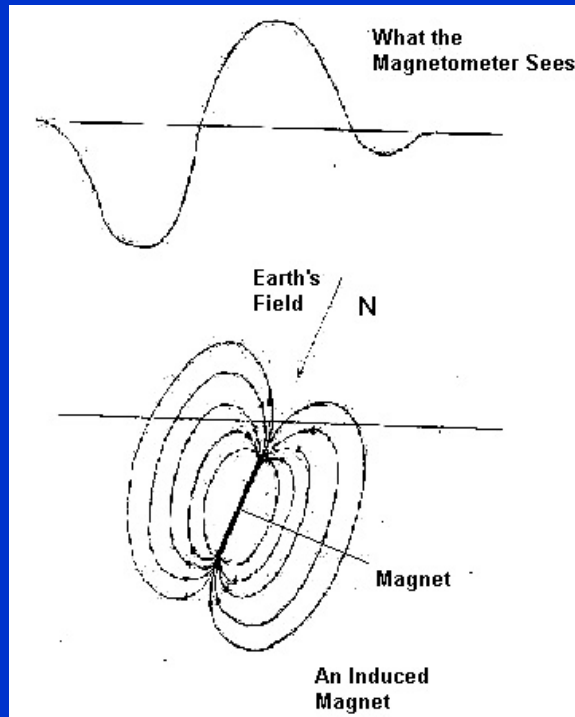


ZÁKLADY APLIKOVANEJ GEOFYZIKY - MAGNETOMETRIA



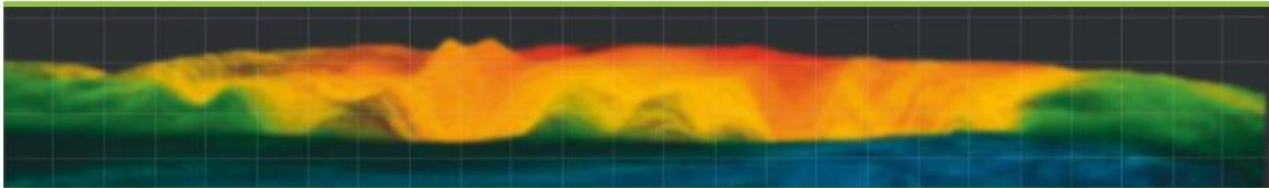
Magnetometria: odvetvie aplikovanej geofyziky, ktoré sa zaoberá meraním, spracovaním a interpretáciou anomálií zemského magnetického poľa.

skriptá: webstránka našej katedry: www.kaeg.sk

→ vpravo v strede (učebné texty)

Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

Katedra inžinierskej geológie, hydrogeológie a aplikovanej geofyziky
Oddelenie aplikovanej geofyziky



O nás Novinky Zaujímavosti Výskum Zamestnanci Súborný Fotogaléria

Workshop na tému alpsko-karpatskej gravimetrie

Napísal Kaeg-Doktorand, 21. mája 2024 v Uncategorized @sk

22. a 23. mája sme organizovali medzinárodný workshop "Alpine-Carpathian Gravimetry," počas ktorého sme na našej fakulte privítali odborníkov na gravimetriu z rôznych kútov Európy.



**ALPINE-CARPATHIAN
GRAVIMETRY
WORKSHOP**

**MAY 22-23
Bratislava**

Slovenčina
Angličtina

Hľadať

Q zadajte výraz...

Rýchla navigácia

Fotogaléria
Novinky
O nás
Súborný

- Učebné texty
- Iné

Výskum

- Projekty APW
 - Project APWV-0194-10

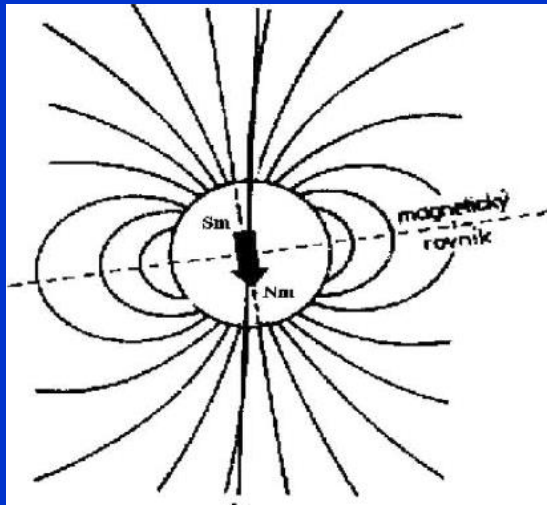
ZÁKLADY APLIKOVANEJ MAGNETOMETRIE

Obsah prednášky:

- základné pojmy
- zemské magnetické pole (ZMP) a jeho zložky
- meranie magnetickej indukcie (prístroje)
- magnetická susceptibilita (minerálov a hornín)
- spracovanie meraní (mapy anomálneho magn. poľa ΔT)
- interpretácia
- príklady využitia magnetometrie

MAGNETOMETRIA

Meranie, vyhodnocovanie a interpretácia anomálneho magnetického poľa Zeme



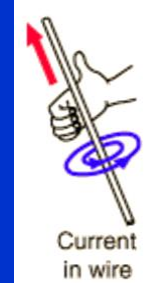
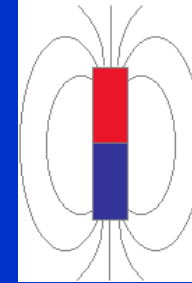
William Gilbert – v knihe „De Magnete“ v roku 1600 opisuje Zem ako veľký permanentný magnet.

základné pojmy – magnetické pole

Magnetické pole sa nachádza v okolí:

- permanentného magnetu,
- vodiča, cez ktorý tečie elektrický prúd.

Prejavuje sa pôsobením na železné predmety a ďalšími elektromagnetickými javmi.

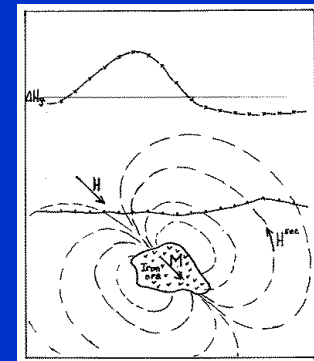


Popisujeme ho 2 dôležitými vektorovými veličinami:

magnetická intenzita **H** (primárne pole), [$\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$]

magnetická indukcia **B** (vyvolané pole), [T], používané [nT]

medzi nimi platí dôležitý vzťah: **$B = \mu H$**



kde μ – magnetická permeabilita, ktorá udáva mieru magnetizácie látky v dôsledku pôsobenia magn. poľa, jednotka [$\text{H} \cdot \text{m}^{-1} = \text{N} \cdot \text{A}^{-2}$].

Používame často tzv. relatívnu magnetickú permeabilitu μ_r (bezrozmerné číslo):

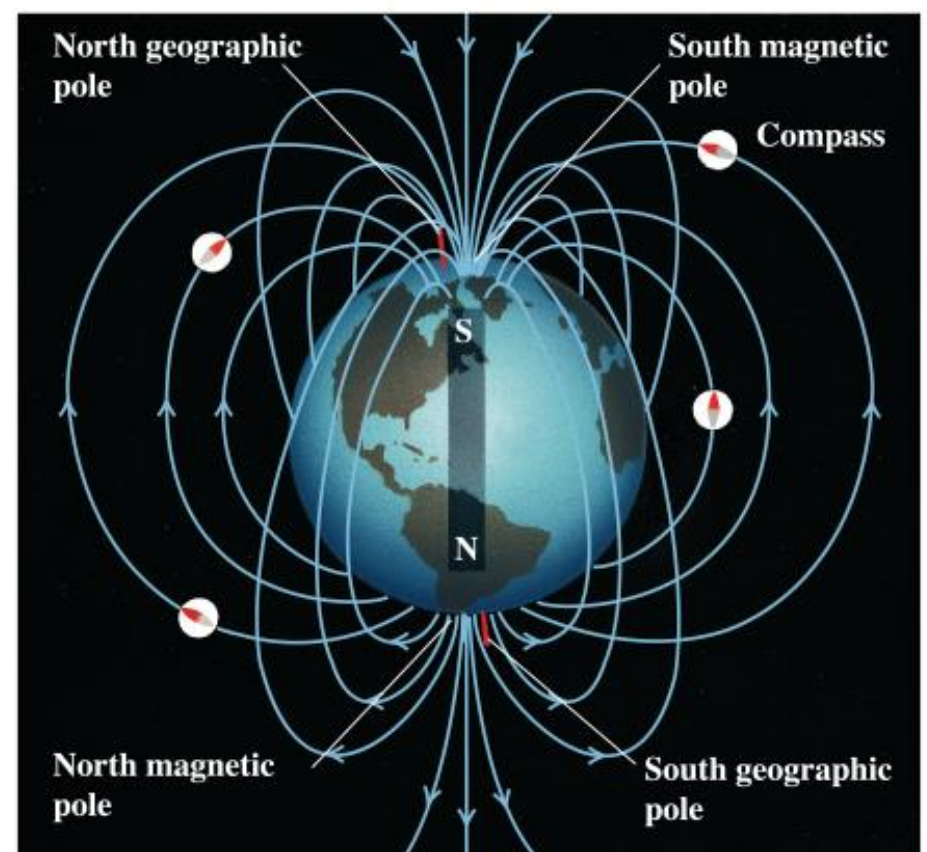
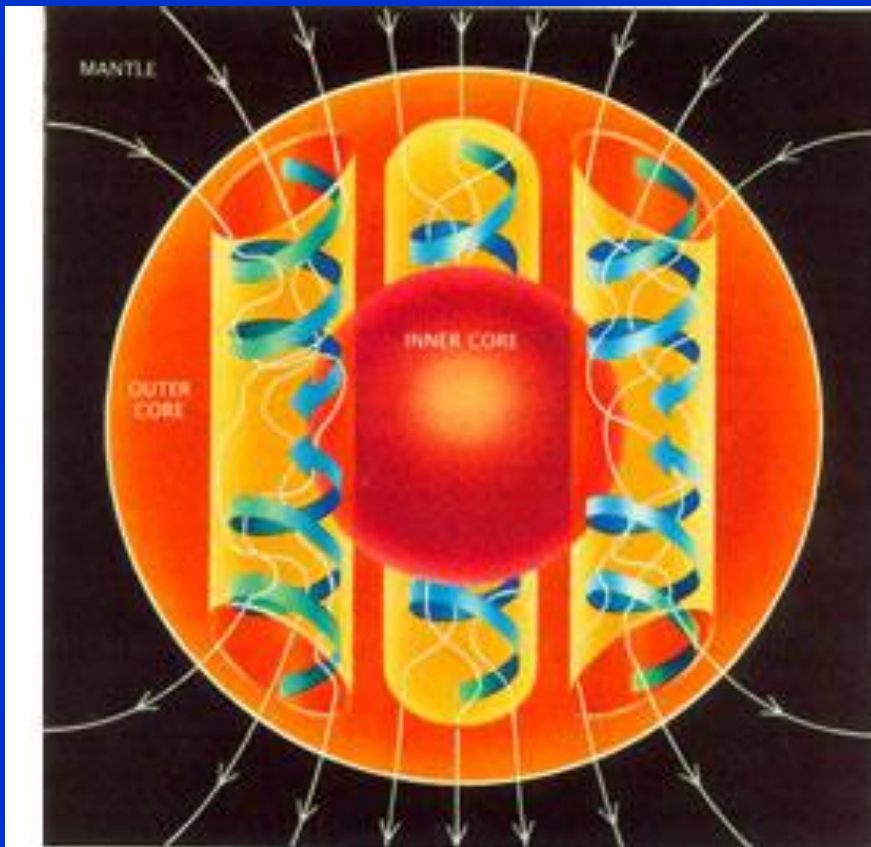
$$\mu_r = \mu / \mu_0 \Rightarrow \mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

