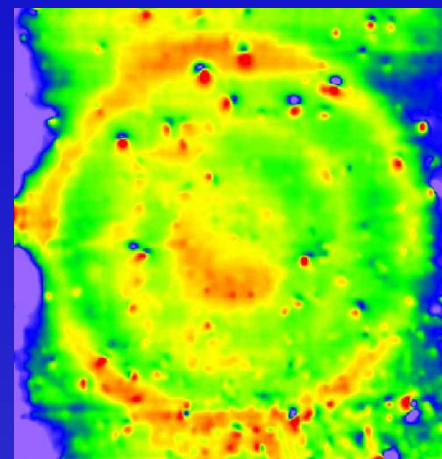
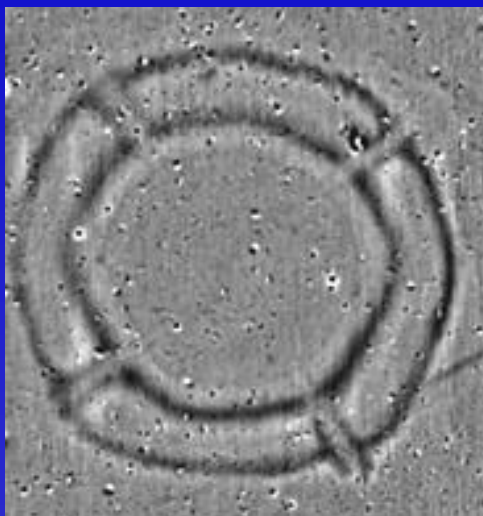
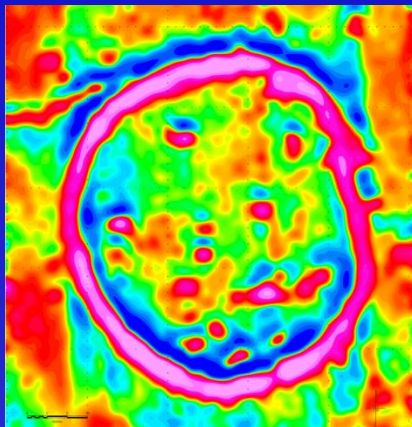


Geofizika a archeológia - magnetometria



Geofyzika a archeológia - magnetometria

materiály boli poskytnuté autormi:

J. M. Stanley (GTL, Armidale Australia)

J. Tirpák

(Archeologický Ústav SAV, Univerzita KM Nitra)

H. Stümpel, T. Wunderlich (CAU Univerzita Kiel, Nemecko)

P. Milo (Masarykova univerzita Brno, ČR)

R. Pašteka a kolektív (Prírodovedecká fakulta UK BA)

+ ďalšie literárne a internetovské zdroje

Geofyzika a archeológia

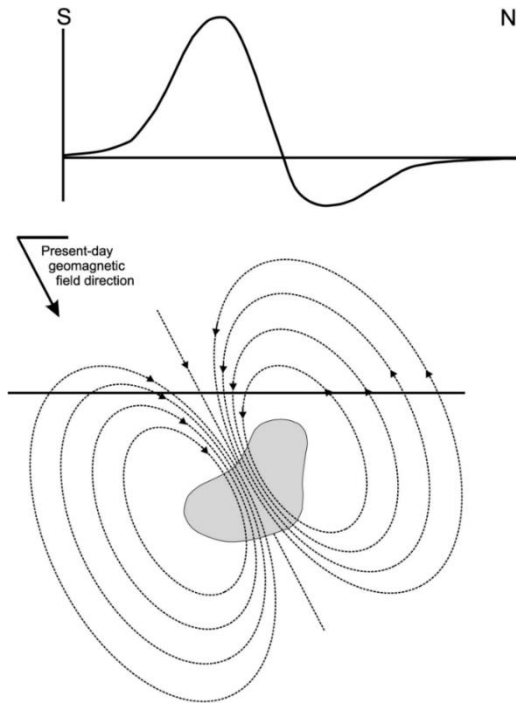
- magnetometria

hlavné oblasti použitia:

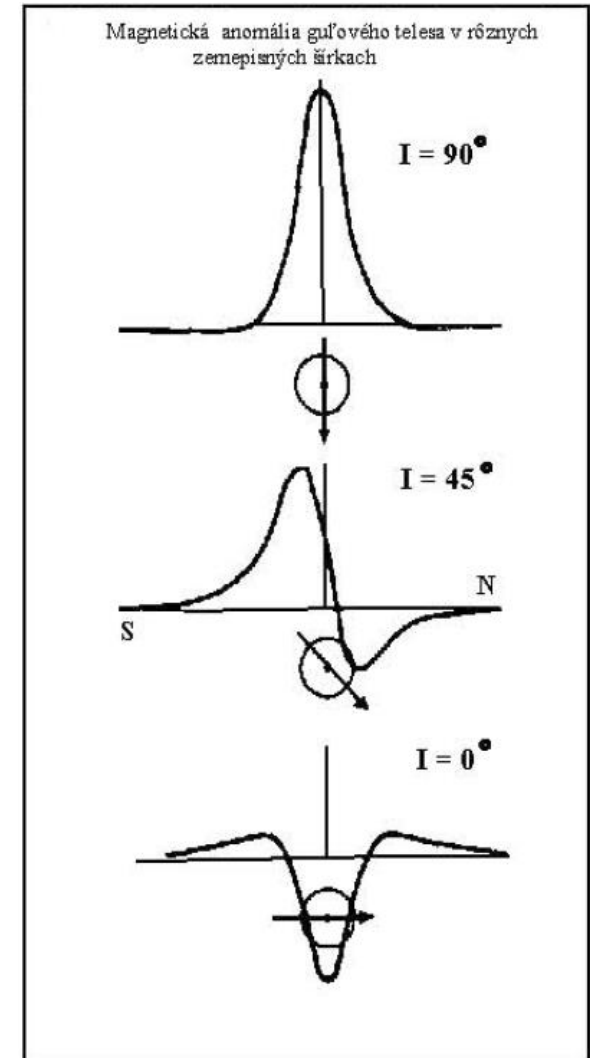
- 1. vyhľadávanie železných objektov (výrazné dipólové anomálie)**
(vysoká susceptibilita železa)
- 2. vyhľadávanie starých žiarovísk, pecí, ohnísk, atď.**
(dlhšie pôsobiaci oheň zmagnetizuje podložné horniny – dodá im tzv. remanentnú magnetizáciu - „vpáli do nich aktuálne pole“)
- 3. detekcia bývalých priekop, jám, atď. – vyplnené objekty hlinou s vyšším obsahom humusu**
(vyššia susceptibilita hlin s prítomnosťou humusovej zložky)
- 4. detekcia zakrytých múrov (vhodnejšia sú geol. metódy a radar)**
(ak sú z magnetickejších hornín alebo vytvárajú vhodný kontrast k okolitým hlinám s vyšším obsahom humusových zložiek)

Pozn.: V magnetometrii pre archeológiu sa často používajú ČB škály.

magnetické pole Zeme – magnetizácia objektov



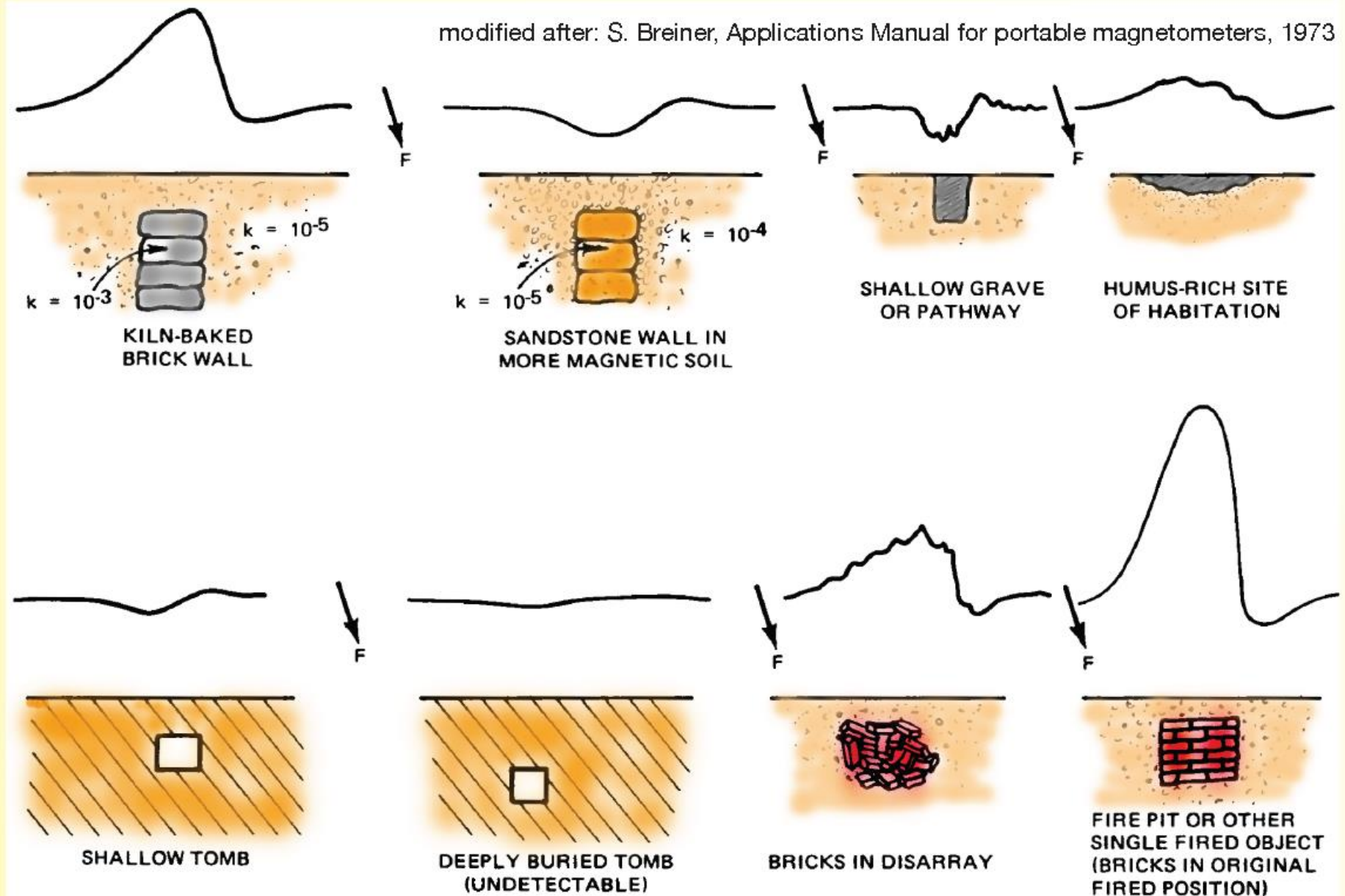
- telesá s určitými petrofyzikálnymi vlastnosťami sa zmagnetizujú (niektoré sa potom stanú „magnetmi“),
- rozpoznávame tzv. indukovanú a remanentnú magnetizáciu,
- tvar a amplitúda magnetických anomálií súvisí parametrami indukujúceho magnetického poľa a ďalej s tvarom a hĺbkou uloženia telesa.



**dipólový
charakter poľa!**

vznik magnetických anomálií nad rôznymi archeologickými objektami

modified after: S. Breiner, Applications Manual for portable magnetometers, 1973



rôzne systémy magnetometrov – zo sveta (ručne nesené)



rôzne systémy magnetometrov – zo sveta (na vozíku)



rôzne systémy magnetometrov – zo sveta (na vozíku)



Ludwig Boltzmann Institute
Archaeological Prospection and Virtual Archaeology



senzory: 0.25 m od seba, vzorkovanie pozdĺž meraných profilov: 0.1 m

Magnetometry at Stonehenge: <https://www.youtube.com/watch?v=7ippAA86Bdc>

magnetometre, používané na Slovensku:

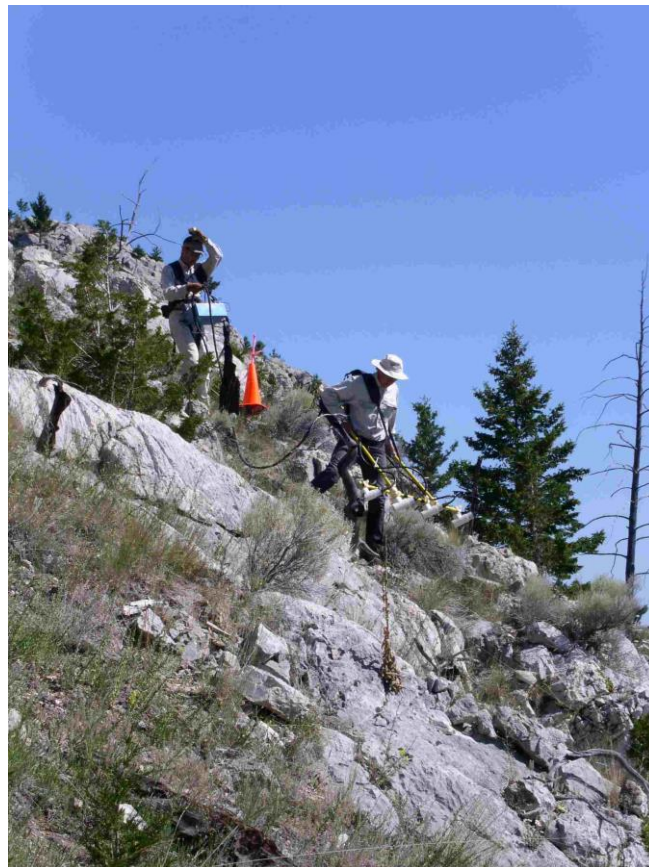
merací systém Smartmag SM 4G, SCINTREX Canada – SAV Nitra



vzorkovací krok: 10 cm
vzdialenosť profilov: 0.5 m

magnetometre, používané na Slovensku:

merací systém TM-4, GTL Australia – firma G-trend, s.r.o. Bratislava



**vzorkovací krok: 10 cm
vzdialenosť profilov: 0.5 m**

magnetometre, používané na Slovensku:

merací systém Sensys MAGNETO-PXPDA Nemecko - SAV Nitra,
KIHG PriF UK BA, KA FiF UK BA



5 fluxgate senzorov vedľa seba
rozostup: 0.5 m alebo 0.25 m, vzorkovací krok: 10 cm

magnetometre, používané na Slovensku:

merací systém Bartington Grad601-2, firma PESTA-MT s.r.o. Martin



2 fluxgate senzory vedľa seba
rozostup: 1 m, vzorkovací krok: 10 cm

Magnetometre:

Hlavne treba rozlišovať, či ide o:

- **magnetometre** (sensu stricto), merajúce pole ΔT (jednotky [nT]), poznáme hlavne protónové a tzv. céziové magnetometre,

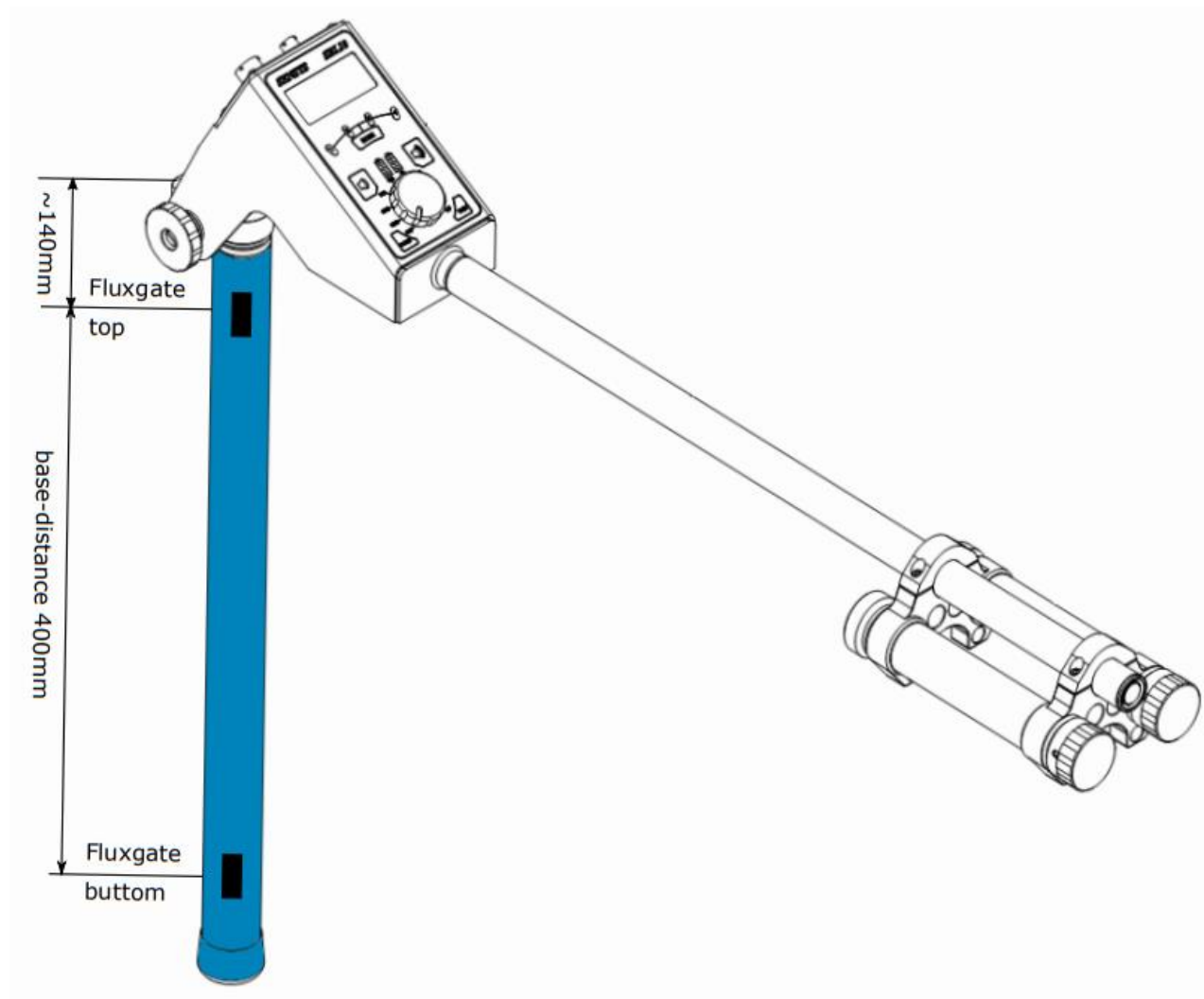
alebo

- **gradiometre**, merajúce zmenu (vertikálny gradient) poľa ΔT (jednotky [nT/m])

výhody gradietrov:

- *cenovo prístupnejšie (určite ako céziové magnetometre),*
- *citlivejšie na slabé anomálie,*
- *netreba zavádzať opravy na časové zmeny magn. poľa.*

Magnetometre – príklad gradimetra:



magnetometer s ferosondou (fluxgate) – SENSYS SBL10

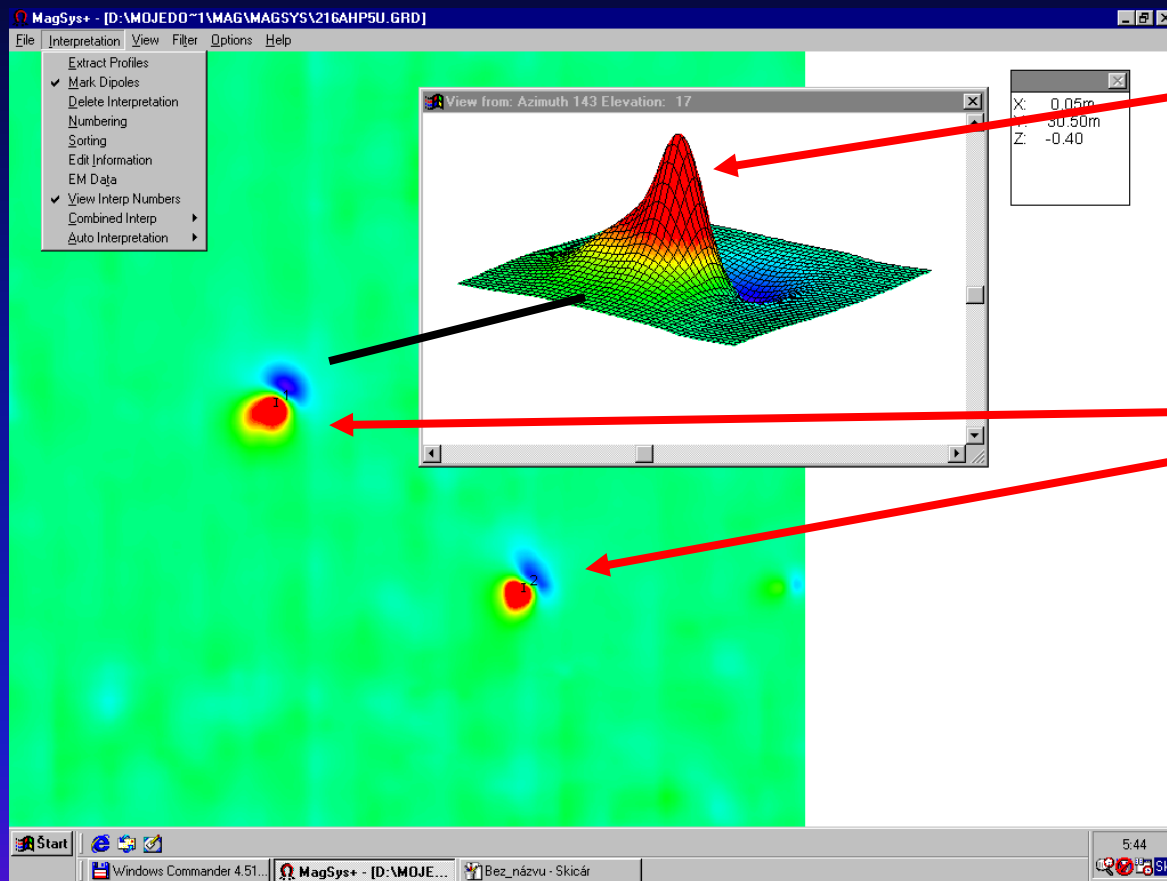
Geofyzika a archeológia - magnetometria

hlavné oblasti použitia:

- 1. vyhľadávanie železných objektov (výrazné dipólové anomálie)
(vysoká susceptibilita železa)**

Podstata detekcie: silne zmagetizované železné objekty
(často dominantná remanentná magnetizácia).

vyhl'adavanie železných predmetov



Geofyzika a archeológia - magnetometria

hlavné oblasti použitia:

1. vyhľadávanie železných objektov (výrazné dipólové anomálie)
(vysoká susceptibilita železa)
2. vyhľadávanie starých žiarovísk, pecí, ohnísk, atď.
(dlhšie pôsobiaci oheň zmagnetizuje podložné horniny – dodá im tzv. remanentnú magnetizáciu - „vpáli do nich aktuálne pole“)

Podstata detekcie: „vpálená“ remanentná magnetizácia na mieste dlhodobého pôsobenia ohňa (tepla).

