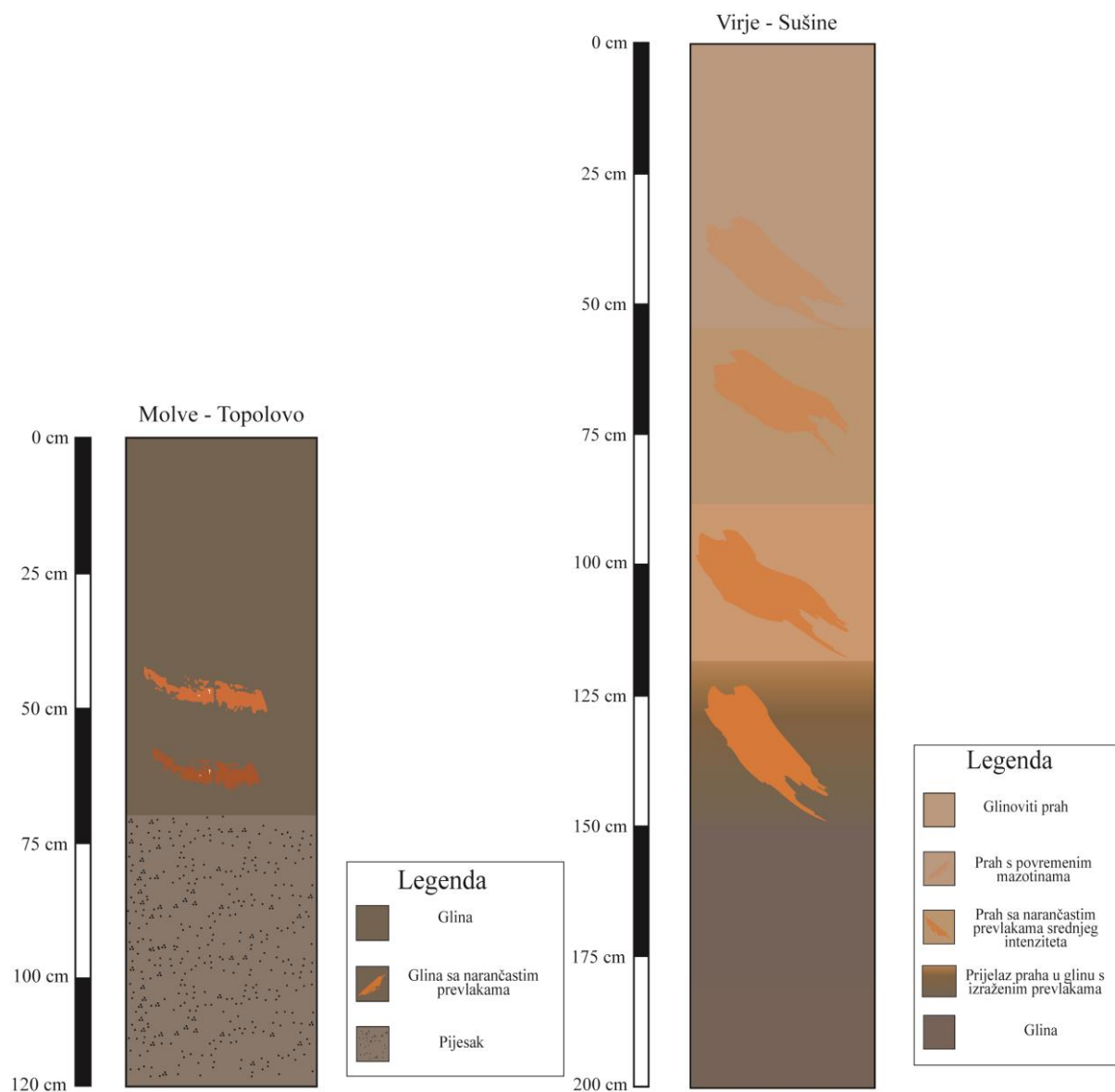
Slika 4. Skicirani profili sa lokaliteta Draganci - Bokčev Grob i Jeduševec - Šemunice



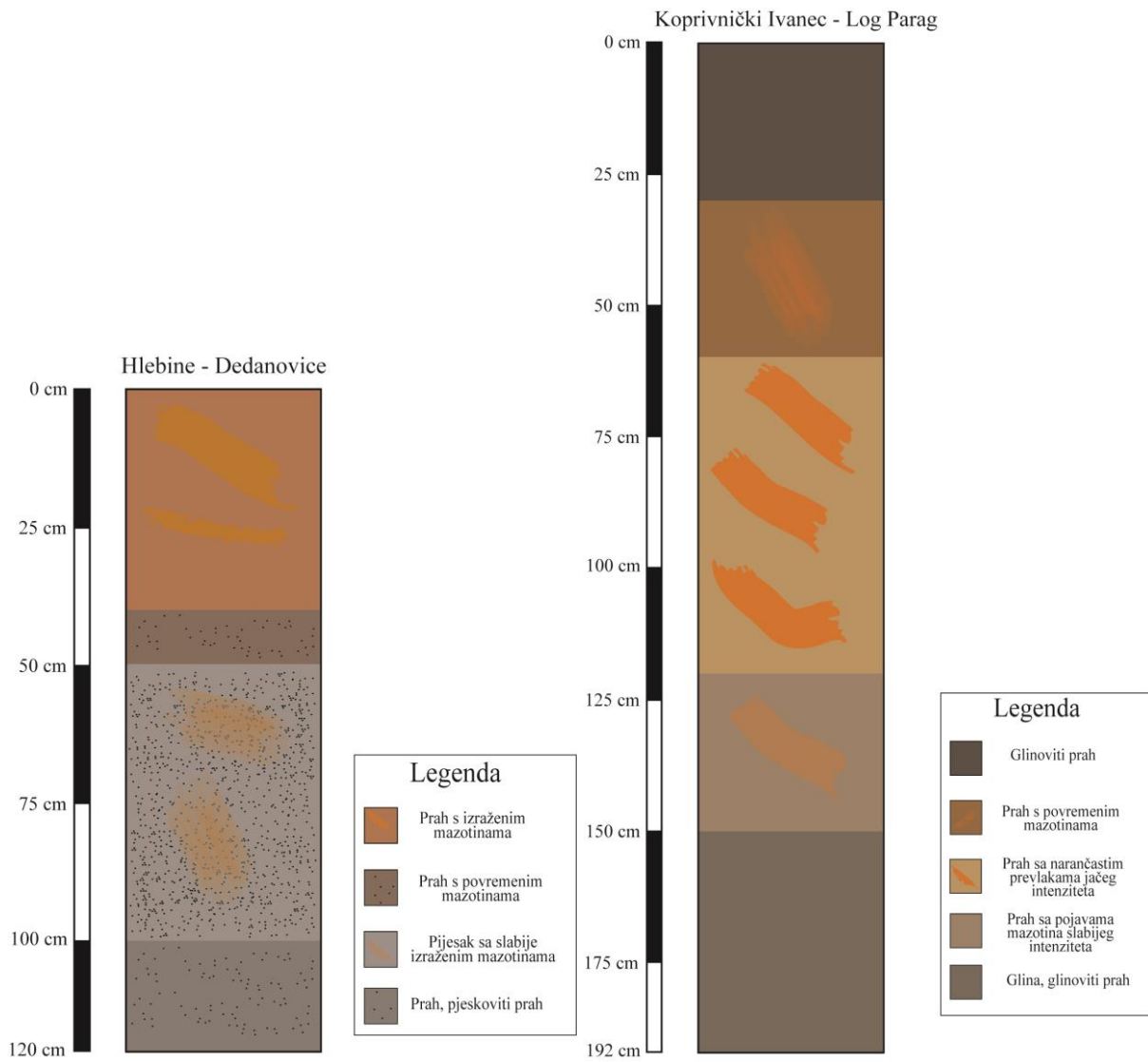
Slika 5. Skicirani profili sa lokaliteta Peteranec - Ciglene i Peteranec - Gorice



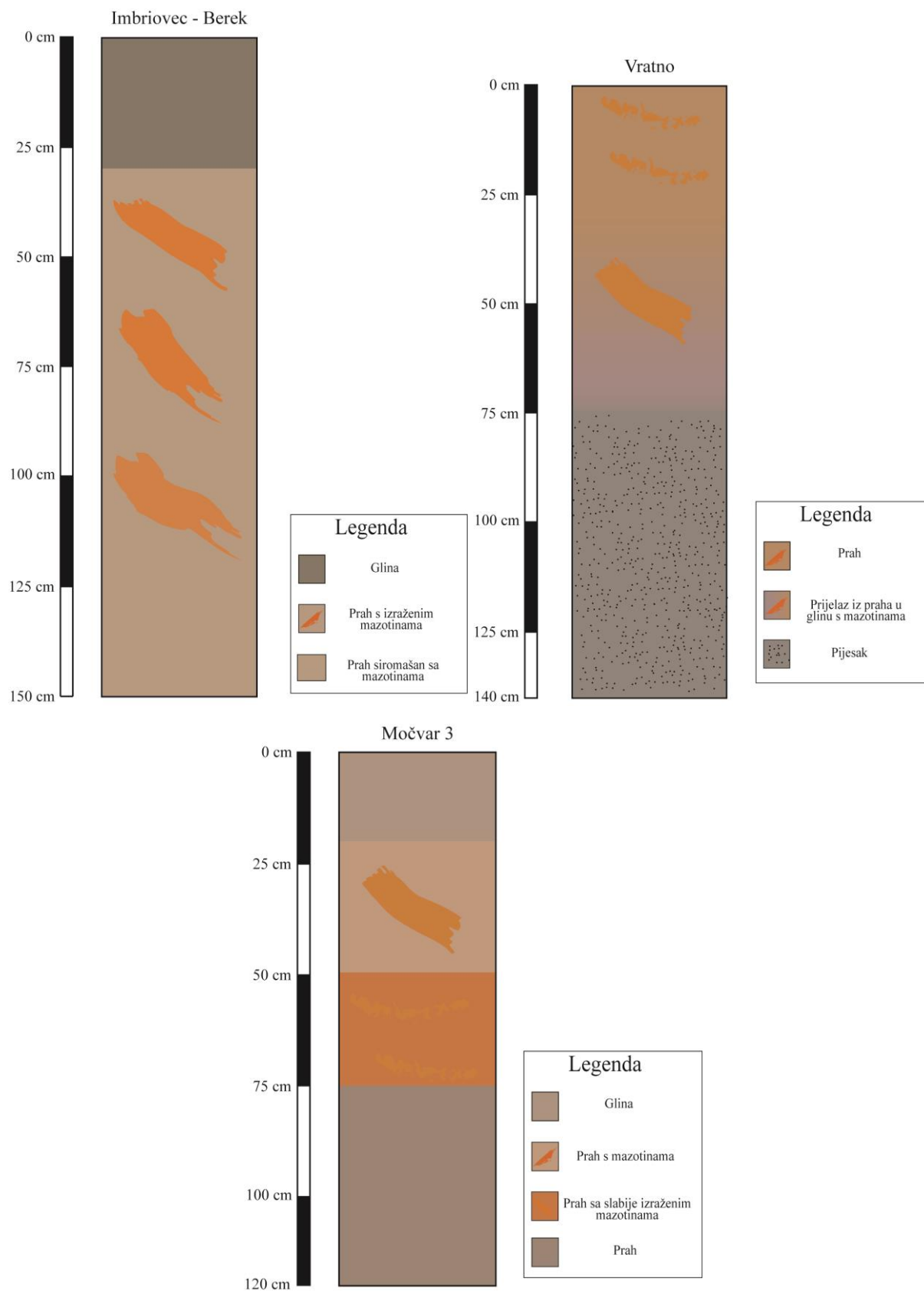
Slika 6. Skicirani profili sa lokaliteta Sigetec - Moždanci - potolina i Sigetec – Moždanci - potok