μ_0 – permeabilita vákua ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$)

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)

Vznik zemského magnetického poľa:

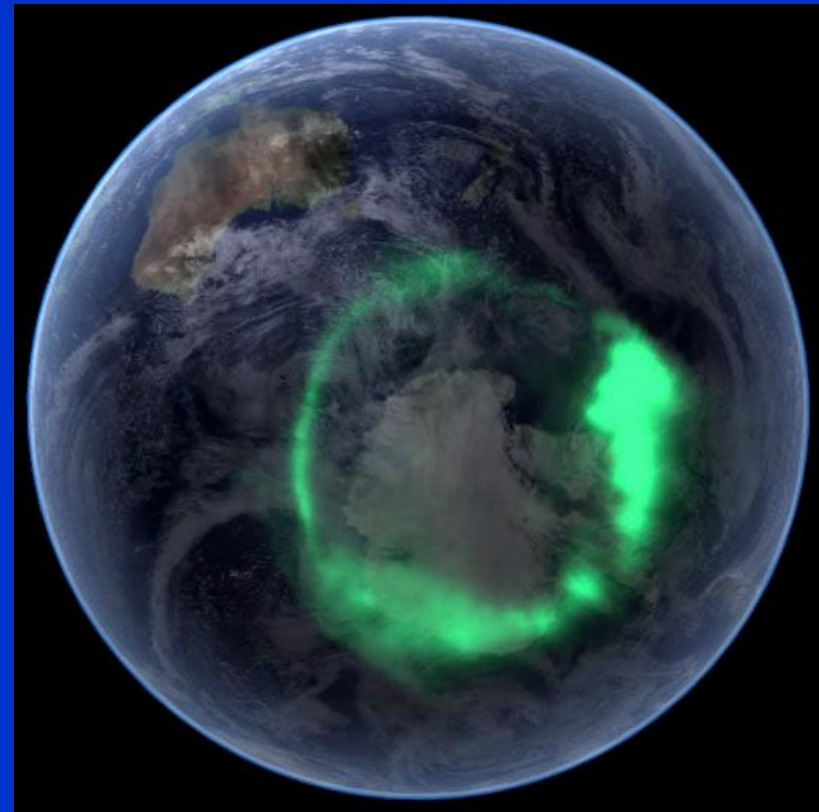
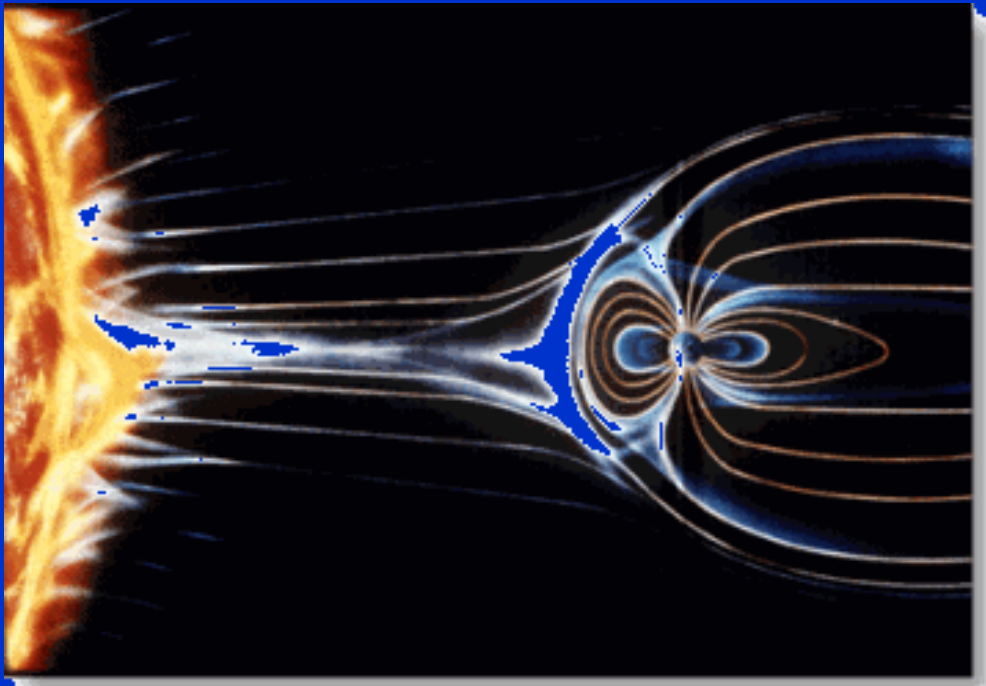
Základom jeho generovania je pohyb vodivých hmôt (elektricky nabitých častíc) vo vonkajšom jadre – tzv. hydromagneto dynamické javy.



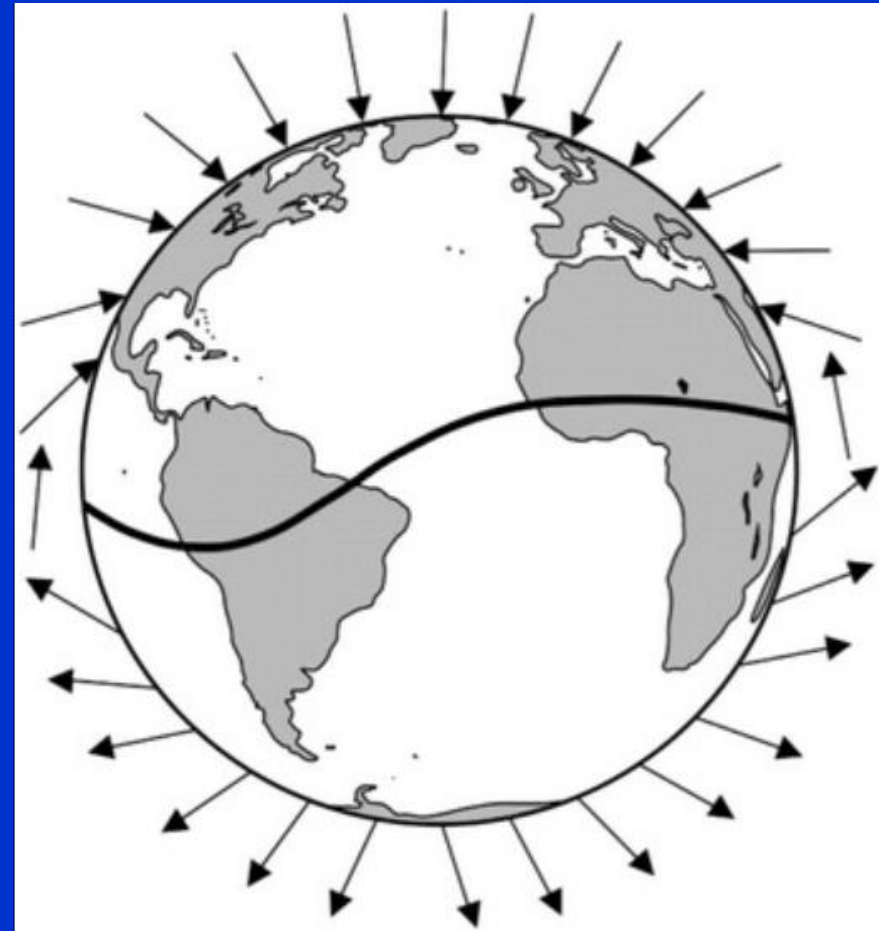
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)

Z celoplanetárneho hľadiska sa zvykne hovoriť o magnetosfére – ktorá tvorí ochranný „štít“ Zeme pred tzv. slnečným vetrom (prúd vysoko energetických častíc, ktoré sú emitované z povrchu Slnka).

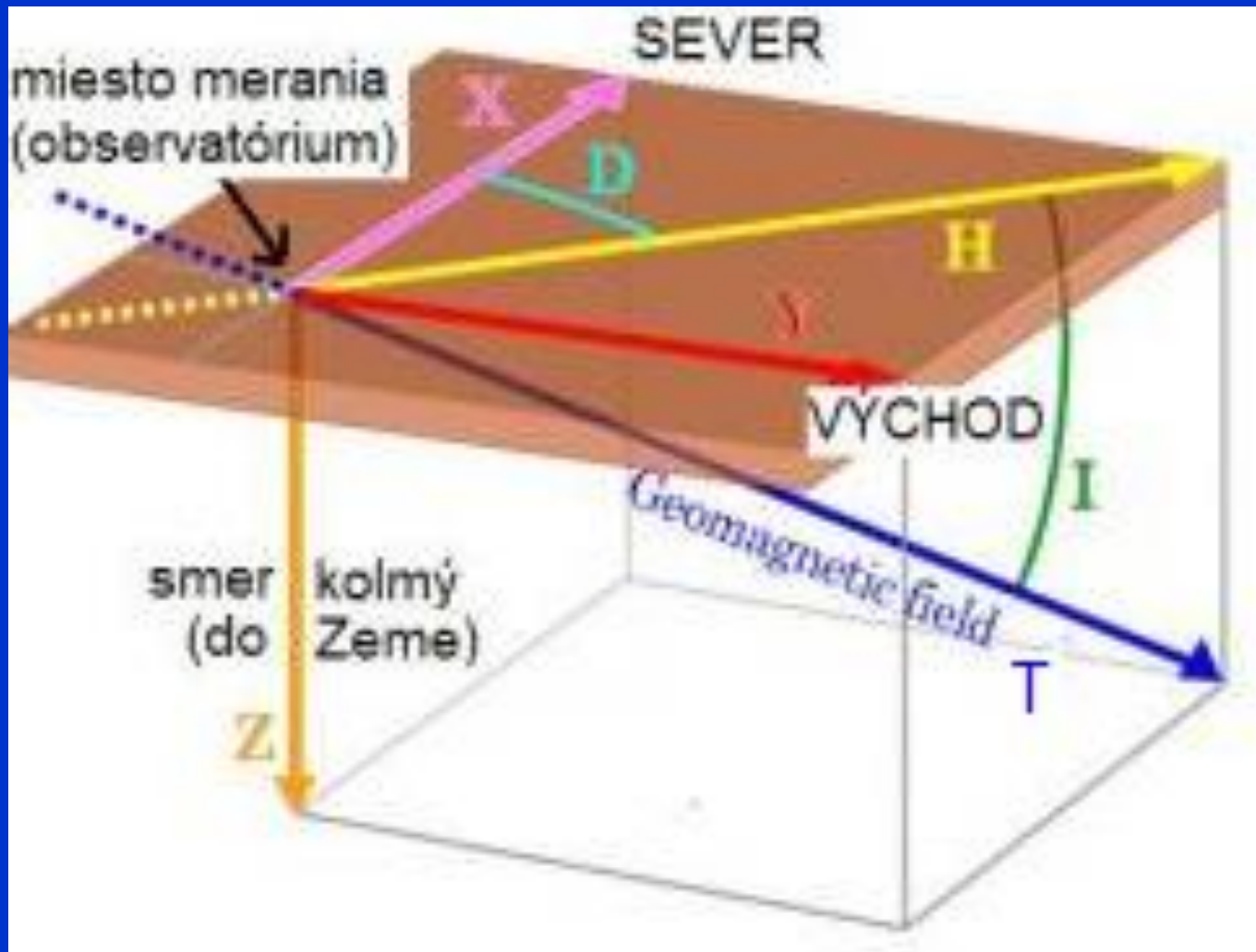


základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)