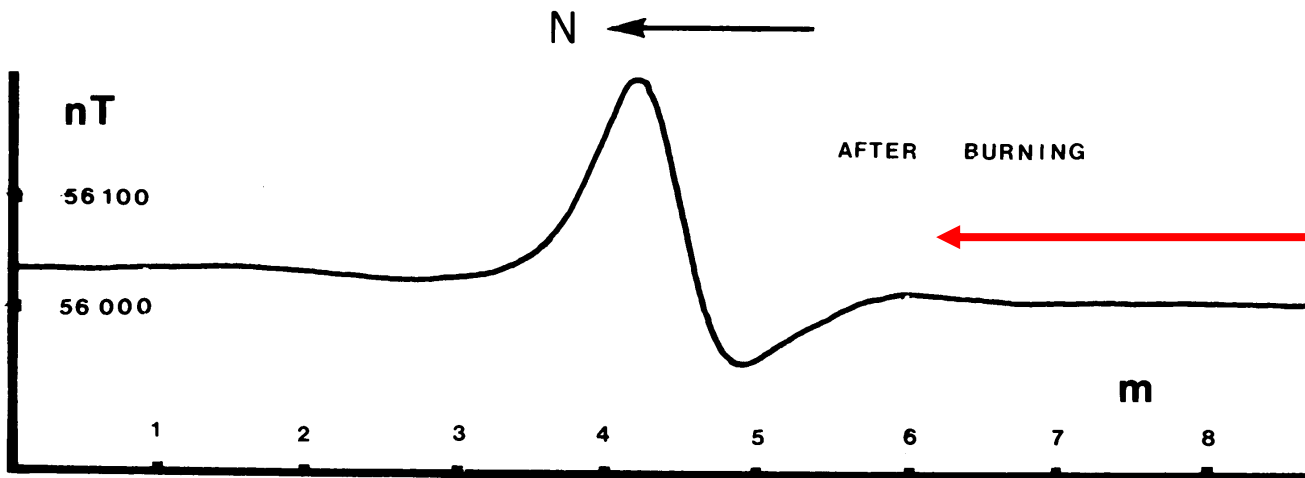
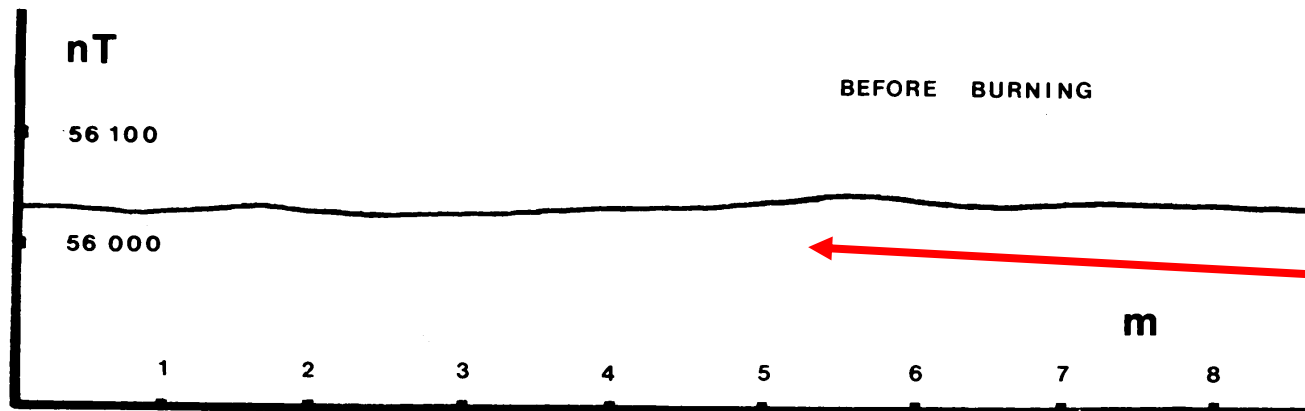
Magnetické minerály sa dostanú nad Courieho teplotu a pri ochladení sa všetky zmagnetizujú rovnakým smerom (v smere aktuálneho magnetického poľa Zeme).

výskum žiarovísk (ohniská, hrnčiarske pece)

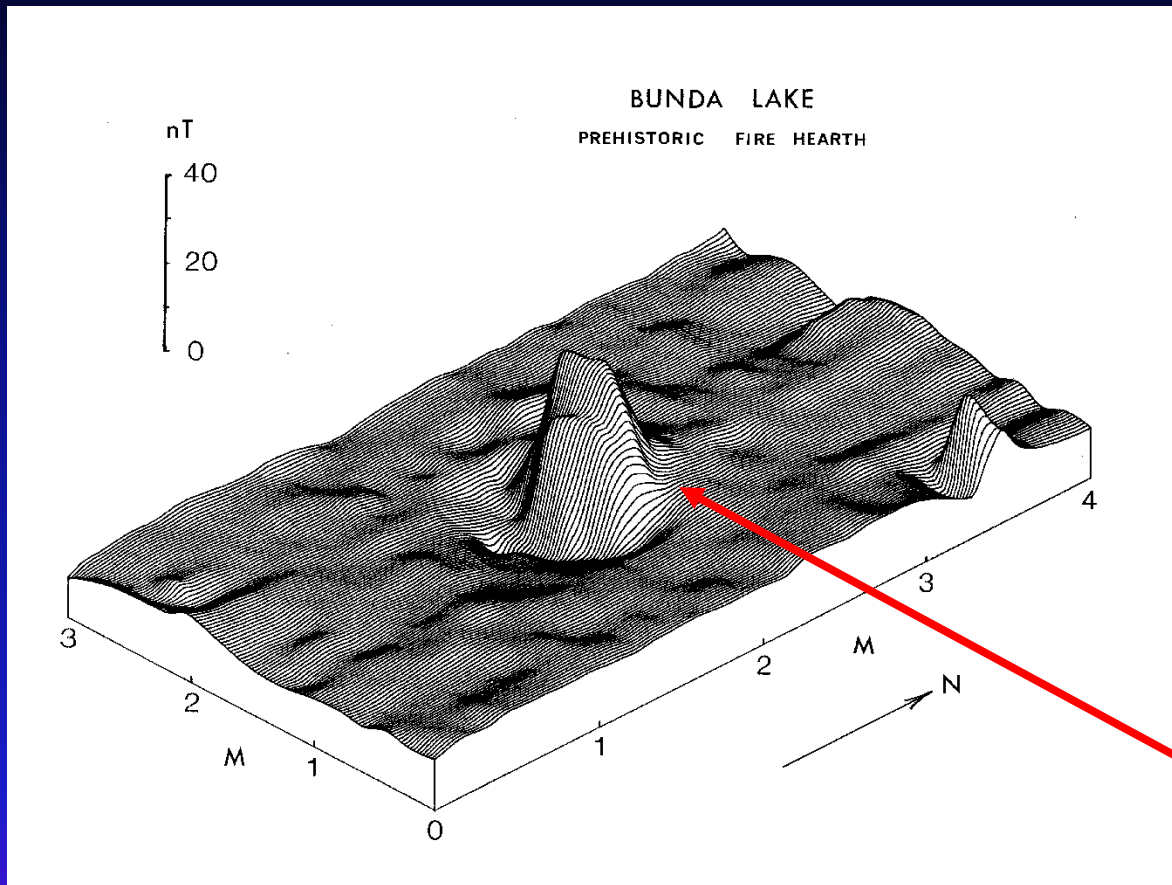
testovanie metodiky:

pole na
území ohniska
pred pokusom

po 24 hod.
udržiavaní
ohňa

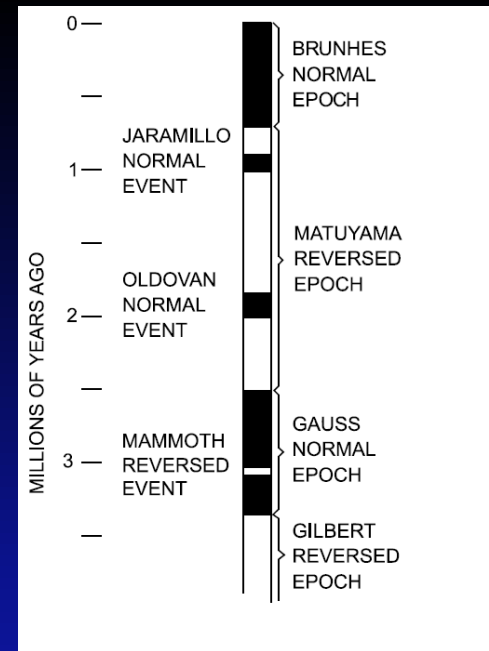


výskum žiarovísk (staré ohniská)



lokality Bunda Lake, Austrália

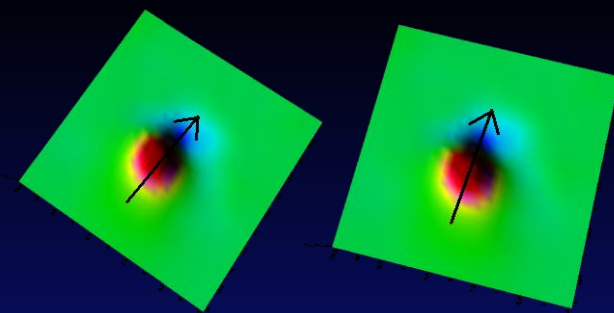
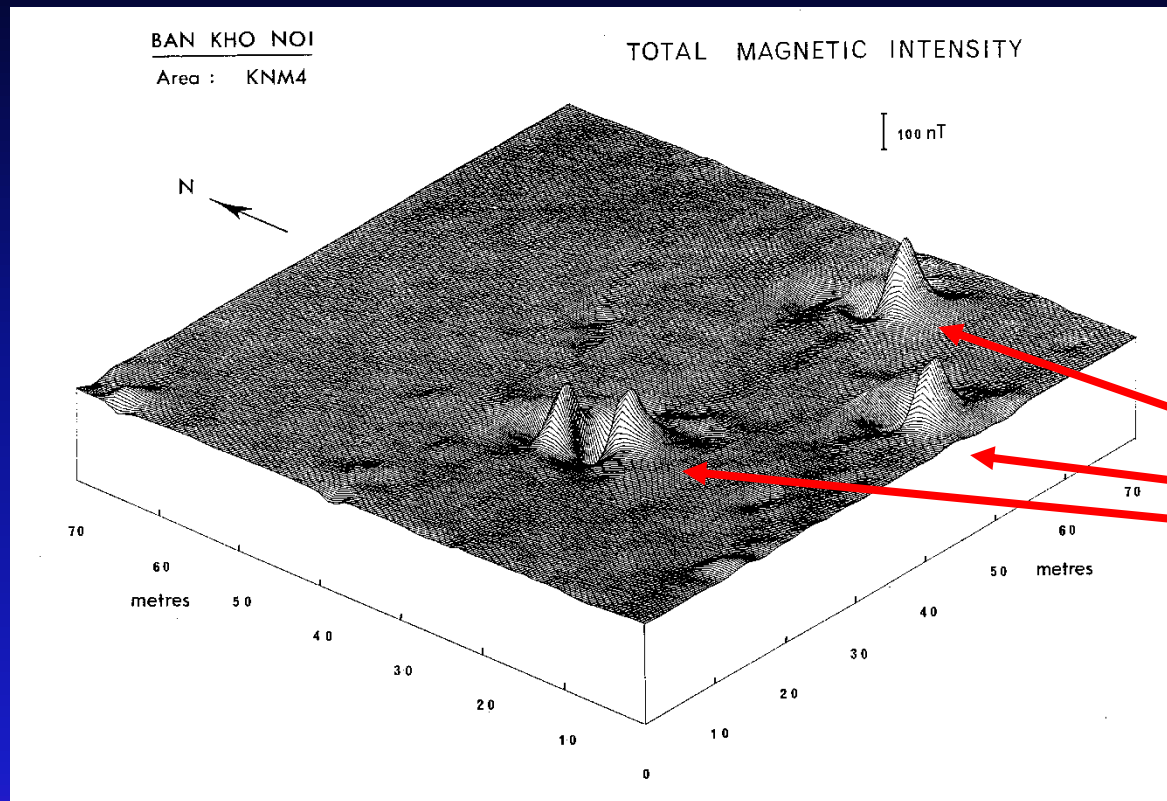
odberom vzoriek a paleomagnetickými meraniami bolo zistené, že orientácia remanentného poľa vykazuje charakter, ktorý zodpovedá stavu pred viac ako 40 000 rokov!



epochy mag. poľa Zeme

prejav
prehistorického
ohniska

výskum žiarovísk (hrnčiarske pece)



rozdiel v smerovaní
(deklinácii) niekoľko
stupňov môže znamenať
niekoľko desaťročí

prejavy
starých pecí
na pálenie
keramiky

loklaita Ban Kho Noi, Thajsko

z odobratých vzoriek a ich paleomagnetického rozboru boli zistené dávne deklinácie remanentnej magnetizácie – keďže bol vek niektorých pecí určený na základe prítomnosti úlomkov čínskeho porcelánu, bolo možné porovnaním deklinácií približne odhadnúť ich vek (12. stor.)

výskum žiarovísk (hrnčiarske pece)



odkryté hrnčiarske pece, lokalita Ban Kho Noi, Thajsko

výskum žiarovísk



detegované pece, Žďár n. Sázavou, Česká Republika

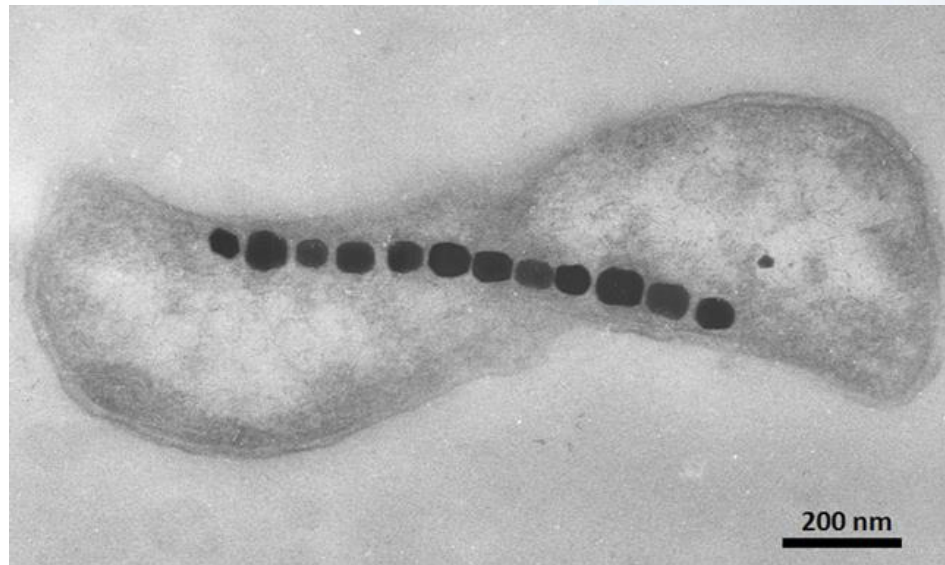
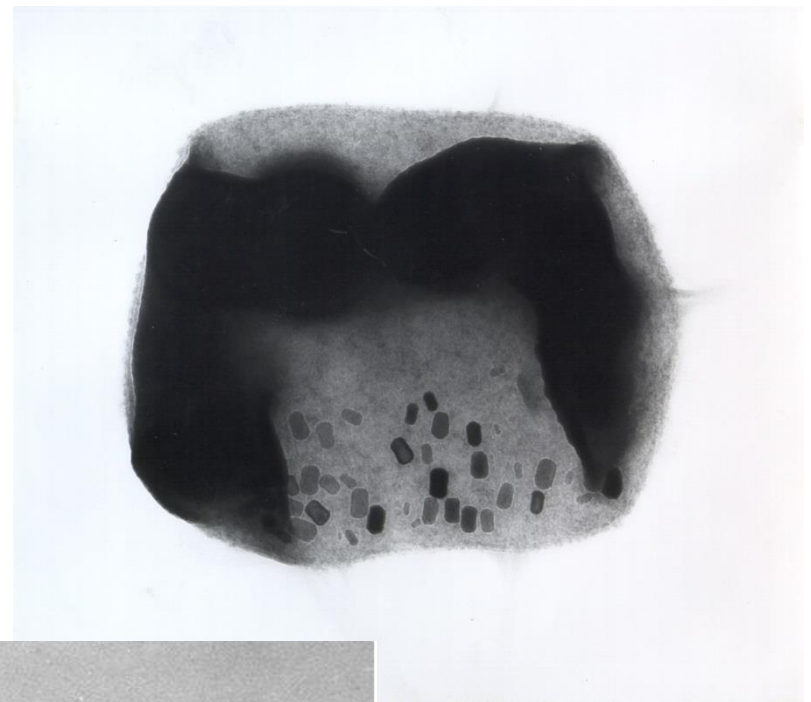
Geofyzika a archeológia

- magnetometria

hlavné oblasti použitia:

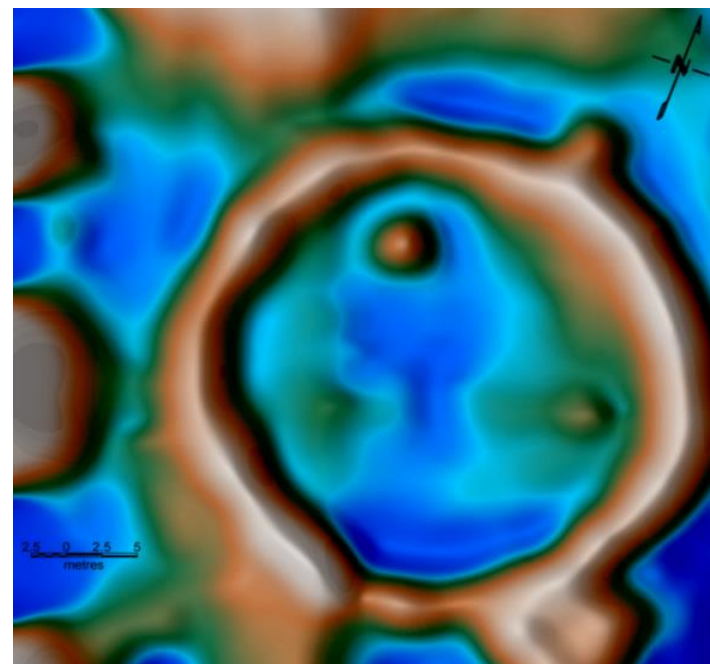
1. vyhľadávanie železných objektov (výrazné dipólové anomálie)
(vysoká susceptibilita železa)
2. vyhľadávanie starých žiarovísk, pecí, ohnísk, atď'.
(dlhšie pôsobiaci oheň zmagnetizuje podložné horniny – dodá im tzv. remanentnú magnetizáciu - „vpáli do nich aktuálne pole“)
3. detekcia bývalých priekop, jám, valov, atď'. – vyplnených objektov s hlinou (s vyšším obsahom humusu)
(vyššia susceptibilita hlín s prítomnosťou humusovej zložky)

Podstata detekcie: sumárny účinok drobných magnetických anomálií od magnetických minerálov, ktoré sú súčasťou humusu (ako produkt tzv. magnetotaktických baktérií, meniacich zelenú zložku odumretých rastlín na humus).



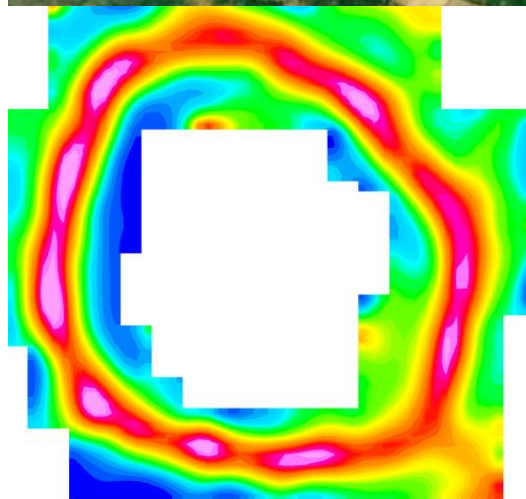
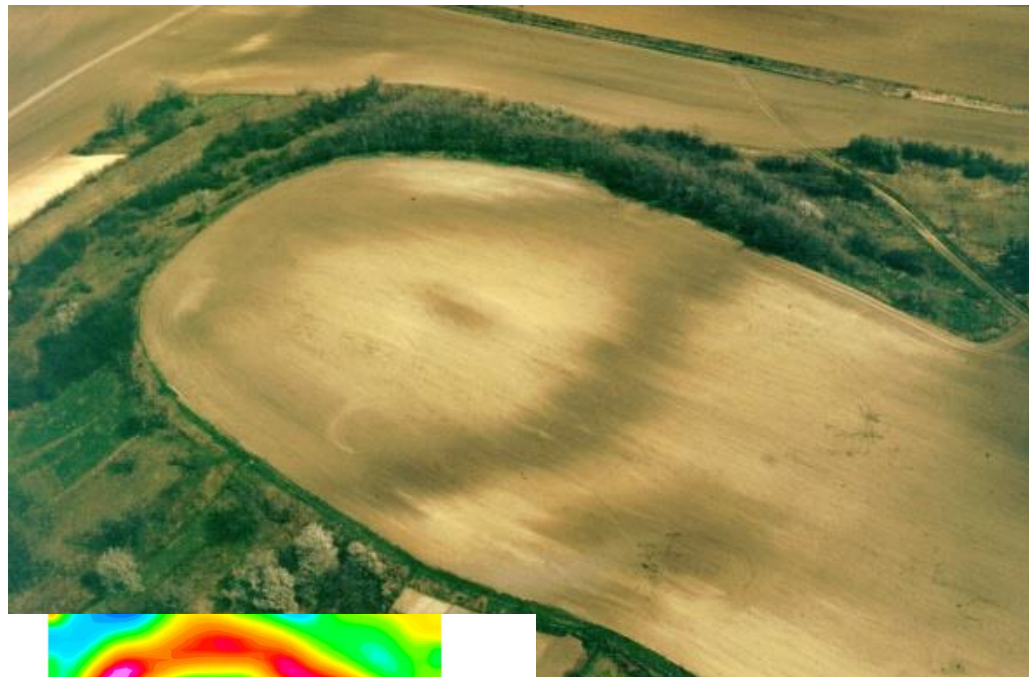
Práca baktérií pri spracovaní rastlinnej zelenej zložky na humus: vznik drobných nano-kryštálikov magnetitu.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď.



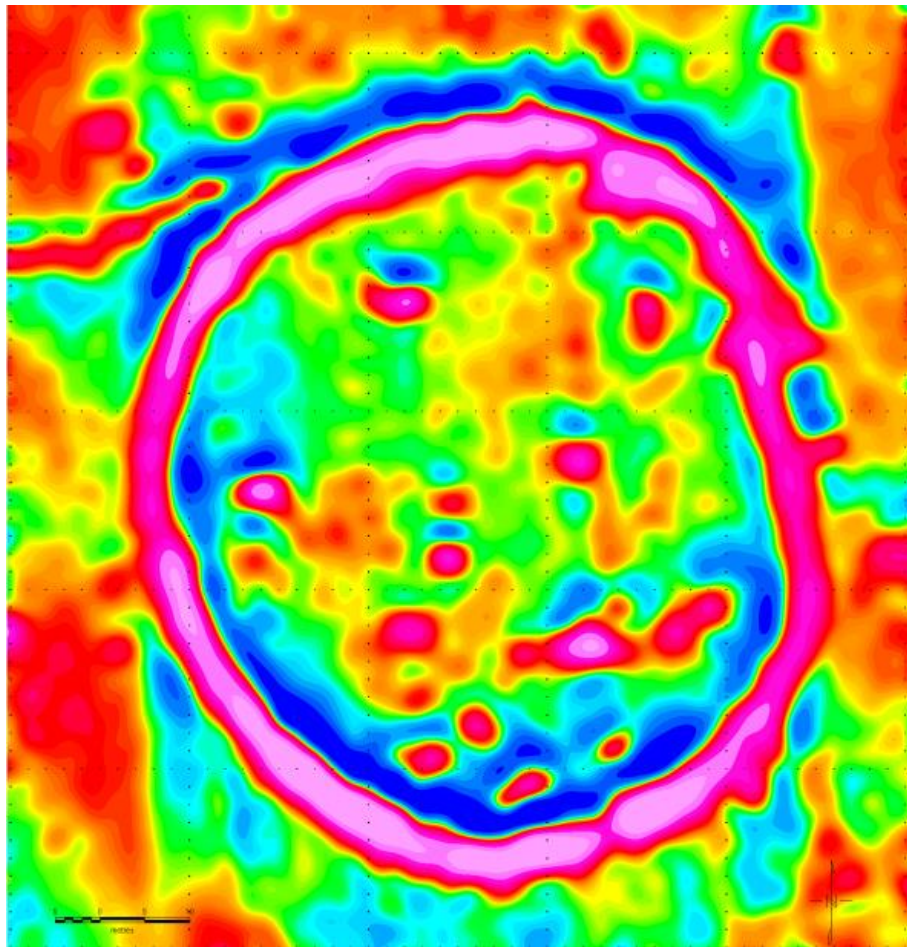
BRANČ, okr. Nitra, obdobie: doba bronzová – 18. stor. p.n.l.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď’.