Slika 7. Skicirani profili sa lokaliteta Molve - Topolovo i Virje - Sušine



Slika 8. Skicirani profili sa lokaliteta Hlebine - Dedanovice i Koprivnički Ivanec - Log Parag



Slika 9. Skicirani profili sa lokaliteta Imbriovec - Berek, Vratno i Močvar 3

Rezultati rendgenske difrakcije na prahu

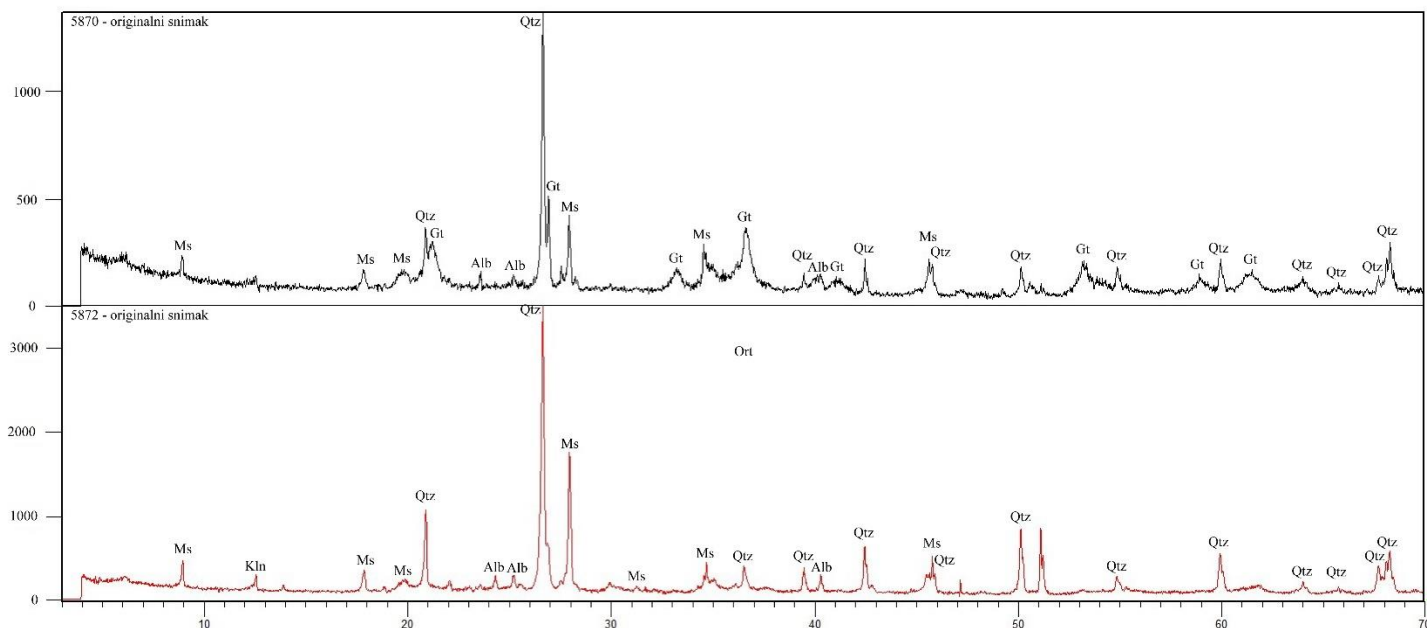
U Tablicama 3 do 9 prikazan je mineralni sastav snimljenih profila tla pomoću rendgenske difrakcije na prahu. Posebno su zanimljivi profili Kalinovac – Hrastova Greda (K – HG), Peteranec – Ciglene (P – C) i Peteranec – Gorice (P – G) zbog pojava goethita. Karakteristični dijelovi difrakcijske slike za lokalitete Kalinovac – Hrastova Greda i Peteranec – Ciglene prikazani su na Slikama 10 i 11. Prikazane su razlike u difrakcijskim slikama između horizonata tla koji sadrže goetit i onih u kojima nisu zabilježene njegove pojave.

U Tablici 10 i na Slikama 12, 13 i 14. prikazani su rezultati prethodno pronađenih uzoraka sa lokaliteta Kalinovac – Hrastova Greda i Novigrad Podravski – Milakov Berek na kojima je temeljen ovaj Projekt.

U Tablici 11. i na slikama 14–18. prikazani su podaci rendgenske difrakcije na prahu za odabrane arheološke uzorke koji će se koristiti za daljnje usporedbe sa pronađenim i obrađenim uzorcima.

Tablica 3. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Kalinovac - Hrastova Greda

| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | K-feld | Ab | Chl |
|-----------|-----|----|----|--------|-----|-----|
| 5868 | + | + | + | + - | + - | ? |
| 5869 | + | + | + | - | + - | ? |
| 5870 | + | + | + | - | - | ? |
| 5871 | + | + | + | - | - | ? |
| 5872 | + | - | + | - | - | + - |



Slika 10. Rendgenska difrakcijska slika za središnji i najdublji interval profila Kalinovac - Hrastova Greda

Tablica 4. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Ždala - Šuma

| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|
| 5877 | + | ? | + | + | ? |
| 5878 | + | ? | + | + | ? |
| 5879 | + | - | + | + | ? |
| 5880 | + | - | + | + | ? |
| 5881 | + | - | + | + | + |

Tablica 5. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Novigrad Podravski – Milakov Berek

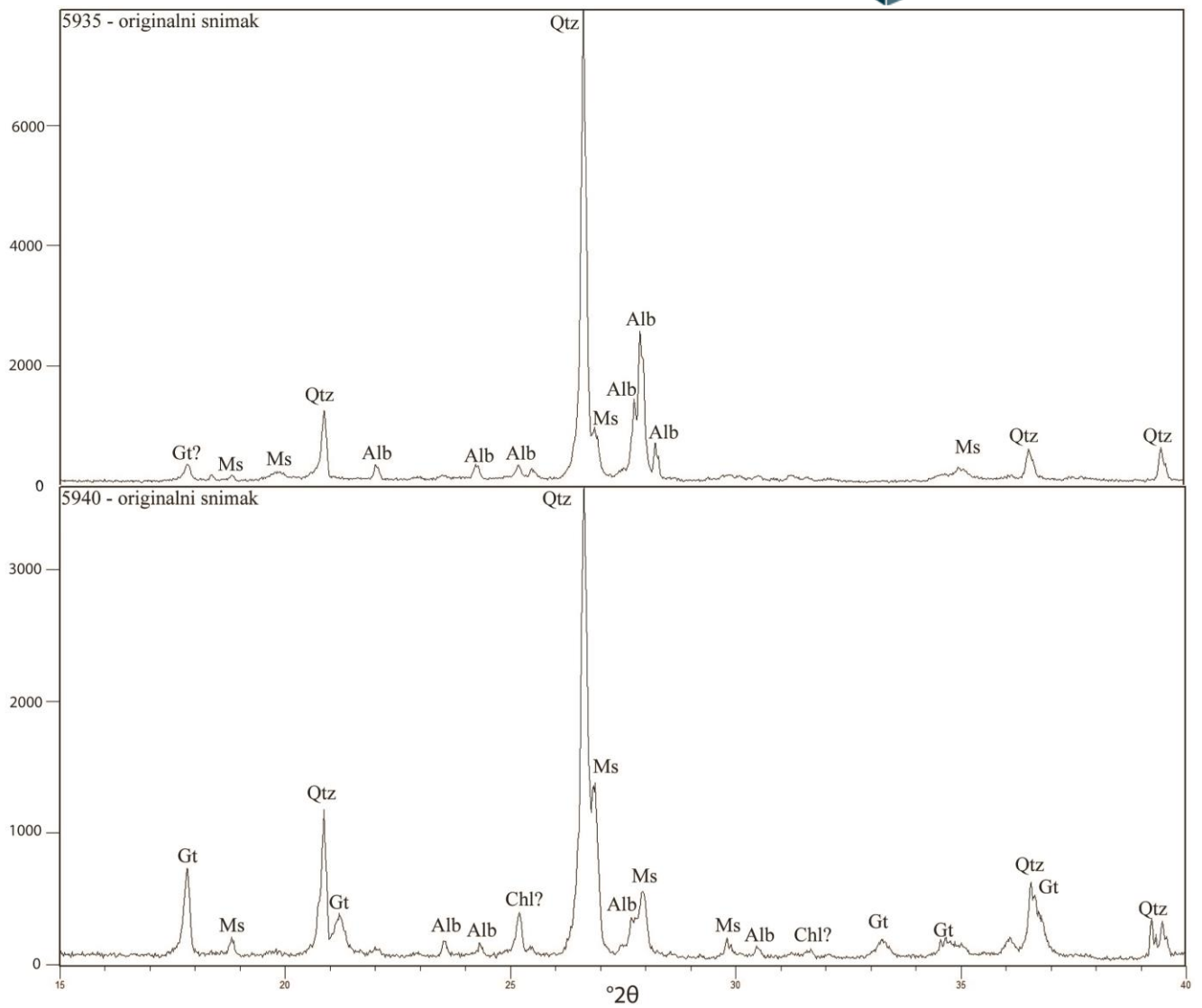
| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|
| 5885 | + | - | + | + | + |
| 5886 | + | - | + | + | + |
| 5887 | + | - | + | + | + |
| 5888 | + | - | + | + | + |
| 5889 | + | - | + | + | + |
| 5890 | + | - | + | + | + |
| 5891 | + | - | + | + | + |
| 5892 | + | - | + | + | + |
| 5893 | + | - | + | + | + |
| 5894 | + | - | + | + | + |
| 5895 | + | - | + | + | + |

