

**GEARH d.o.o.**

Radvanjska 13  
2000 Maribor  
Slovenija

GSM: 00 386 41 580 498  
Email: [brankomusic1@yahoo.com](mailto:brankomusic1@yahoo.com)  
[barbarahorn1@gmail.com](mailto:barbarahorn1@gmail.com)  
[info@gearh.si](mailto:info@gearh.si)



<https://gearh.si/>

## **IZVJEŠĆE O GEOFIZIČKIM ISTRAŽIVANJIMA**

**na arheološkim lokalitetetima:**

**Bakovčice  
Nađbarice  
Ždala**

**Naručitelj istraživanja:**

**Institut za arheologiju**  
Ulica Ljudevita Gaja 32  
10000 Zagreb  
R. Hrvatska

**Autori izvješća:**

doc. dr. Branko Mušić, univ. dipl. inž. geol.  
Barbara Horn, univ. dipl. inž. geol.

**GEARH D. O. O.**

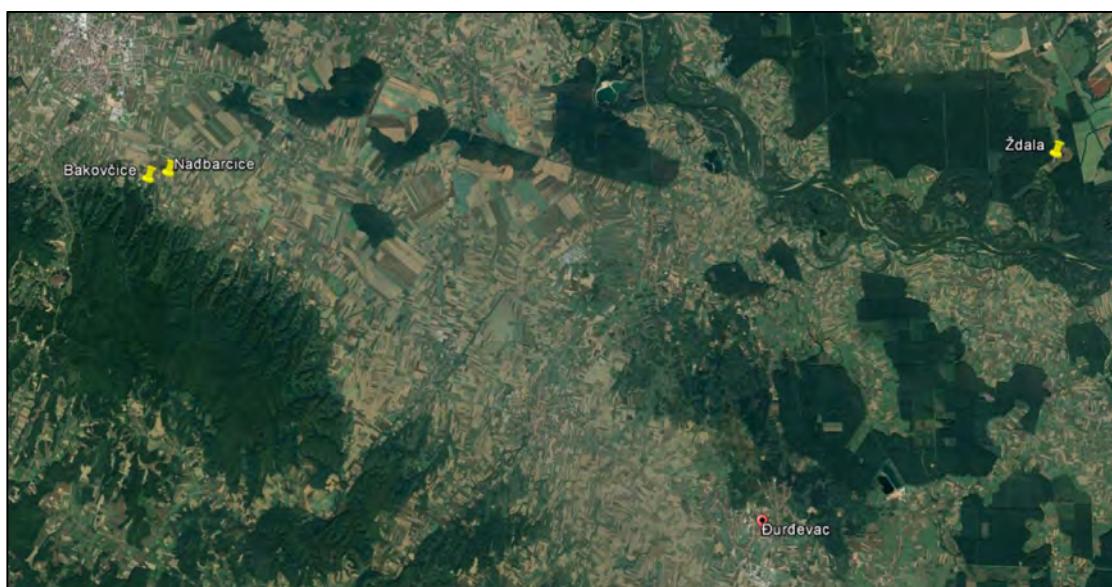
A handwritten signature in blue ink that reads "Br. Mušić".

**Stručni suradnici:**

Filip Matijević, mag. arheol. i povij.  
Eline Nas, mag. arheol.  
Breda Zorec, univ. dipl. arheol.

## UVOD

Arheološki ciljevi geofizičkih istraživanja na arheološkim lokalitetima Bakovčica, Nađbarice i Ždala primjenom magnetske metode su bili ostaci kasnoantičkih i srednjovjekovnih željezarskih radionica (talionice, deponije otpadnih produkata metalurgije u vidu lomljene zgure/troske, spaljena glina u različitim formama, lijep i sl.). Svi su ovi lokaliteti sa znakovima željezarskih djelatnosti otkriveni prethodnim arheološkim terenskim pregledom u okviru redovnih aktivnosti projekta TRANSFER (za pregled istraživanja vidi: Valent, I. et al. 2017). Na osnovu tih rezultata je bila za geofizička istraživanja određena ukupna površina veličine 10.000 m<sup>2</sup> na sva tri lokaliteta u dvije terenske etape u lipnju i listopadu 2019 g.. Na svim su tim likacijama istraženim magnetskom metodom bile prethodno kod arheološkog terenskog pregleda otkrivene povišene koncentracije ostataka željezarskih djelatnosti (**slika 1**).



Slika 1. Položaj lokaliteta Bakovčice, Nađbarice i Ždala s nalazima ostataka željezarskih djelatnosti i drugog arheološkog materijala otkrivenim arheološkim terenskim pregledom, koje smo djelomično istražili geofizičkom prospekcijom (podloga: Google Earth).

### ***Geofizička istraživanja***

Na osnovu površinskih nalaza ostataka željezarskih djelatnosti na lokalitetima Bakovčice, Nađbarice i Ždala smo odabrali magnetsku metodu na gradientan način (Geometrics G-858) kao najrelevantniju geofizičku metodu za istraživanje ukupne površine od 10.000 m<sup>2</sup> na sva tri lokaliteta (**slika 1 i slike 3, 8, 15 i 27**), kao u prethodnim geofizičkim istraživanjima na lokalitetima s arheološki dokazanom željezaskom djelatnošću (Sušine kod Virja, Velikim Hlebinama, Dedanovicama i Hrastovoj gredi).

Ostaci peći, zgure i drugih ostataka željezarstva su u najvećoj mjeri objekti s termoremanentnim tipom magnetizacije. Ovaj je tip magnetizacije svojstvo arheoloških ostataka koji su pretrpjeli promijene prilikom upotrebe visokih temperatura u pećima za taljenje rude željeza ili za konačnu obradu željeza za izradu željeznih predmeta. U takvim su arheološkom kontekstima to najčešće sve vrste zapečene gline, kao što su npr. obrušene stijenke peći, lijep, komadi željeza i sl. Isto važi i za veći dio otpadaka koji se pojavljuju kod talioničkih i kovačkih radionica (ostaci peći, lomljena zgura i sl.). Glavna karakteristika termoremanentnog tipa magnetizacije, bitna za planiranje geofizičkih istraživanja, je često jako magnetsko polje različitih toplinski prerađenih materijala u okviru željezarskih radionica. To važi za relativno dobro sačuvane ostatke s visokom magnetskom susceptibilnošću, koji se još uvijek nalaze u *in situ* poziciji. Ako su ostaci slabije sačuvani su i magnetske anomalije dosta slabije. Na jačinu magnetskih anomalija uz stupanj sačuvanosti bitno utječe i dubina na kojoj se danas nalaze. Prema dosadašnjim saznanjima radi se u glavnom o jednoslojnim lokalitetima s ostacima željezarstva pa se očekuju unutar svakog takvog kompleksa ostaci na približno istoj razini. Zbog toga same razlike u dubini ostataka ne utječu puno na jačinu magnetskih anomalija, pa se može prema tome na osnovu razlika u jačini magnetskih anomalija napraviti procjena stupnja sačuvanosti izvornih objekata tih anomalija.

Uz samu jačinu magnetskih anomalija, drugo bitno svojstvo objekata s termoremanentnim tipom magnetizacije je jasna bipolarnost magnetskih anomalija u smjeru sličnom kao što je usmjeranje današnjeg Zemaljskog magnetskog polja. Potrebno je naglasiti da to važi samo za arheološke objekte *in situ*, dok se usmjerenje magnetskog polja fragmenata s termoremanentnim tipom magnetizacije na sekundarnim mjestima u pravilu bitno razlikuje od tog smjera. To je dosta čest slučaj na poljoprivrednim površinama gdje su oranjem arheološki ostaci već dosta uništeni i disperzirani u sloju oranice. I u takvim se situacijama na magnetskim kartama često jasno prepoznaju područja nekadašnjih željezarskih i drugih radionica, gdje su se za proizvodnju koristile visoke temperature s tom razlikom, da su jasne bipolarne magnetske anomalije na mjestima ostataka peći i sličnih objekata s termoremanentnom magnetezacijom *in situ* puno rjede, jer su u velikoj mjeri uništene oranjem. To je svakako okolnost koju je potrebno najozbiljnije uvažavati kod analize rezultata geofizičkih istraživanja na svim tim lokalitetima.

Na osnovu rezultata magnetske metode na svim istraženim lokalitetima u 2019. g. možemo pretpostaviti situaciju, gdje su ostaci željezarskih djelatnosti disperzirani u sloju oranice što rezultira jakim heterogenim izgledom magnetograma z velikim brojem magnetskih bipola različitih usmjeranja iako se mogu na svim tim lokalitetima prepoznati i jasne bipolarne anomalije relativno većih objekata s jasnom bipolarnošću u smjeru sjever-jug što ukazuje na ostatke peći, koje se još uvijek nalaze na primarnom mjestu.

Prema dosadašnjim iskustvima na osnovu arheoloških istraživanja u okviru projekta TransFer su za ostatke manjih peći *in situ* karakteristične vrijednosti magnetskog gradijenta iznad 10 nT/m. Tu smo činjenicu uvažavali i kod interpretacije rezultata magnetske metode na lokalitetima istraženim u ovoj godini iako smo naznačili kao potencijalne anomalije zbog peći i neka mjesta gdje su bile amplitude magnetskih anomalija i niže od te vrijednosti. Za to smo odlučili na osnovu jasno bipolarnih magnetskih anomalija i pretpostavke da se može zbog upotrebe različitih materijala

za izgradnju peći, raditi o širokom rasponu vrijednosti magnetkog susceptibiliteta, pa mogu biti neke vrijednosti susceptibiliteta i nešto niže od dosadašnjih iskustava.

Može se zaključiti, da se mogu sva takva područja sa željezarskom djelatnošću, iako s loše sačuvanim ostacima prepoznati jedino na rezultatima magnetske metode. Osnovni je uvjet, da su mjerena sprovedena s magnetometrima dobre lučljivosti u gustoj mreži paralelnih profila, kao što je bilo provedeno u ovim istraživanjima. Mjerena su bila provedena magnetometrom Geometrics G-858 u paralelnim i 0,75 m udaljenim profilima na površini u ukupnom iznosu od  $10.000 \text{ m}^2$  (**slika 2**).