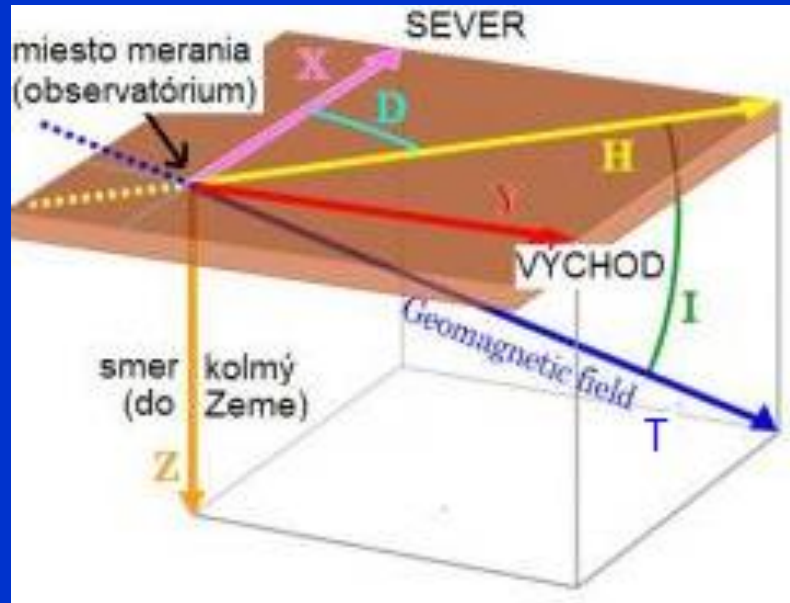
S týmito parametrami geomagn. poľa súvisí aj tvar a amplitúda magn. anomálií na rôznych miestach na zemskom povrchu.

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)



Rozklad vektora totálnej magnetickej indukcie (T) na zložky H , X , Y a Z . Dôležité sú tiež uhly I (inklinácia) a D (deklinácia).

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)



Podľa jednoduchých goniometrických funkcií platí
(X , Y , H , Z , T sú veľkosti vektorov X , Y , H , Z , T):

$$Z = T \cdot \sin I, H = T \cdot \cos I, X = H \cdot \cos D, Y = H \cdot \sin D.$$

Celý vektor T vieme vyskladať z jeho zložiek:

$$T = H + Z = X + Y + Z$$

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)

Približná veľkosť elementov ZMP v μT			
	Póly	Rovník	SR
H	0	30-40	20
Z	60-70	0	44
T	60-70	30-40	49
I	$\pm 90^\circ$	0°	65°
D	neurč.	$+10^\circ$ až -20°	0°

= 20000 nT

= 44000 nT

= 49000 nT

Existujú tzv. kalkulačky parametrov geomagn. poľa, napr:
<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>

Magnetic Field Calculators

Declination

U.S. Historic Declination

Magnetic Field

Magnetic Field Component Grid

Magnetic Field Estimated Values

Magnetic field is calculated using the most recent [World Magnetic Model \(WMM\)](#) or the [International Geomagnetic Reference Field \(IGRF\)](#) model. For 1590 to 1900 the calculator is based on the [gufm1](#) model. A smooth transition from gufm1 to IGRF was imposed from 1890 to 1900. The calculator provides an easy way for you to get results in HTML, XML, or CSV programmatically (API). For more information click the information button above.

Calculate Magnetic Field

Latitude: ☐ S ☒ N

Longitude: ☒ W ☐ E

Elevation: ☐ GPS ☒ Mean sea level

Kilometers 

Model: ☒ WMM (2014-2019) ☐ IGRF (1590-2019)

Start Date: Year Month Day

End Date: Year Month Day

Step size:

Lookup Latitude / Longitude

Either enter a zip code, select a country/city, or [search for an address at USGS Earth Explorer](#).

U.S. Zip Code:

- OR -

Country:

City:

[Get & Add Lat / Lon](#)

Magnetic Field Calculators

Declination

U.S. Historic Declination

Magnetic Field

Magnetic Field Component Grid

Correct My Compass

Registration

Magnetic Field Estimated Values

Magnetic field is calculated using the most recent [World Magnetic Model \(WMM\)](#), [World Magnetic Model High Resolution \(WMMHR\)](#), or the [International Geomagnetic Reference Field \(IGRF\)](#) model. For 1590 to 1900 the calculator is based on the [gufm1](#) model. A smooth transition from gufm1 to IGRF was imposed from 1890 to 1900. The [Enhanced Magnetic Model \(EMM\)](#) is a research model compiled from satellite, marine, aeromagnetic and ground magnetic surveys which attempts to include crustal variations in the magnetic field too fine to appear in the World Magnetic Model. The calculator provides an easy way for you to get results in HTML, XML, CSV, or JSON programmatically (API). **Registration is required to access this service.** Please register using the API registration link on the top right.

Calculate Magnetic Field

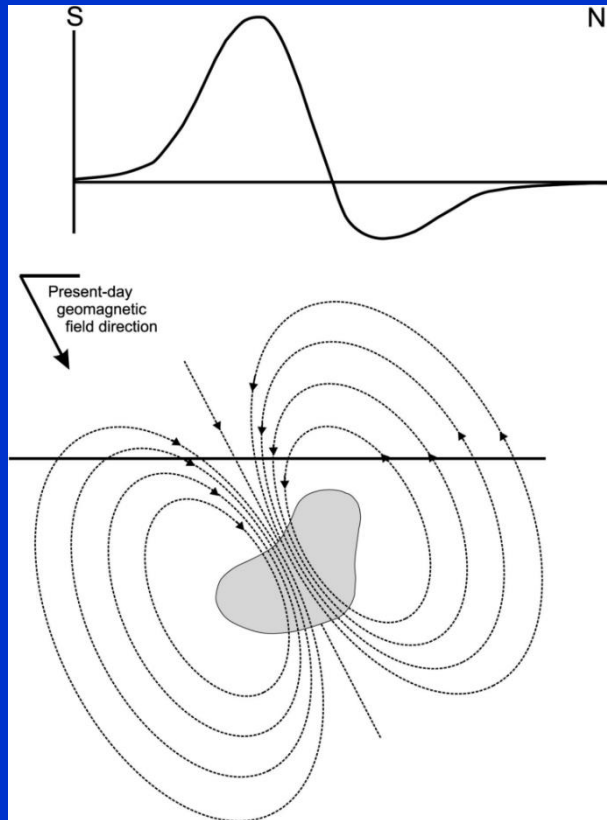
Lookup Latitude / Longitude

Magnetic Field

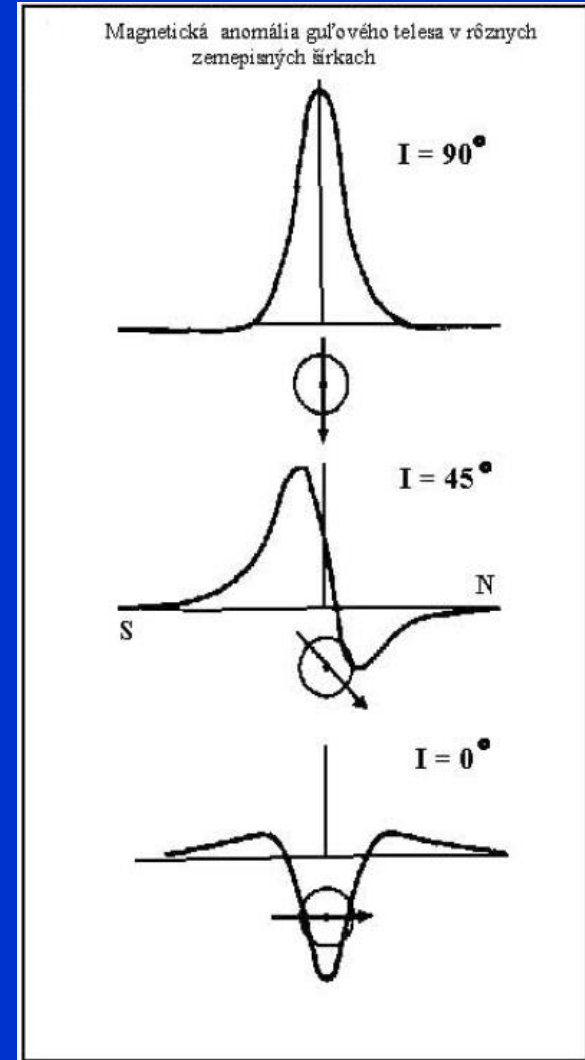
Model Used:	WMM-2025						
Latitude:	48.2° N						
Longitude:	17.1° E						
Elevation:	0.0 km Mean Sea Level						
Date	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)	Horizontal Intensity	North Comp (+ N - S)	East Comp (+ E - W)	Vertical Comp (+ D - U)	Total Field
2025-04-08	5.3601°	64.8423°	20,905.3 nT	20,813.9 nT	1,952.9 nT	44,511.2 nT	49,176.0 nT
Change/year	0.1036°/yr	0.0227°/yr	4.1 nT/yr	0.5 nT/yr	38.0 nT/yr	54.6 nT/yr	51.1 nT/yr
Uncertainty	0.37°	0.20°	133 nT	137 nT	89 nT	141 nT	138 nT

Warning: The height validity of the geomagnetic components is dependent on the geomagnetic activity level. For more information see (<https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model/accuracy-limitations-error-model>)

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)



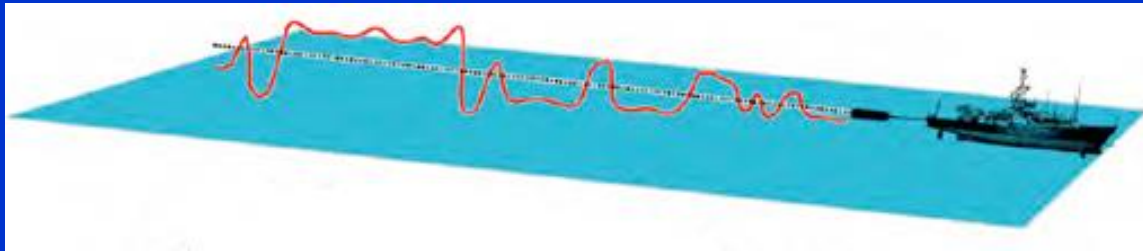
telesá s určitými petrofyzikálnymi vlastnosťami sa zmagnetizujú (niektoré sa potom stanú “magnetmi”)