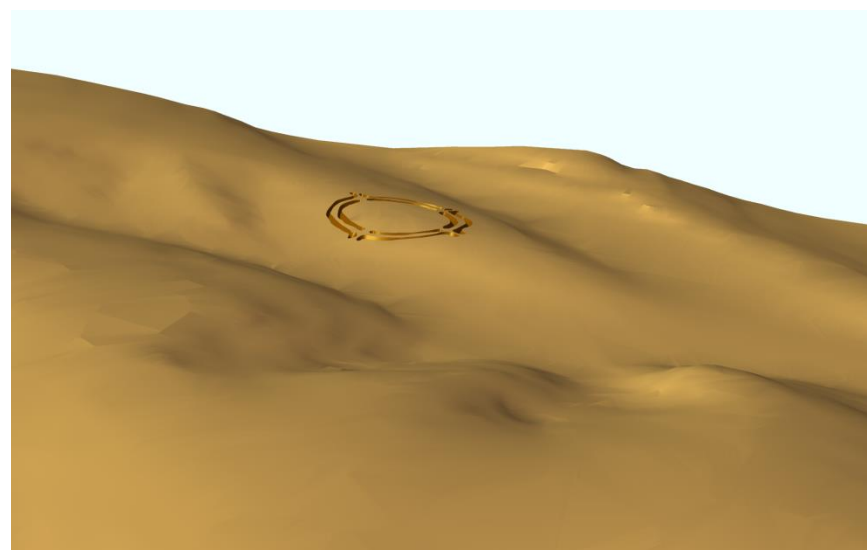
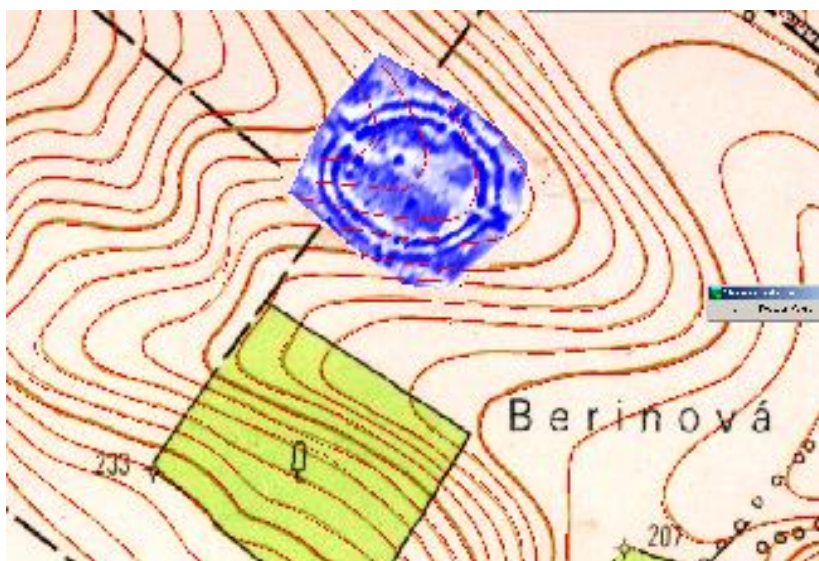
LELA, okr. Nové Zámky, doba bronzová – 15. stor. p.n.l.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď.



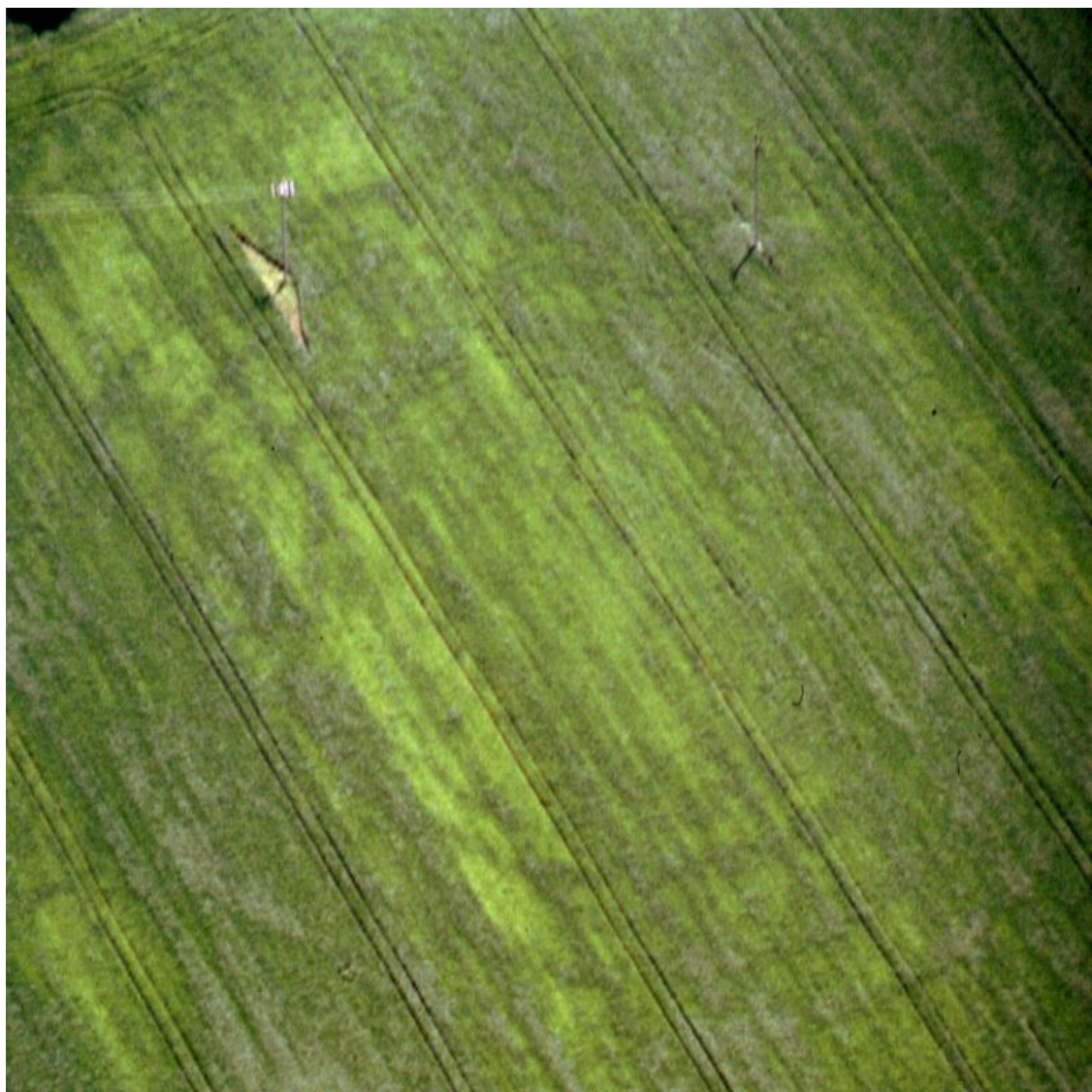
VEĽKÝ LAPÁŠ, okr. Nitra, obdobie: doba bronzová – 13. stor. p.n.l.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď’.



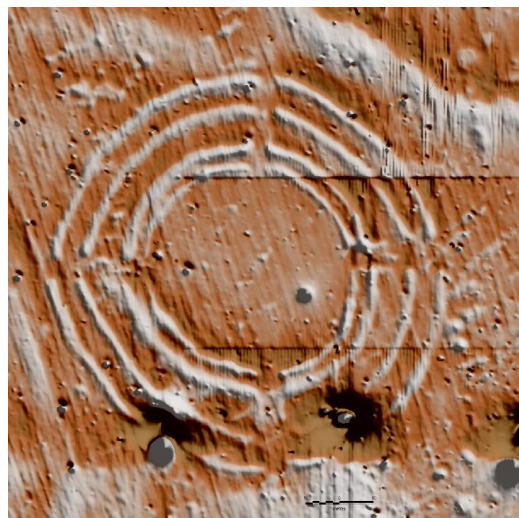
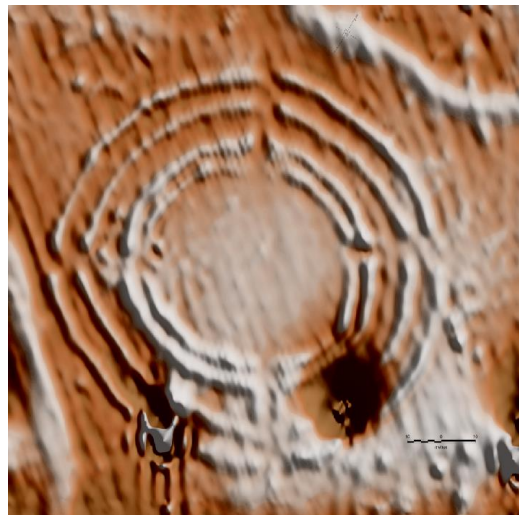
HORNÉ OTROKOVCE, okr. Hlohovec, obdobie: neolit – 35. stor. p.n.l.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď'.



CÍFER, okr. Trnava, obdobie: neolit – 35. stor. p.n.l.

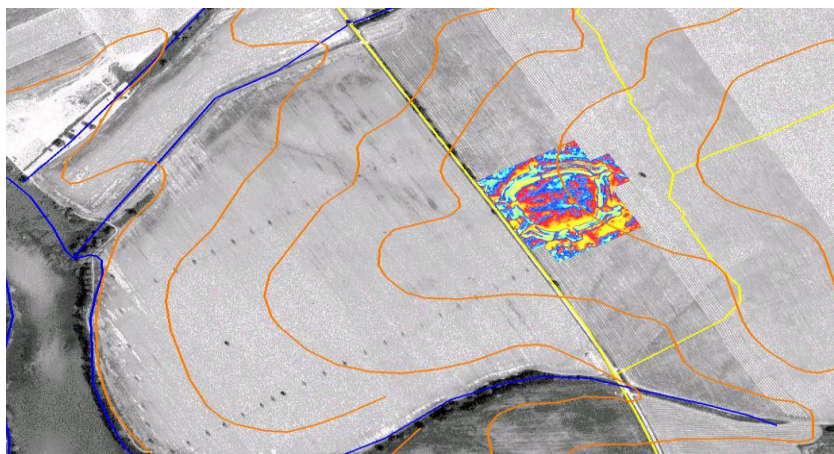
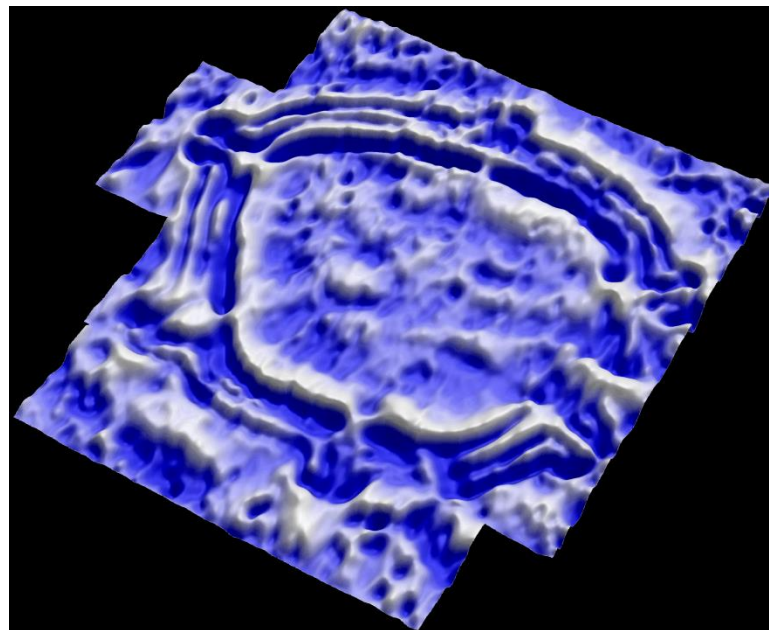
SMARTMAG SM 4G



Caesium Vapour Magnetometer TM-4

(J.M.Stanley,J.Mikuška,R.Pašteka)

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď'.



GOLIANOVO, okr. Nitra, obdobie: 35.stor. p.n.l.

detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď'.

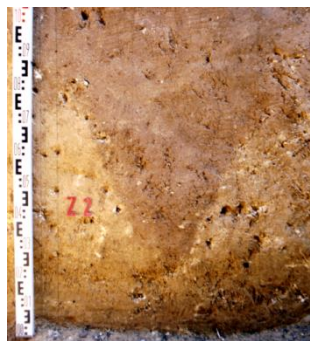
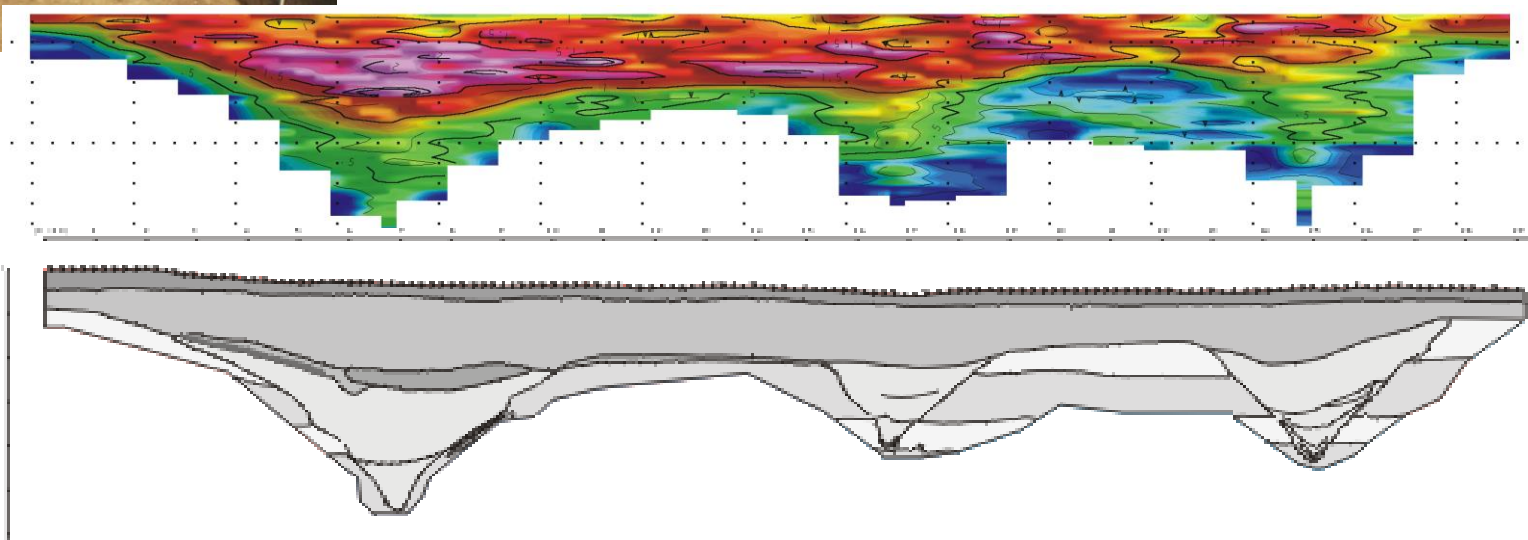


GOLIANOVO, okr. Nitra

Archeologická sonda

Vertikálny rez hodnôt magnetickej susceptibility

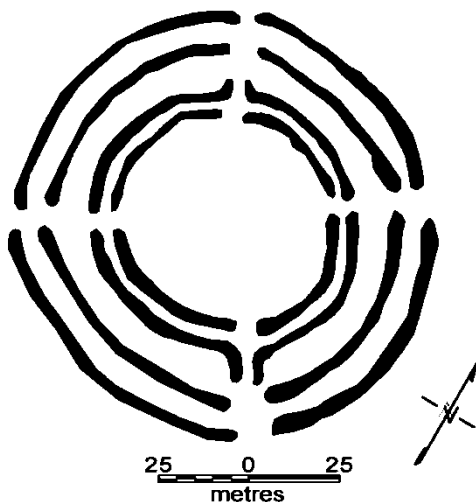
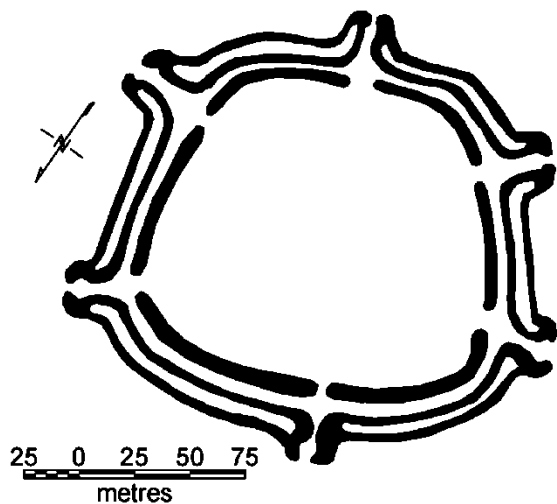
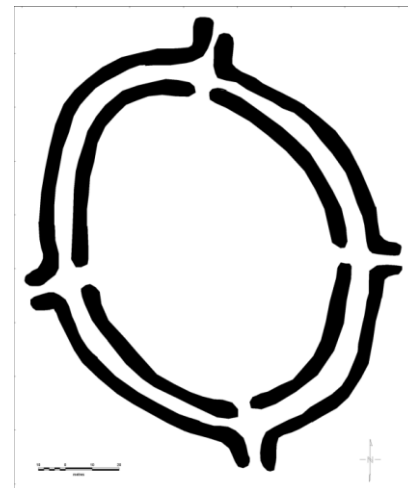
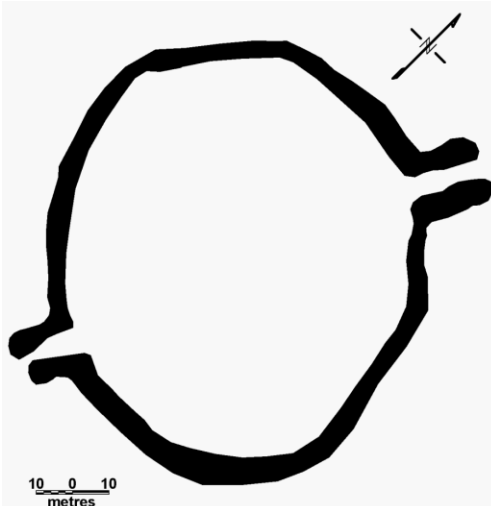
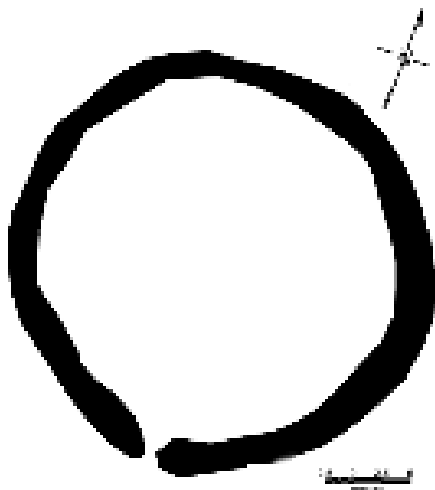
Západný profil rezu priekopami



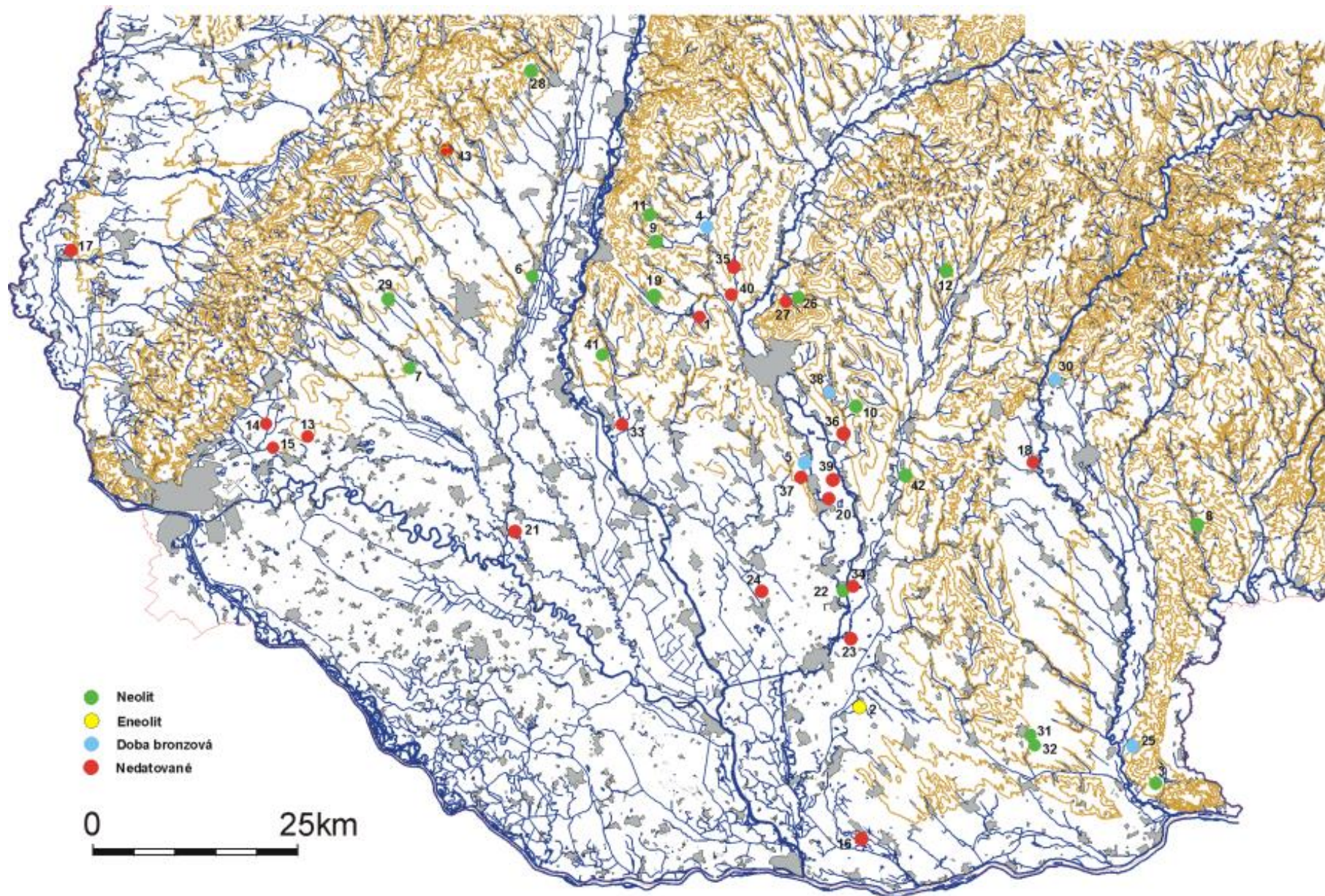
detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď’.

GP 3176: Praveké kruhové priekopové systémy na Slovensku.