Slika 2. Mjerena magnetskom metodom primjenom magnetometra Geometrics G-858 na gradientan način na lokalitetu Bakovčice – Velike livade (foto: B. Mušić).

Magnetometrijom smo prema uspostavljenim ciljevima projekta TransFer prvenstveno željeli prepoznati magnetske anomalije, koje su karakteristične za termoremanentni tip magnetizacije ostataka objekata željezarskih radionica. Ciljni objekti magnetometrije su bile tako talioničke peći *in situ* kao i fragmenti peći na sekundarnim mjestima, ulomci zgure, kućni lijep, deponije raznih otpadnih produkata metalurgije i sl.. Na istim smo površinama instrumentom Kappameter KT-5 u mreži  $5 \times 5 \text{ m}$  mjerili i magnetski susceptibilitet gornjeg sloja zemljišta do dubine 5 cm. Ovim mjeranjima smo željeli utvrditi kontaminaciju zemljišta ostacima željezarskih djelatnosti odnosno mineralima željeza u gornjem sloju oranice. Osnovna je pretpostavka korištenja mjerena magnetskog susceptibiliteta gornjeg sloja zemljišta u ovom slučaju, da destrukcija arheoloških slojeva na malim dubinama prilikom oranja bitno mijenja magnetsku sliku gornjeg sloja zemljišta zbog izdašne kontaminacije sitnim fragmentima različitih materijala, koji nastaju kod metalurških aktivnosti. U tom smislu je bila primjena kartiranja magnetskog susceptibiliteta uspješna, jer se jasno izdvajaju područja relativno viših vrijednosti magnetskog susceptibiliteta, za koja se može prepostaviti, da su posljedica kontaminacije zemljišta otpadnim produktima željezarstva iako su mogući i drugi razlozi. Slične se vrijednosti magnetskog susceptibiliteta očekuju i na mjestima naselja gdje su razlozi za povišene vrijednosti sitni fragmenti keramike, ostaci spaljene gline i sl.

## **PRIMJENJENA GEOFIZIČKA METODA:**

Magnetometrija (Geometrics G-858, gradientan način)

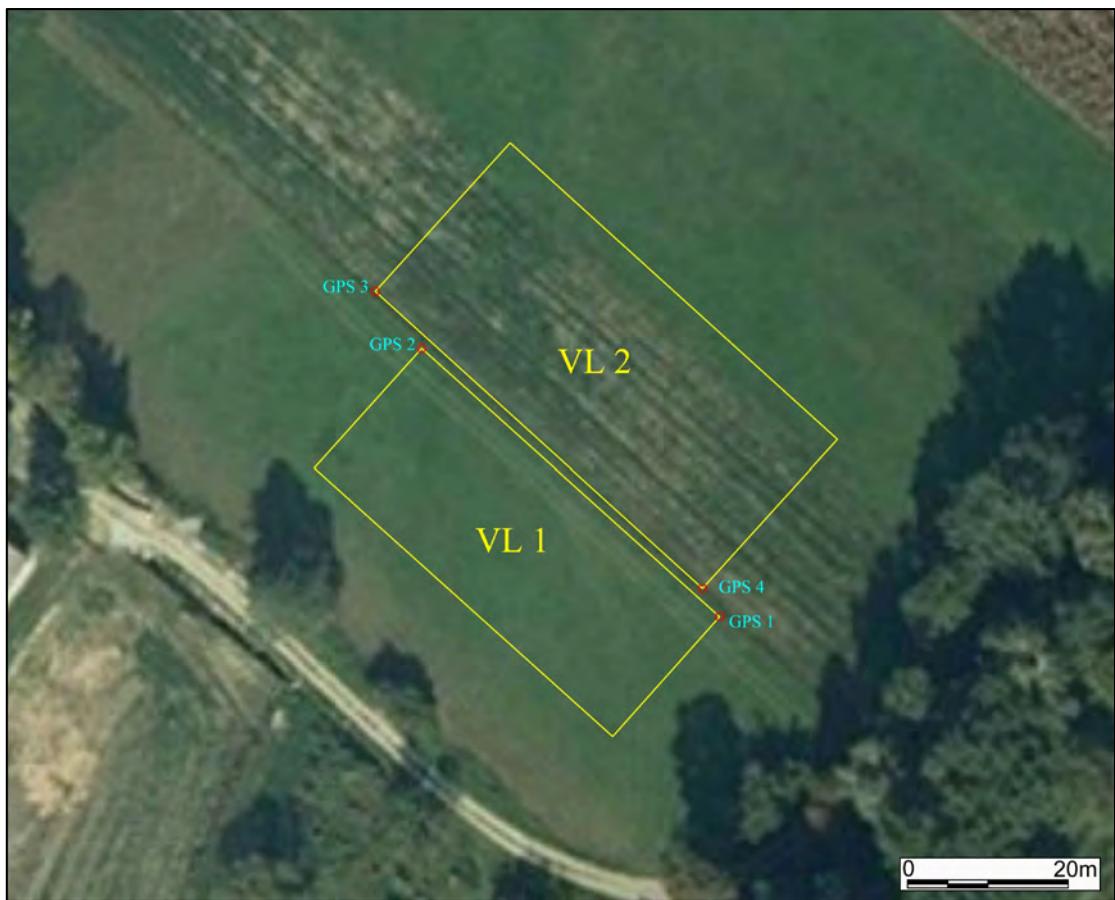
### **Primjena magnetometrije i rezultati**

Magnetska metoda je pasivna metoda jer se magnetometrima mjeri lokalne promjene u „vanjskom“ tj. Zemaljskom magnetskom polju, koje su najvećoj mjeri posljedica promjena u magnetskom susceptibilitetu materijala ispod površine (inducirana magnetizacija). Zadatak arheološke geofizike je, da prepozna magnetske anomalije, koje su posljedica različitih tipova arheoloških struktura, a koje mogu biti istodobno i nositelji različitih tipova magnetizacije. Kod magnetske prospekcije se u najviše slučajeva koriste mjerena promjena u gustoći magnetskog protoka Zemaljskog magnetskog polja na (pseudo)gradijentni način ( $nT/m$ ), a manje mjerena totalnog magnetskog polja ( $nT$ ) iako je i ovaj način mjerena često jako koristan za prepoznavanje arheoloških ostataka u kontekstima željezarskih radionica. Ovaj se način mjerena može koristiti i za određivanje relativnih razlika u dubini i stupnju sačuvanosti arheoloških objekata. Iz tog smo razloga u nekim situacijama koristili i ovaj način prikazivanja rezultata magnetske metode. Gradijentni način koji smo u glavnom koristili i za ova istraživanja, djeluje kao filter niskih frekvencija, što zapravo ojača slabe magnetske anomalije malih objekata na malim dubinama (signal) i eliminira dugovalne anomalije, koje su posljedica geološke pozadine (šum). S magnetnom metodom uspješno se otkrivaju zidane strukture od kamena i/ili opeke, kao i negativne forme odnosno njihove zapune (jarnici i jame) te posebno efikasno objekti s tzv. termoremanentnim tipom magnetizacije koji je tipičan za pečenu glinu (keramičke peći, peći za topljenje metala, ognjišta i sl.). Teoretski, najveća dubina na kojoj magnetnom metodom možemo otkriti neku arheološku strukturu, ovisi o kontrasta u susceptibilitetu između arheoloških ostataka i zemljišta u kojem se nalaze te njihove veličine, oblika i položaja ispod površne.

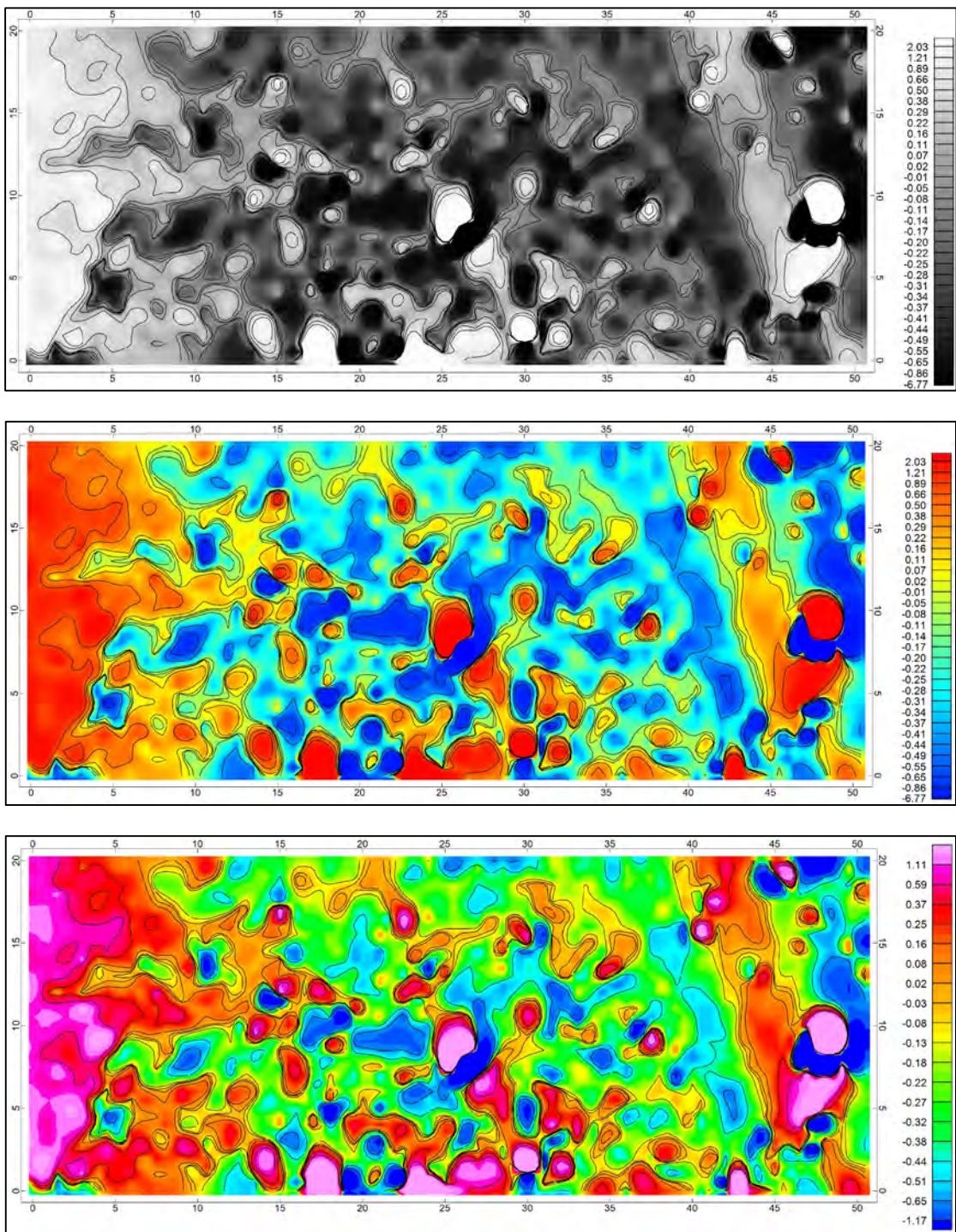
Glavni arheološki ciljevi magnetske metode su bili ostaci peći kao i spaljena glina u različitim formama te negativne strukture (jarnici i sl.). Peći i slične objekte s termoremanentnom magnetizacijom prepoznajemo po iznimno jakim anomalijama i jasnom bipolarnošću. Negativne strukture su po pravilu nosioci nešto više inducirane magnetizacije od okoline. Rezultati magnetske metode na sva tri lokaliteta su prikazani različitim načinima obrade izmјerenih vrijednosti i različitim rasponima magnetskih anomalija u sivim tonovima i bojanim paletama. Interpretacija rezultata mjerena je prikazana na georeferenciranim rezultatima na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.