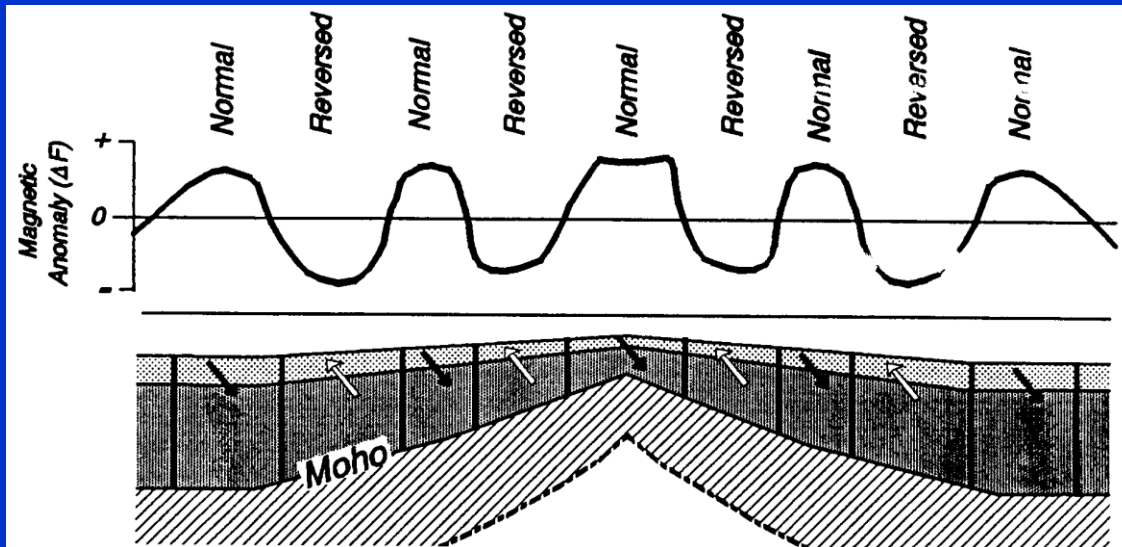
s parametrami indukčného magnetického poľa súvisí aj tvar a amplitúda magnetických anomálií

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)

V priebehu historických dôb došlo ku viacnásobnému prepólovaniu magnetických pólov.

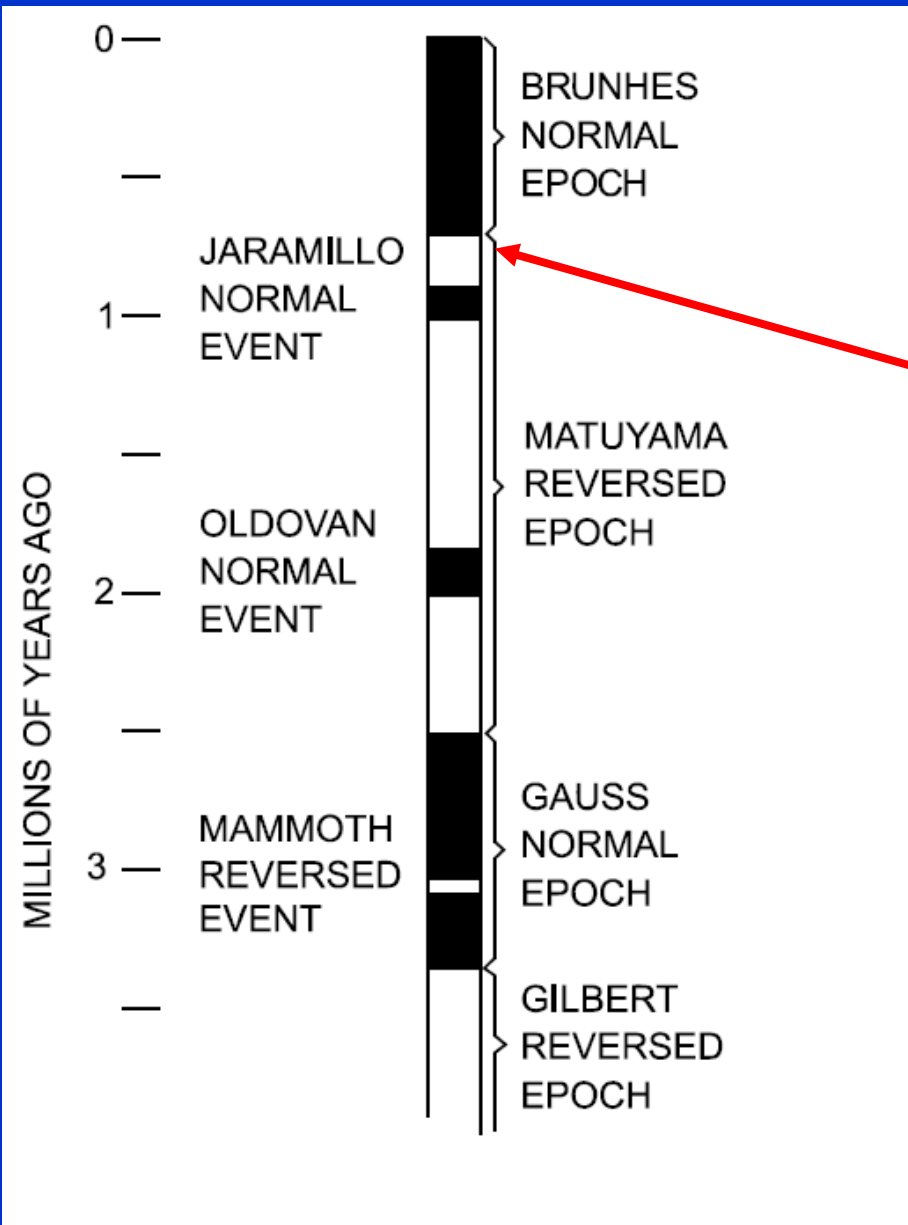


merania v priestore Atlantického oceánu
(Rald and Mason, 1961)



odvetvie geofyziky – paleomagnetizmus a archeomagnetizmus

základné pojmy – zemské magnetické pole (ZMP)



- perióda prepólovania sa pohybuje v rozmedzí hodnôt rádovo tisíce rokov až milióny rokov – v priemere 250.000 rokov,

- v súčasnosti sa nachádzame v tzv. Brunhesovej normálnej epoche, ktorá začala pred cca 780.000 rokmi,

prístroje v magnetometrii

prístroje na meranie magnetickej
indukcie sa nazývajú magnetometre



Ich rozmanitosť je omnoho väčšia, ako je tomu v gravimetrii.

prístroje v magnetometrii

Prístroje v magnetometrii sa nazývajú **magnetometre**.

Existujú rôzne rozdelenia:

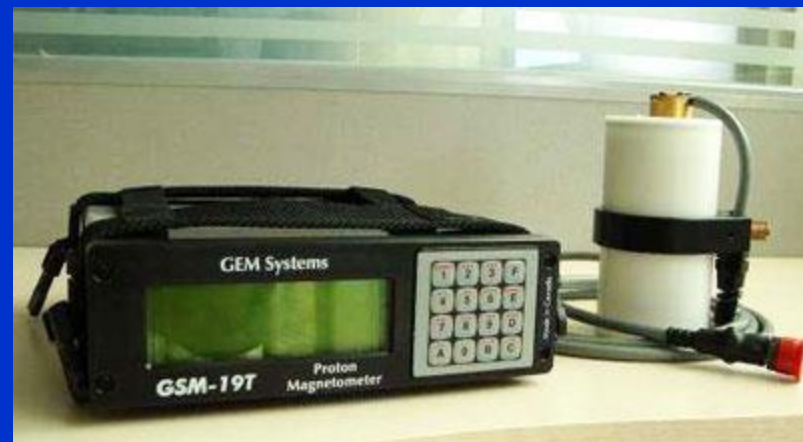
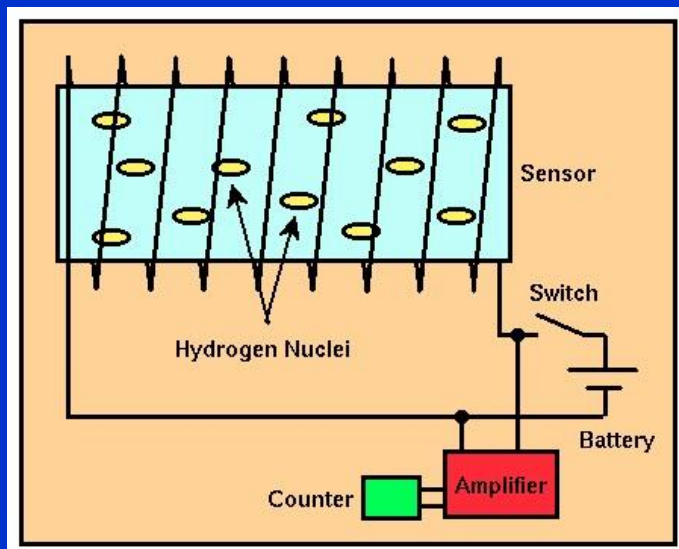
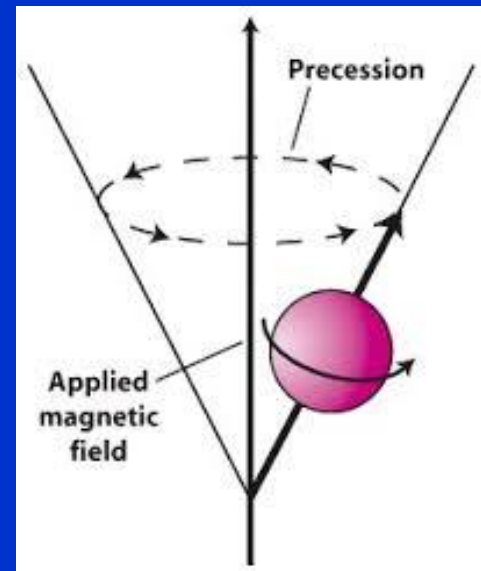
- skalárne (merajú veľkosť T), vektorové (merajú aj smer vektora T , sú trojzložkové),
- meranie na jednej úrovni alebo rozdielu T na dvoch úrovnicach (tzv. gradientové magnetometre),
- spôsob merania – “**stop and go**” alebo “**walking mode**” (samostatná kategória sú letecké magnetometre),
- rôzne fyzikálne princípy.

Pozn.: Kedysi sa používali tzv. magnetické váhy
 (“vylepšený kompas”) – merali zložky X, Y a Z.

prístroje v magnetometrii

Protónový magnetometer:

Založený na štúdiu frekvencie precesie protónov vo vonkajšom magnetickom poli. (ako medium sa používa kvapalina bohatá na vodíkové atómy - voda, alkohol).



prístroje v magnetometrii

Protónový magnetometer:

Merací čas sú rádovo sekundy, príp. zlomky sekundy (patrí medzi pomalšie prístroje).