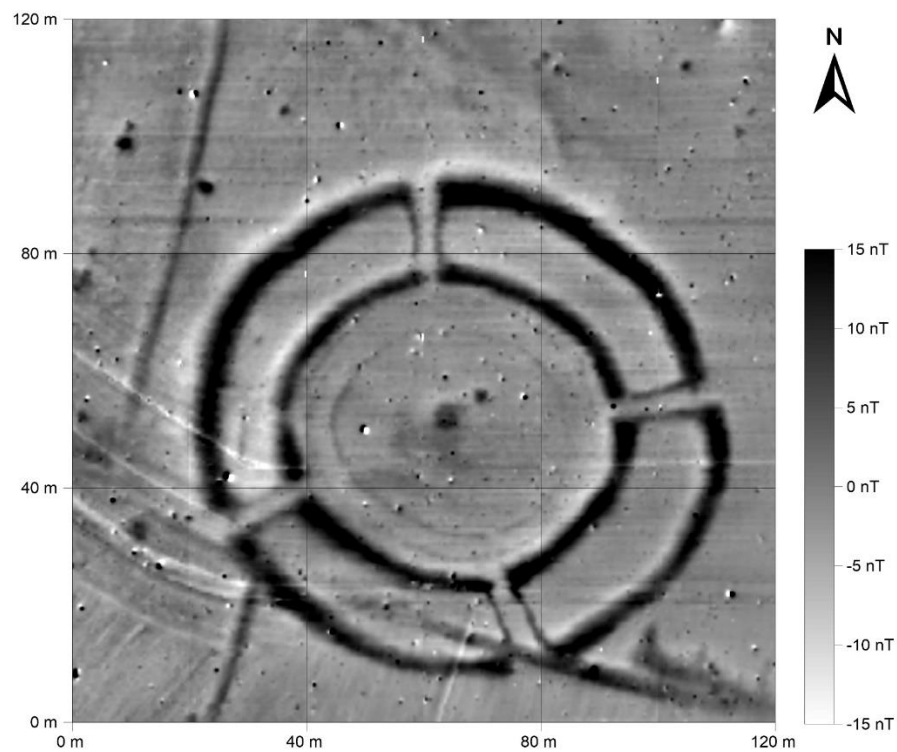
Typy rondelov na Slovensku



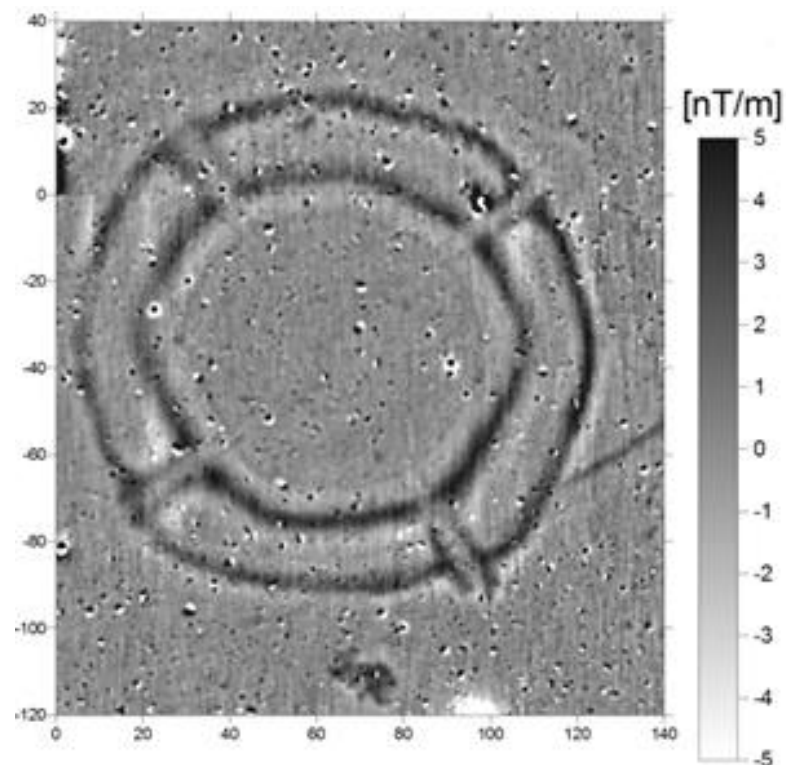
detekcia osídlenia – bývalých priekop, výkopov, atď’.



Ďalšie príklady detekcie rondelov (zo zahraničia)



Steinabrunn, Rakúsko



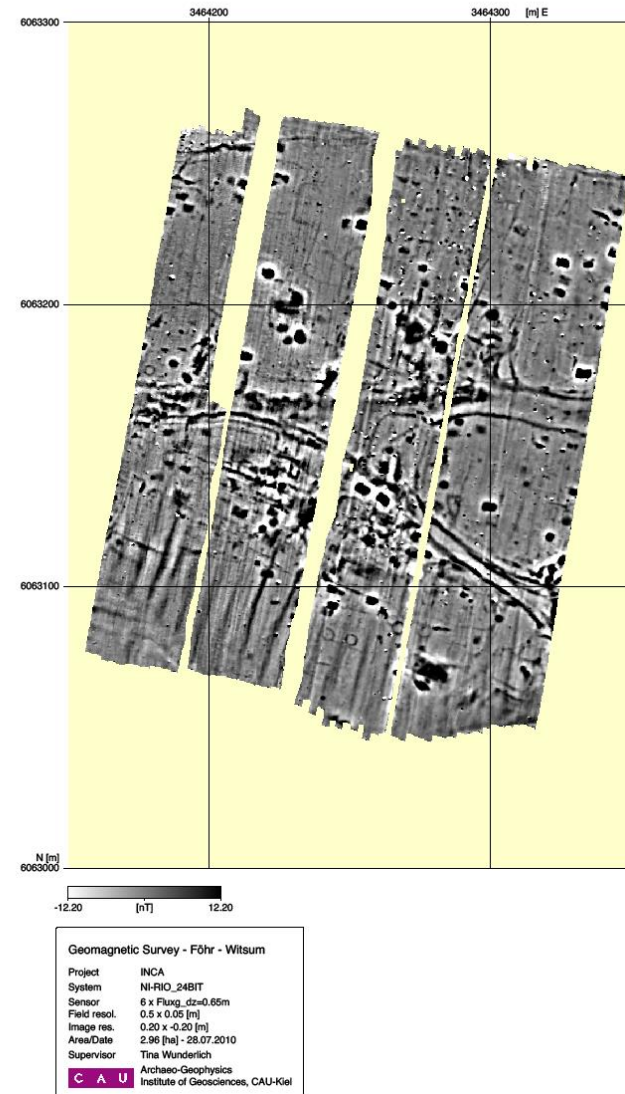
Milovice, Česká Republika

magnetometria - detekcia osídlenia

letecká snímka



magnetometria



ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné memecko) (priekopy, zemlianky, domy)

magnetometria - detekcia osídlenia

pithouses (zemlianky)

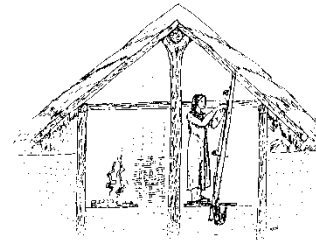
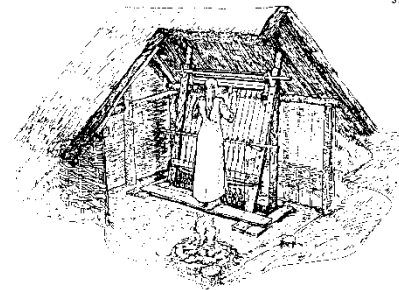
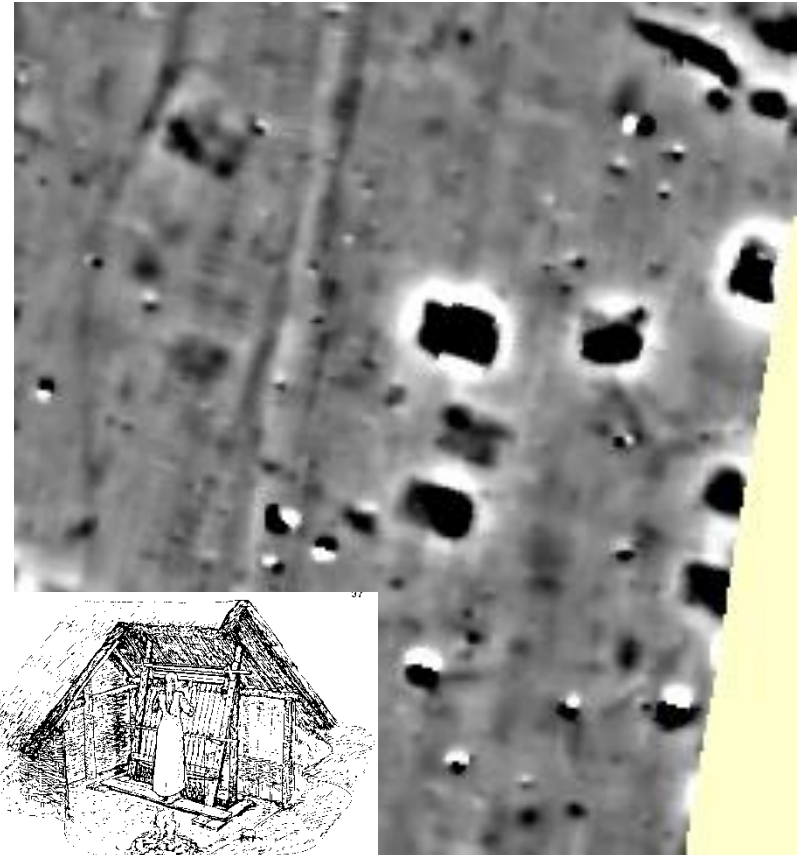
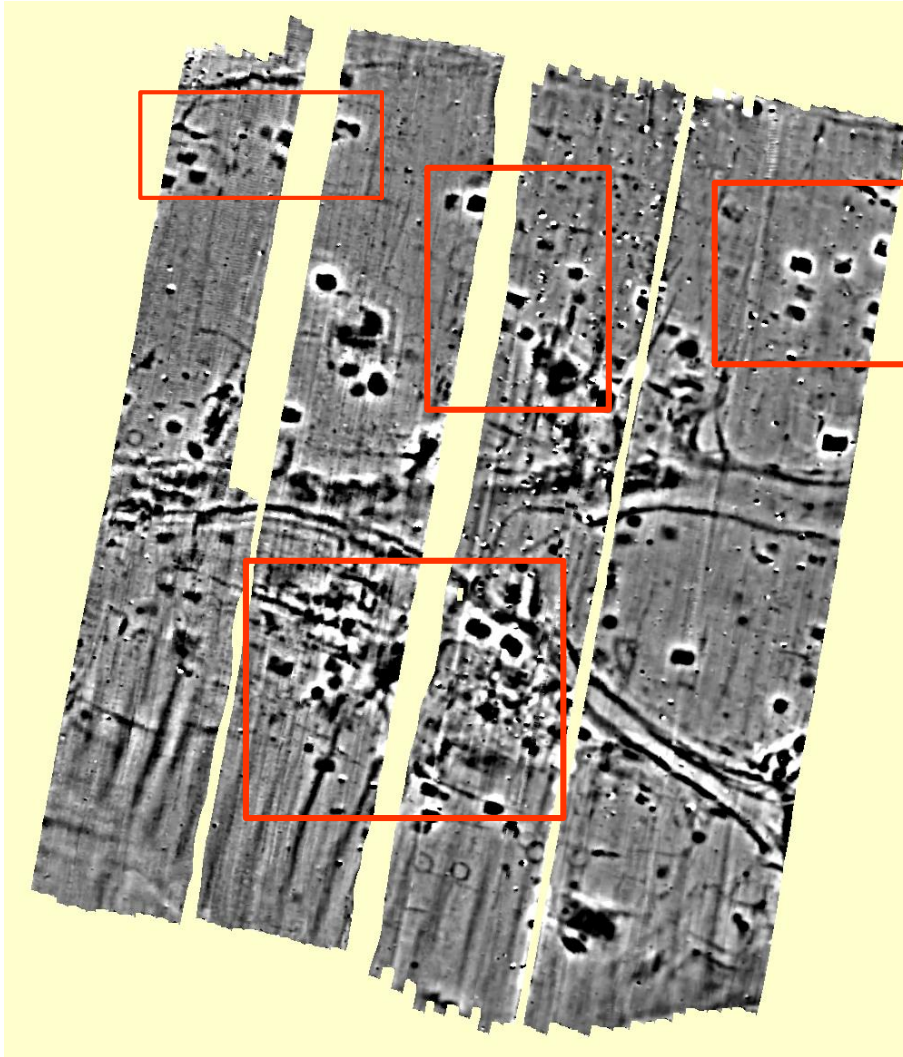
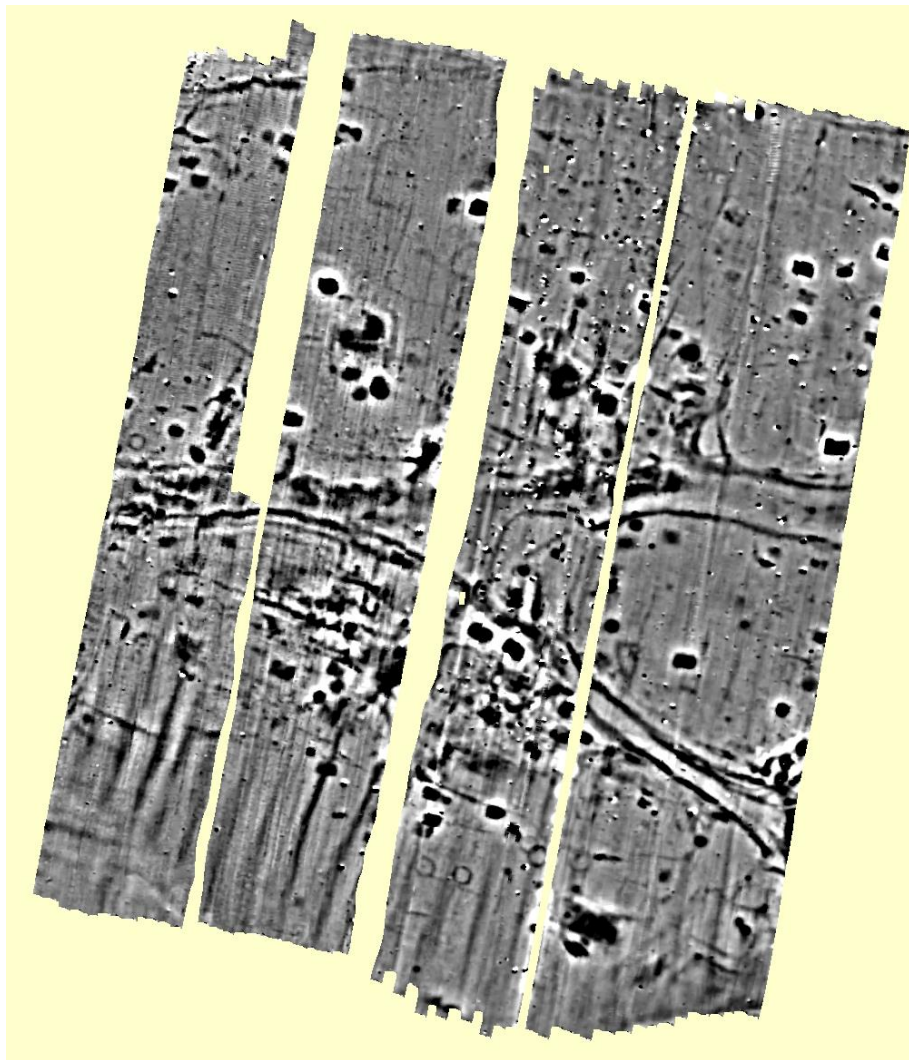


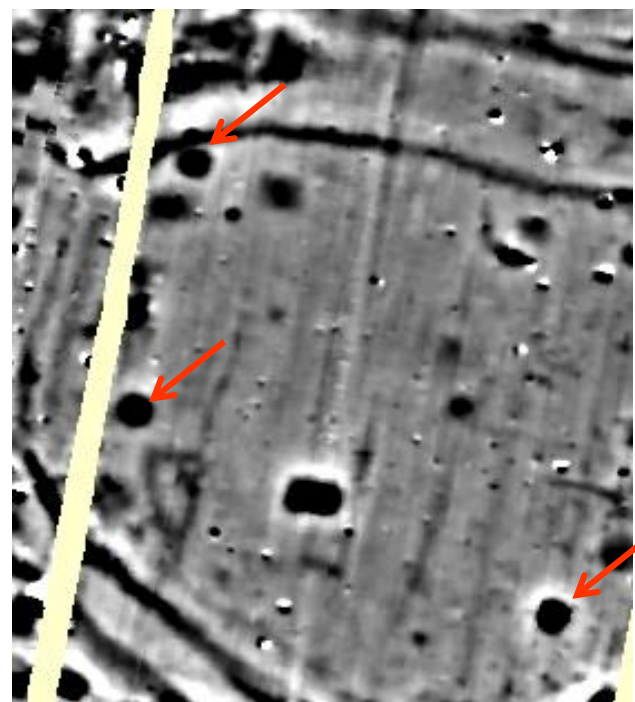
Abb. 7
Wittorf, Stadt Vinschbörde, Pl. 78
Rekonstruktion eines des Grabenhauses 2
mit Wiederaufbau der jüngeren Darstellungsphase.

ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné memecko) (priekopy, zemlianky, domy)

magnetometria - detekcia osídlenia



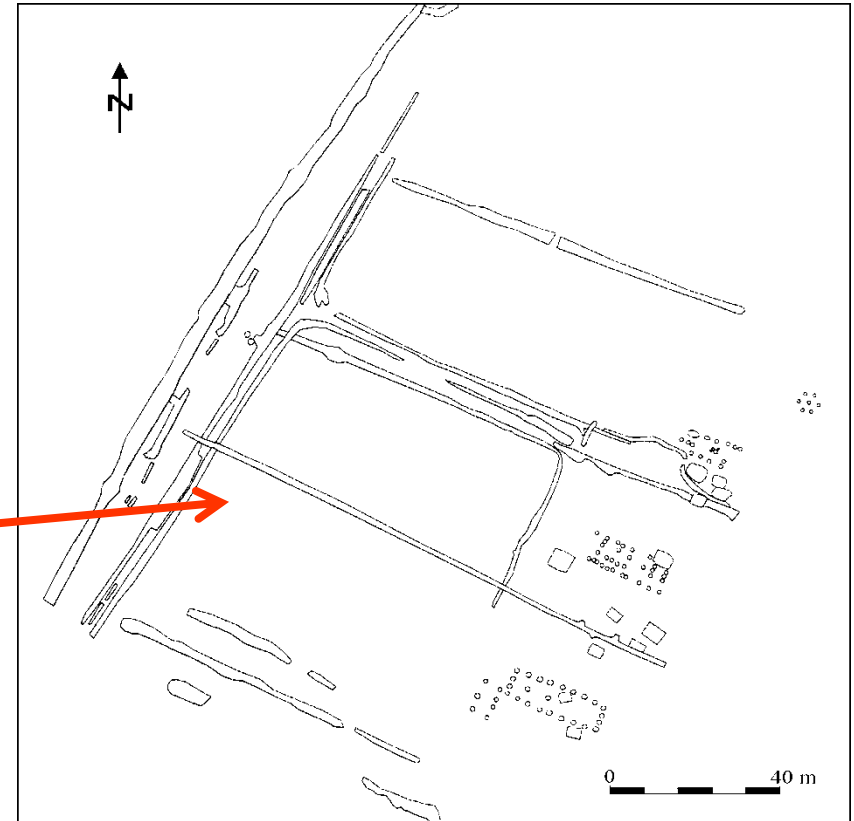
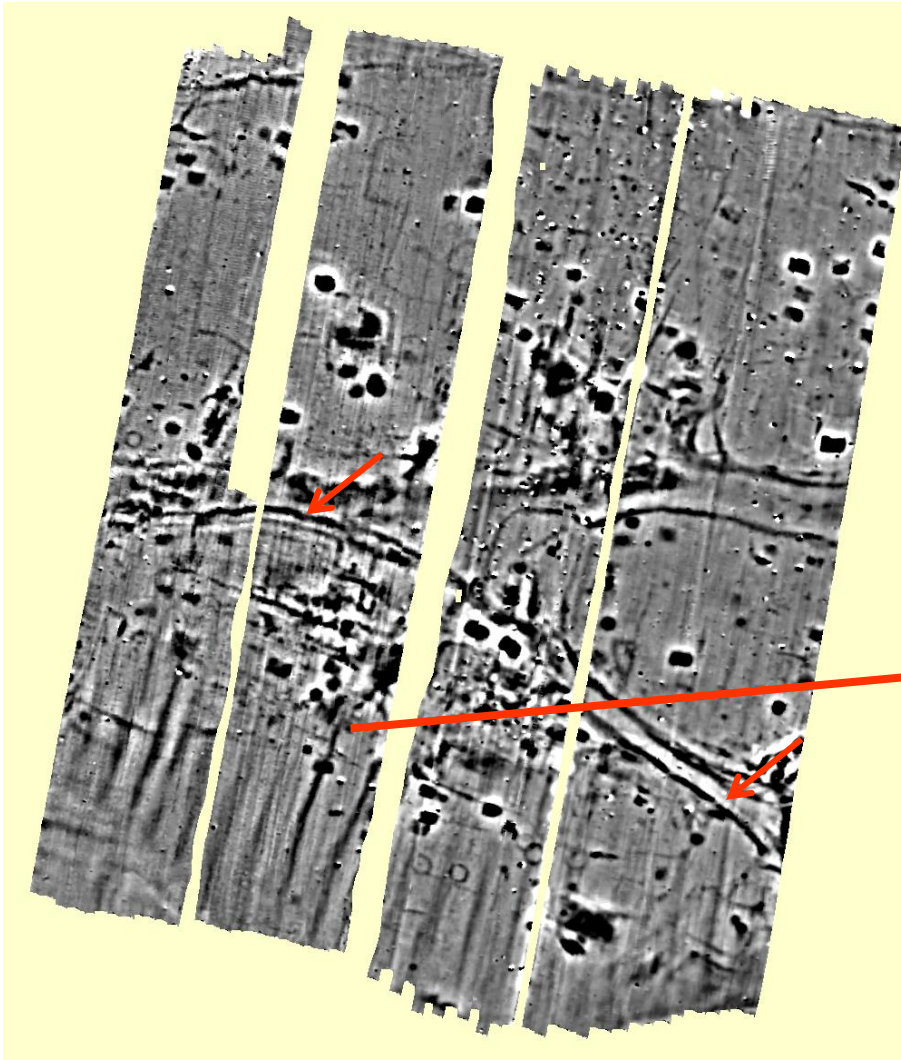
wells (studne)?



ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné memecko) (priekopy, zemlianky, domy)

magnetometria - detekcia osídlenia

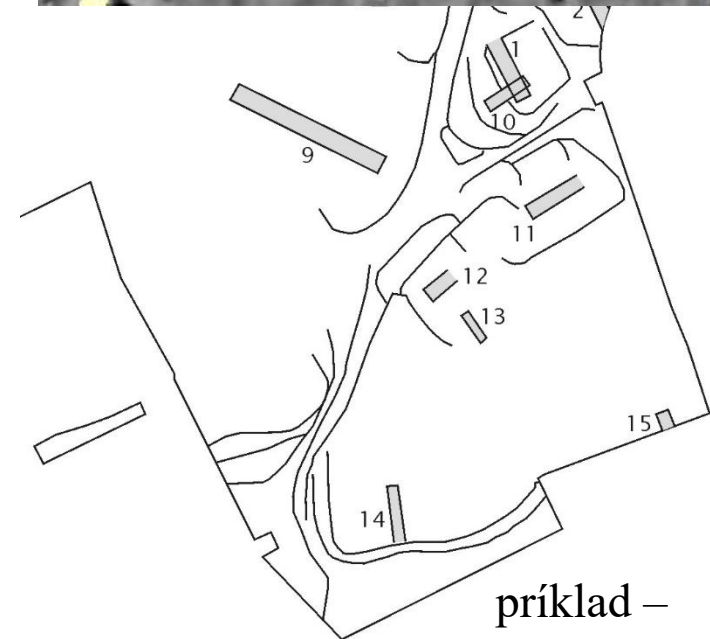
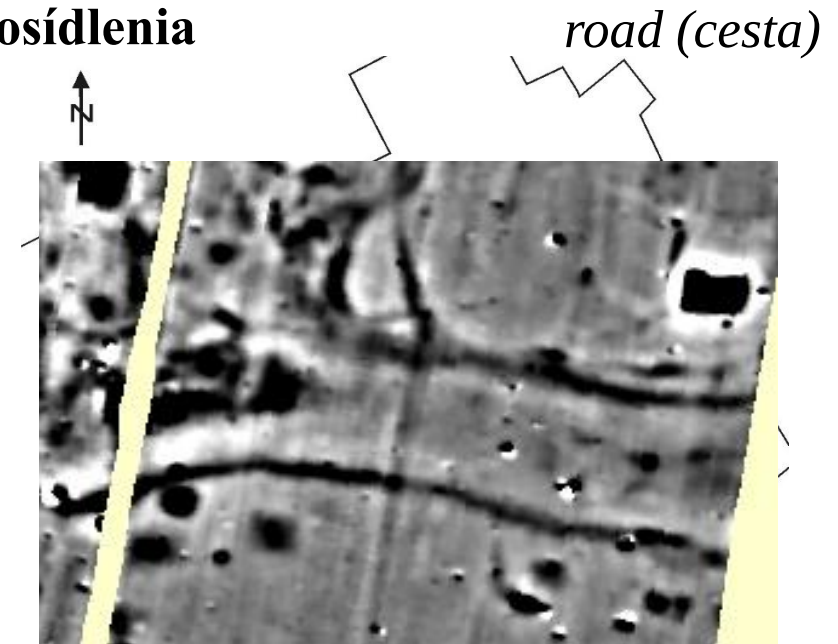
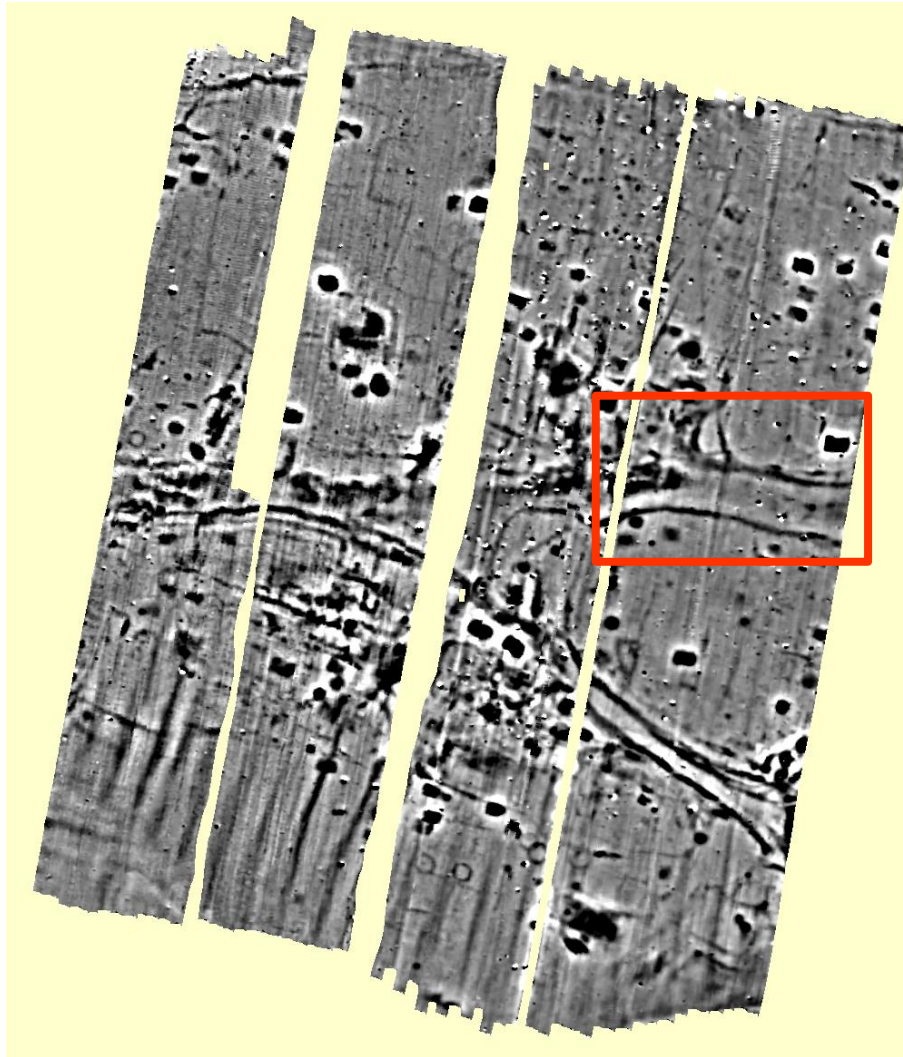
ditches (priekopy)
boundaries of fields ?(hranice poli?)



príklad: sídlisko Oelde

ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné nemecko) (priekopy, zemlianky, domy)

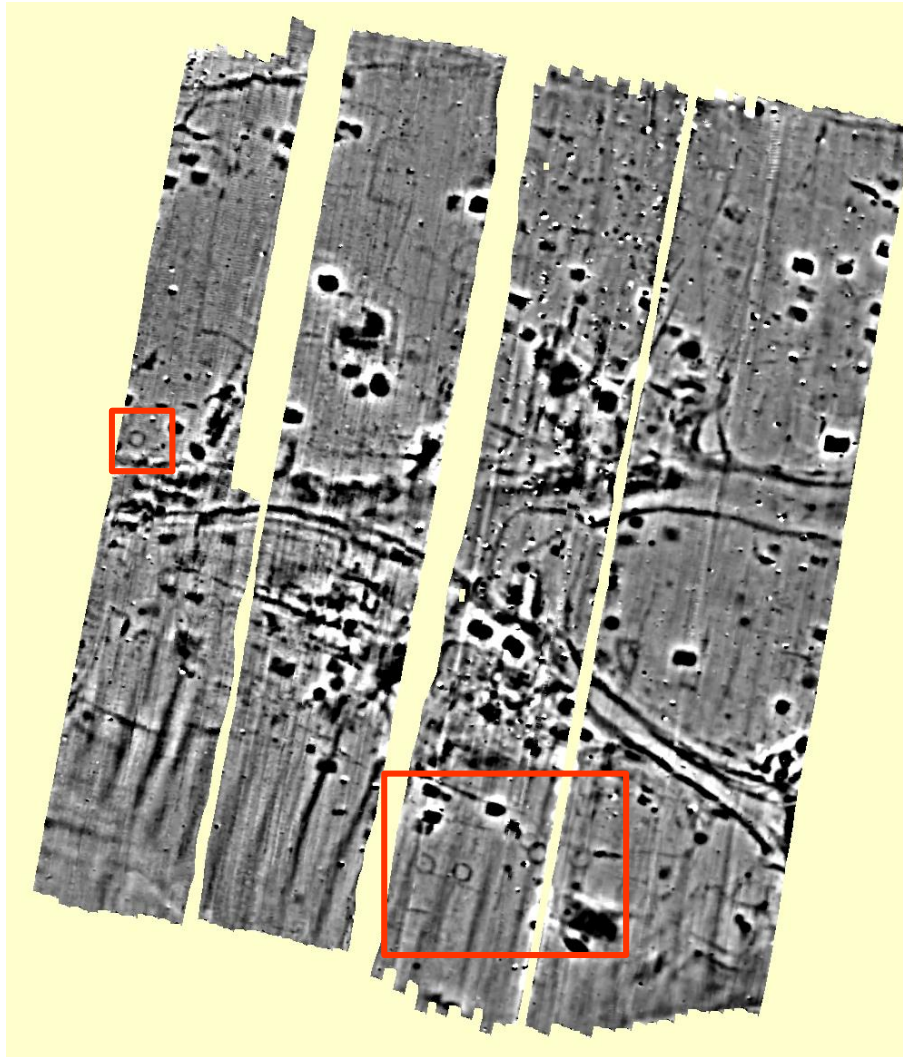
magnetometria - detekcia osídlenia



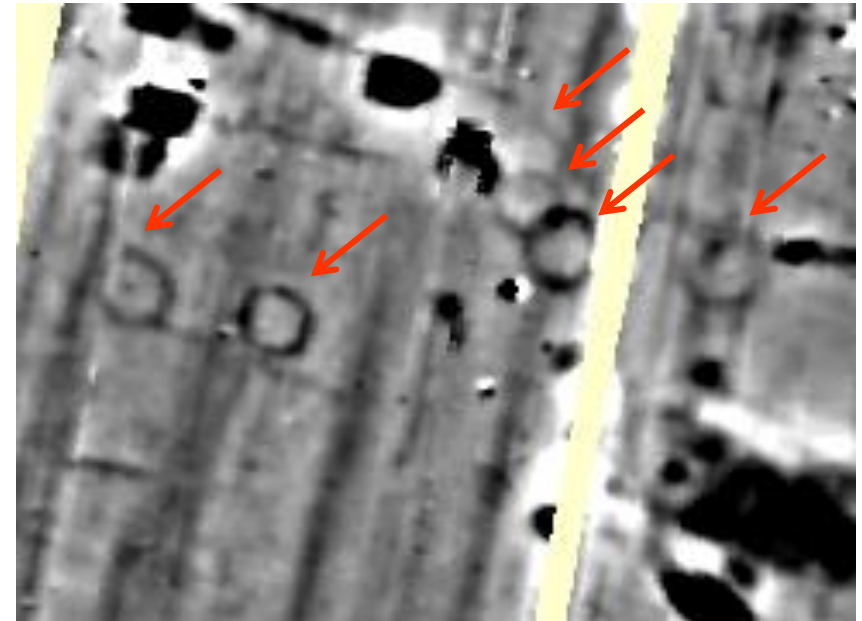
príklad –
Sídliisko Den Burg

ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné memecko) (priekopy, zemlianky, domy)

magnetometria - detekcia osídlenia



*graves, small
mounds?
(hroby, malé
mohyly?)*

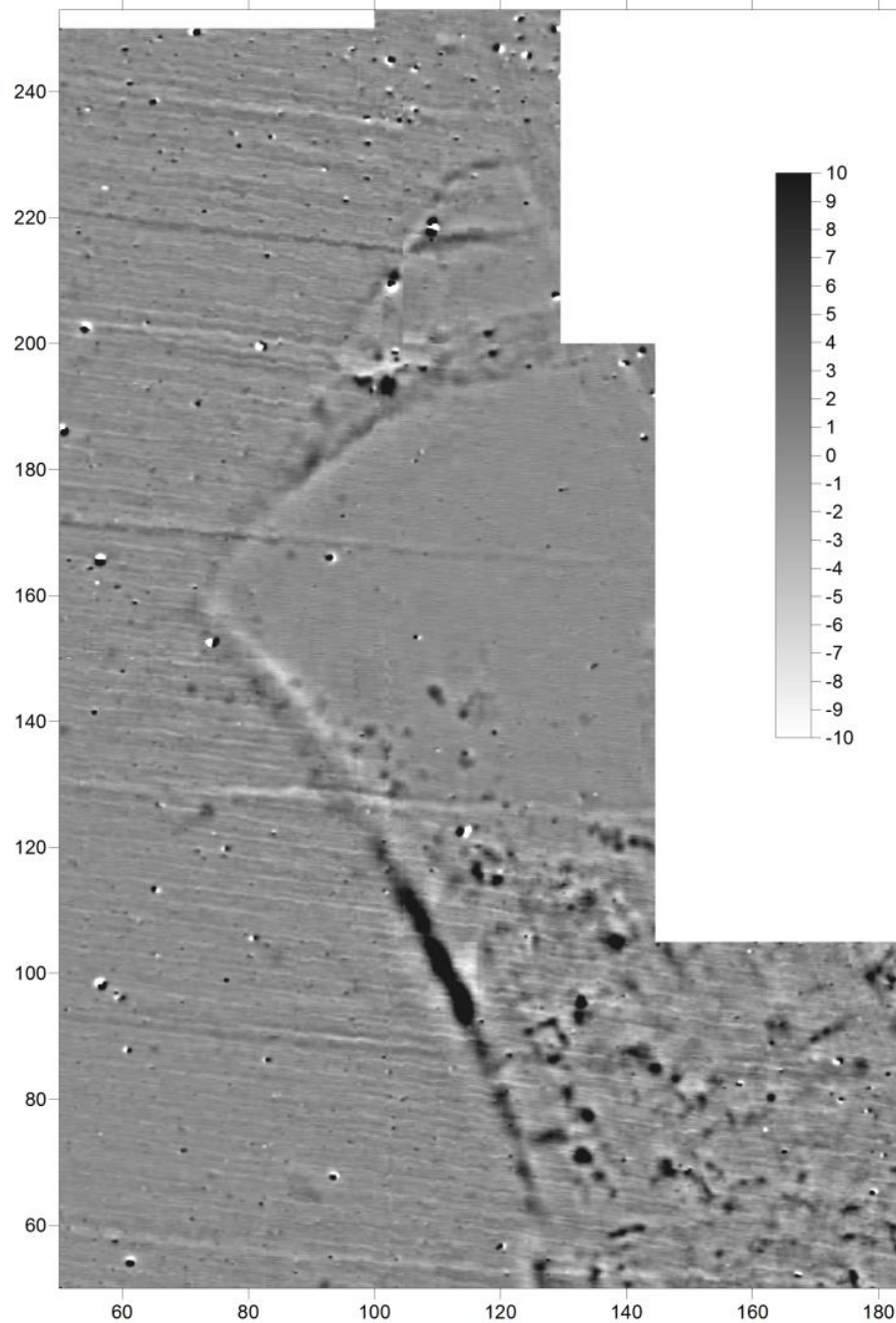


ranno-stredoveké sídlisko, ostrov Witsum (severné memecko) (priekopy, zemlianky, domy)

magnetometria - detekcia osídlenia

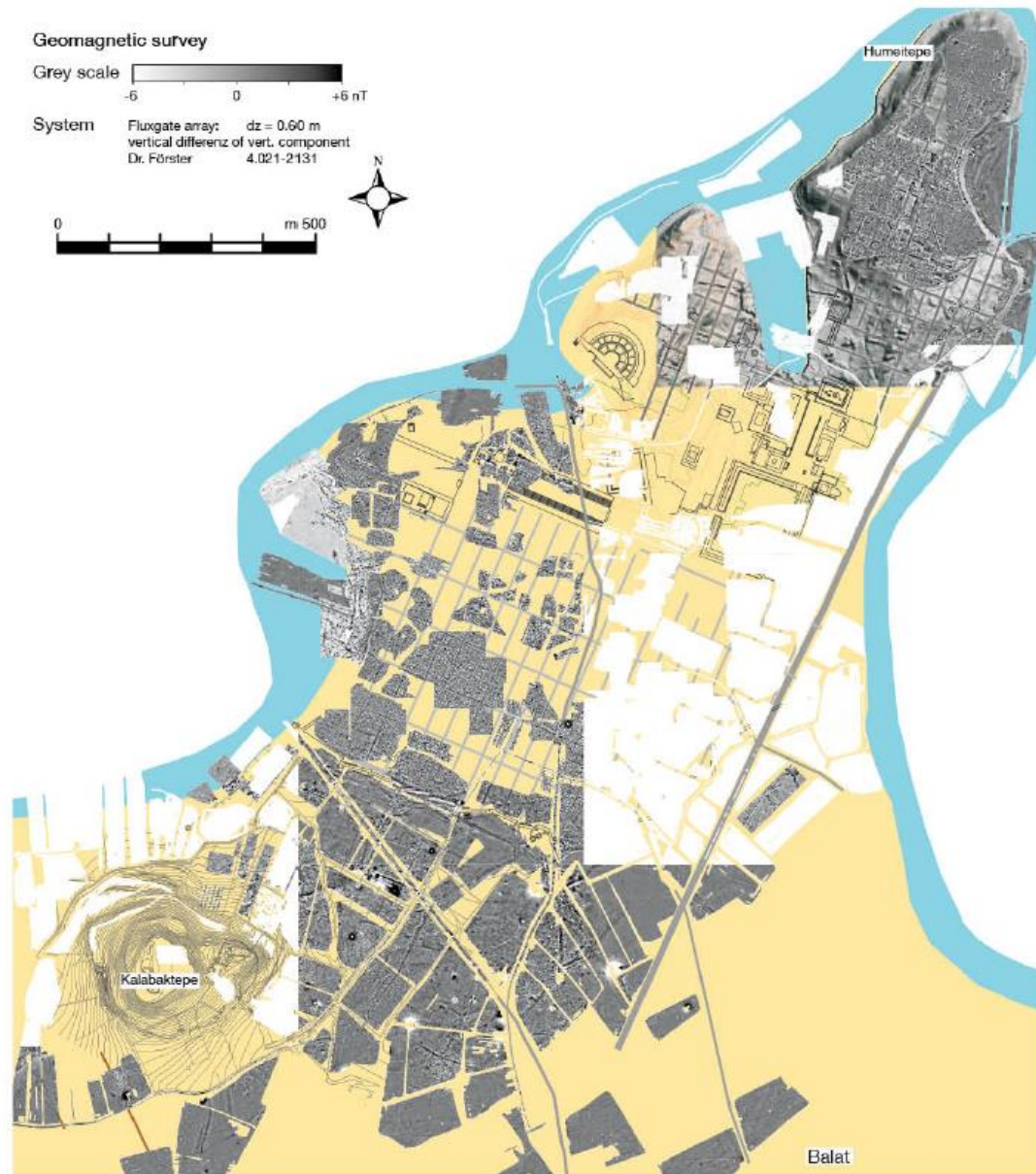


magnetometria - detekcia osídlenia



lokalita:
Hoste
(pri Majcichove)

magnetometria - detekcia osídlenia

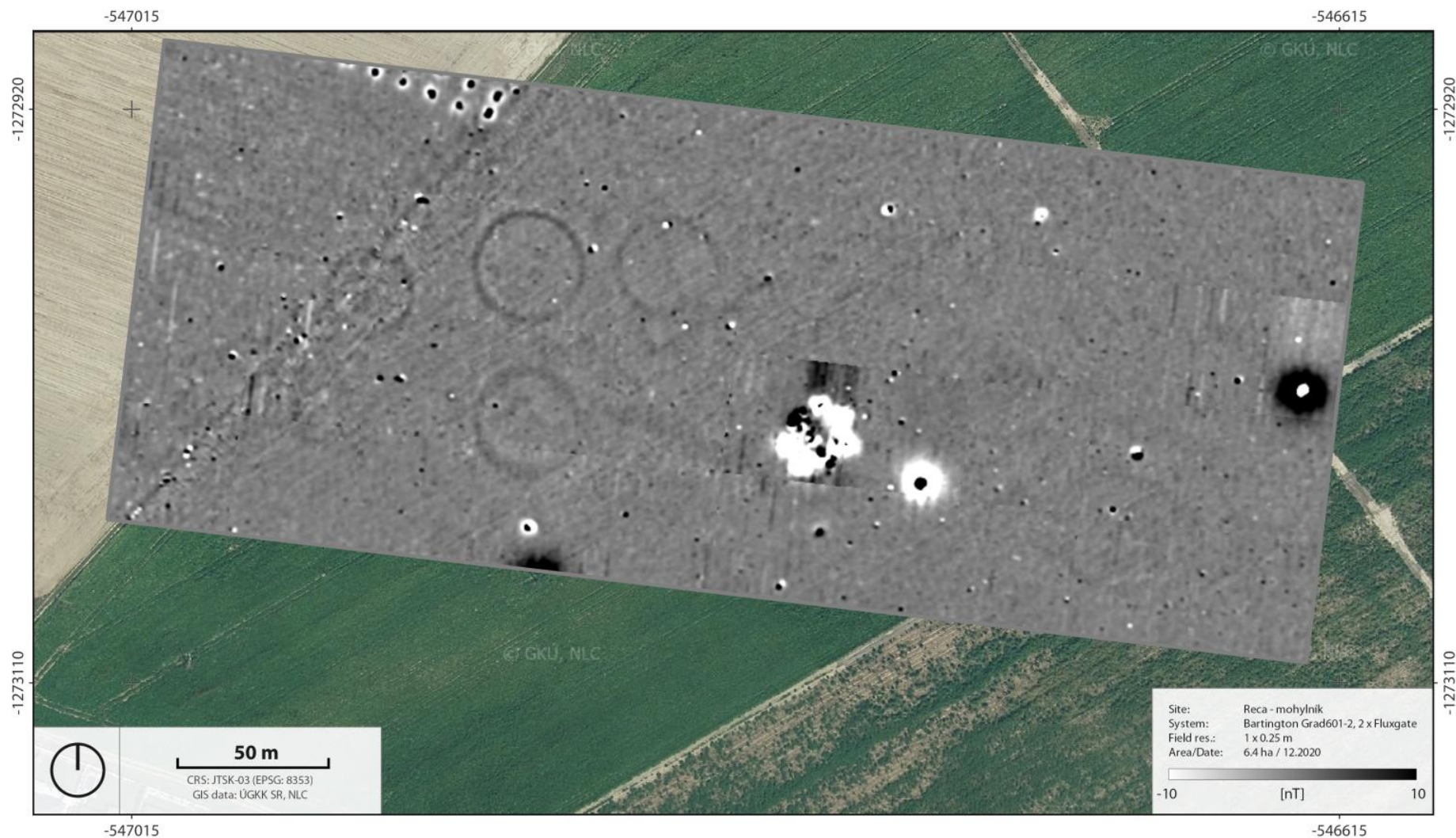


CAU-Kiel, Institute of Geosciences - Archaeo-Geophysics

prieskum veľkých plôch – príklad z Miletu (dnešné Turecko)



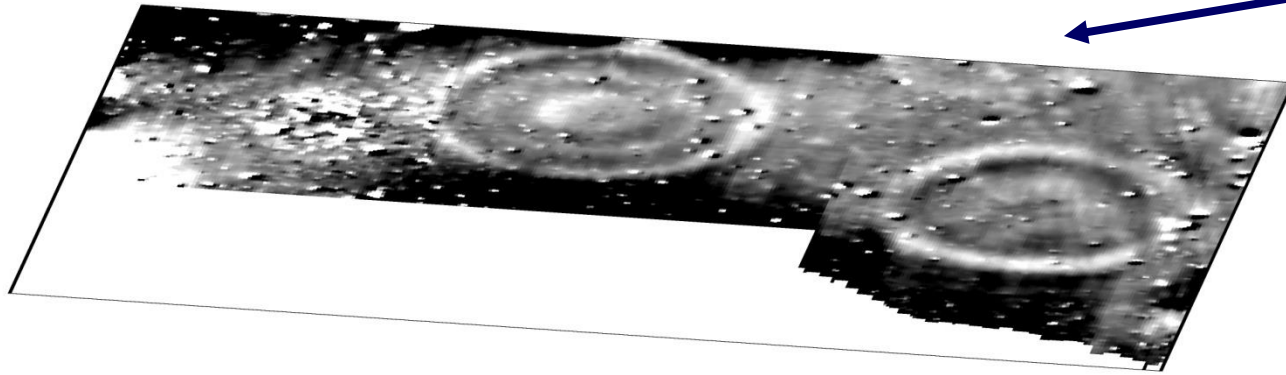
detekcia osídlenia – pohrebiská a mohyly



lokalita: Reca, mohylník

detekcia osídlenia – pohrebiská a mohyly

zmerané anomálne
magnetické pole

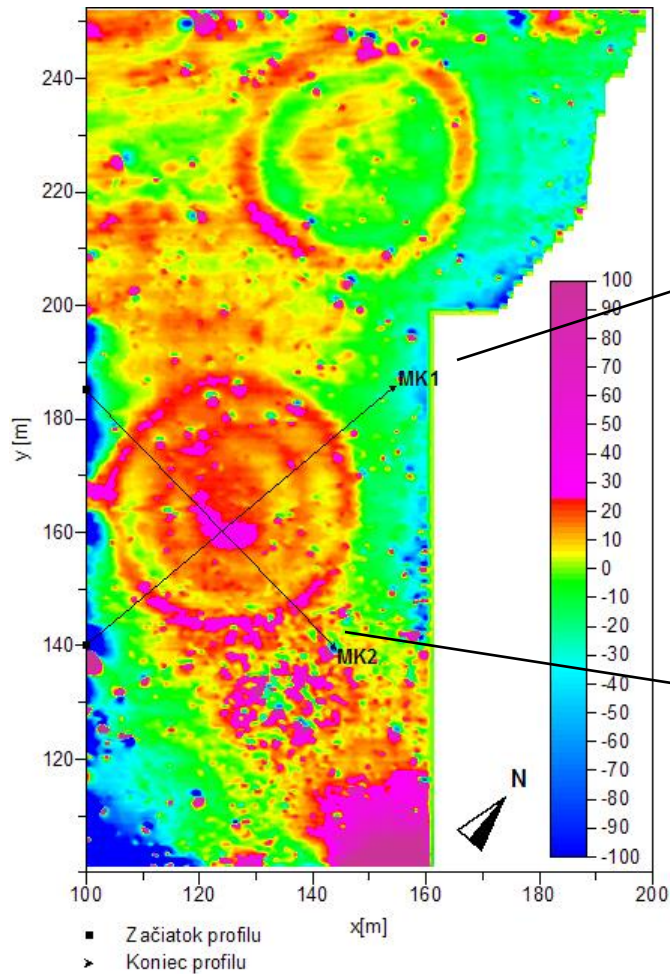


letecká
fotografia

lokalita: Biely Kostol (pri Trnave), halštatské mohyly

detekcia osídlenia – pohrebiská a mohyly

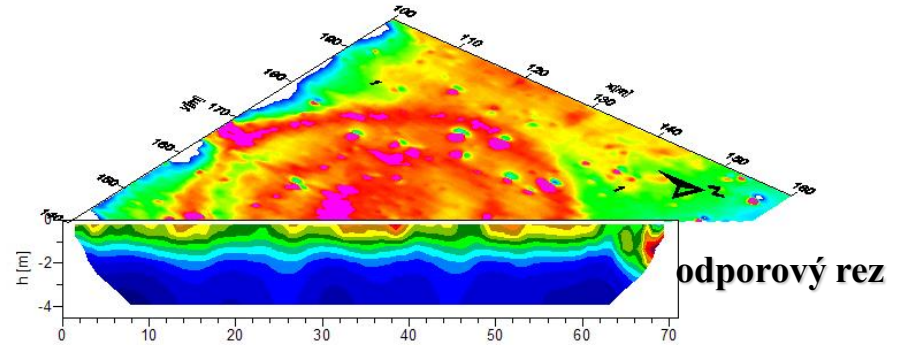
využitie magnetometrie + geolektrieky (metóda ERT)