Na svim istraženim područjima se pojavljuju i relativno jače magnetske anomalije (i iznad  $10\text{ nT}/\text{m}$ ), na nekim mjestima i jasnom bipolarnošću što ukazuje na objekte s termoremanentnom magnetizacijom *in situ* (peći?). Kao što je uobičajeno na željezarskim kompleksima prevladavaju jake magnetske anomalije od brojnih fragmenata zgure u sloju oranice. I te su informacije koristne za određivanje područja kontaminiranog materijalom iz željezarskih radionica iako se radi isključivo o materijalu na sekundarnom položaju.

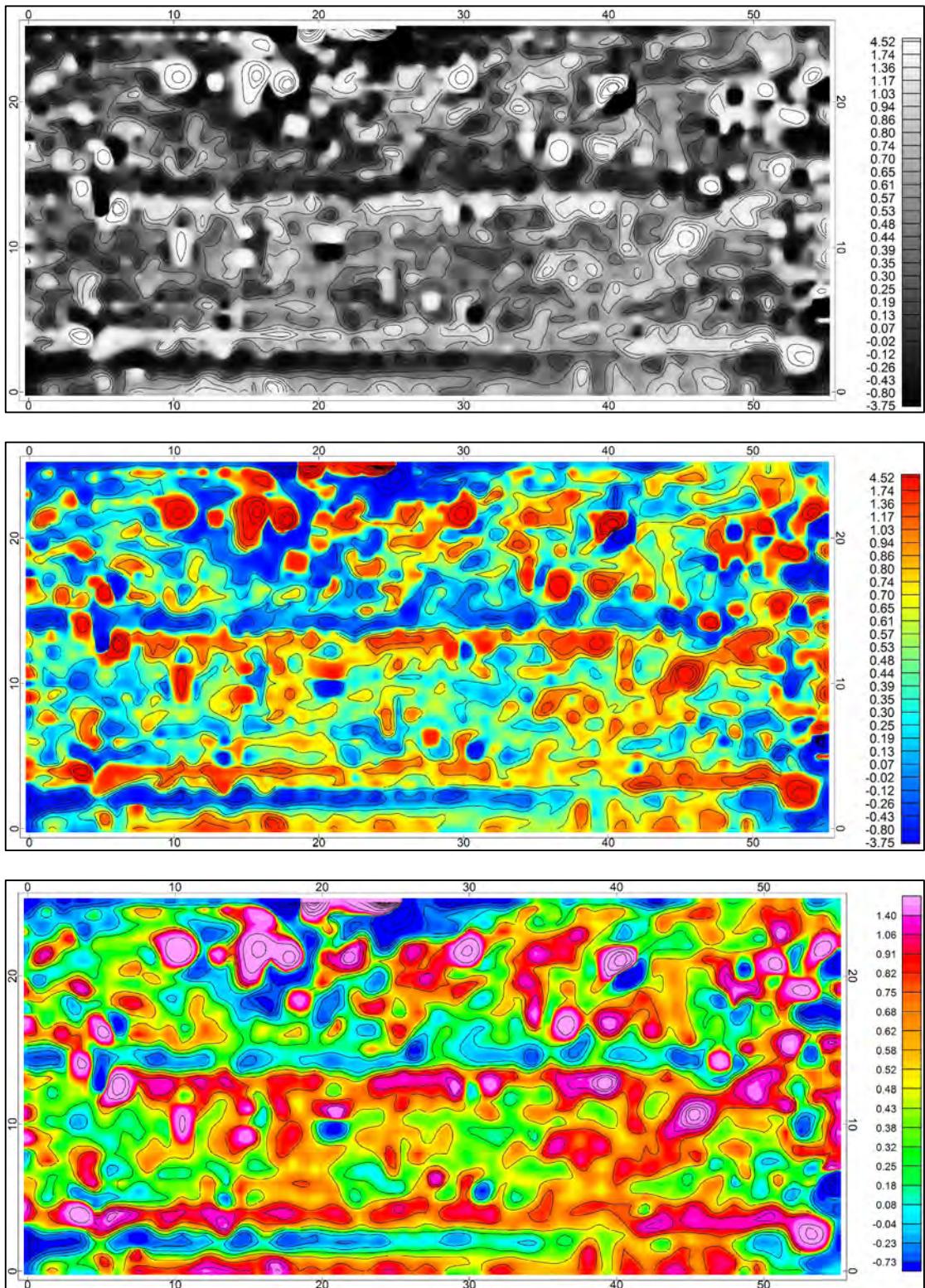
## 1. BAKOVČICE – VELIKE LIVADE



Slika 3. Položaj istraženih površina na lokalitetu Bakovčice – Velike livade (VL 1 i VL 2) na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.



Slika 4. Bakovčice – VL 1. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi **slike 6 i 7.**



Slika 5. Bakovčice – VL 2. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi **slike 6 i 7.**

### 1.1 BAKOVČICE – VELIKE LIVADE: INTERPRETACIJA REZULTATA MAGNETSKE METODE



Slika 6. Bakovčice VL 1 i VL 2. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crna kružnica naznačava područje s brojnim jakim magnetskim anomalijama pa se najvjerojatnije radi o željezarskoj radionici. Bijele strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*.

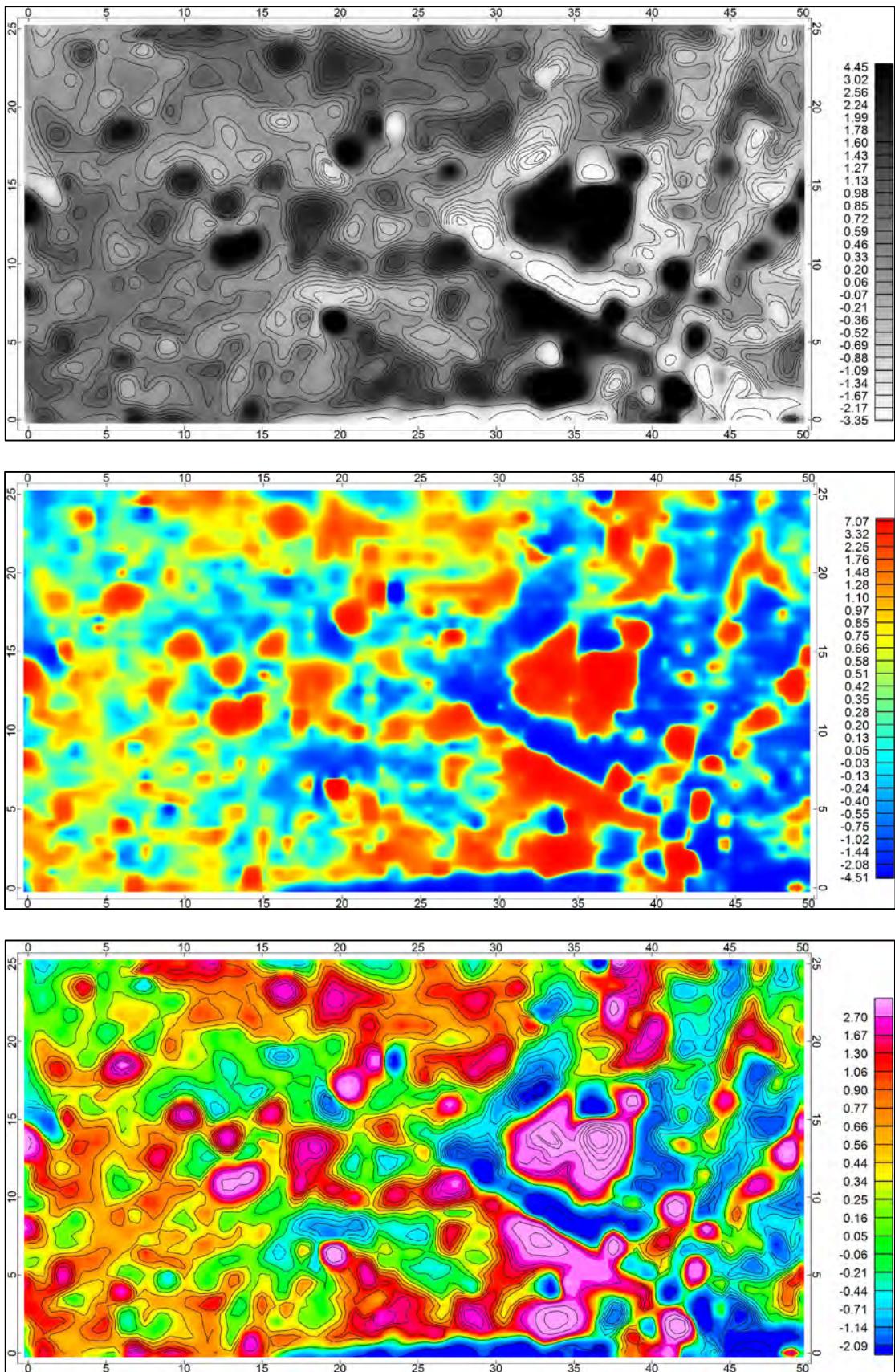


Slika 7. Bakovčice VL 1 i VL 2. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crna kružnica naznačava područje s brojnim jakim magnetskim anomalijama pa se najvjerojatnije radi o željezarskoj radionici. Bijele strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*.