Vnútoraná presnosť je na úrovni 0.1 nT, vonkajšia niekoľko nT.

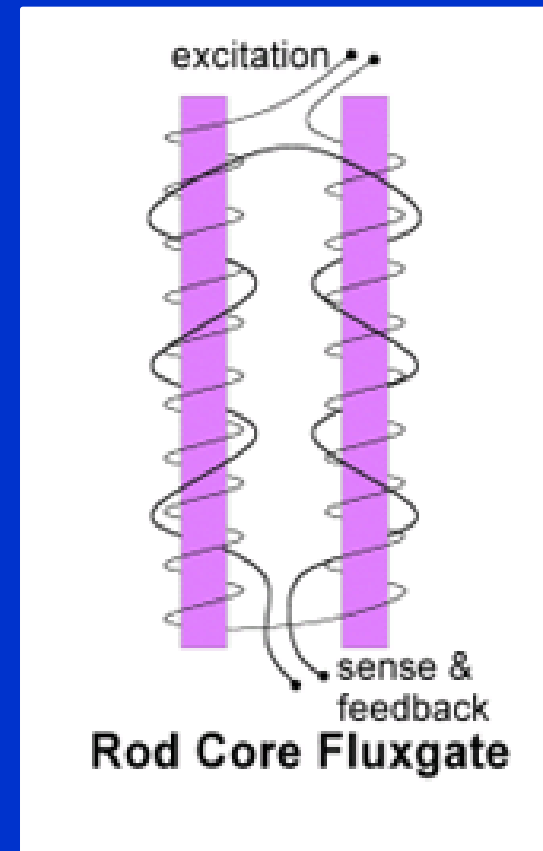
Využíva sa najmä pri geologických aplikáciách.



prístroje v magnetometrii

Magnetometer s ferosondou (flux-gate):

Založený na indukčnom princípe
v permaloyovom jadre, ktorý je
ovplyvňovaný vonk. magn. poľom.



prístroje v magnetometrii

Magnetometer s ferosondou (flux-gate):



Merací čas: zlomky sekundy.
Často používané v archeológii
v tzv. gradientovom prevedení
(pole je merané v 2 úrovniach)
a v multi-senzorovom usporiadaní.

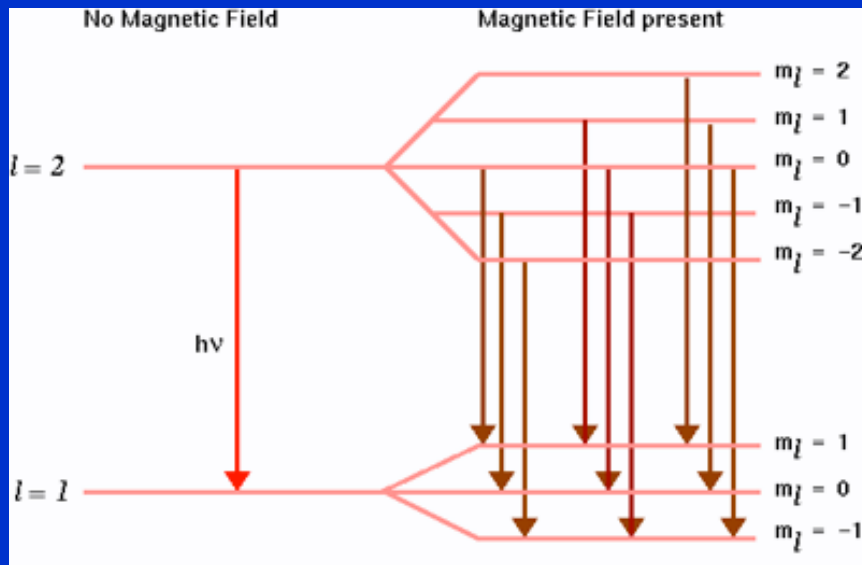


Presnejšie a najmä rýchlejšie ako protónové magnetometre.

prístroje v magnetometrii

Magnetometer s tzv. optickým pumpovaním tzv. “Céziový” magnetometer:

Využíva tzv. Zeemanov efekt
(kvantový jav):
štiepenie energetických hladín
elektrónov vo vonk. magn. poli.



Tento jav sa sleduje vo výparoch cézia alebo draslíka, ktoré sú nasvecované monochromatickým svetlom.

prístroje v magnetometrii

"Céziový" magnetometer: (Cs-vapour magnetometer)

Merací čas sú rádovo desatiny až tisíciny sekundy (patrí medzi najrýchlejšie prístroje).

Vnútrotná presnosť je na úrovni 0.01 nT, vonkajšia ± 1 nT. Využíva sa najmä pri UXO, geol. a archeol. aplikáciách.



**magnetické vlastnosti látok –
magnetická permeabilita a susceptibilita**

magnetické vlastnosti látok – permeabilita

Podľa hodnoty μ_r delíme látky na:

diamagnetické ($\mu_r < 1$), zoslabujú magn. pole (napr. voda, organické látky, ale aj niektoré kovy: Cu, Ag, Au, Hg, Bi,)

paramagnetické ($\mu_r > 1$), zosilňujú magn. pole (napr. Al, Mn, Cr, Pt)

feromagnetické ($\mu_r \gg 1$) výrazne zosilňujú magn. pole (4 kovy: Fe, Ni, Co, Gd).

Pozn.: Prvok Neodymium (Nd) je paramagnetický a jeho vlastnosti sa zosilňujú iba v zlúčenách s Fe a B.

Diamagnetické látky sú z magnetického poľa vypudzované, paramagnetické a feromagnetické sú naopak do magnetického poľa vtáňované (pohyb smerom do miesta s najvyššou intenzitou poľa). Feromagnetické látky si dokážu magnetizmus aj “**zapamätať**” (tzv. **remanentná magnetizácia**).

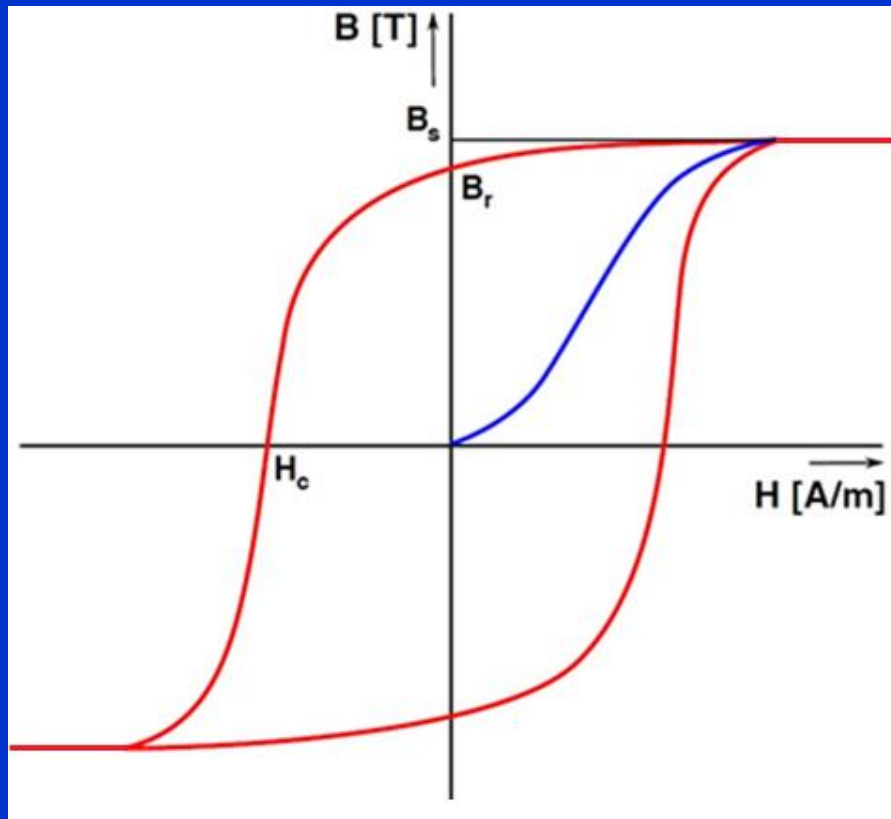
magnetické vlastnosti látek – permeabilita

Materiál	μ_r
Permalloy	50 000 - 140 000
Železo	300 - 10 000
Kobalt	80 - 200
Hliník	1,000 023
Kapalný kyslík	1,003 620
Plynný kyslík	1,000 001 86
Platina	1,000 264
Měď	0,999 990
Voda	0,999 991

magnetické vlastnosti látok – základné pojmy

Paramagnetickým látkam nezostáva po „vypnutí“ vonkajšieho magnetického poľa magnetický moment, v prípade feromagnetických je to rozdielne – zostávajú zmagnetizované.

Tento jav opisuje **magnetická hysterézia** (krivka):



B_s – stav nasýtenia
(max. hodnota B),
 B_r – remanetná magnetizácia,
 H_c – koercitívna intenzita,

Podľa veľkosti H_c delíme feromagnetické látky na magneticky mäkké (malá H_c) a tvrdé (veľká H_c).

magnetické vlastnosti látok – základné pojmy

Paramagnetickým látkam nezostáva po „vypnutí“ vonkajšieho magnetického poľa magnetický moment, v prípade feromagnetických je rozdielne – zostávajú zmagnetizované.

Rozpoznávame tzv. **indukovanú** magnetizáciu a **remanentnú** magnetizáciu.

Remanentná magnetizácia (NRM):

- termoremanentná (pri pôsobení vonk. magn. poľa po tom, ako klesne teplota horniny pod Courrierov bod)
- chemická (pri kryštalizácii minerálov z chem. roztokov)
- detritická (pri sedimentácii úlomkov feromagn. hornín)
- viskózna (pri dlhodobom pôsobení poľa, prejavuje sa najmä pri magneticky mäkkých látkach)
- izotermálna (krátkodobé pôsobenie, napr. úder blesku)

magnetické vlastnosti látok – susceptibilita

V magnetometrii sa okrem permeability používa aj tzv. objemová susceptibilita, pričom platí jednoduchý vzťah:

$$\mu_r = 1 + \kappa$$

κ – susceptibilita, ide o bezrozmerné číslo, používajú sa však tzv. [SI jednotky]; vo vákuu platí $\kappa = 0$,

Susceptibilita je podobná v analógii na hustotu v gravimetrii a vraví, ako silno sa daná látka zmagnetizuje vo vonkajšom magn. poli.

magnetické vlastnosti látok – susceptibilita

$\kappa < 0$, $\mu_r < 1$ – **diamagnetické látky** (minerály),

hodnoty: -10^{-6} až -10^{-5} [SI], napr.: kremeň,
kalcit, živce, grafit, sádrovec, halit, galenit

$\kappa > 0$, $\mu_r > 1$ – **paramagnetické látky**,

hodnoty: 10^{-5} až 10^{-3} [SI], napr. pyroxén, olivín,
amfibol, biotit, pyrit, siderit, muskovit, ..