Tablica 6. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Delovi - Poljane

| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|
| 5896 | + | - | + | + | + |
| 5897 | + | - | + | + | + |
| 5898 | + | - | + | - | + |
| 5899 | + | ? | + | - | + |
| 5900 | + | - | + | - | + |
| 5901 | + | - | + | - | + |
| 5902 | + | - | + | + | + |
| 5903 | + | - | + | + | + |

Tablica 7. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Peteranec - Ciglene

| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|
| 5935 | + | - | + | ? | + |
| 5936 | + | - | + | ? | + |
| 5937 | + | - | + | ? | + |
| 5938 | + | - | + | ? | + |
| 5939 | + | + | + | - | + |
| 5940 | + | + | + | ? | + |
| 5941 | + | + | + | ? | + |



Slika 11. Karakteristični dijelovi difrakcijske slike površinskog i dubinskog uzorka na lokalitetu Peteranec - Ciglene

Tablica 8. Rezultati rednenske difrakcije na lokalitetu Peteranec - Gorice

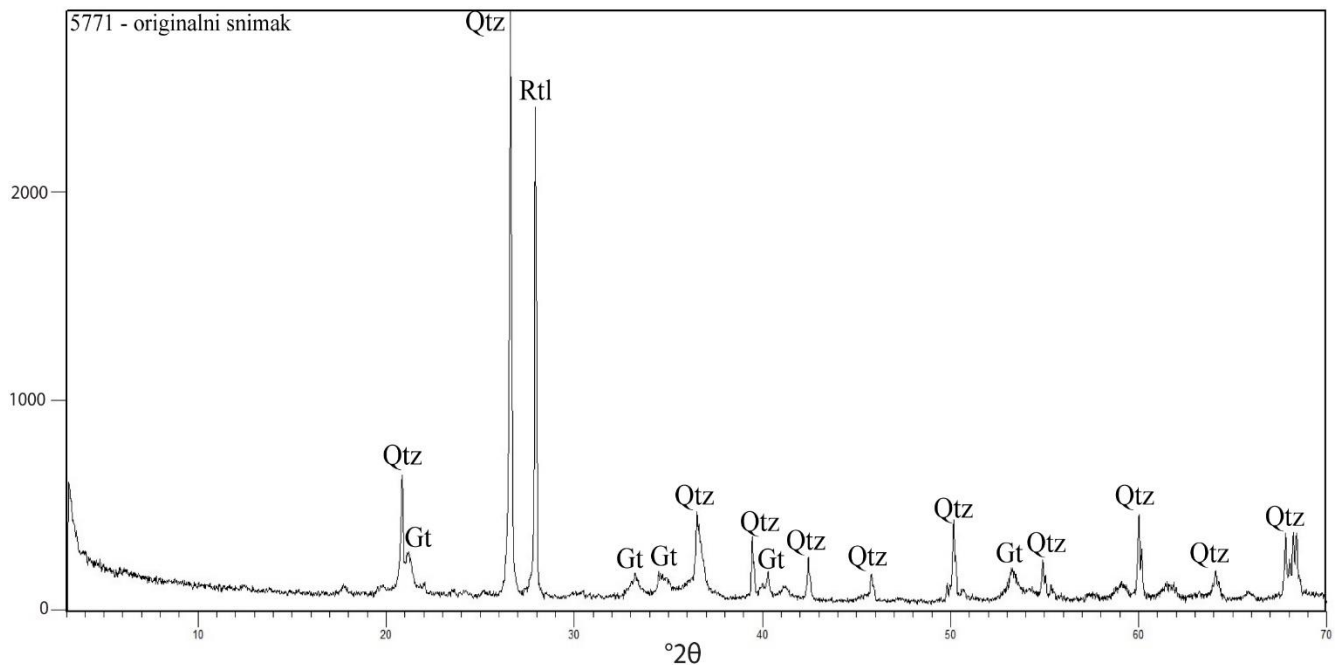
| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl | Kln |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 5943 | + | - | + | - | - | + |
| 5944 | + | - | + | + | + | - |
| 5945 | + | + | + | + | + | - |
| 5946 | + | - | + | + | + | - |
| 5947 | + | - | + | + | + | - |
| 5948 | + | - | + | + | + | - |
| 5949 | + | - | + | + | + | - |

Tablica 9. Rezultati rendgenske difrakcije na lokalitetu Molve - Topolovo

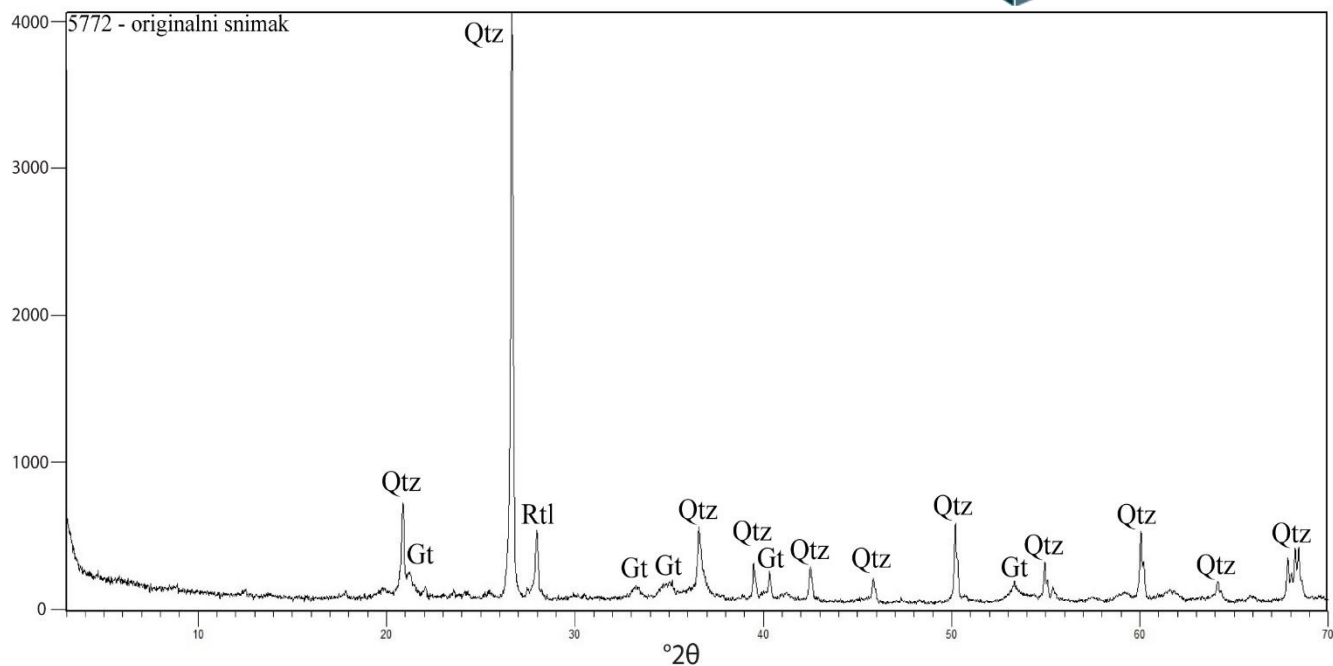
| Lab. broj | Qtz | Gt | Ms | Alb | Chl | Kln |
|-----------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 5953 | + | - | + | - | + | + |
| 5954 | + | - | + | - | + | + |
| 5955 | + | - | + | ? | + | + |

Tablica 10. Rezultati rendgenske difrakcije na prahu na prethodno uzorkovanim uzorcima sa lokaliteta Kalinovac – Hrastova Greda i Novigrad Podravski – Milakov Berek

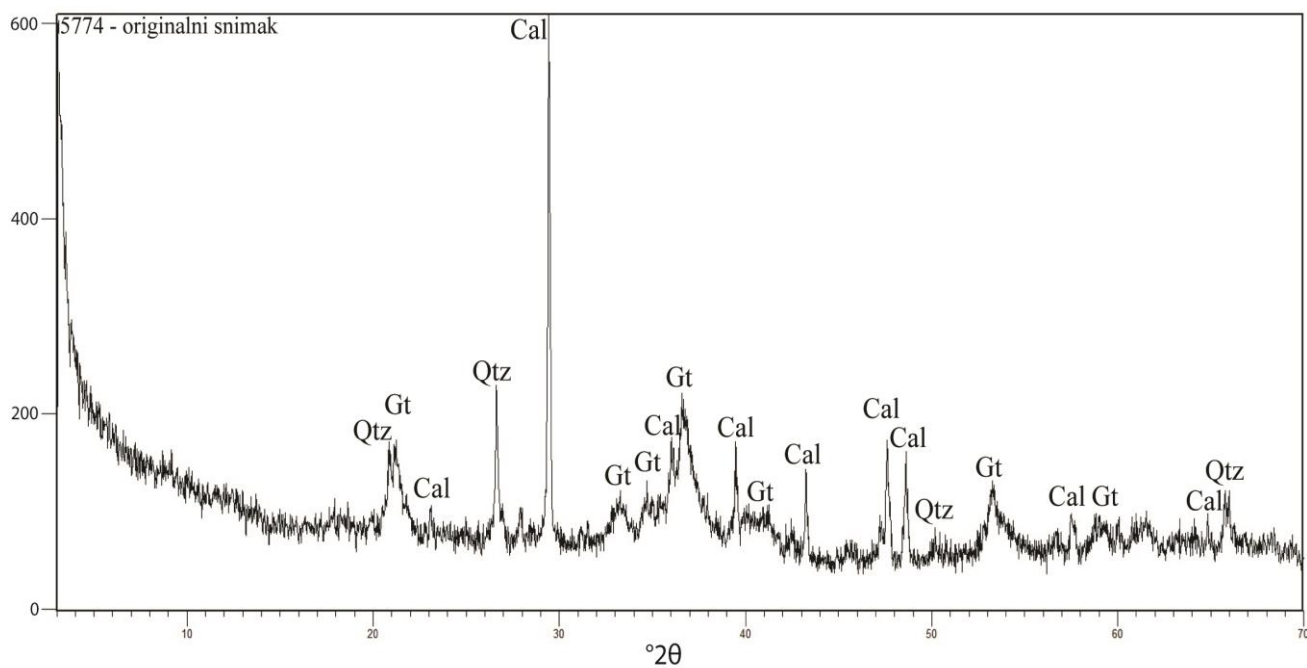
| Lab. broj | Qtz | Gt | Rtl | Cal |
|-----------|-----|----|-----|-----|
| 5771 | + | + | + | - |
| 5772 | + | + | + | - |
| 5774 | + | + | - | + |