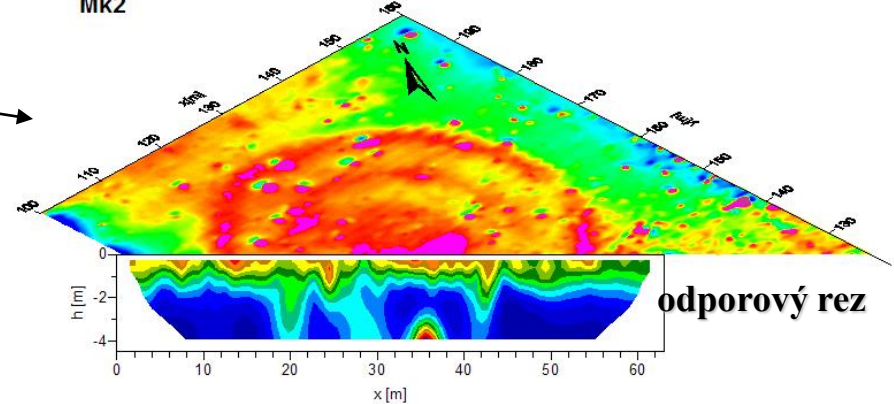
výsledky multi-elektrodového profilovania

Mk1 ΔT [nT]

Color scale for Mk1: -100, -80, -60, -40, -20, 0, 20, 40, 60, 80, 100

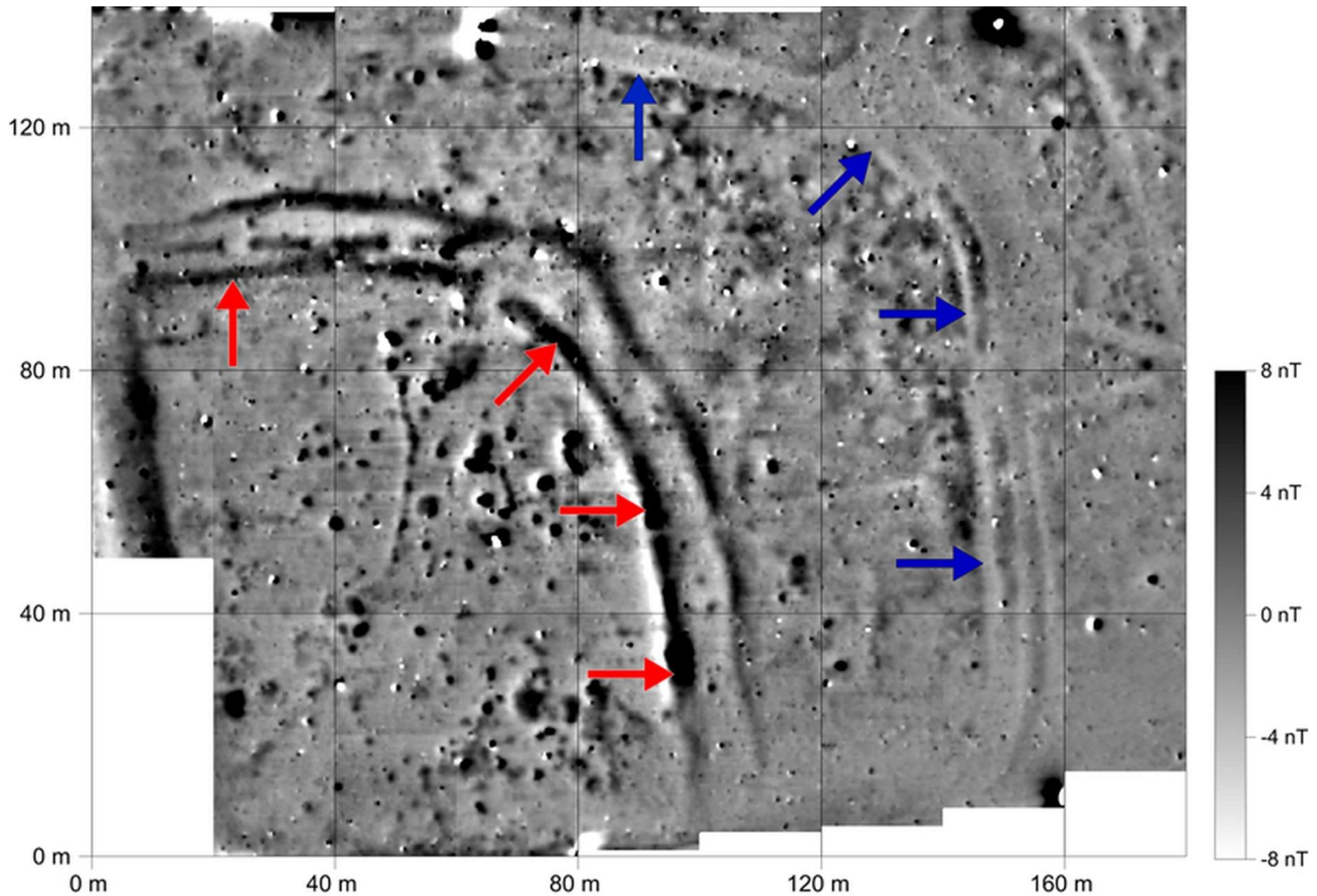


Mk2



BIELY KOSTOL pri Trnave, Halštatské mohylové pohrebisko

magnetometria - detekcia osídlenia

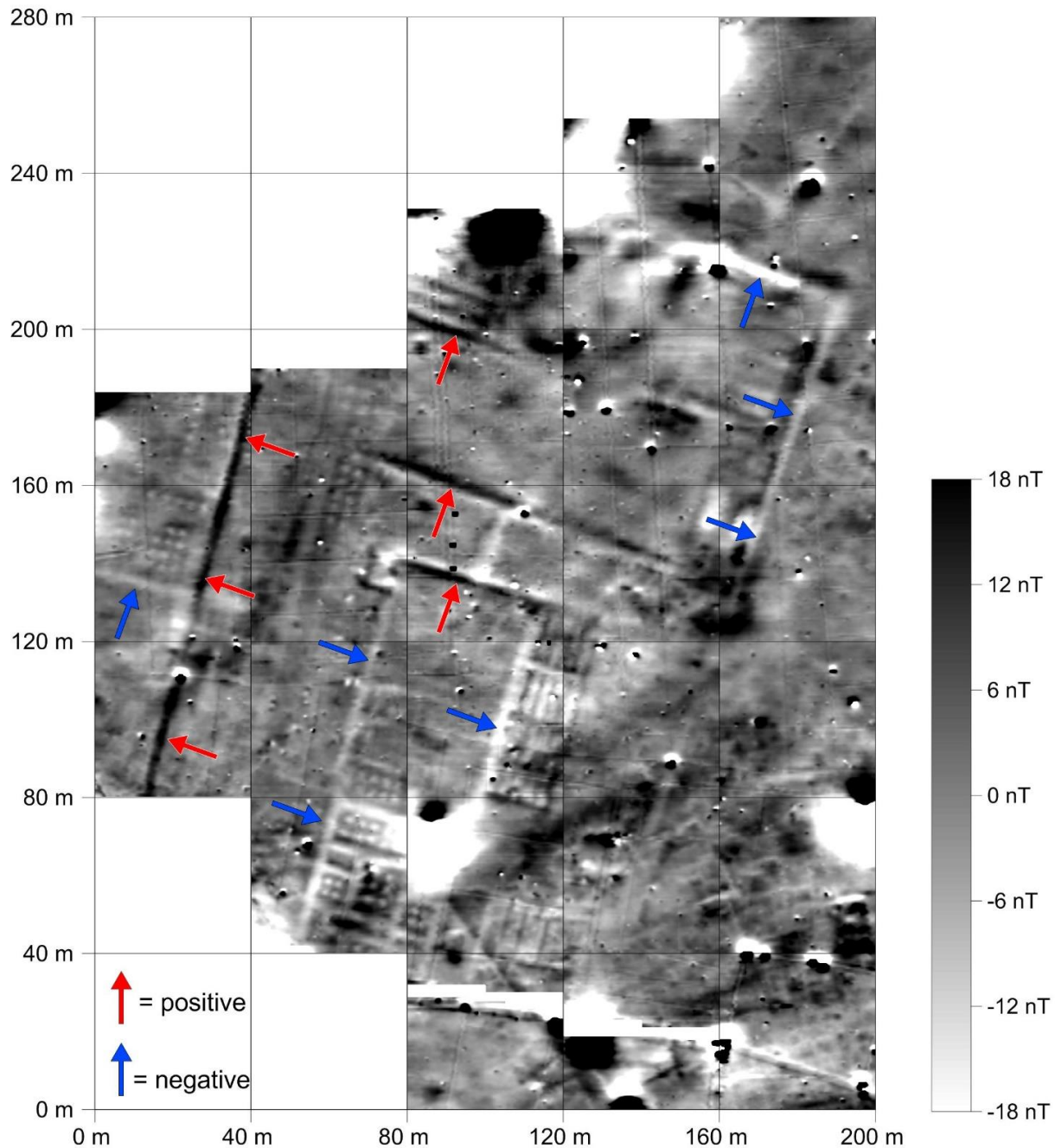


→ = negative

→ = positive

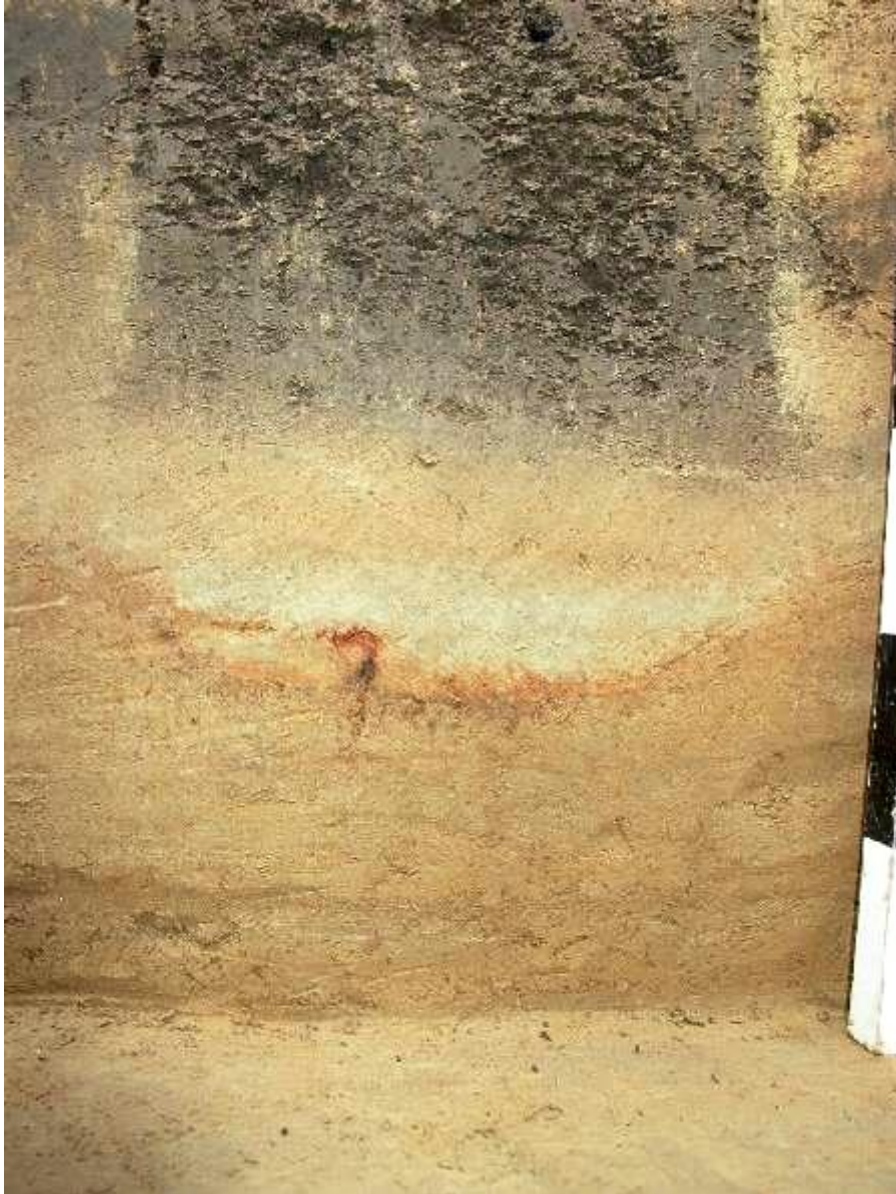
niekedy dochádza k prepólovaniu anomálií

magnetometria - detekcia osídlenia



niekedy
dochádza
k prepólovaniu
anomálií

magnetometria - detekcia osídlenia



niekedy dochádza
k prepólovaniu
anomálií –
súvisí to s pôsobením
vody (vymývaním
humusu)

Geofyzika a archeológia

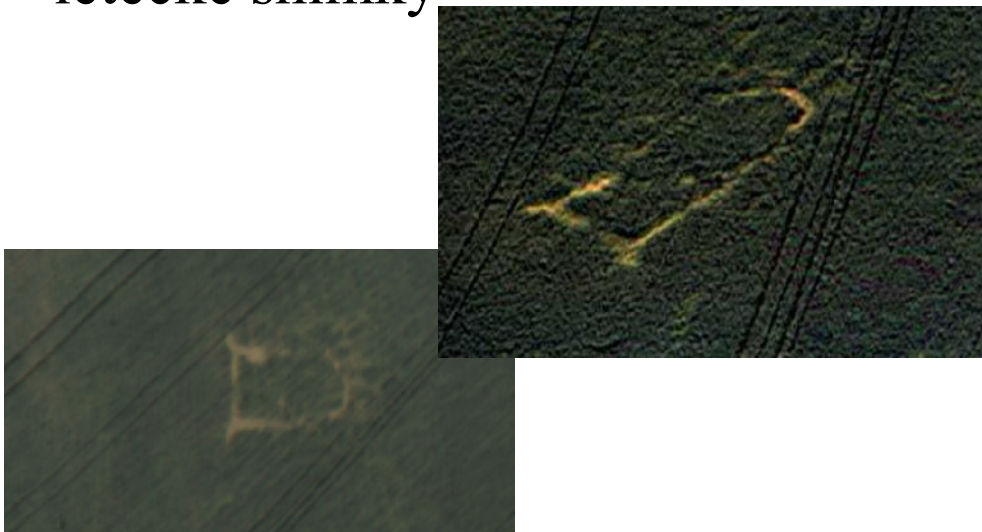
- magnetometria

hlavné oblasti použitia:

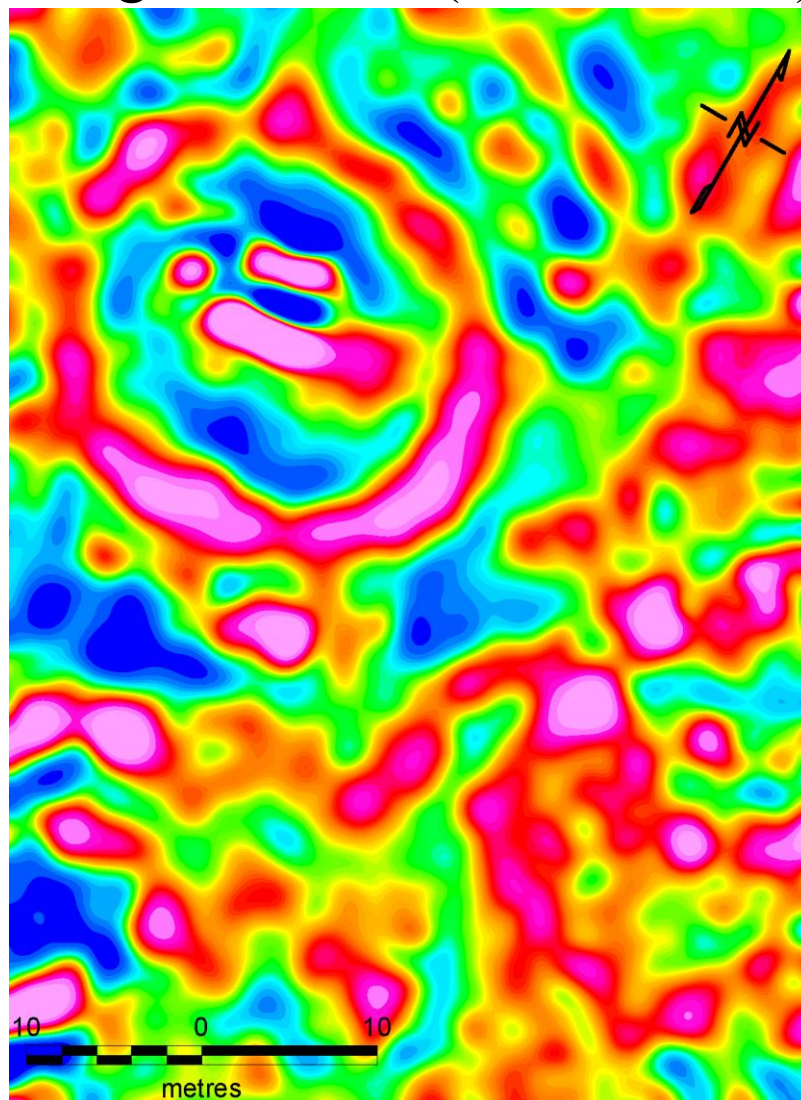
1. vyhľadávanie železných objektov (výrazné dipólové anomálie)
(vysoká susceptibilita železa)
2. vyhľadávanie starých žiarovísk, pecí, ohnísk, atď.
(dlhšie pôsobiaci oheň zmagnetizuje podložné horniny – dodá im tzv. remanentnú magnetizáciu - „vpáli do nich aktuálne pole“)
3. detekcia bývalých priekop, jám, atď. – vyplnené objekty hlinou s vyšším obsahom humusu
(vyššia susceptibilita hlin s prítomnosťou humusovej zložky)
4. detekcia zakrytých múrov (vhodnejšia sú geol. metódy a radar)
(ak sú z magnetickejších hornín alebo vytvárajú vhodný kontrast k okolitým hlinám s vyšším obsahom humusových zložiek)

Podstata detekcie: rozdielne hodnoty magn. susc. stavebného materiálu.

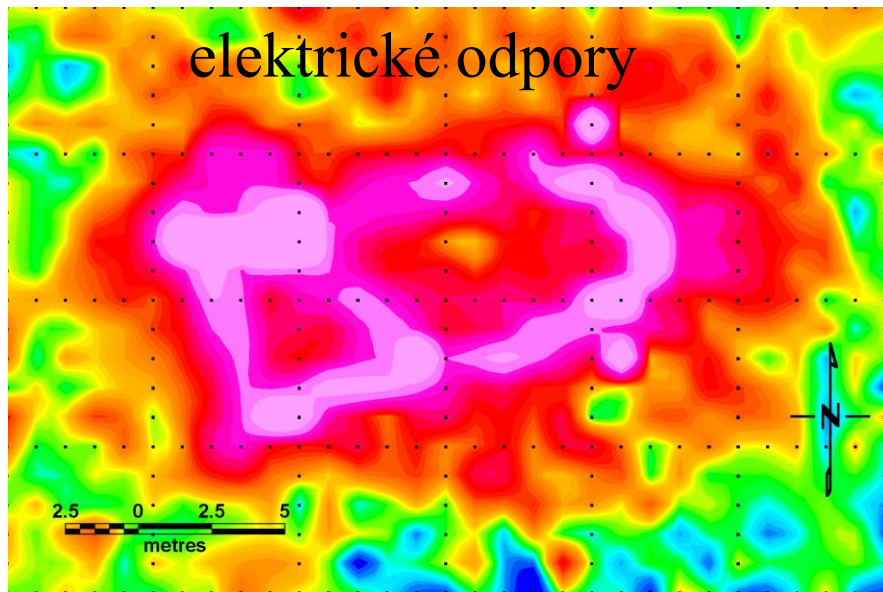
letecké snímky



magnetometria (väčšie okolie)