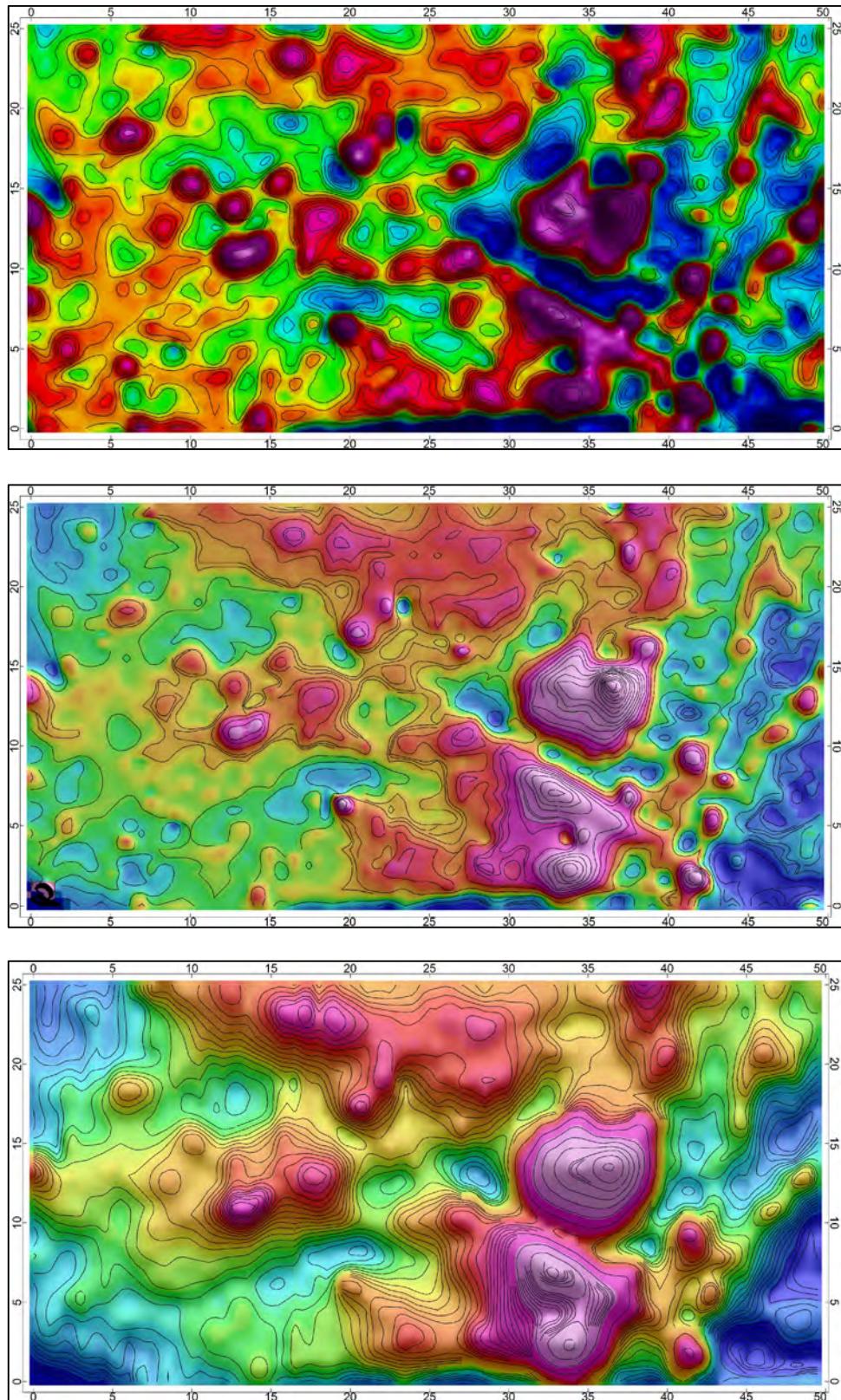
## 2. NAĐBARICE



Slika 8. Položaj istražene površine na lokalitetu Nađbarice na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.



Slika 9. Nađbarice. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 11-14.

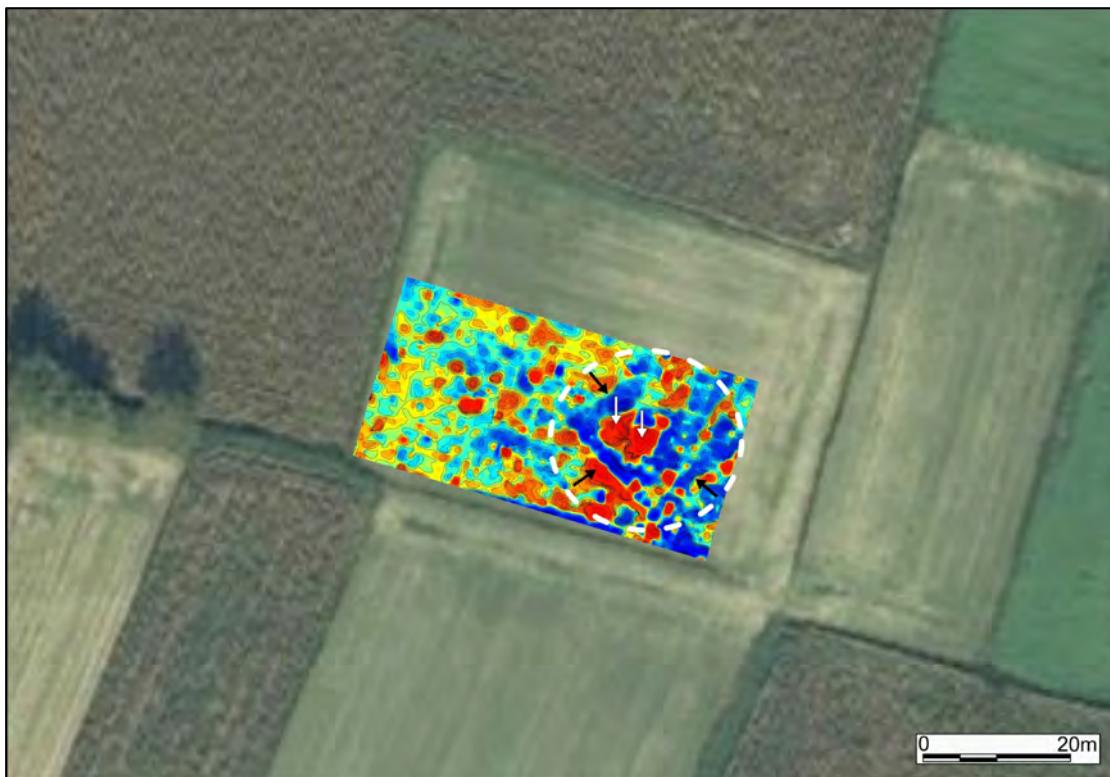


Slika 10. Nađbarice. Rezultati magnetske metode na gradientan način (gore), mjerena na donjem senzoru (sredina) i mjerena na gornjem senzoru magnetometra (dolje). Za interpretaciju vidi slike 11-14.

## 2.1 NAĐBARICE: INTERPRETACIJA REZULTATA MAGNETSKE METODE



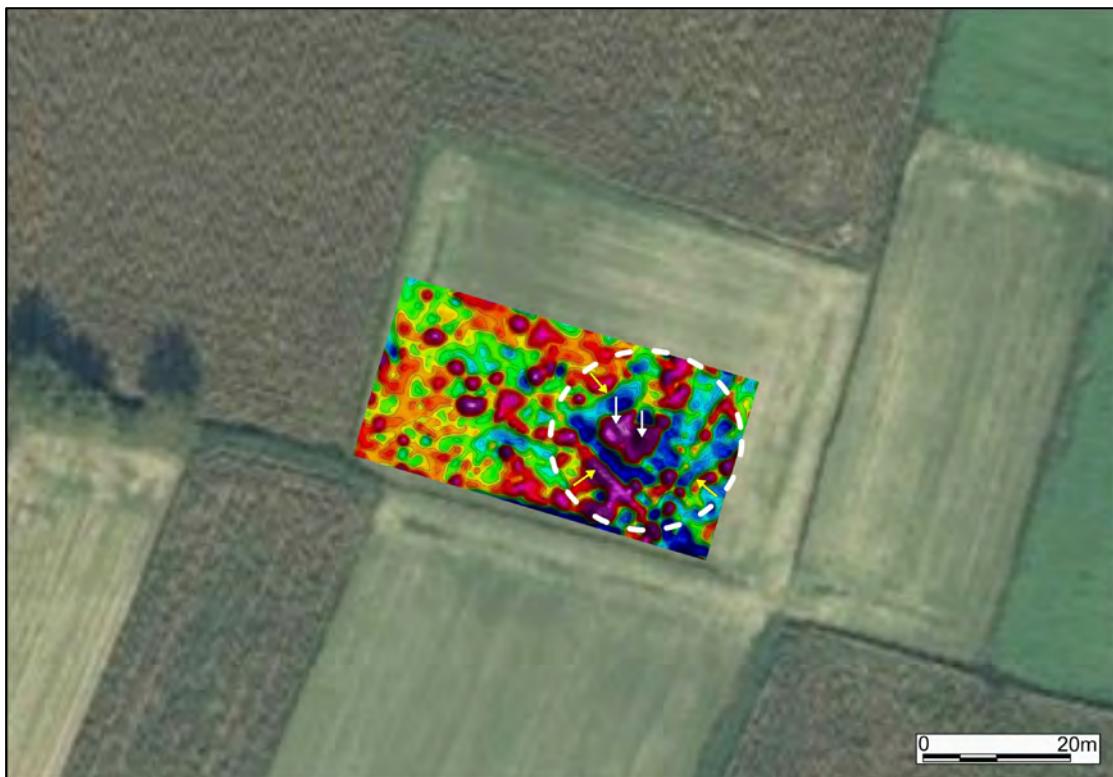
Slika 11. Nađbarice. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crvena kružnica označava područje radionice (plave strelice) s dvije jake magnetske anomalije u središnjem dijelu (crvene strelice) koje ukazuju na položaj objekata *in situ* s termoremanentnom magnetizacijom (peći). Na osnovu tih rezultata se ne može zaključiti o kakvoj se točno radionici radi. Moguće je i da se na ovom mjestu nalazi keramičarska radionica ili kovačnica.