Slika 12. Rendgenska difrakcijska slika za površinski uzorkovano tlo na lokalitetu Kalinovac - Hrastova Greda 1



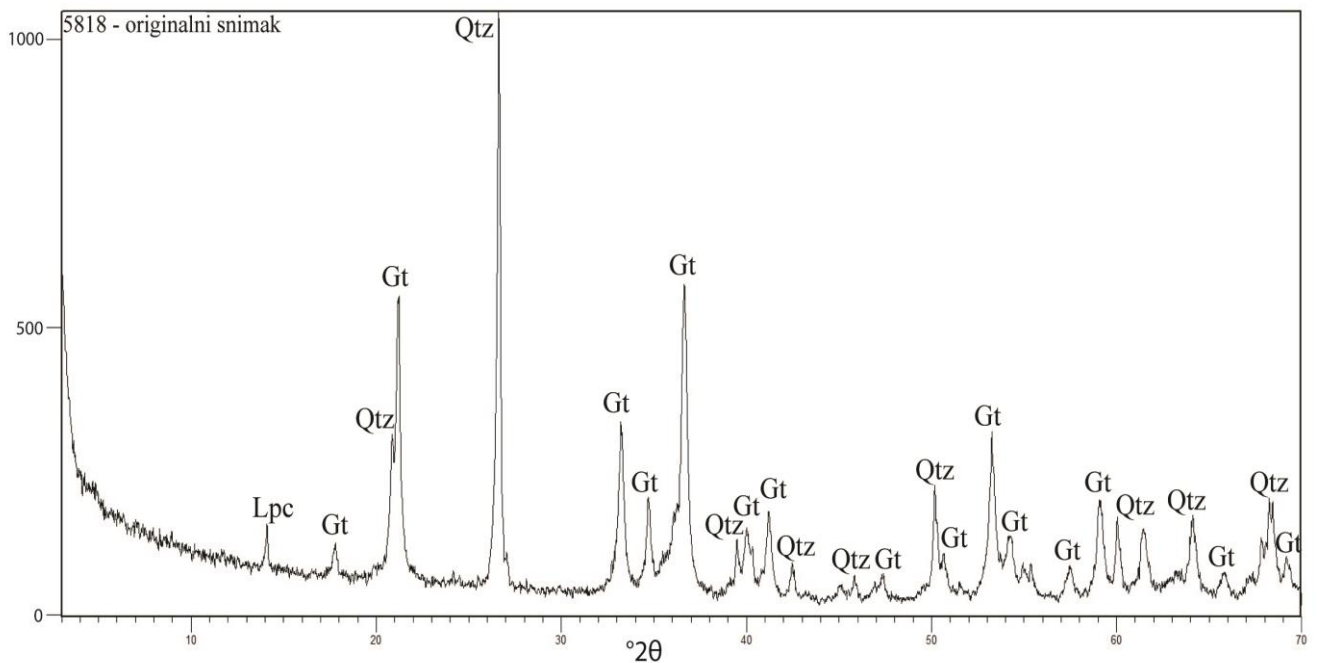
Slika 13. Rendgenska difrakcijska slika za površinski uzorkovano tlo na lokalitetu Kalinovac - Hrastova Greda 2



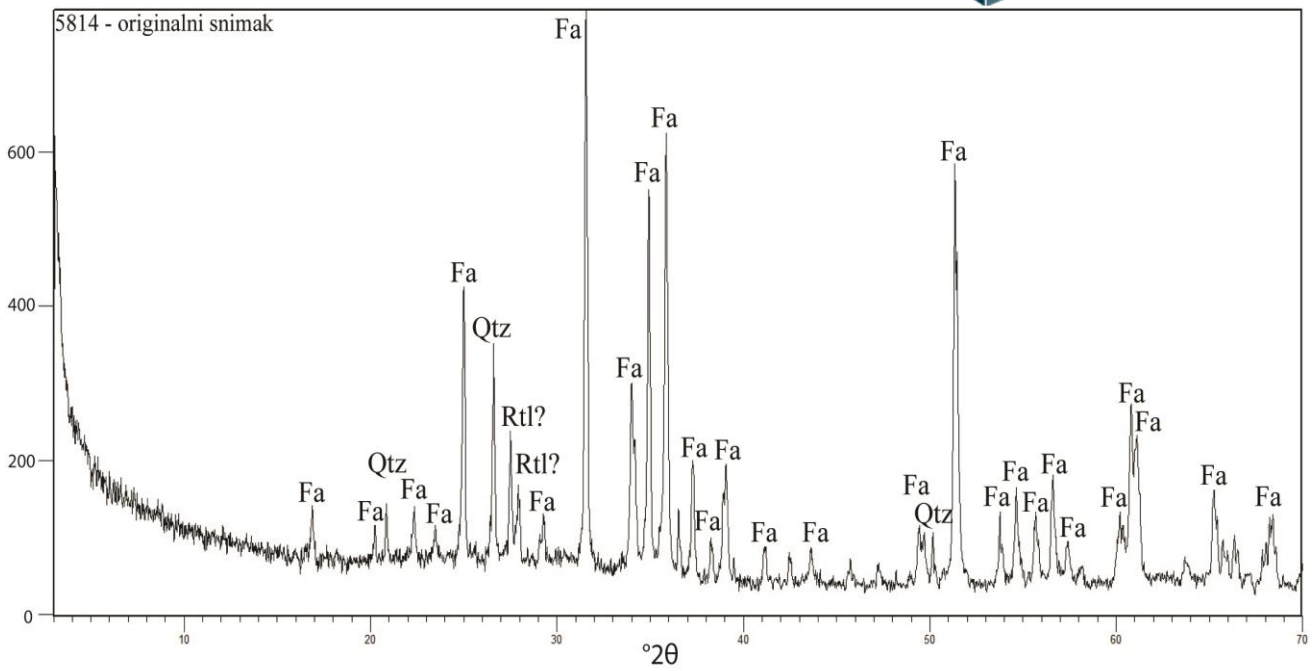
Slika 14. Rendgenska difrakcijska slika rudače pronađene na lokalitetu Novigrad Podravski - Milakov Berek

Tablica 11. Rezultati rendgenske difrakcije za odabrane arheološke uzorke

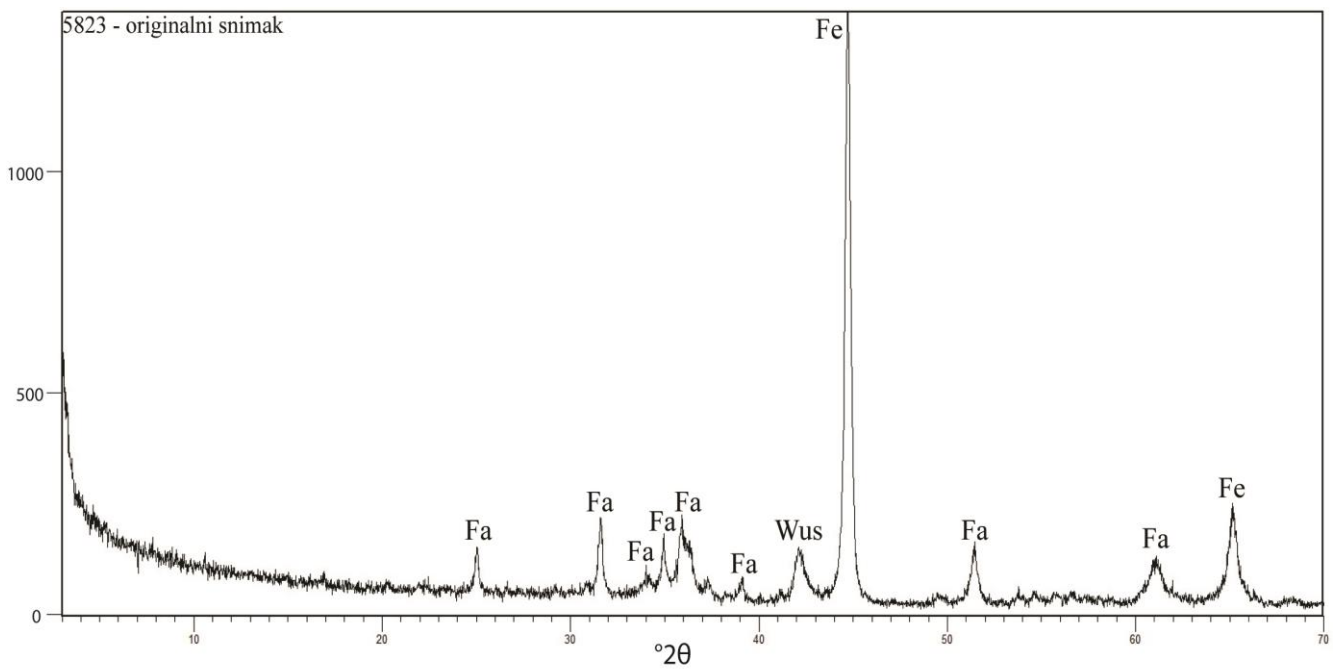
| Lab. broj | Qtz | Gt | Fa | Lpc | Fe | Rt | Wus |
|-----------|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| 5814 | + | - | + | - | - | + | - |
| 5818 | + | + | - | + | - | - | - |
| 5823 | - | - | + | - | + | - | + |
| 5827 | + | - | + | - | + | - | - |