$\kappa \gg 0$, $\mu_r \gg 1$ – **feromagnetické látky**,

hodnoty: 10^{-2} až 10^{+2} [SI], napr. magnetit,
titanomagnetit, ulvöspinel, hematit, ilmenit

magnetické vlastnosti minerálov

Pri celkovej magnetizácii hornín sa najviac prejavujú feromagnetické minerály, ktoré sú v naprostej väčšine rudnými minerálmi – **oxidy, hydroxidy, sulfidy**.

Napriek tomu, že sú často v horninách vedľajšími alebo dokonca akcesorickými zložkami, postačuje to na to, aby sa celá hornina chovala para- alebo feromagneticky.



magnetit

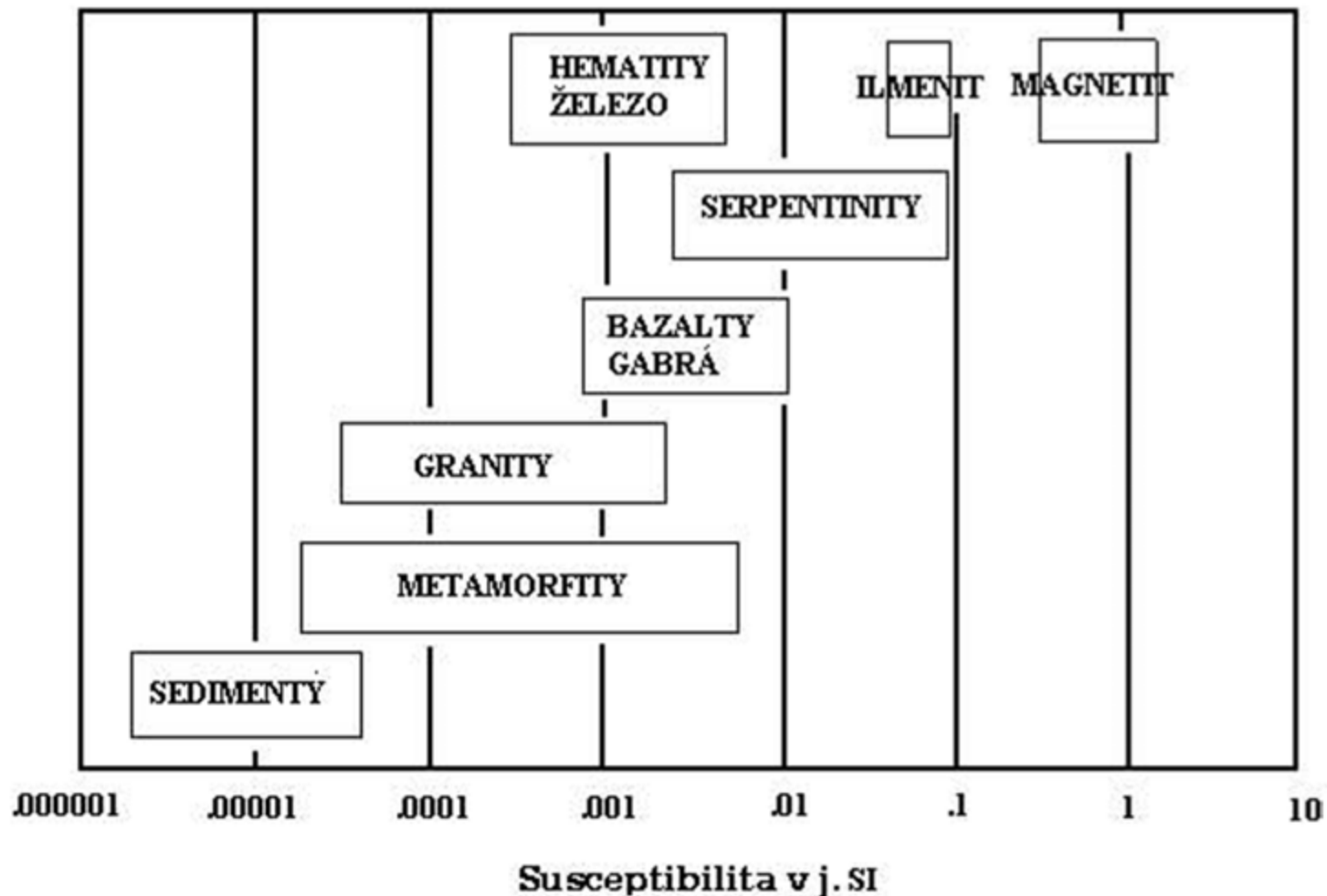


hematit



limonit

magnetické vlastnosti hornín

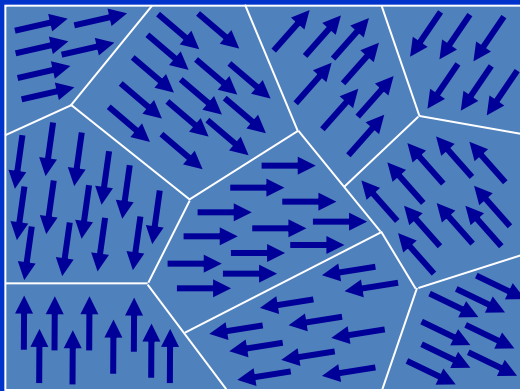


Najmenej “magnetické” horniny sú sedimenty, najviac sú (okrem rúd železa a niklu) ultrabázické horniny.

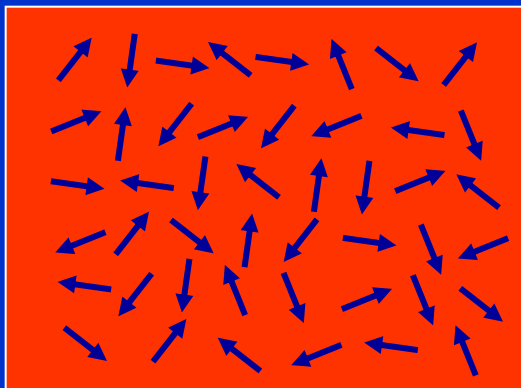
magnetické vlastnosti látok – Curieho teplota

Pri zahriatí látok nad určitú teplotu sa strácajú ich magnetické vlastnosti.

pred
nahriatím



po
nahriatí



Mineral	Composition	Magnetic Order	T _c (°C)
Oxides			
Magnetite	Fe ₃ O ₄	ferrimagnetic	575-585
Ulvospinel	Fe ₂ TiO ₂	AFM	-153
Hematite	αFe ₂ O ₃	canted AFM	675
Ilmenite	FeTiO ₂	AFM	-233
Maghemite	γFe ₂ O ₃	ferrimagnetic	~600
Jacobsite	MnFe ₂ O ₄	ferrimagnetic	300
Trevorite	NiFe ₂ O ₄	ferrimagnetic	585
Magnesioferrite	MgFe ₂ O ₄	ferrimagnetic	440
Sulfides			
Pyrrhotite	Fe ₇ S ₈	ferrimagnetic	320
Greigite	Fe ₃ S ₄	ferrimagnetic	~333
Troilite	FeS	AFM	305
Oxyhydroxides			
Goethite	αFeOOH	AFM, weak FM	~120
Lepidocrocite	γFeOOH	AFM(?)	-196
Feroxyhyte	δFeOOH	ferrimagnetic	~180

magnetické minerály

Meranie a základné spracovanie dát v magnetometrii:

- samotné meranie s prístrojom v teréne
- oprava o variácie geomagnetického poľa
- odpočítanie tzv. normálneho poľa: výpočet poľa ΔT (štatistické metódy alebo globálne modely – tzv. IGRF alebo WMM)
- zavedenie špeciálnych opráv na hodnotové posuny medzi senzormi
- interpolácia do máp poľa ΔT a vizualizácia (farebné alebo ČB tieňované mapy)
- pozn.: niektorí autori zavádzajú aj magnetické terénne korekcie (nie je to však bežné)

variácie geomagnetického poľa – časové zmeny:

dlhodobé:

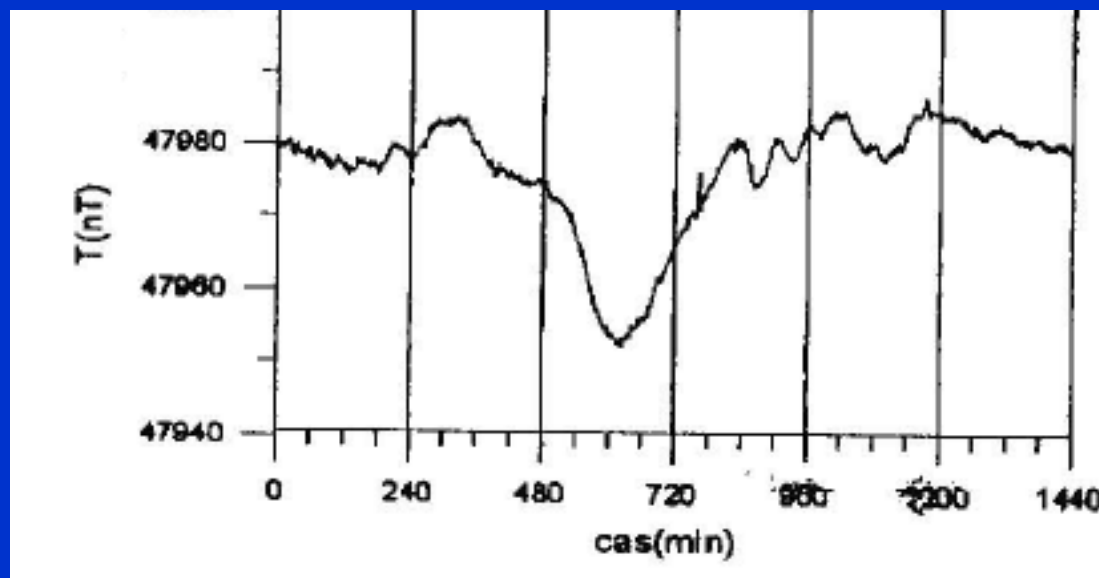
sekulárne – procesy vo vnútri zemského telesa (500 rokov);

zmeny aktivity Slnka – 11.5 ročná periodicitá

krátkodobé:

denné a poldenné variácie (súvisia s rotáciou Zeme)

magnetické búrky – nepravidelné (súvisia so slnečnou činnosťou)



Sú registrované v observatóriách alebo v teréne tzv. variačným (staničným) magnetometrom. Niekedy sa z dát odstraňujú pomocou špeciálnych filtrov.

zber dát v teréne:

Magnetometria je spomedzi geofyzikálnych metód na úplnom vrchole, čo sa týka hustoty zberu údajov (krok zberu dát dokáže byť na úrovni iba **niekoľkých cm** a vzdialenosť medzi profilmi **niekoľkých dm**).

Z tohto hľadiska sa zvykne vraviť aj o tzv. HD magnetometry (high-definition magnetometry).