Slika 12. Nađbarice. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Bijela kružnica označava područje radionice (crne strelice) s dvije jake magnetske anomalije u središnjem dijelu (bijele strelice) koje ukazuju na položaj obekata *in situ* s termoremanentnom magnetizacijom (peći). Na osnovu tih rezultata se ne može zaključiti o kakvoj se točno radionici radi. Moguće je i da se na ovom mjestu nalazi keramičarska radionica ili kovačnica.

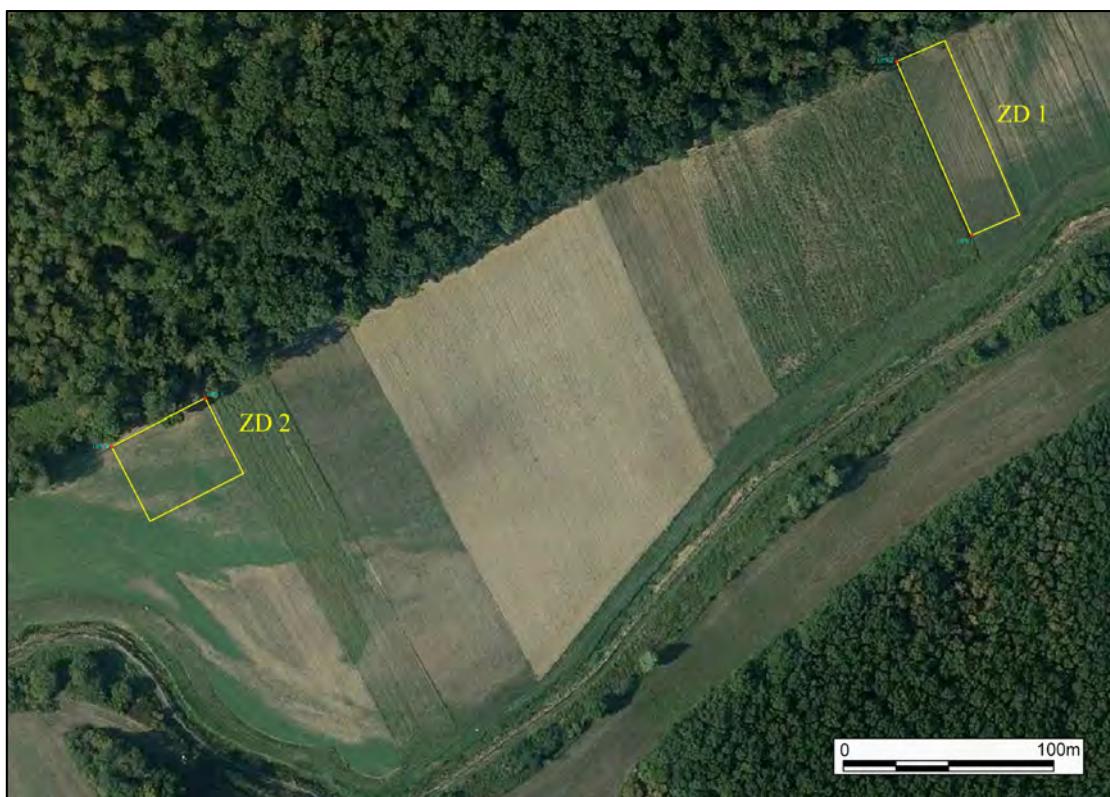


Slika 13. Nađbarice. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Bijela kružnica označava područje radionice (plave strelice) s dvije jake magnetske anomalije u središnjem dijelu (žute strelice) koje ukazuju na položaj obekata *in situ* s termoremanentnom magnetizacijom (peći). Na osnovu tih rezultata se ne može zaključiti o kakvoj se točno radionici radi. Moguće je i da se na ovom mjestu nalazi keramičarska radionica ili kovačnica.



Slika 14. Nađbarice. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Bijela kružnica označava područje radionice (žute strelice) s dvije jake magnetske anomalije u središnjem dijelu (bijele strelice) koje ukazuju na položaj obekata *in situ* s termoremanentnom magnetizacijom (peći). Na osnovu tih rezultata se ne može zaključiti o kakvoj se točno radionici radi. Moguće je i da se na ovom mjestu nalazi keramičarska radionica ili kovačnica.

### 3. ŽDALA

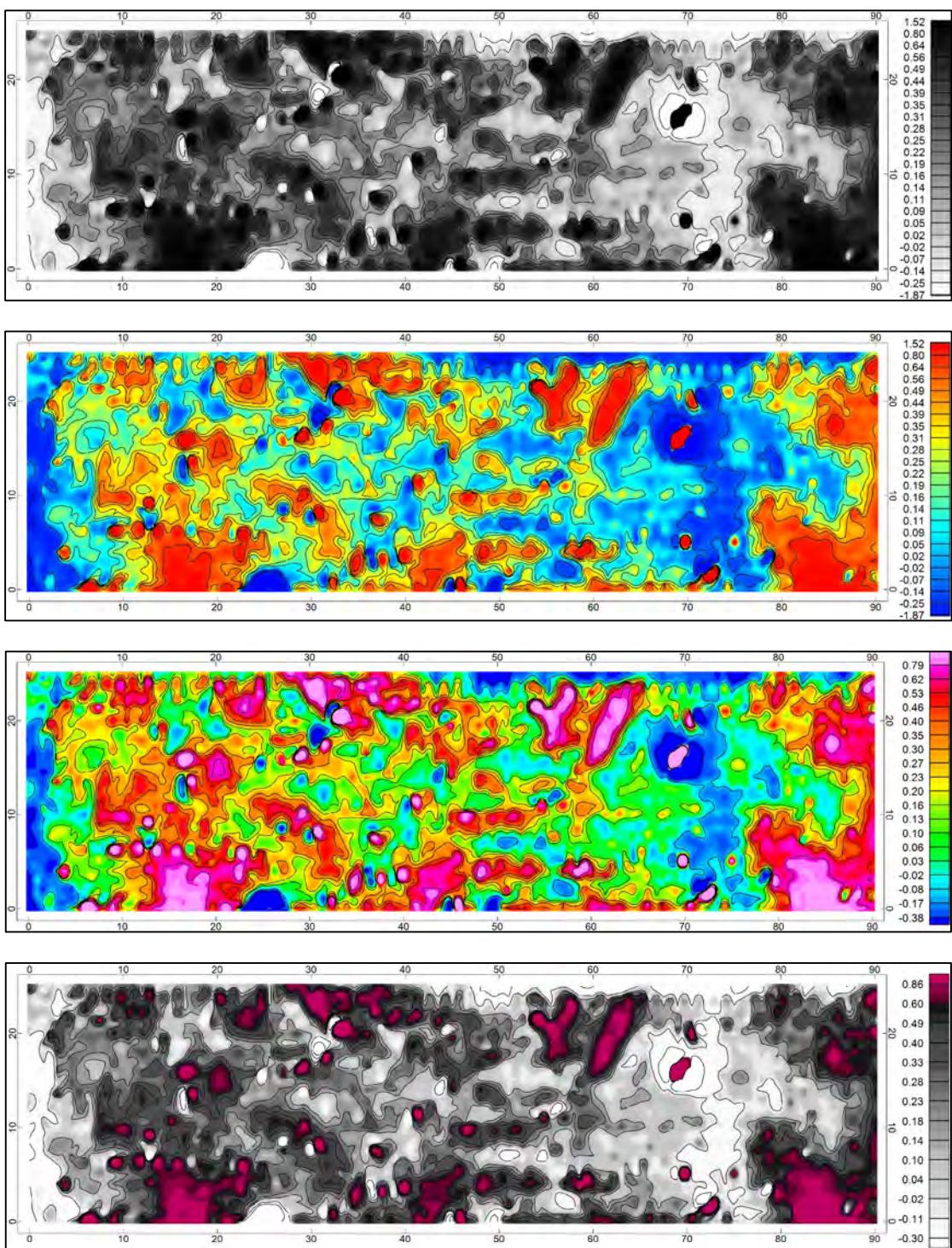


Slika 15. Položaj istraženih površina na lokalitetu Ždala (ZD 1 i ZD 2) na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.

#### 3.1 ŽDALA – ZD 1



Slika 16. Položaj istražene površine Ždala - ZD 1 na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.



Slika 17. Ždala – ZD 1. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Na cijelom području prevladavaju magnetske anomalije srednje jačine bez jasne bipolarnosti. Jako vjerojatno se radi o otpadnim produktima željezarstva u oranici (točkaste anomalije), možda i manjim deponijama na rubnim dijelovima utjecaja željezarskih kompleksa (veća anomalna područja). Nema jasnih znakova za ostatke peći *in situ*. Vidi i slike 18-20.