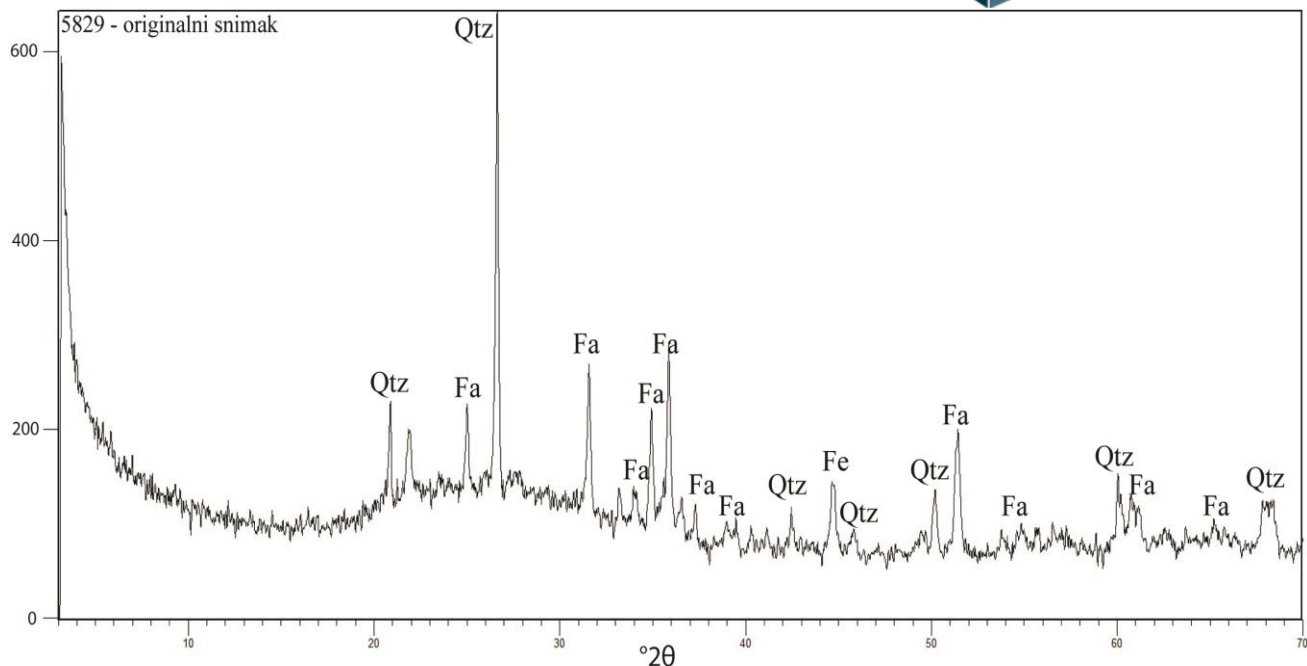
Slika 15. Difrakcijska slika rude goethita (sličnog mineralnog sastava kao i močvarna željezna ruda)



Slika 16. Difrakcijska slika zgure nastale obradom goethitne rude



Slika 17. Difrakcijska slika metalurškog željeza nastalog obradom goethitne rude



Slika 18. Difrakcijska slika dijela peći korištenog u termičkoj obradi goethitne rude

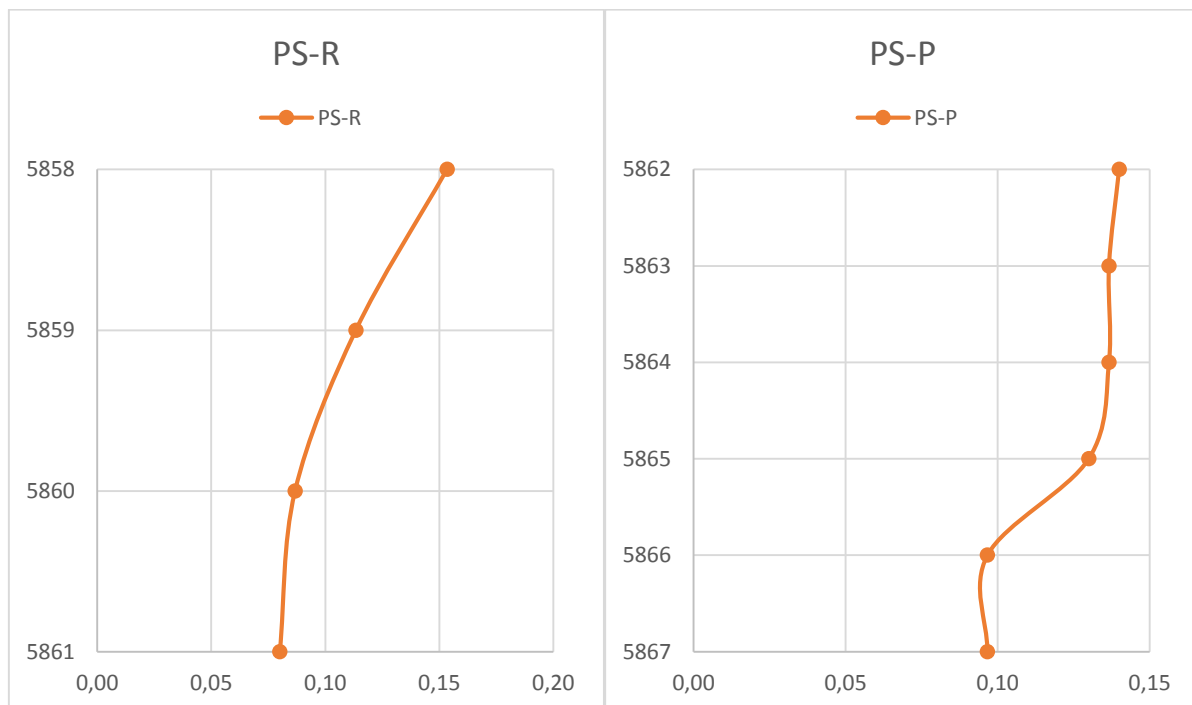
Tablica 12. Oznake simbola korištenih u Tablicama 3–11. i Slikama 1–9. i njihovo značenje

| Simbol | Značenje |
|--------|---------------------|
| Qtz | Kvarc |
| Gt | Goethit |
| Ms | Muskovit |
| Alb | Albit |
| Chl | Kloriti |
| Cal | Kalcit |
| Kln | Kaolinski minerali |
| Fa | Fajalit |
| Lpc | Lepidokrokit |
| Fe | Elementarno željezo |
| Rt | Rutil |

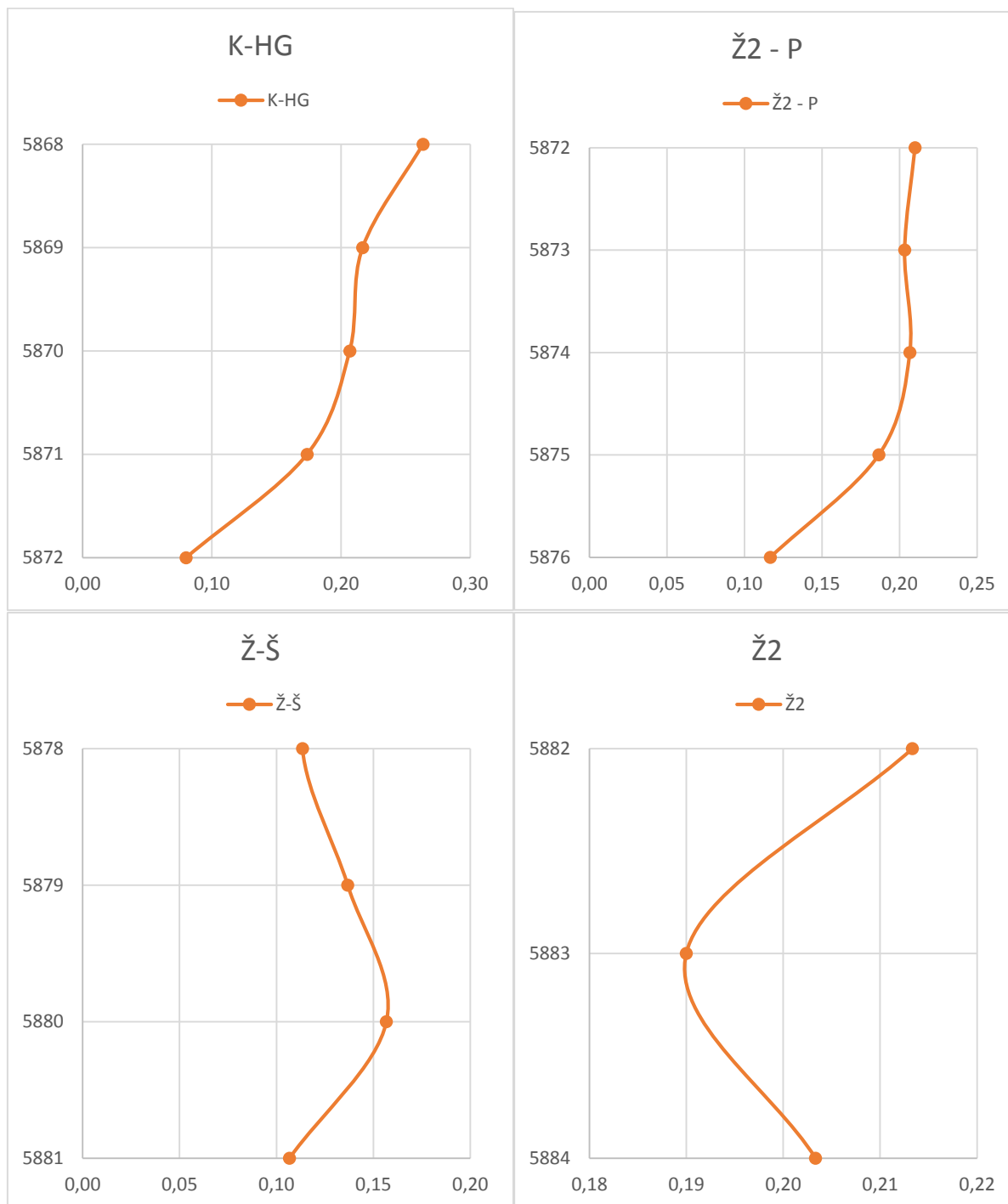
| Wus | Wustit |
|-----|-----------------------------------|
| + | Mineral prisutan |
| - | Mineral nije prisutan |
| ? | Ne može se sa sigurnošću utvrditi |

Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

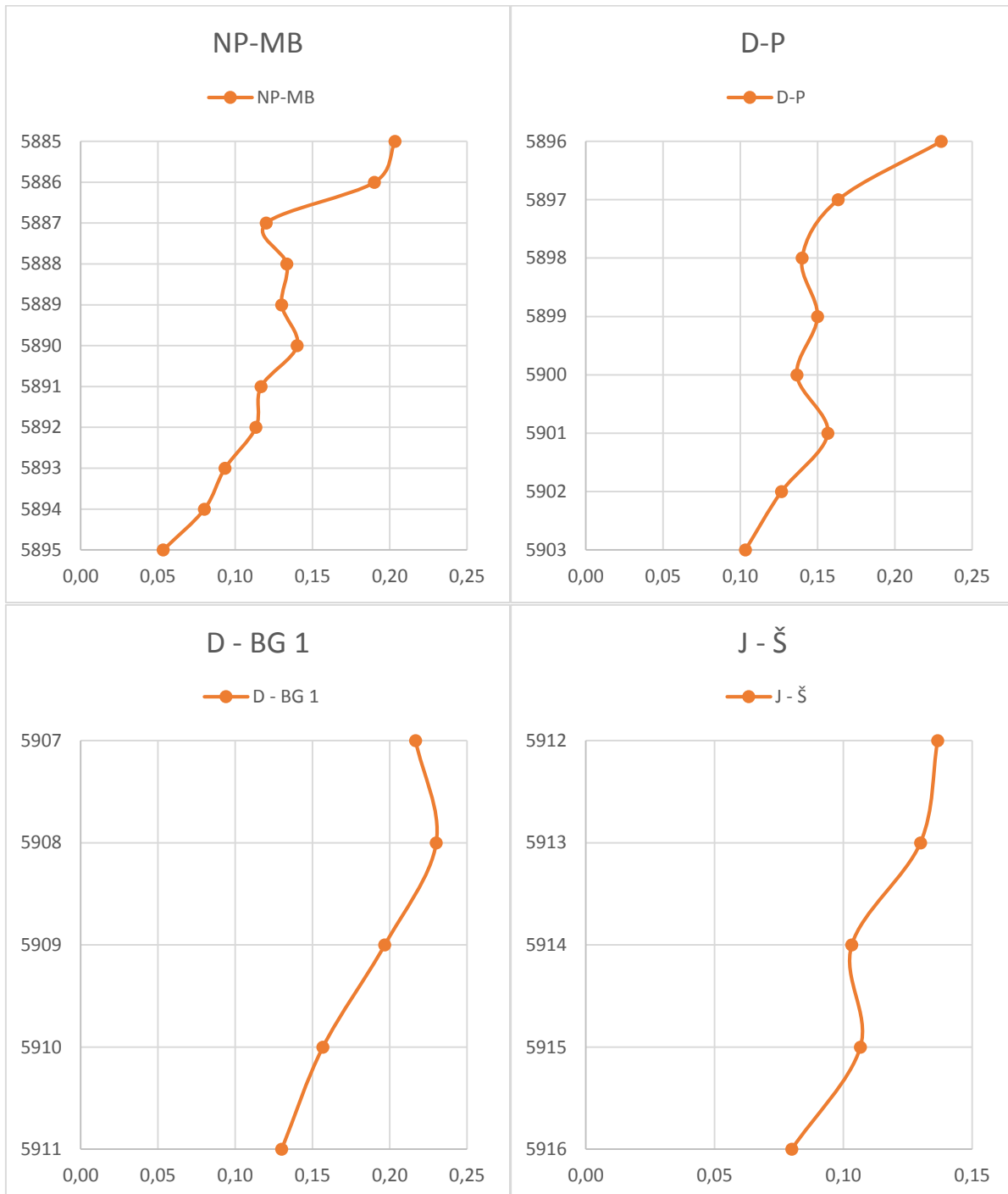
Na slikama 19 do 25 prikazani su dijagrami mjerenja magnetskog susceptibiliteta. Pojedina mjerenja pokazuju jako dobru korelaciju sa mineralnim sastavom dobivenim pomoću rendgenske difrakcije na prahu. Posebno se tu ističe profil Peteranec – Ciglene i Kalinovac – Hrastova Greda gdje oba profila pokazuju povišene vrijednosti u dijelu intervala u kojemu je prisutan goethit. Na profilu Peteranec – Ciglene vidljiv je porast magnetskog susceptibiliteta prema dubini, što jasno odgovara rendgenskim podacima koji također ukazuju na porast udjela goethita dubljim dijelovima profila. Na profilu Kalinovac – Hrastova Greda vidljive su povišene vrijednosti unutar prvih metar profila koje su korelirane sa značajnim udjelom goethita u tlu, te njihov pad pri prijelazu u pjeskovitu frakciju bez vidljivih pojava goethita.



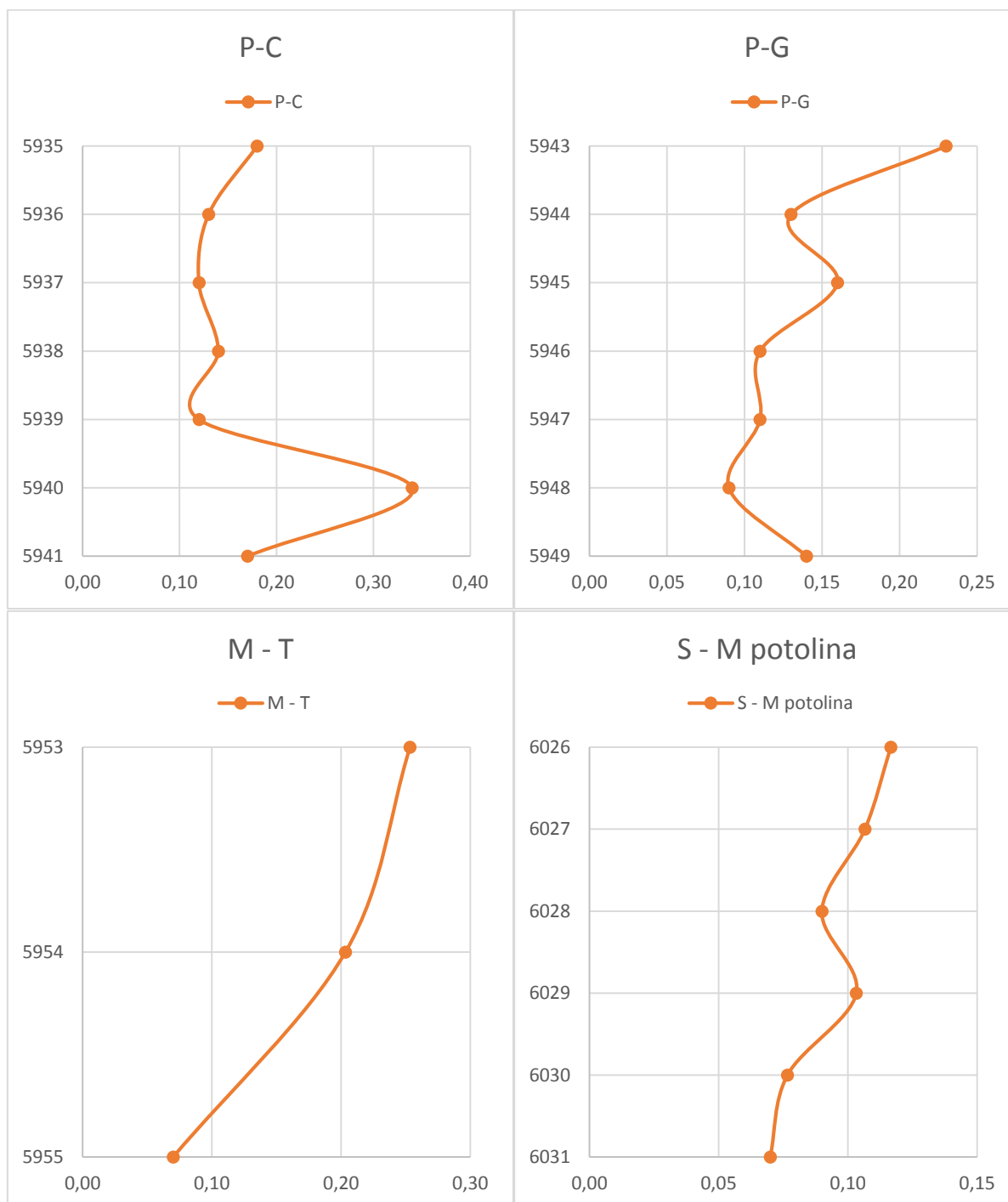
Slika 19. Magnetski susceptibilitet mjeren na lokacijama Podravske Sesvete - Ravnice (PS-R) i Podravske Sesvete - Popovice (PS-P)



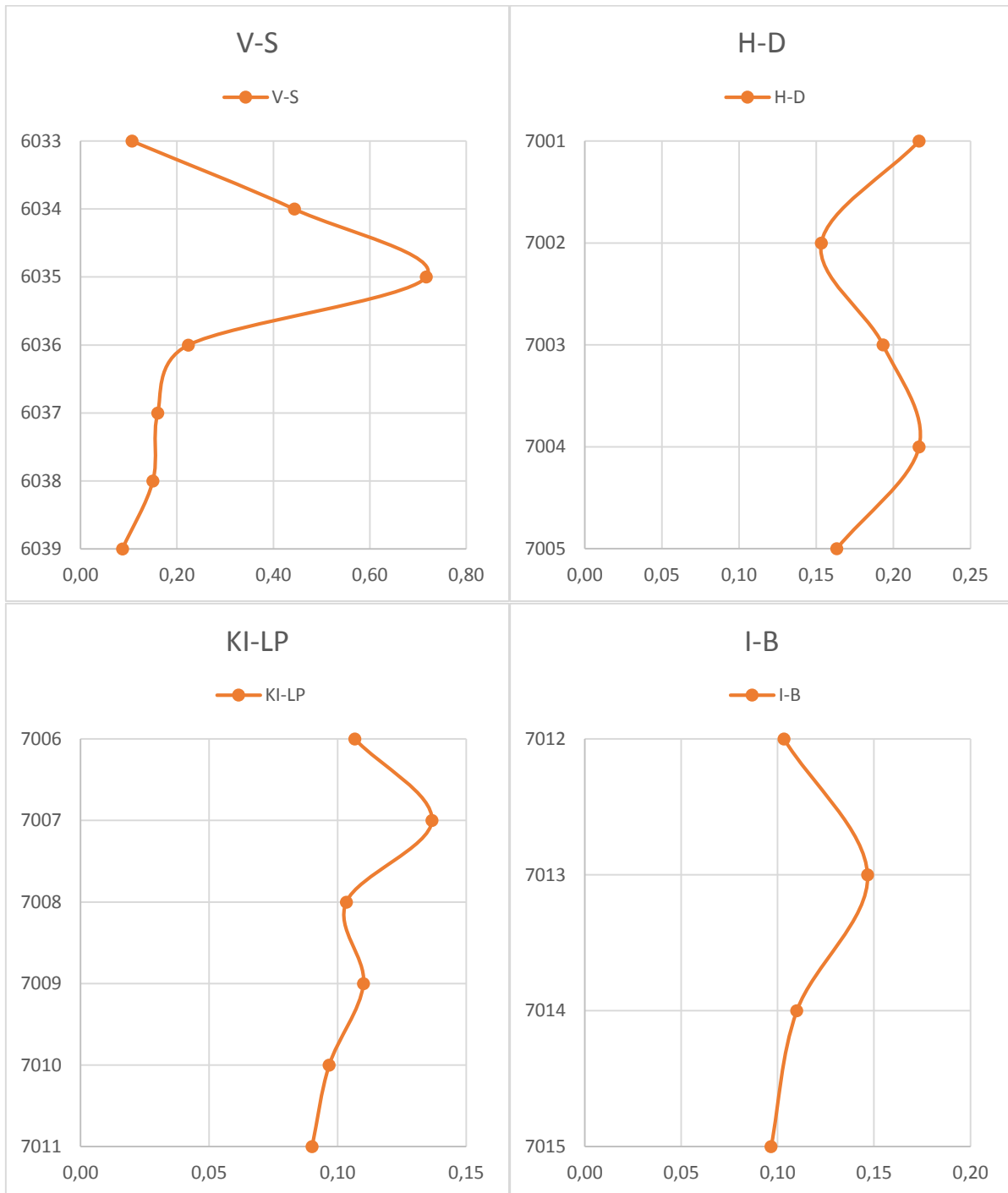
Slika 20. Magnetski susceptibilitet mjeren na lokalitetima Kalinovac - Hrastova Greda (K-HG), Ždala2 – Potok (Ž2-P), Ždala2 – Šuma (Ž2-Š) i Ždala 2 (Ž2)