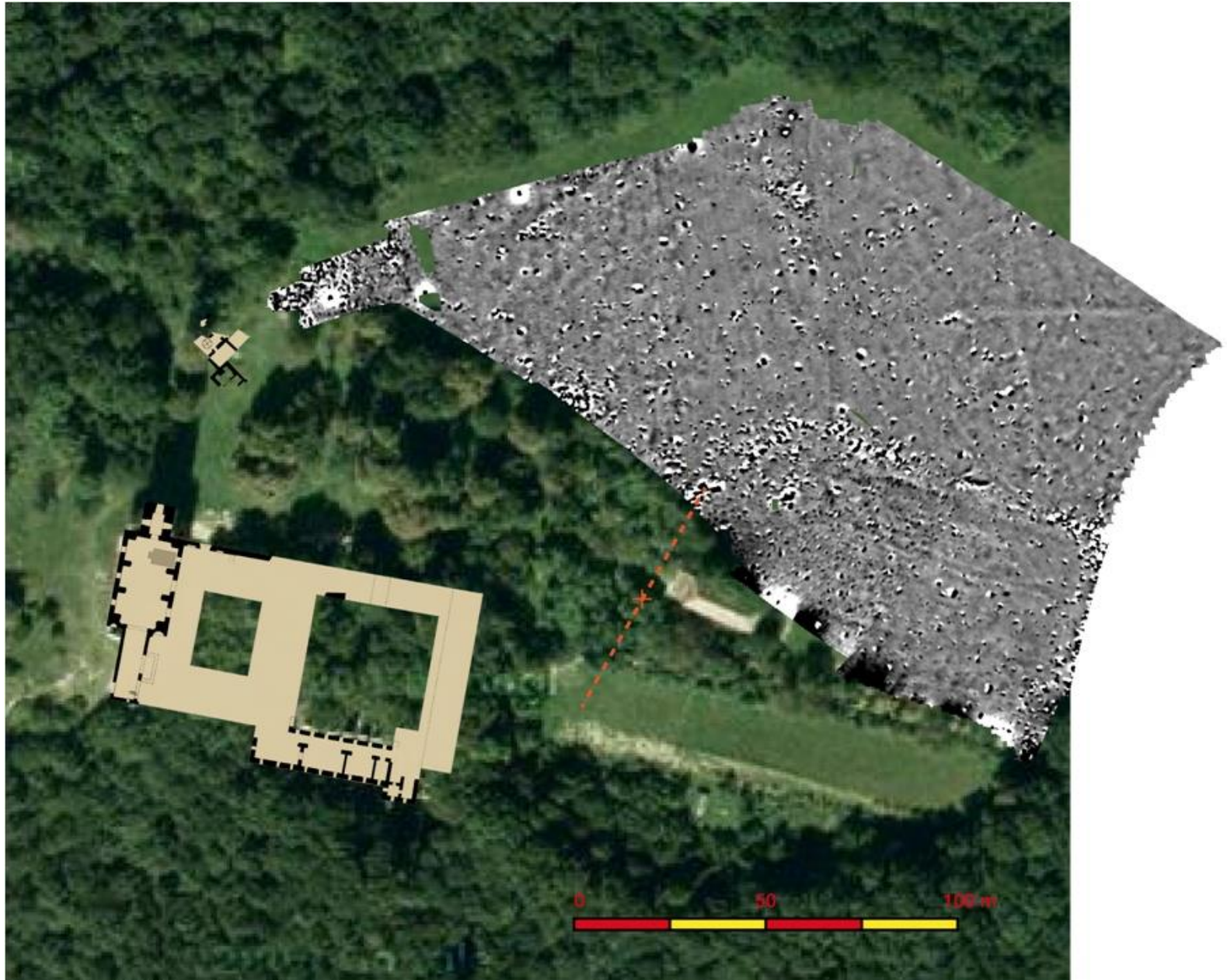


elektrické odpory

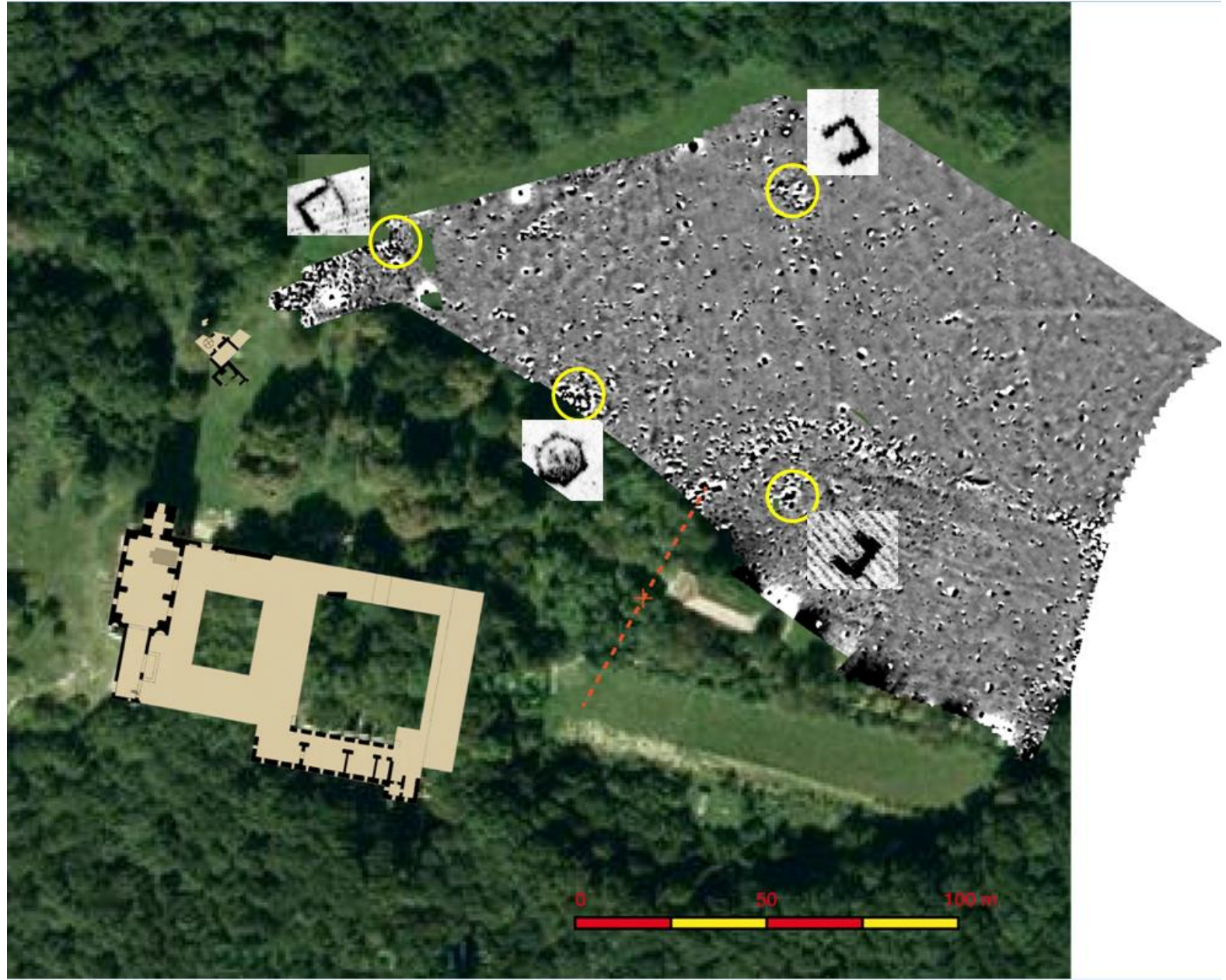


POLNÝ KESOV, okr. Nitra, obdobie: stredovek - 11. - 13. stor.

ukážka použitia magnetometrie a radaru pri detekcii zvyškov múrov (lokalita Katarínka, JZ Slovensko)



ukážka použitia magnetometrie a radaru pri detekcii zvyškov múrov (lokalita Katarínka, JZ Slovensko)



čomu sa vyvarovať:

- pri zbere dát:

rušivým zdrojom: malým na oblečení operátora (kľúče, mobil),
veľkým (odstavené auto, pohodené kladivo)

- pri interpretácii:

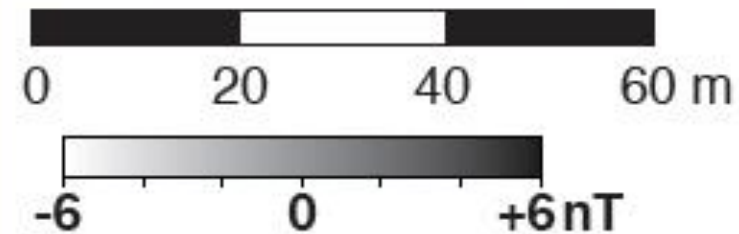
falošným anomáliám: od nearcheologických objektov,
určité anomálne črty môžu byť spôsobené
smerom chodenia, orbou, atď.

tomu, že niektoré objekty sa vôbec nemusia prejaviť alebo ich
prejav je kompletne zastretý pôsobením iných zdrojov

čomu sa vyvarovať:

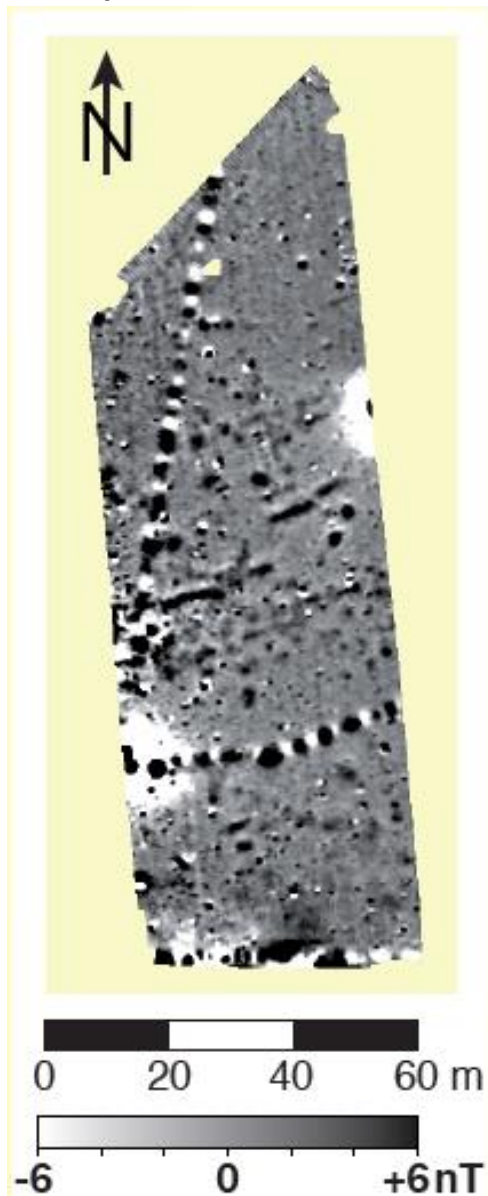
rušivým zdrojom:

**klúče
vo vaku**

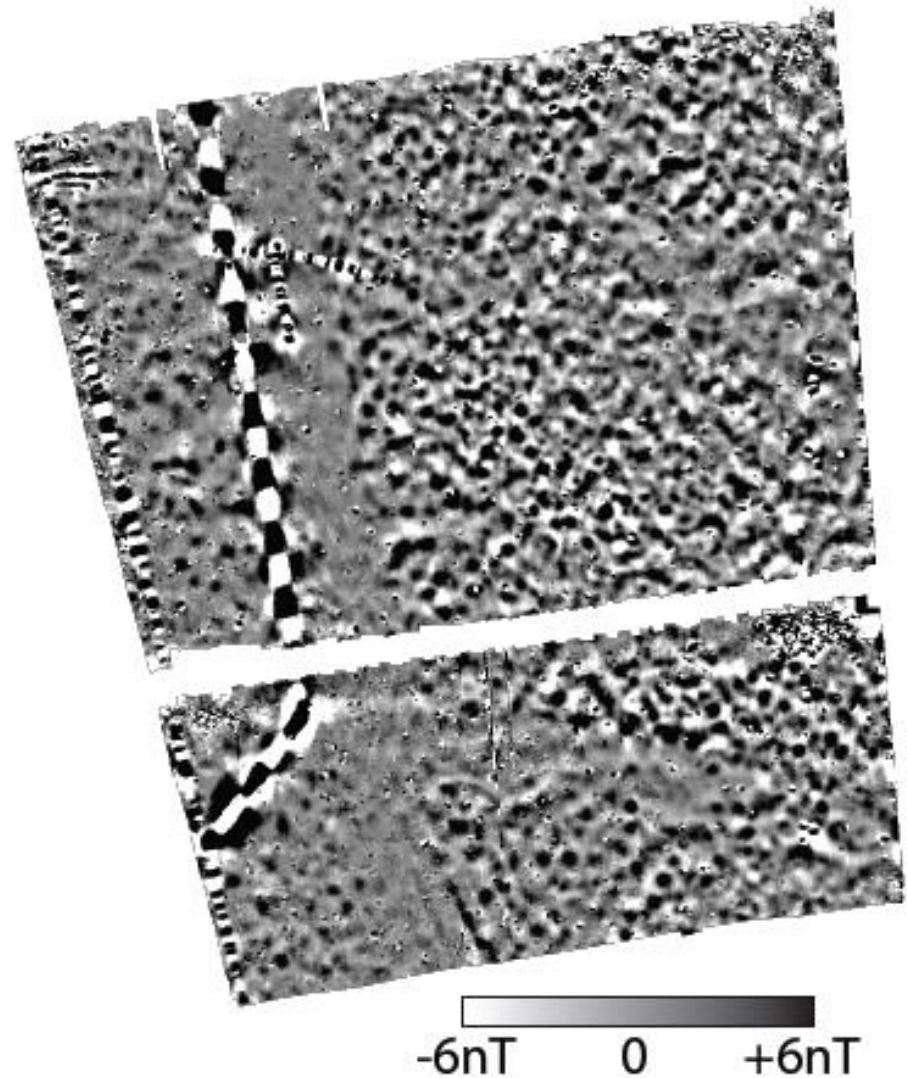


čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám



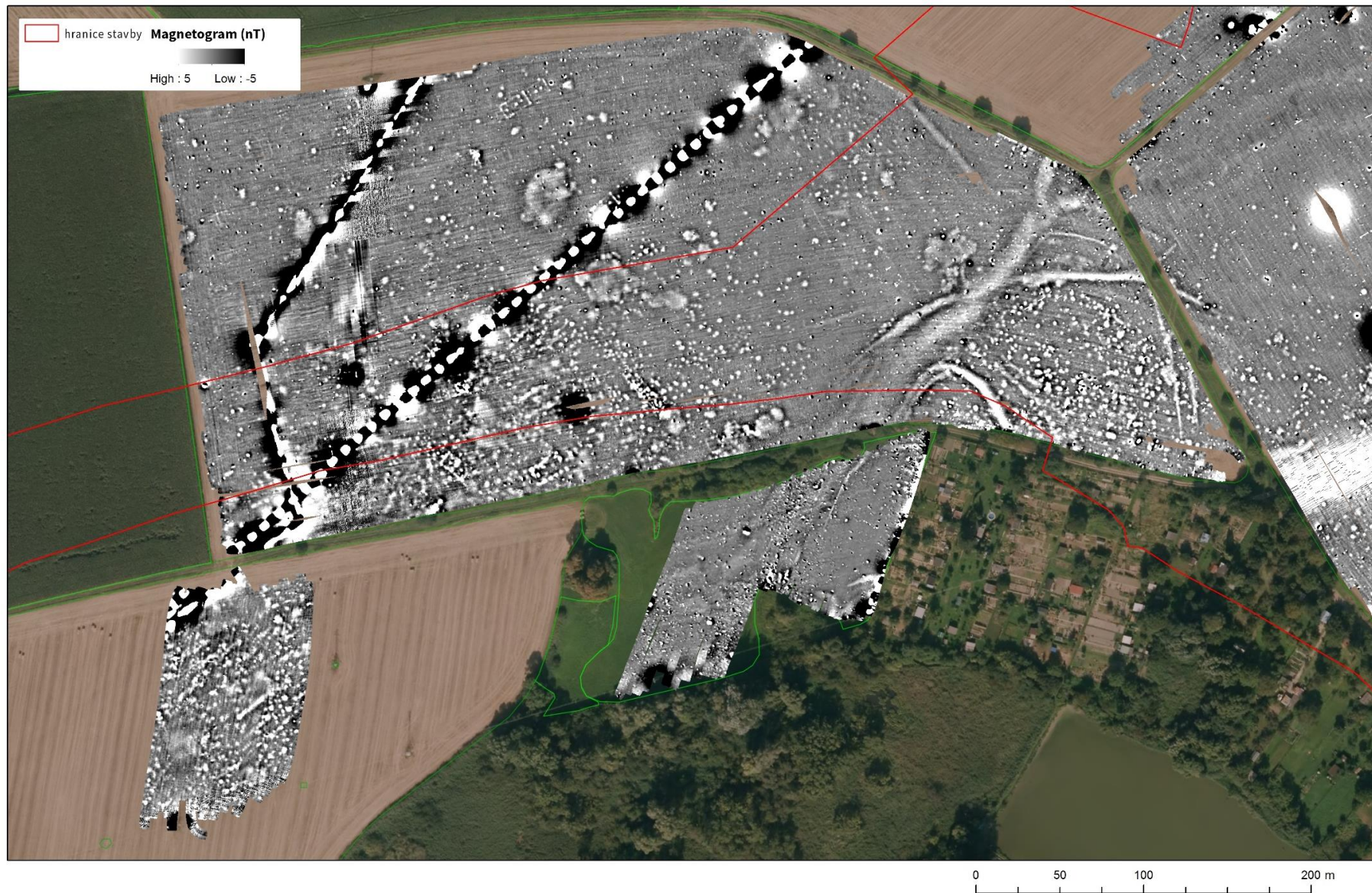
potrubia



čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám

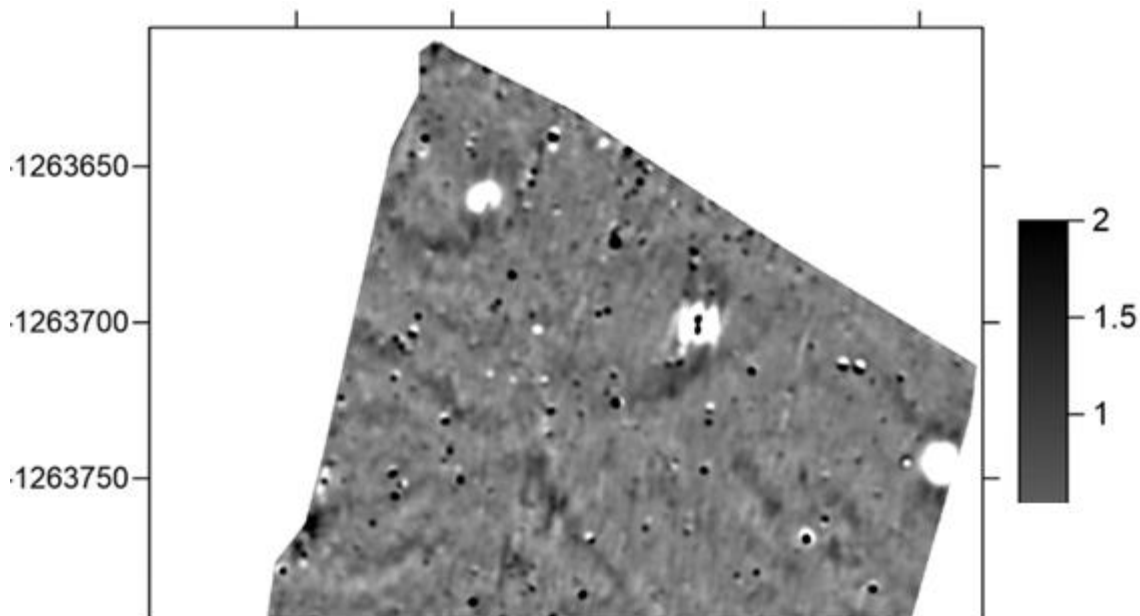
potrubia



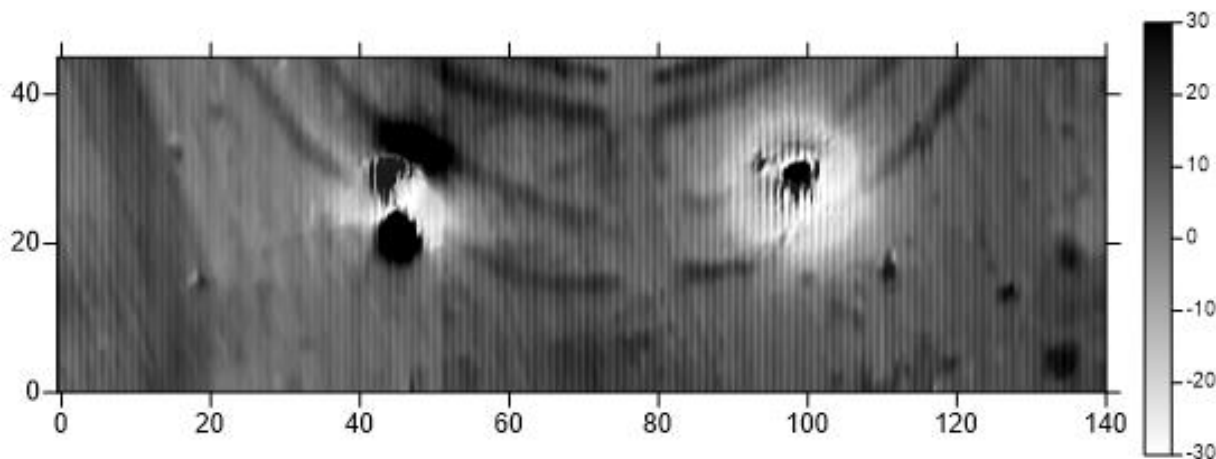
čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám