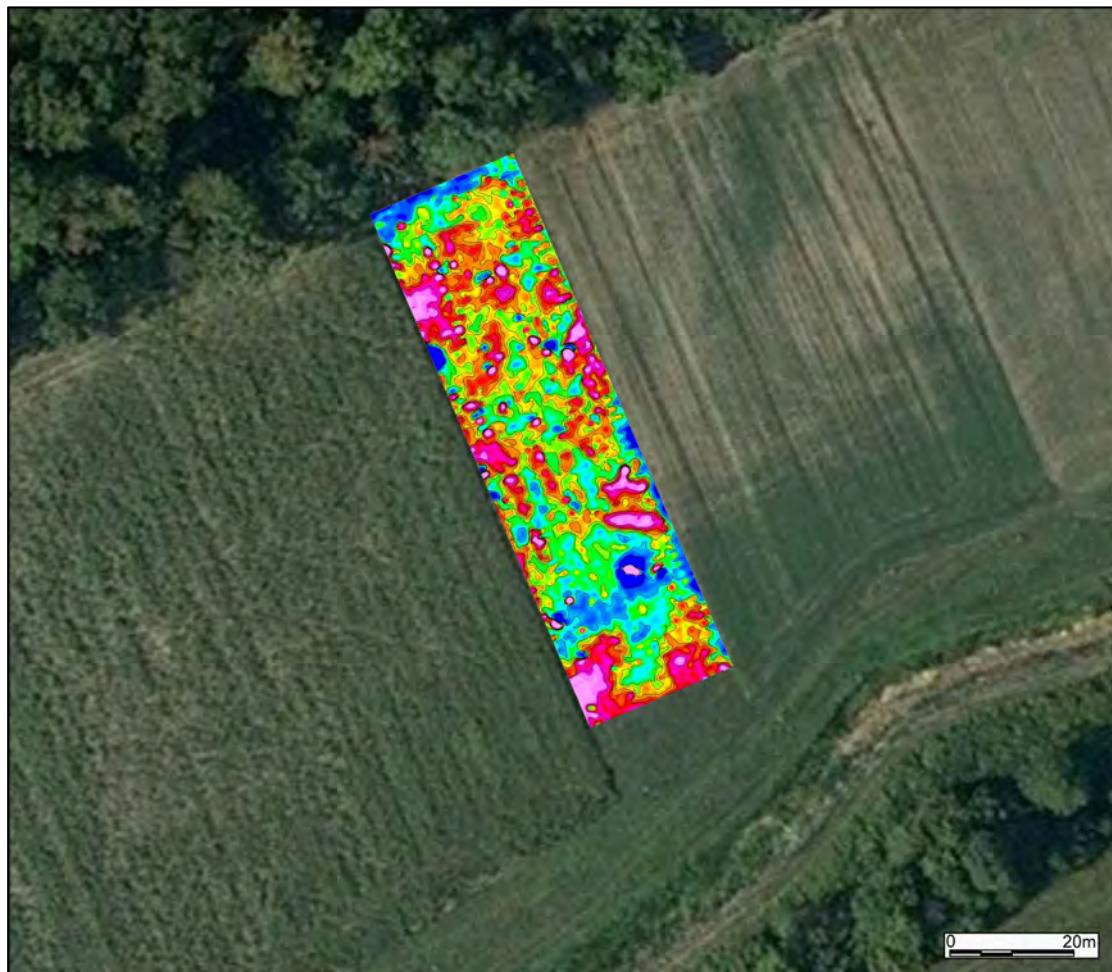
### 3.1.1 ŽDALA – ZD 1: INTERPRETACIJA REZULTATA MAGNETSKE METODE



Slika 18. Ždala – ZD 1. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Na cijelom području prevladavaju magnetske anomalije srednje jačine bez jasne bipolarnosti. Jako vjerojatno se radi o otpadnim produktima željezarstva u oranici (točkaste anomalije), možda i manjim deponijama na rubnim dijelovima utjecaja željezarskih kompleksa (veća anomalna područja). Nema jasnih znakova za ostatke peći *in situ*.



Slika 19. Ždala – ZD 1. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Na cijelom području prevladavaju magnetske anomalije srednje jačine bez jasne bipolarnosti. Jako vjerojatno se radi o otpadnim produktima željezarstva u oranici (točkaste anomalije), možda i manjim deponijama na rubnim dijelovima utjecaja željezarskih komplексa (veća anomalna područja). Nema jasnih znakova za ostatke peći *in situ*.

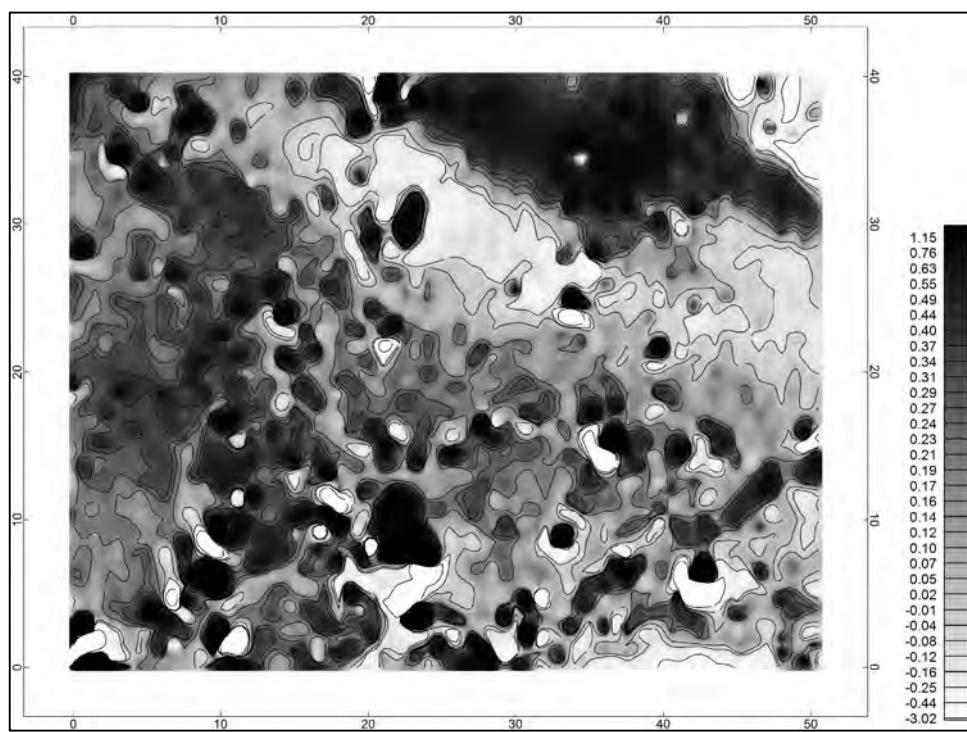


Slika 20. Ždala – ZD 1. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Na cijelom području prevladavaju magnetske anomalije srednje jačine bez jasne bipolarnosti. Jako vjerojatno se radi o otpadnim produktima željezarstva u oranici (točkaste anomalije), možda i manjim deponijama na rubnim dijelovima utjecaja željezarskih komlpeksa (veća anomalna područja). Nema jasnih znakova za ostatke peći *in situ*.

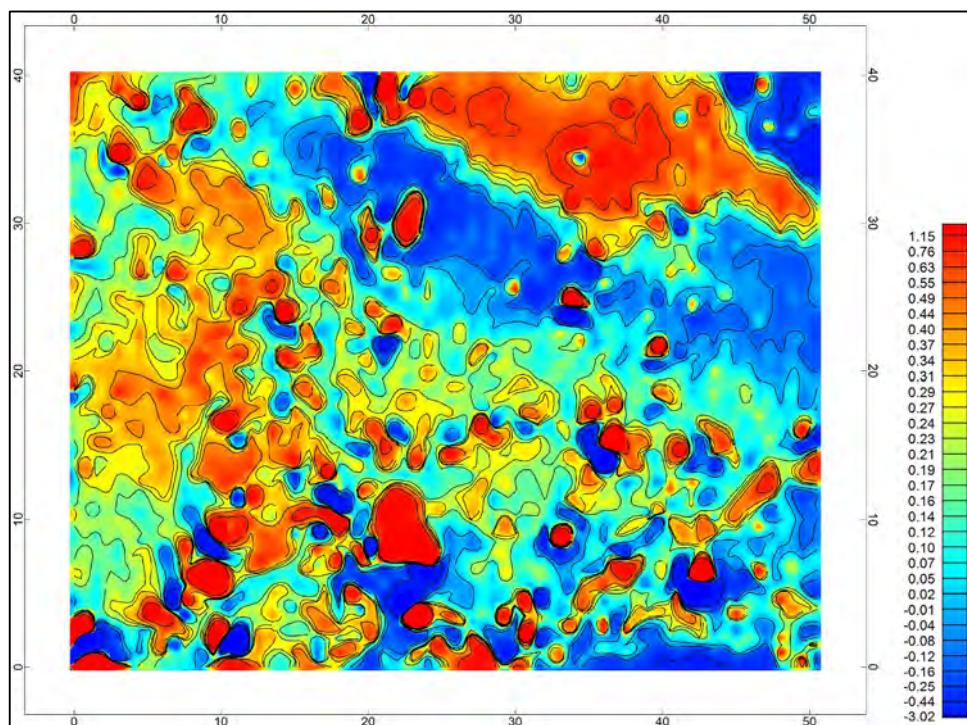
### 3.2 ŽDALA – ZD 2



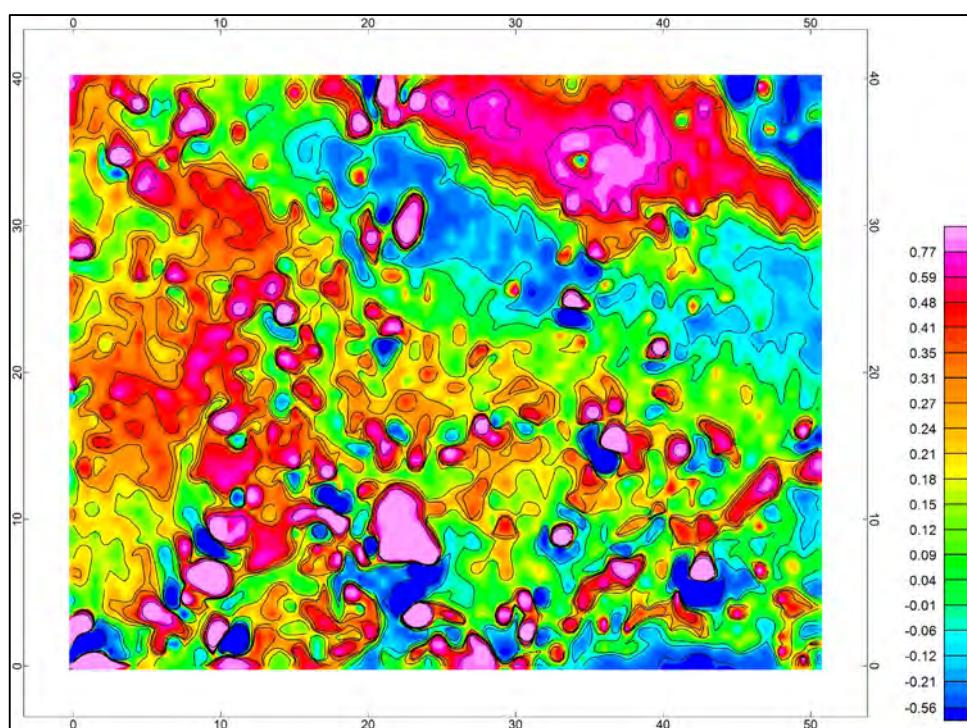
Slika 21. Položaj istražene površine Ždala - ZD 2 na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.