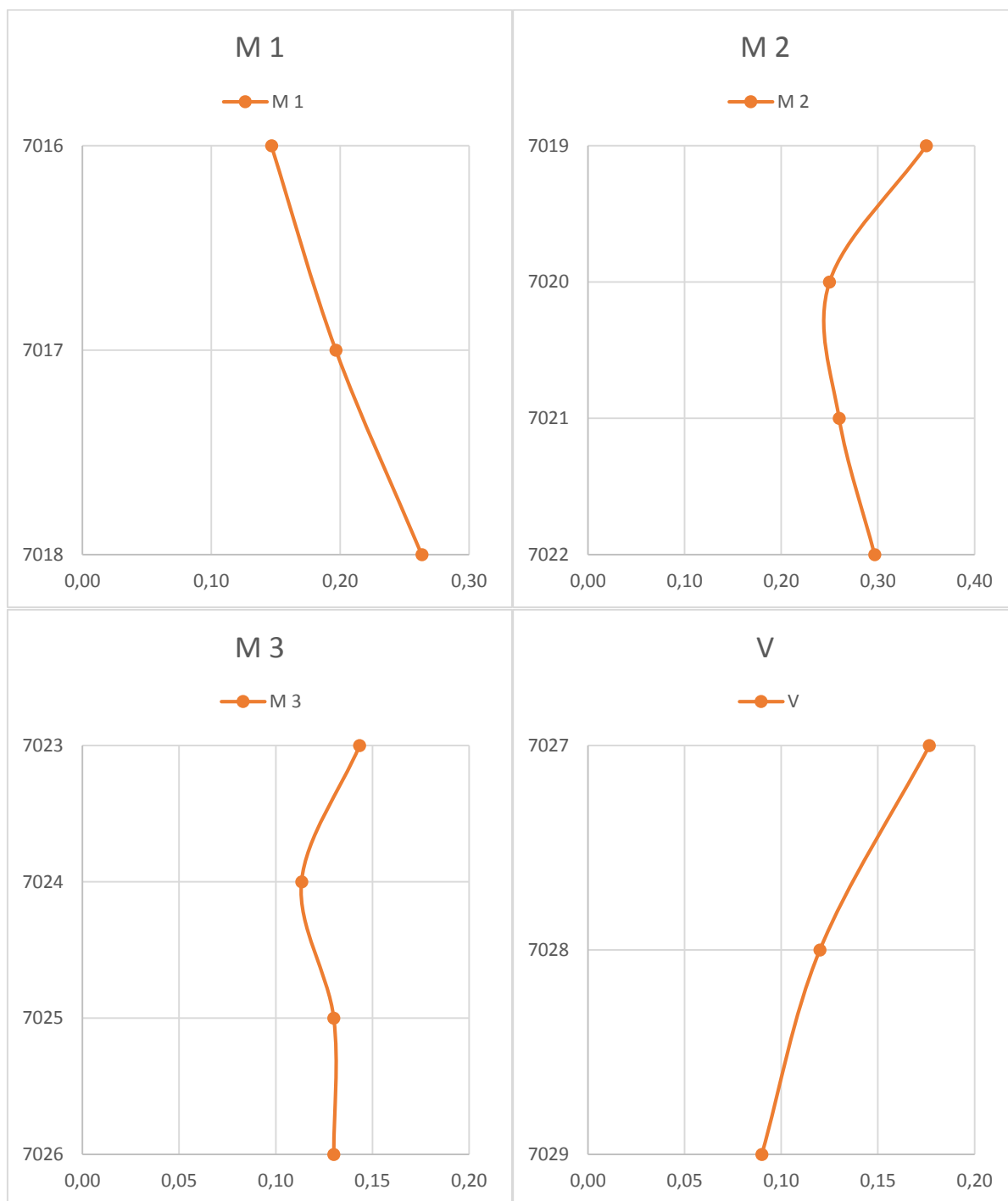
Slika 21. Magnetski susceptibilitet mjereno na lokatetima Novigrad Podravski – Milakov Berek (NP-MB), Delovi - Poljane (D-P), Draganci - Bokčev Grob 1 (D-BG 1) i Jeduševac - Šemunice (J-Š)



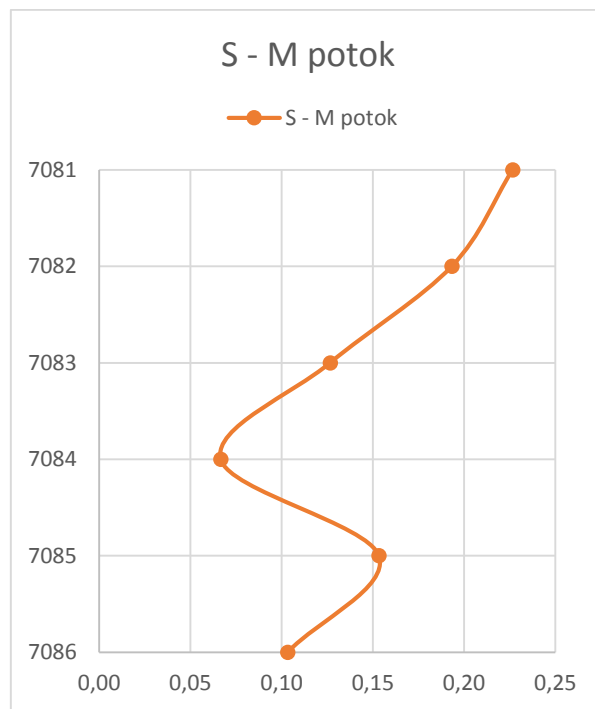
Slika 22. Magnetski susceptibilitet mjereno na lokalitetima Peteranec – Ciglene (P-C), Peteranec – Gorice (P-G), Molve – Topolovo (M-T) i Sigetec – Moždanci potolina (S-M potolina)



Slika 23. Magnetski susceptibilitet mjereno na lokaliteta Virje-Sušine (V-S), Hlebine – Dedanovice (H-D), Koprivnički Ivanec – Log Parag (KI-LP) i Imbriovec – Berek (I-B)



Slika 24. Magnetski susceptibilitet mjeren na lokalitetima Močvar 1 (M1), Močvar 2 (M2), Močvar 3 (M3) i Vratno (V)



Slika 25. Magnetski susceptibilitet mjereno na lokalitetu Sigetec – Moždanci potok

Makro- i mikropetrografska analiza

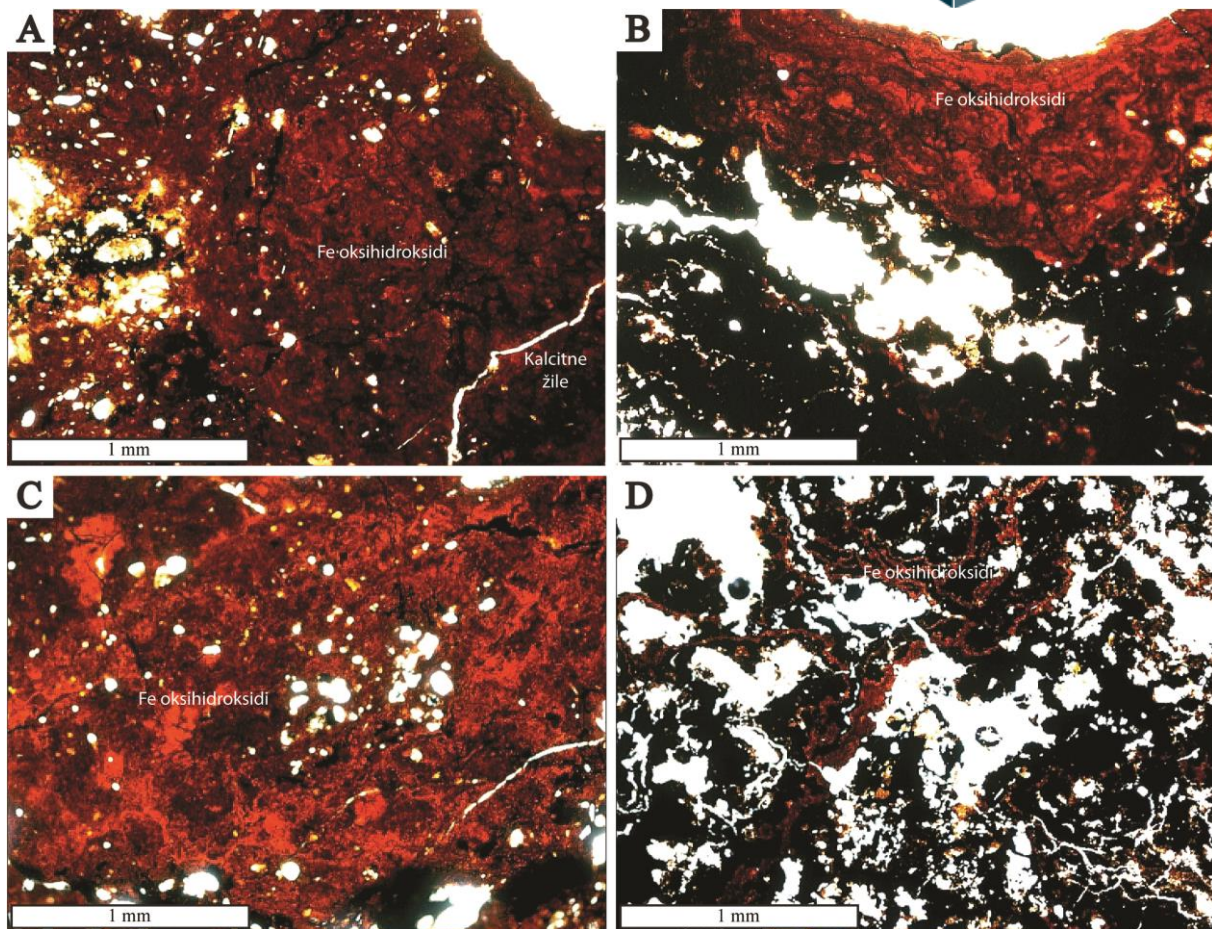
Mikroskopski preparati izrađeni su na dva uzorka za koje se pretpostavlja da je riječ o močvarnoj željeznoj rudi, uzorcima 5774 i 6042, oba pronađena na lokalitetu Novigrad Podravski – Milakov Berek, nekoliko desetaka metara jedan od drugoga. Preparati su izrađeni sa ciljem da se utvrdi mineralni sastav, te pokuša shvatiti mehanizam formiranja ovakvih formi u tlu.