stípy elektrického (telefónneho) vedenia



lokalita:
Alešince

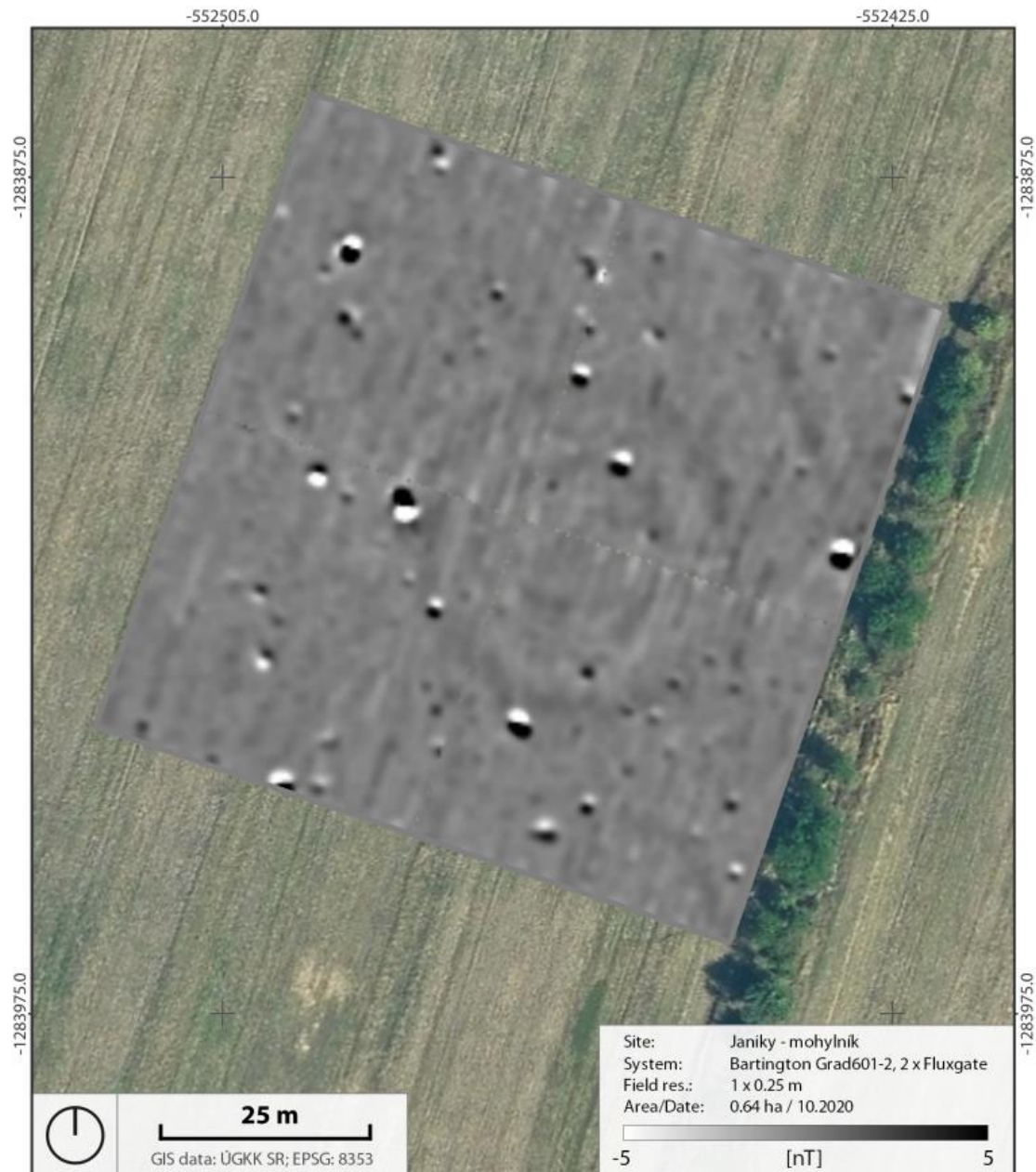


lokalita:
Cífer

čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám

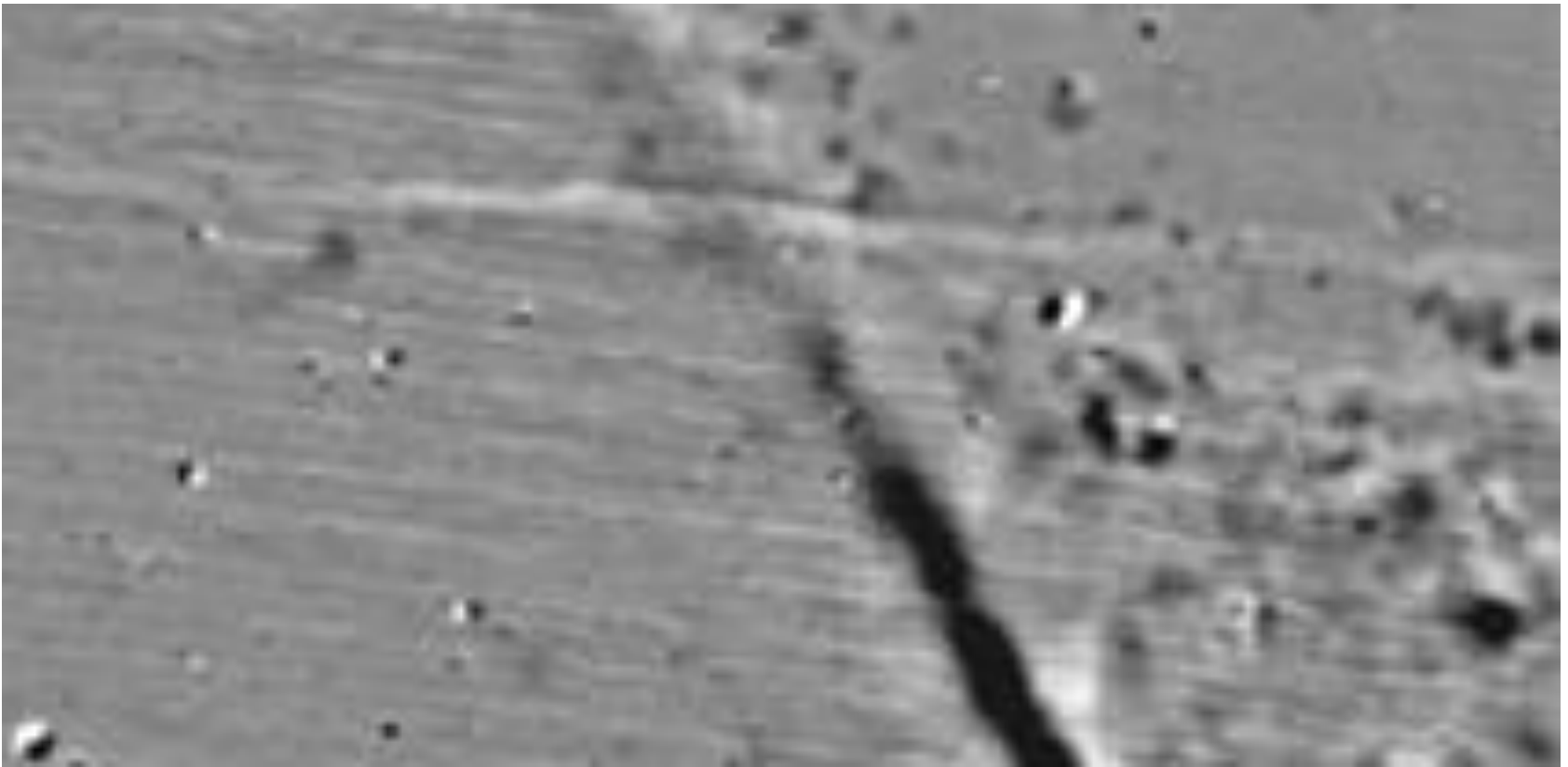
izolované
železné
objekty
(často
na poliach)



čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám

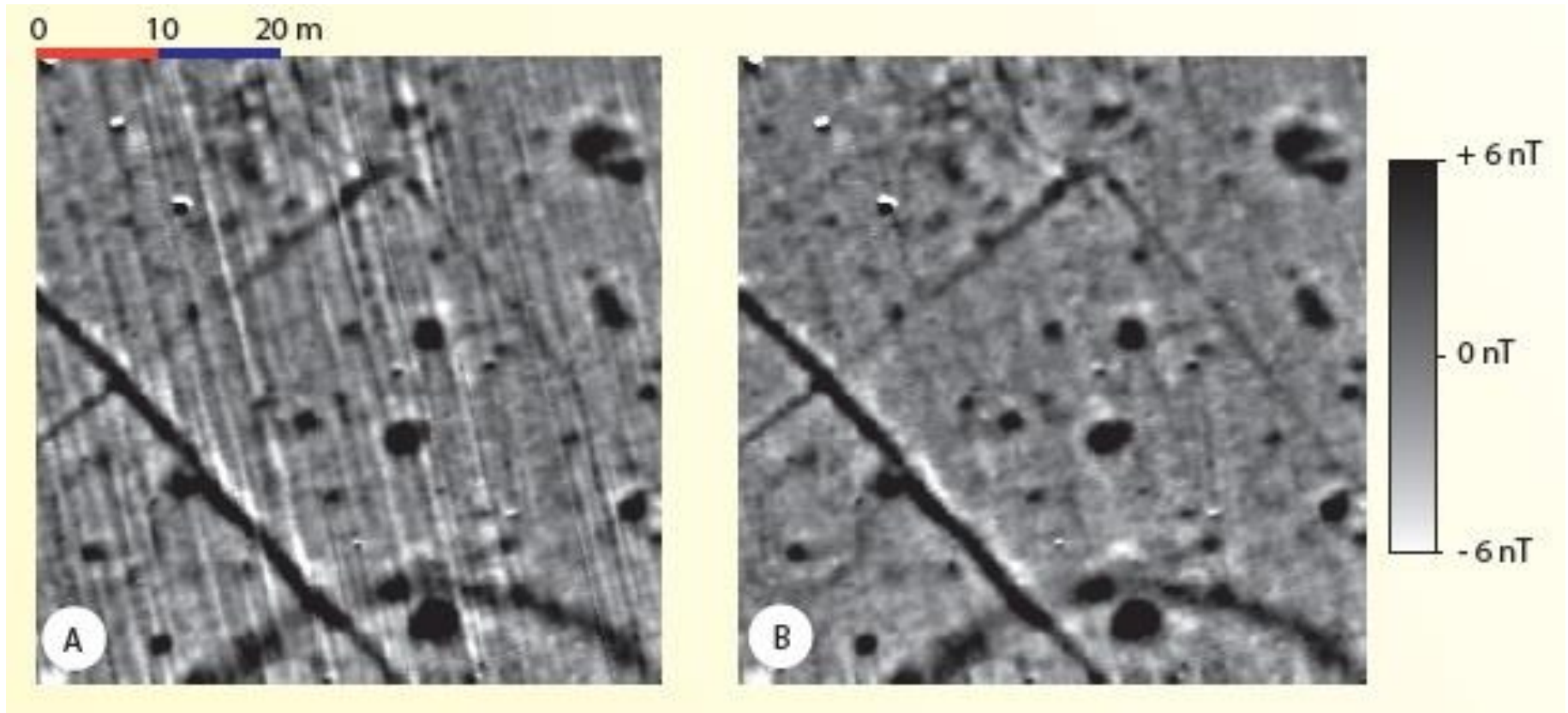
orba



čomu sa vyvarovať:

falošným anomáliám

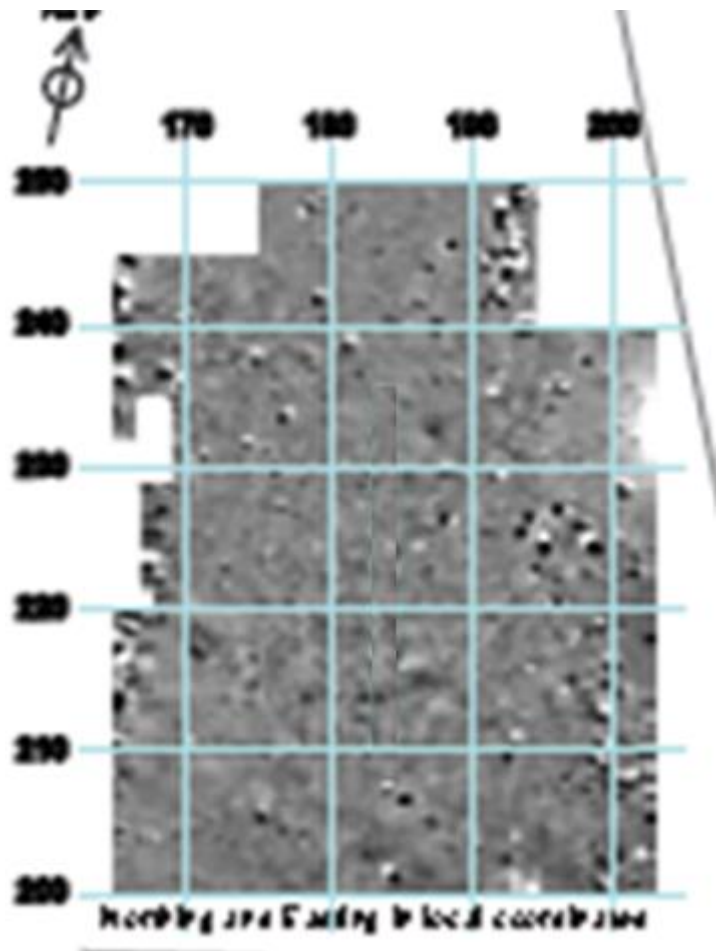
orba



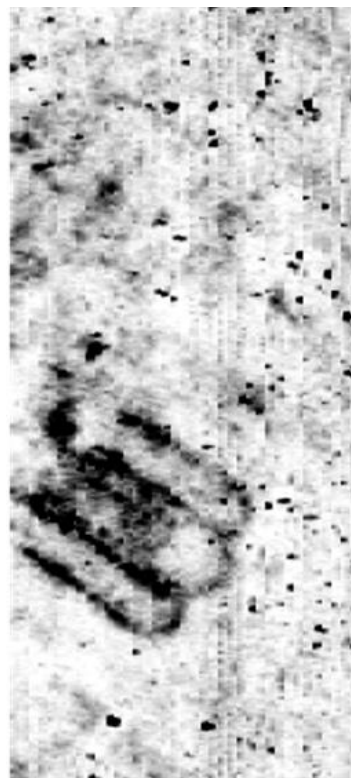
dá sa odstrániť pomocou špeciálnych filtrov

čomu sa vyvarovať:

principiálny problém – nedostatočný kontrast + prekrytie šumom



magnetometria



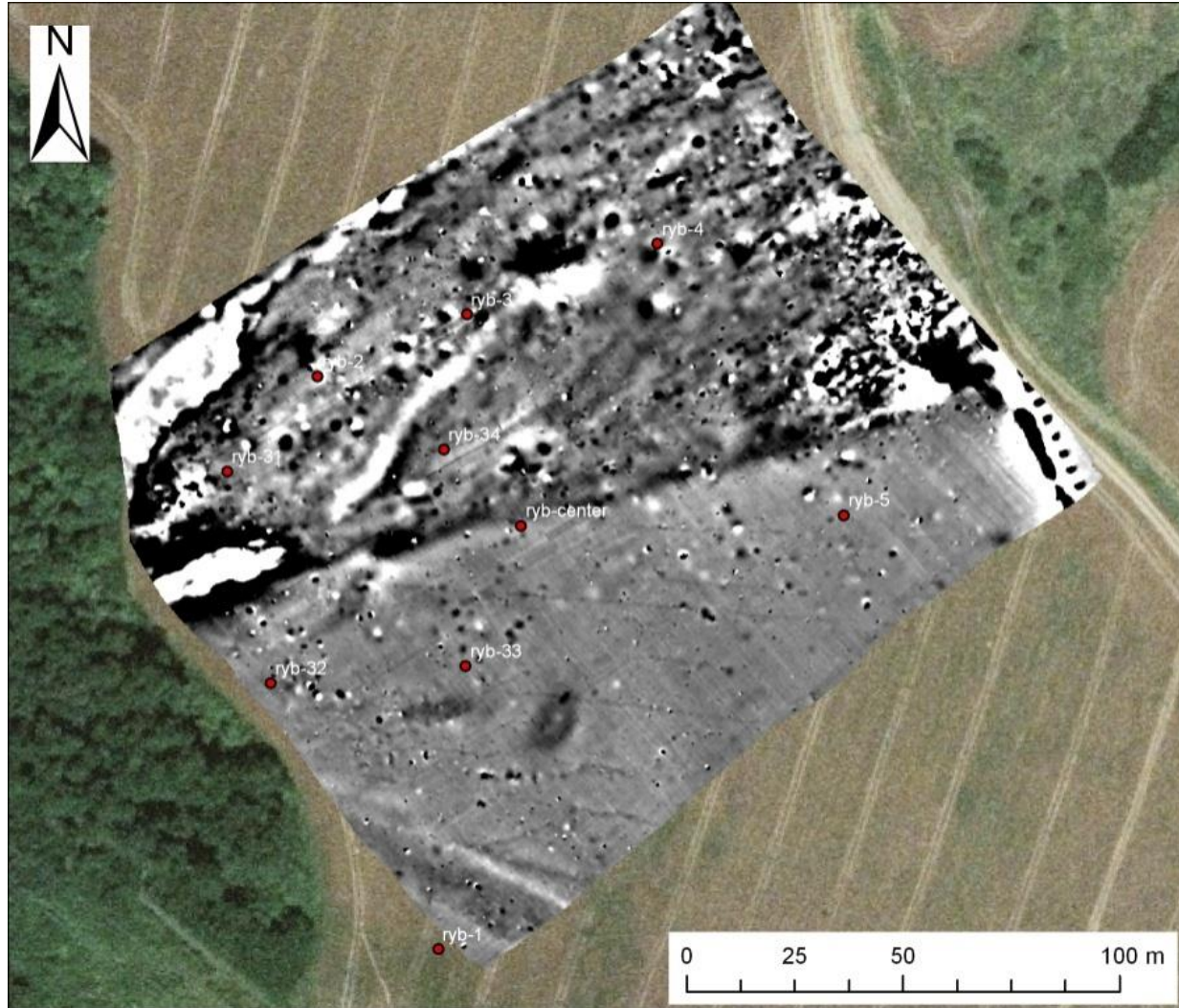
radar



**lokalita Iznik
(Turecko),
bývalé smetisko**

čomu sa vyvarovať:

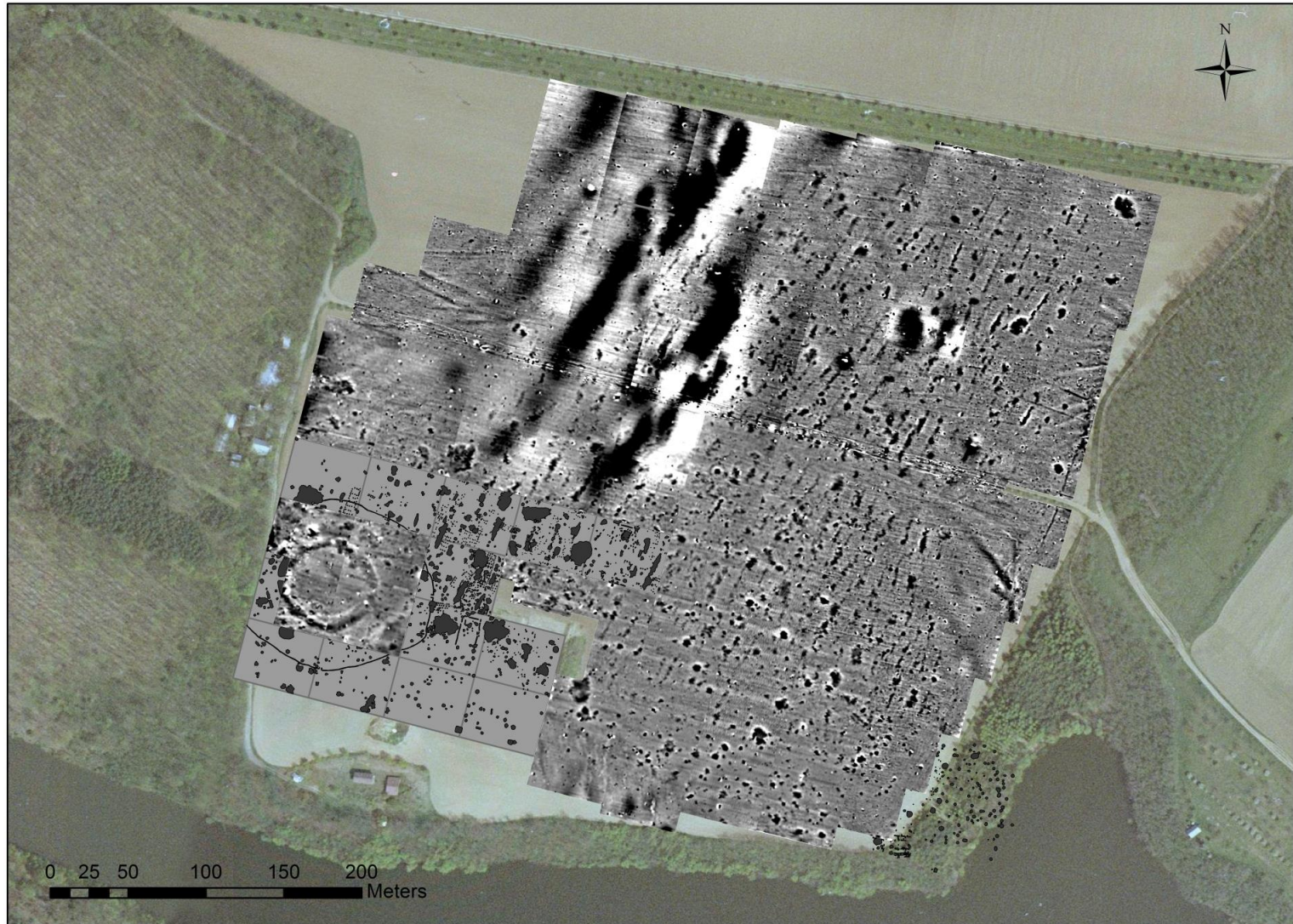
chybnej interpretácii od geologických alebo pedologických objektov



lokalita: Rybník (stredné Slovensko)

čomu sa vyvarovať:

chybnej interpretácii od geologických alebo pedologických objektov

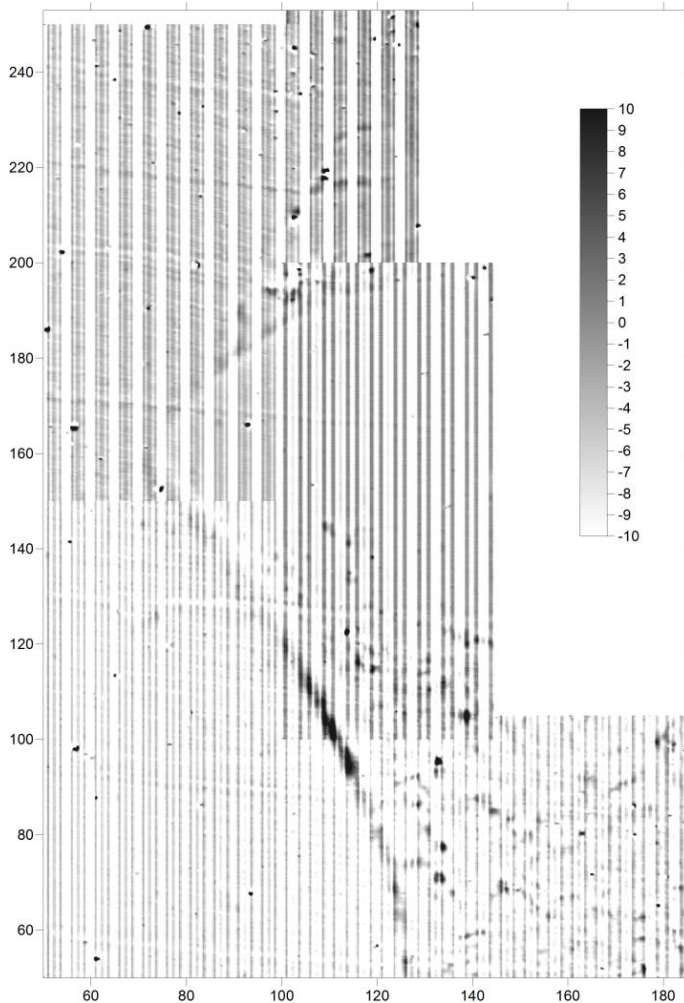


lokalita: Těšetice-Kyjovice

čomu sa vyvarovať:

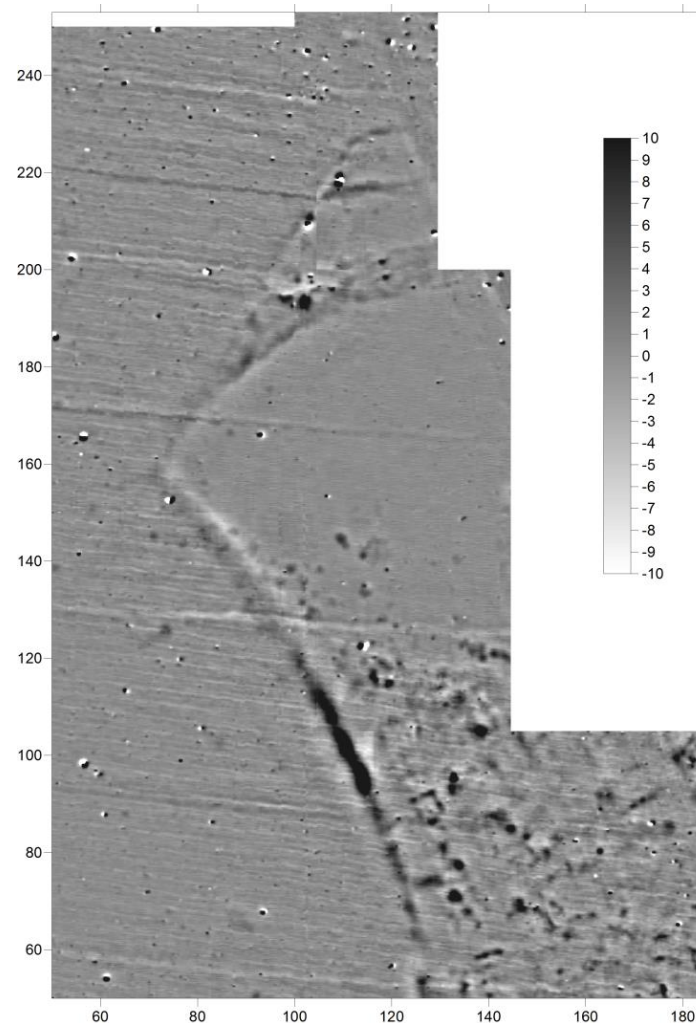
pri spracovaní dát s viacerých paralelne nesených (tlačených) senzorov vzniká tzv. “heading error”, ktorý sa prejavuje “umelými pásikami”

pôvodné dáta



rieši sa pomocou tzv. mediánových filtrov alebo postupom, ktorý sa nazýva ako tzv. mikroleveling.

filtrované dáta



Geofyzika a archeológia - magnetometria

ZÁVERY

- vyhľadávanie železných objektov – vhodná je kombinácia s elektromagnetickými detektormi („mínohl'adačkami“), nakoľko tieto detekujú všetky kovy
- vyhľadávanie žiarovísk, pecí – zatiaľ u nás nie je mnoho aplikácií
- detekcia bývalých priekop, jám, atď. – vhodná je kombinácia s leteckým snímkovaním a s geoelektrickými metódami (u nás najmä rondely)
- magnetometrická metóda nie je až taká vhodná na detekciu zakrytých múrov (vhodnejšia je geoelektrická metóda/radar) (vhodná je iba ak sú z magnetických hornín – napr. čadičov)