Slika 22. Ždala – ZD 2. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 24 - 26.



Slika 22. Ždala – ZD 2. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 24 - 26.

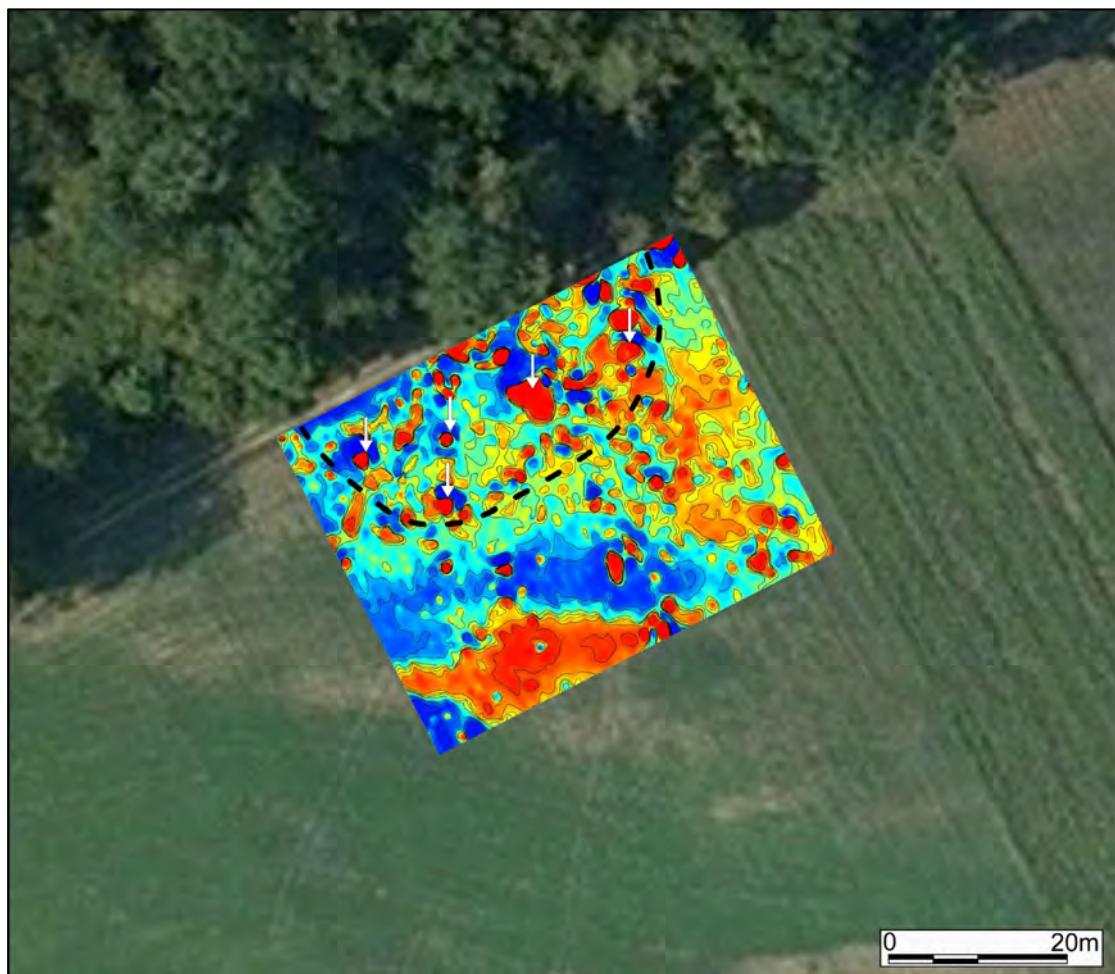


Slika 23. Ždala – ZD 2. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 24 - 26.

### 3.2.1 ŽDALA – ZD 2: INTERPRETACIJA REZULTATA MAGNETSKE METODE



Slika 24. Ždala – ZD 2. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crvena linija naznačava područje s brojnim jakim magnetskim anomalijama pa se najvjerojatnije radi o ostacima željezarske radionice. Žute strelice pokazuju mjesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*.



Slika 25. Ždala – ZD 2. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crna linija naznačava područje s brojnim jakim magnetskim anomalijama pa se najvjerojatnije radi o ostacima željezarske radionice. Bijele strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*.



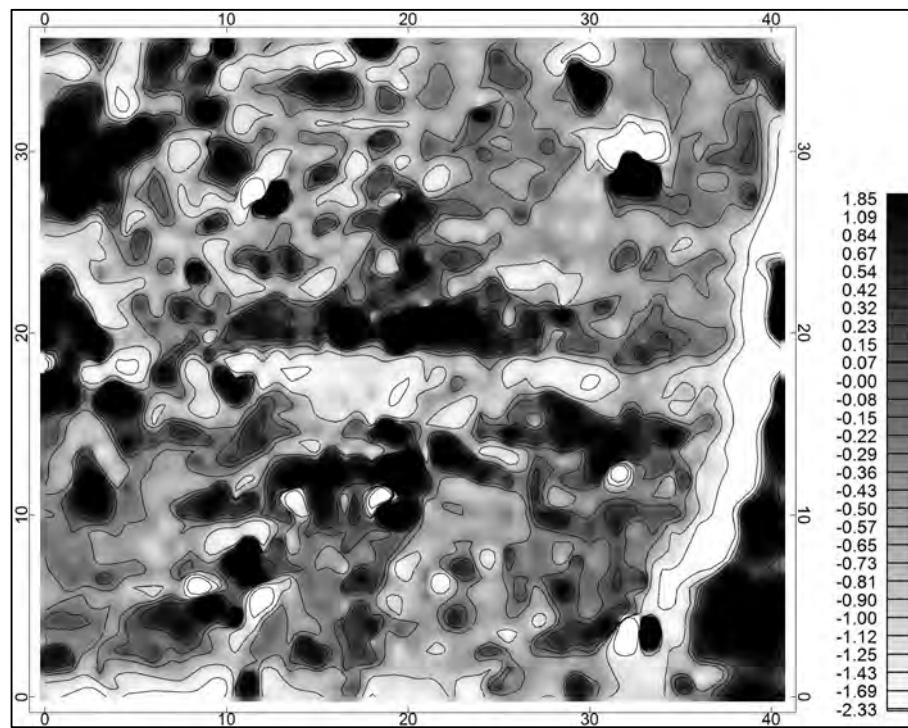
Slika 26. Ždala – ZD 2. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crna linija naznačava područje s brojnim jakim magnetskim anomalijama pa se najvjerojatnije radi o ostacima željezarske radionice. Bijele strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*.

### 3.3 ŽDALA – ZD 3 i ZD 4

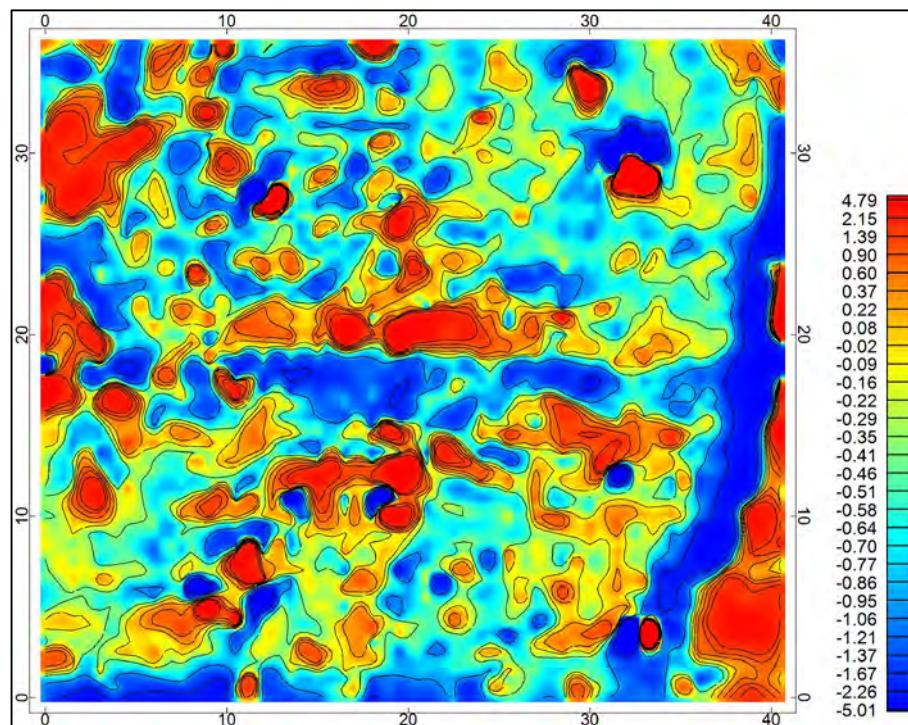


Slika 27. Položaj istraženih površina na lokalitetu Ždala (ZD 3 i ZD 4) na aerofotografiji Državne geodetske uprave RH.