Makroskopski gledano, oba uzorka pokazuju međusobnu sličnost. Tamnije su boje, sa vidljivim izmjenama narančaste boje. Makroskopski nije moguće determinirati mineralni sastav, što se vidi i na Slici 26.



Slika 26. Fotografija pretpostavljene rudače sa lokaliteta Novigrad Podravski - Milakov Berek

Mikroskopski gledano, mineralni sastav oba uzorka poprilično je sličan. U oba slučaja dominantni mineral je kvarc različitih oblika i dimenzija prema čemu se pretpostavlja se da je riječ o detritalnom kvarcu. Uz njega su još vidljivi tinjci (muskovit) i minerali glina. Vezivo između zrna je crveno-crne boje i upućuje na željezovite oksihidrokside (goethit) zajedno sa manganskim oksihidroksidima (Slika 27A, B i C). Osim između zrna, željezoviti oksihidroksidi zapunjuju i pukotine, što je vidljivo na Slici 27D. U pojedinim dijelovima preparata vidljivi su tamniji i svjetliji dijelovi veziva, što upućuje na različite koncentracije željeza u uzorku uslijed cirkulacije podzemnih voda bogatih željezom. Unutar uzorka 5774 pojavljuju se i kalcitne žile, vidljive u desnom kutu slike 27A.



Slika 27. Mikropetrografska analiza pretpostavljene rudače sa lokaliteta Novigrad Podravski - Milakov Berek: A) Zrna kvarca u vezivu željezovitih oksihidroksida u uzorku 5774 (u donjem desnom dijelu vidljiva kalcitna žila) ; B) Razlika u intenzitetu obojenja veziva kod uzorka 5774 (promjena u koncentraciji željeza?); C) Željezovito vezivo u uzorku 6042; D) Pukotine zapunjene željezovitim oksihidroksidima unutar uzorka 6042 (dokaz o naknadnoj cirkulaciji željezom bogatog fluida)

Lokalitet Kalinovac – Hrastova Greda

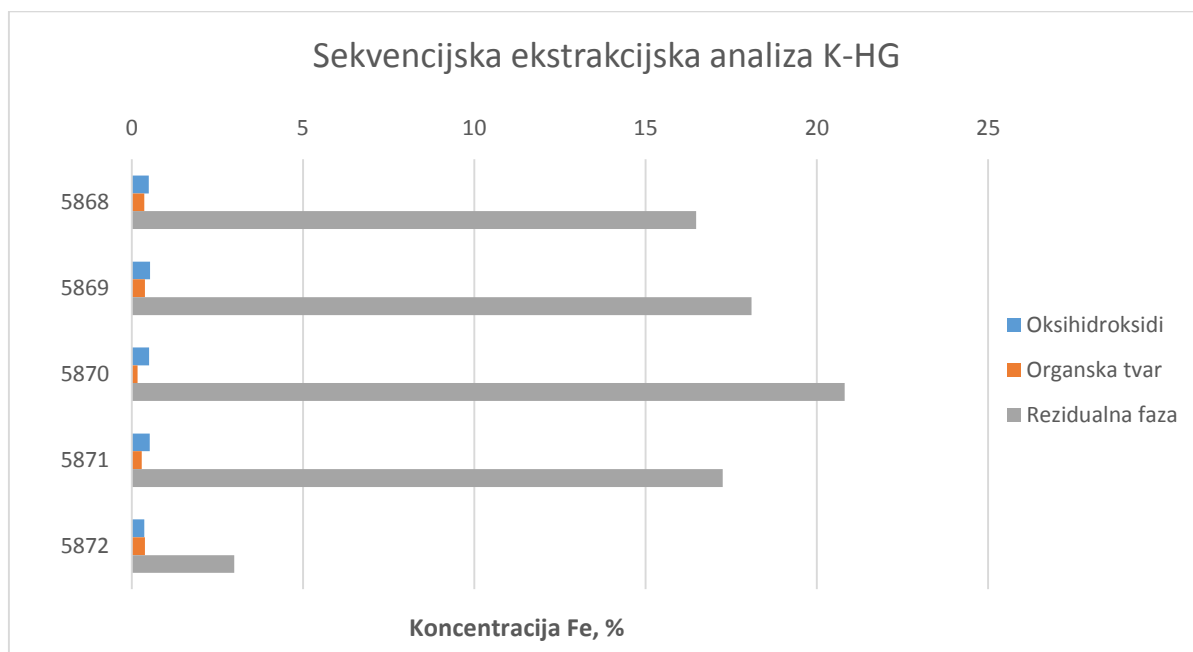
Profil tla uzet sa lokaliteta Kalinovac – Hrastova Greda odabran je kao najperspektivniji profil na kojem su napravljene dodatne geokemijske analize, prvenstveno iz razloga što je u prethodnim istraživanjima površinskih uzoraka tla sa lokaliteta Kalinovac – Hrastova Greda (uzorci 5771 i 5772) utvrđen povišen sadržaj željeza u tlu, a koji je prikazan u Tablici 13.

Unutar profila dubine 130 cm prepoznata su tri intervala; prvi prahoviti interval sa povremenim željezovitim prevlakama, drugi intenzivnije narančasti interval sa izraženijim željezovitim prevlakama te pjeskoviti horizont tamne boje bez vidljivih pojava željeza. Napravljena je gruba skica profila prikazana u Rezultatima makroskopske analize profila tla.

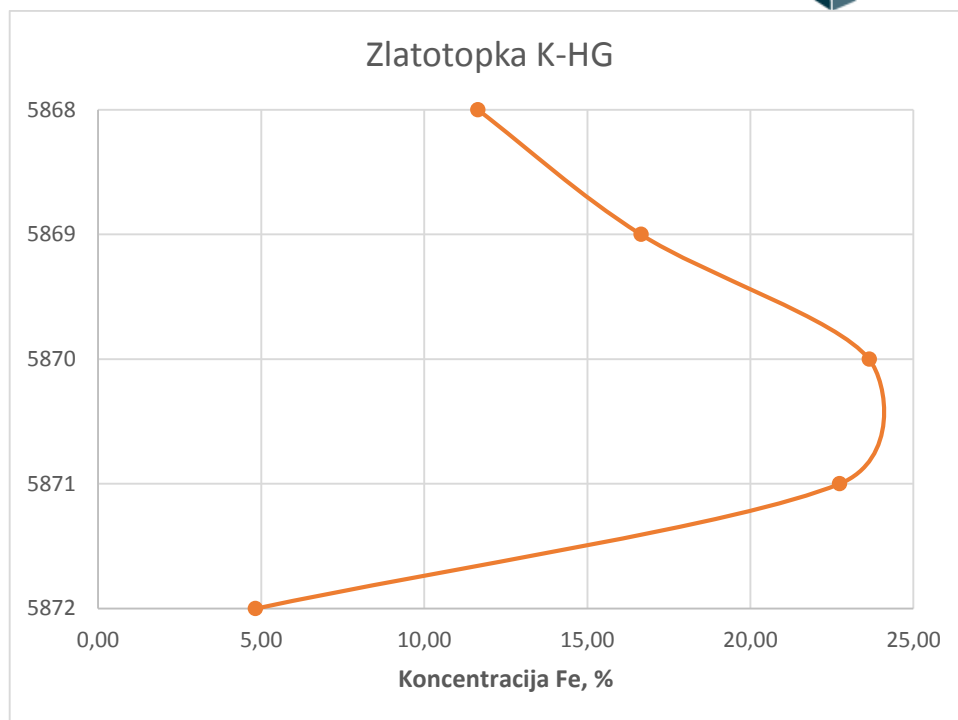
Tablica 13. Udio Fe prethodno uzorkovanog tla na lokalitetu Kalinovac - Hrastova Greda dobivenog pomoću zlatotopke

| Vrsta uzorka | Lab broj. | Udio Fe, % |
|--------------|-----------|------------|
| Tlo | 5771 | 36,61 |
| | 5772 | 32,84 |
| Konkrecije | 5773 | 18,09 |
| Kuglice | 5775 | 29,97 |
| Ruda | 5774 | 40,09 |
| | 5774-S | 45,71 |
| | 5774-C | 32,02 |
| | 5774-Z | 28,55 |

Na Slikama 28 i 29 prikazani su rezultati geokemijskih analiza provedenih na profilu tla i uzorcima sa lokaliteta Kalinovac – Hrastova Greda. Vidljiva je vrlo dobra korelacija skiciranog profila, mineralnog sastava i kemijskog sastava. Goethit je uz kvarc dominantan mineral u površinskom i središnjem dijelu profila, dok ga u najdubljem dijelu profila nema. Slični rezultati dobiveni su i geokemijskim analizama, gdje je vidljivo da je najveća koncentracija željeza u središnjem dijelu, na dubini 60 do 100 cm.



Slika 28. Koncentracija Fe dobivena sekvencijskom analizom duž profila Kalinovac - Hrastova Greda



Slika 29. Udio Fe dobiven pomoću zlatotopke duž profila tla Kalinovac – Hrastova Greda