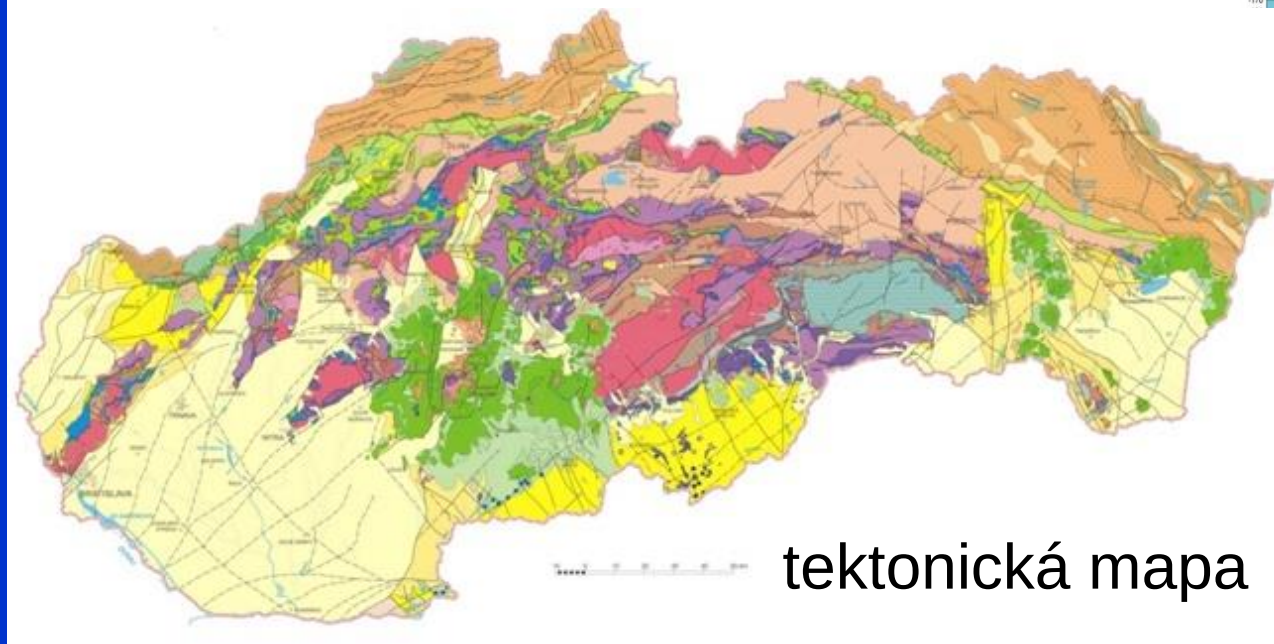
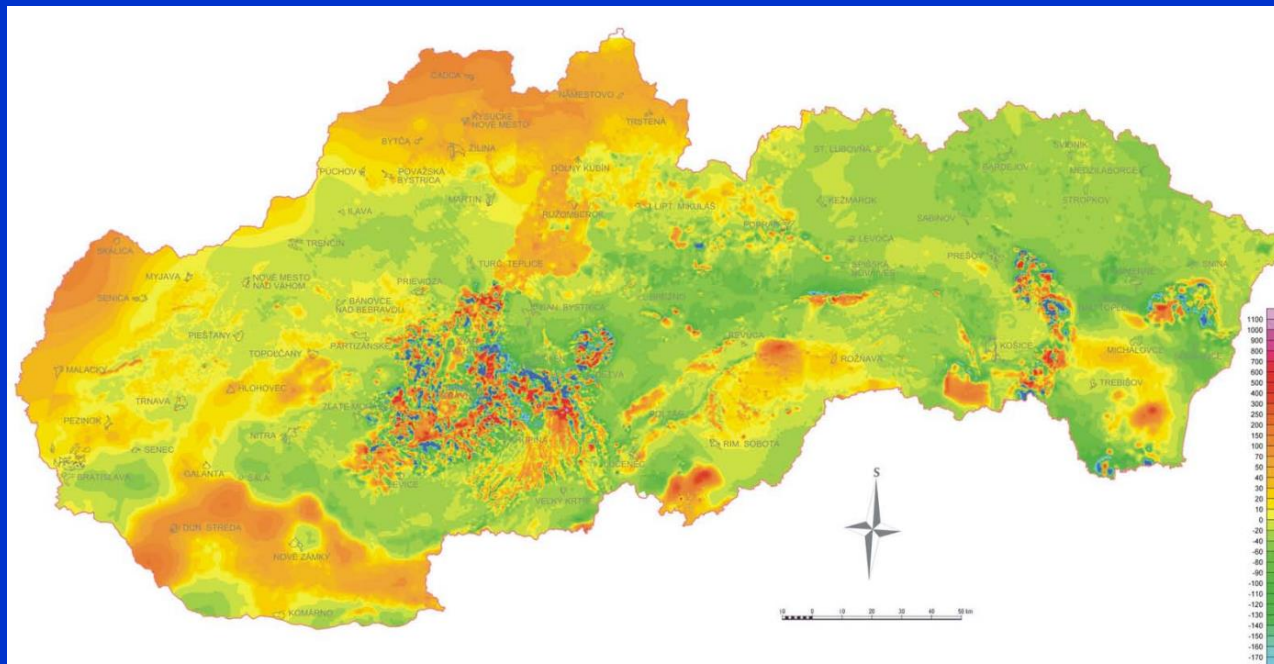
Meria sa ručne alebo pomocou štvorkoliek, budúcnosťou budú určite drony. Všade ide o tzv. walking mode, kedy sa meria plynulo bez zastavenia. Detto platí samozrejme aj o leteckej magnetometrii.





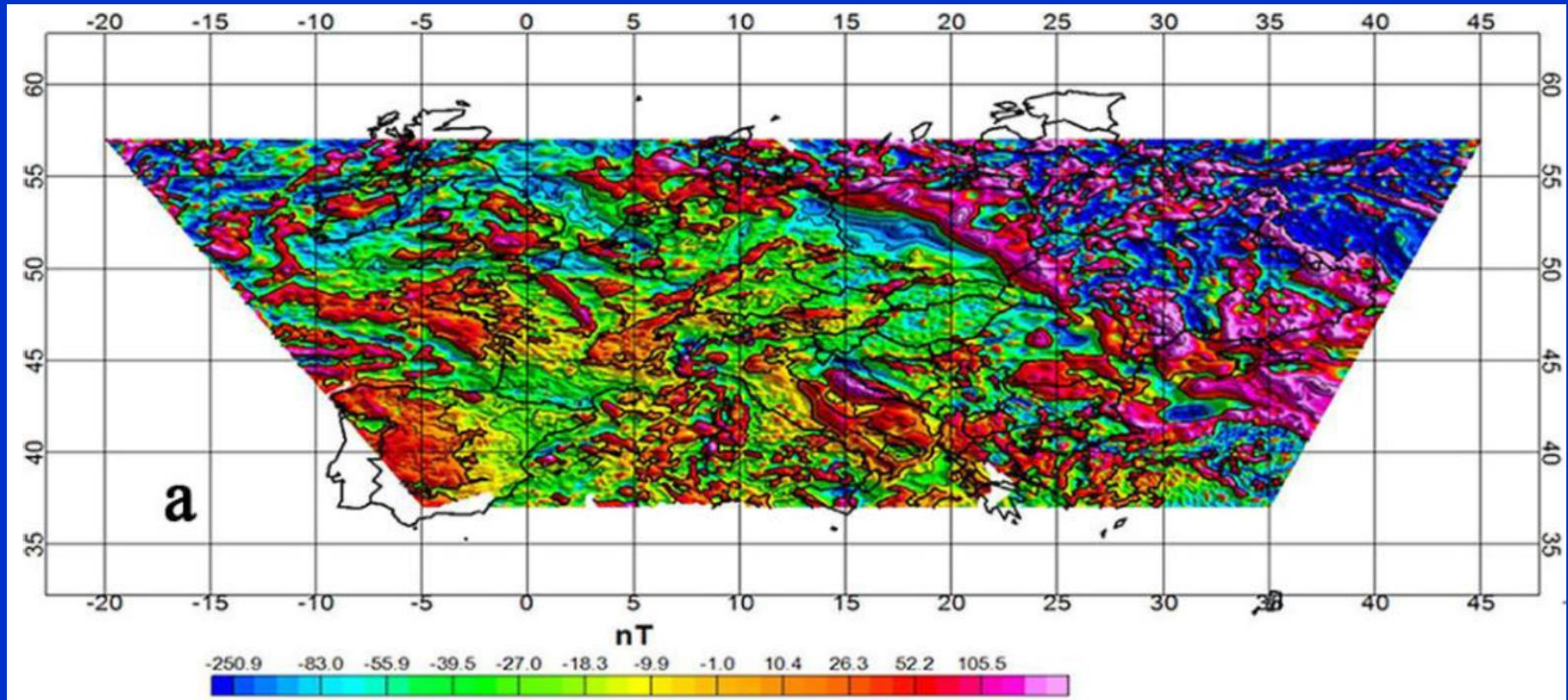
najnovšie trendy – drony a AUV
(zatiaľ nedoriešené: väčšia vzdialenosť od objektov a
nestabilita vo výške letu)

mapa ΔT – územie Slovenska



tektonická mapa

mapa ΔT – stredná Európa (European and Mediterranean Magnetic Project, 2011)



interpretácia v magnetometrii

INTERPRETÁCIA –

kvalitatívna/kvantitatívna

kvalitatívna – opisuje kvalitatívne pole ΔT

kvantitatívna – určuje hĺbkové, rozmenrové, tvarové a hustotné parametre študovaných geologických objektov

dôležité pojmy:

- a) priama úloha* – pri zadaných parametroch telies vypočítať ich magnetický efekt (tzv. modelovanie)
- b) obrátená úloha* – opačná úloha (náročnejšia)

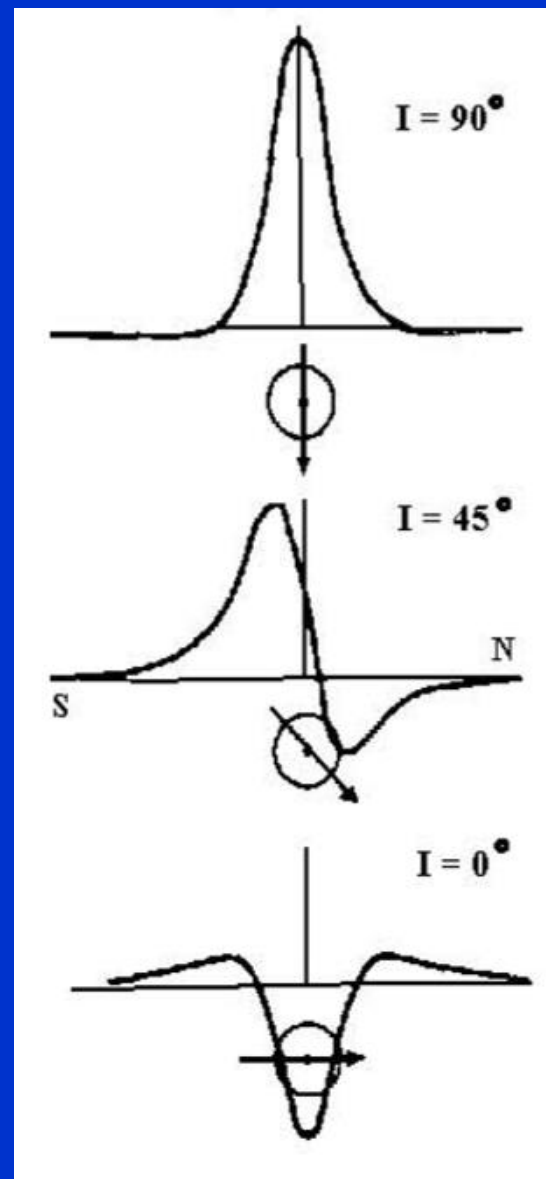
Aj tu (ako v prípade gravimetrie) zostáva v platnosti nejednoznačnosť riešenia obrátenej úlohy.