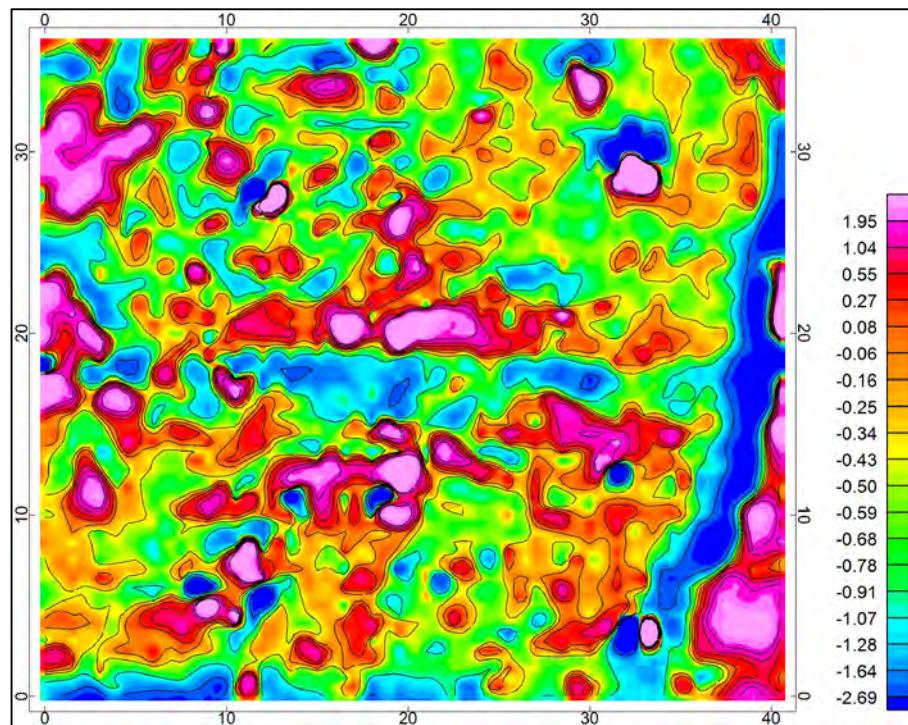
### 3.3.1 ŽDALA – ZD 3



Slika 28. Ždala – ZD 3. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 34 – 36.

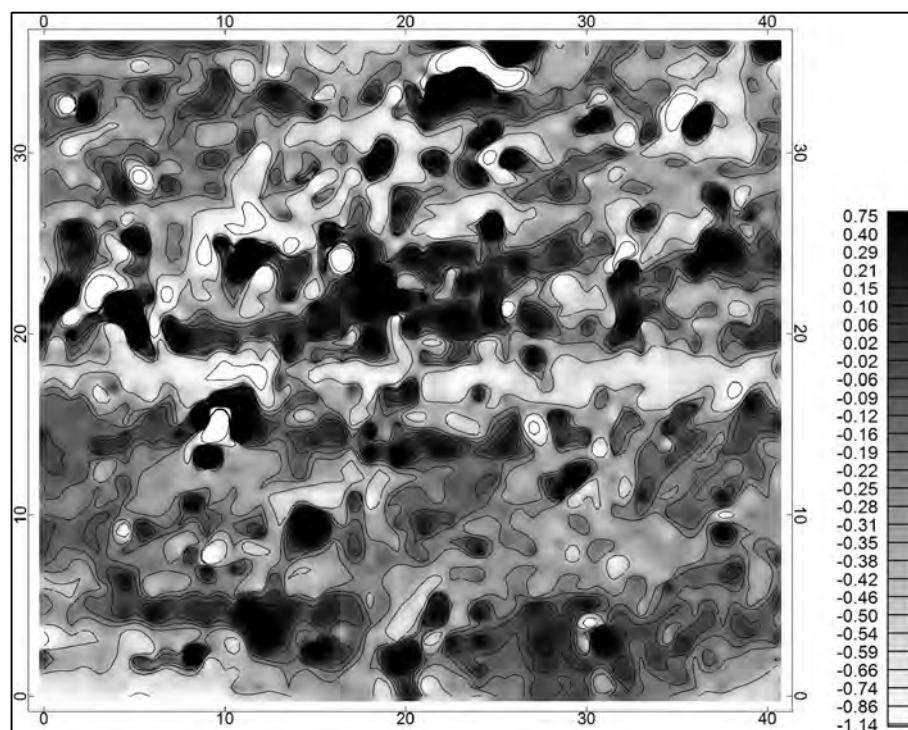


Slika 29. Ždala – ZD 3. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 34 – 36.

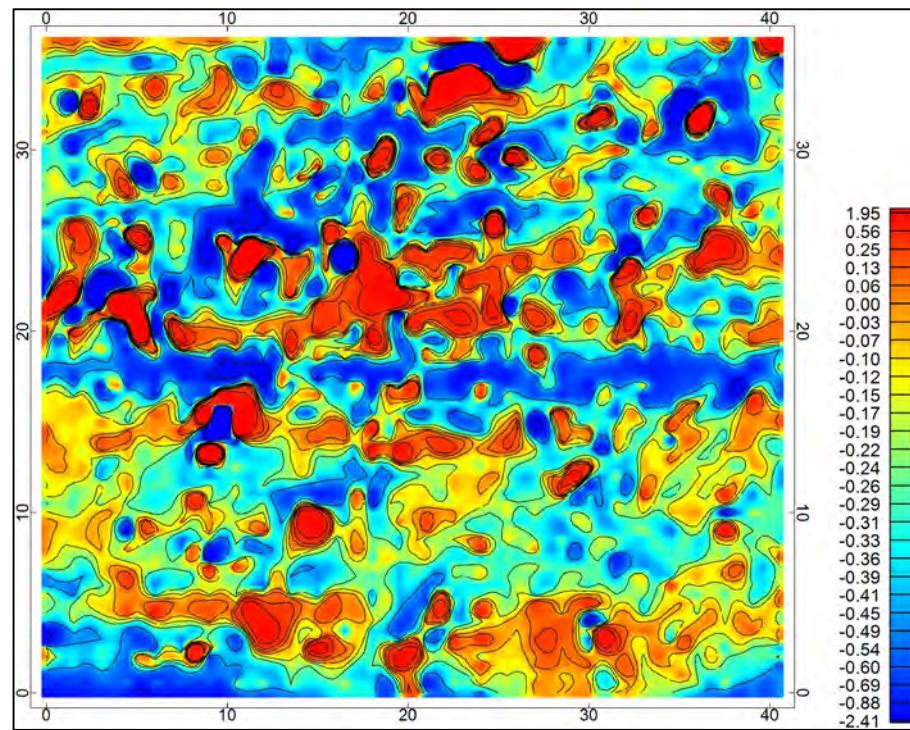


Slika 30. Ždala – ZD 3. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 34 – 36.

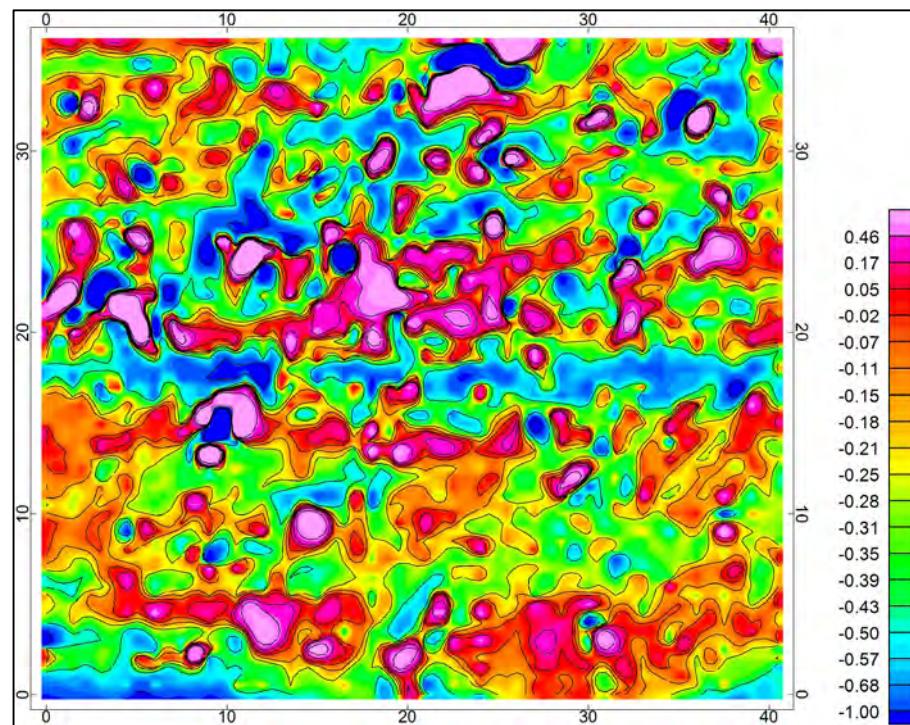
### 3.3.2 ŽDALA – ZD 4



Slika 31. Ždala – ZD 4. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi slike 34 – 36.



Slika 32. Ždala – ZD 4. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi **slike 34 – 36.**



Slika 33. Ždala – ZD 4. Rezultati magnetske metode na gradientan način. Za interpretaciju vidi **slike 34 – 36.**

### 3.3.3 ŽDALA – ZD 3 i ZD 4: INTERPRETACIJA REZULTATA MAGNETSKE METODE



Slika 34. Ždala ZD 3 i ZD 4. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crvene kružnice označavaju veće magnetske anomalije koje ukazuju na deponije metalurškog otpadnog materijala. Crvene strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*



Slika 35. Ždala ZD 3 i ZD 4. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crvene kružnice označavaju veće magnetske anomalije koje ukazuju na deponije metalurškog otpadnog materijala. Crvene strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*



Slika 36. Ždala ZD 3 i ZD 4. Interpretacija rezultata magnetske metode na gradientan način. Crvene kružnice označavaju veće magnetske anomalije koje ukazuju na deponije metalurškog otpadnog materijala. Crvene strelice pokazuju mesta jakih bipolarnih magnetskih anomalija koje mogu biti zbog ostataka peći *in situ*

Literatura:

Valent, I., Zvijerac, I. i Sekelj Ivančan, T. 2017. Topografija arheoloških lokaliteta s talioničkom djelatnošću na prostoru Podravine. Podravina 16 (32), 5-25.