interpretácia v magnetometrii

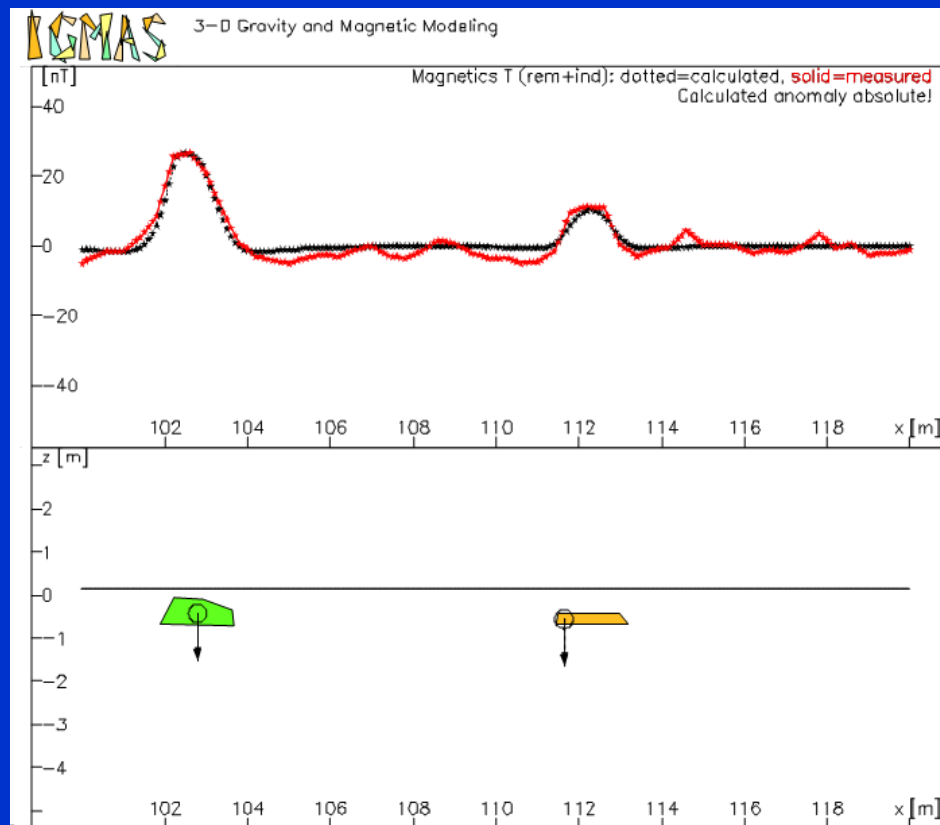
Anomálie od zmagnetizovaných objektov majú vždy dipólový charakter.

Tvar anomálie a jej amplitúda závisí od viacerých faktorov:

- smer vektora magnetizácie (v prípade iba indukovanej magnetizácie – zemepisná šírka),
- tvar telesa (natiahnutie v smere magnetizácie),
- hĺbka uloženia telesa,
- magnetická susceptibilita.

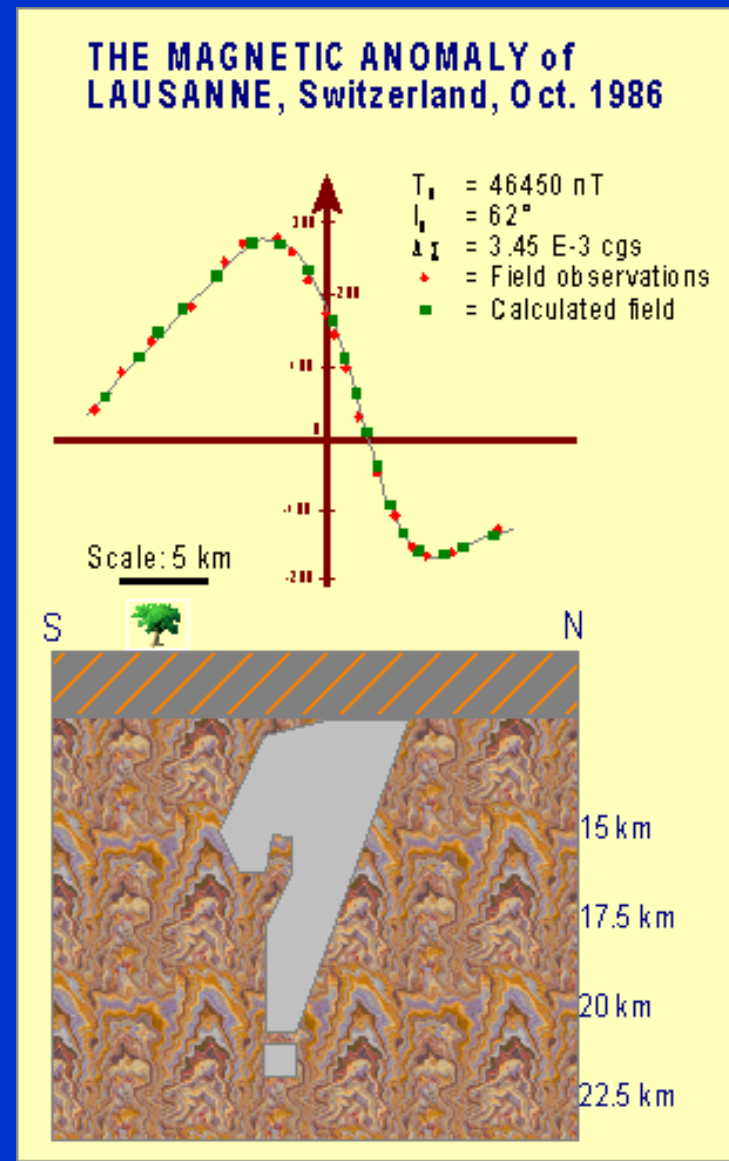


interpretácia v magnetometrii



Výstup modelovania magnetického anomálneho poľa od plytko uložených telies.

Aj tu zostáva v platnosti nejednoznačnosť riešenia obrátenej úlohy.



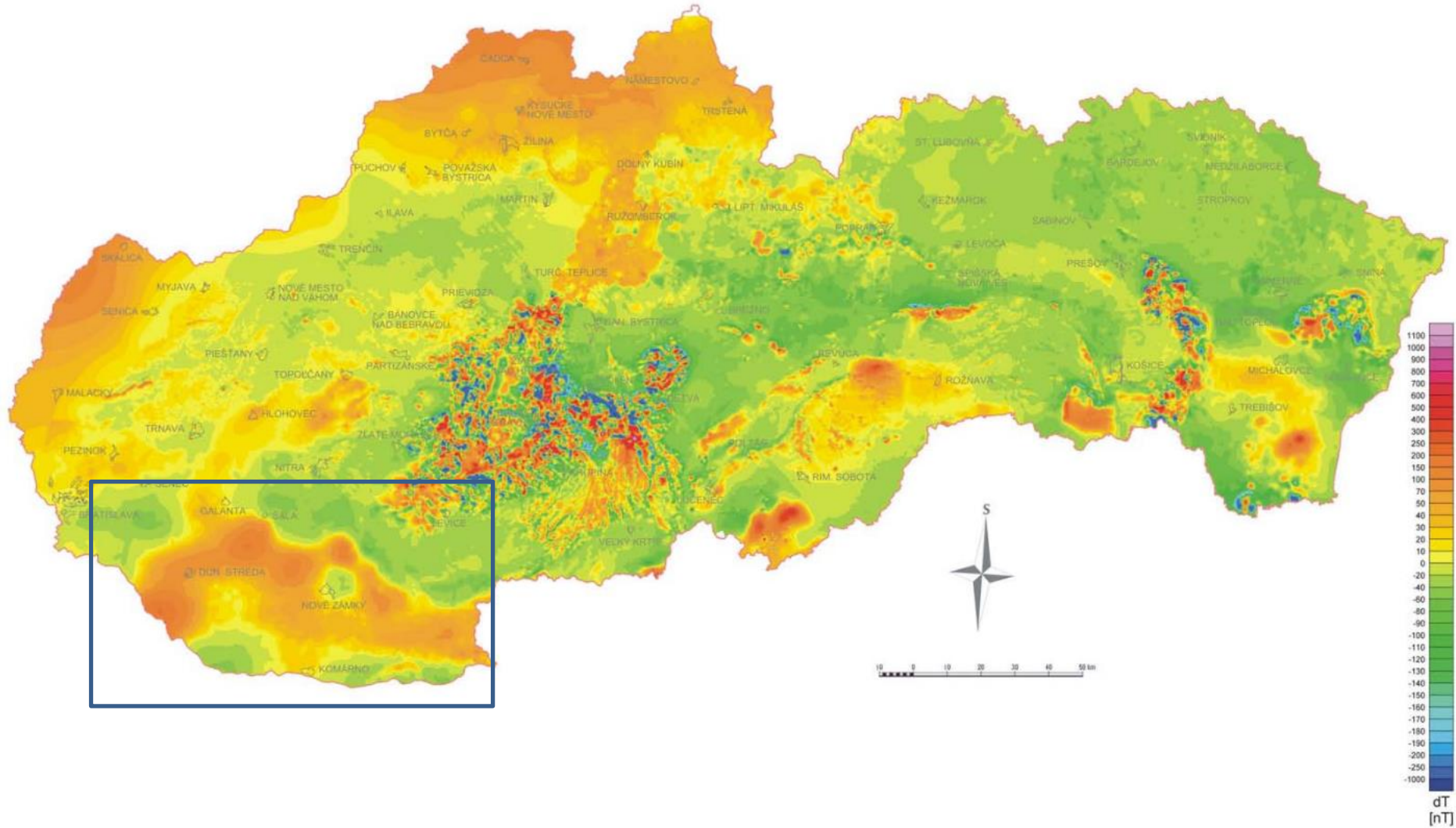
využitie magnetometrie

- v regionálnej a štruktúrnej geológii,
- v ložiskovom a ropnom prieskume,
- v environmentálnom prieskume,
- detekcia archeologických objektov,
- detekcia nevybuchnutej munície
(UXO = UneXploded Ordnance),
- atď.

aplikácie magnetometrie

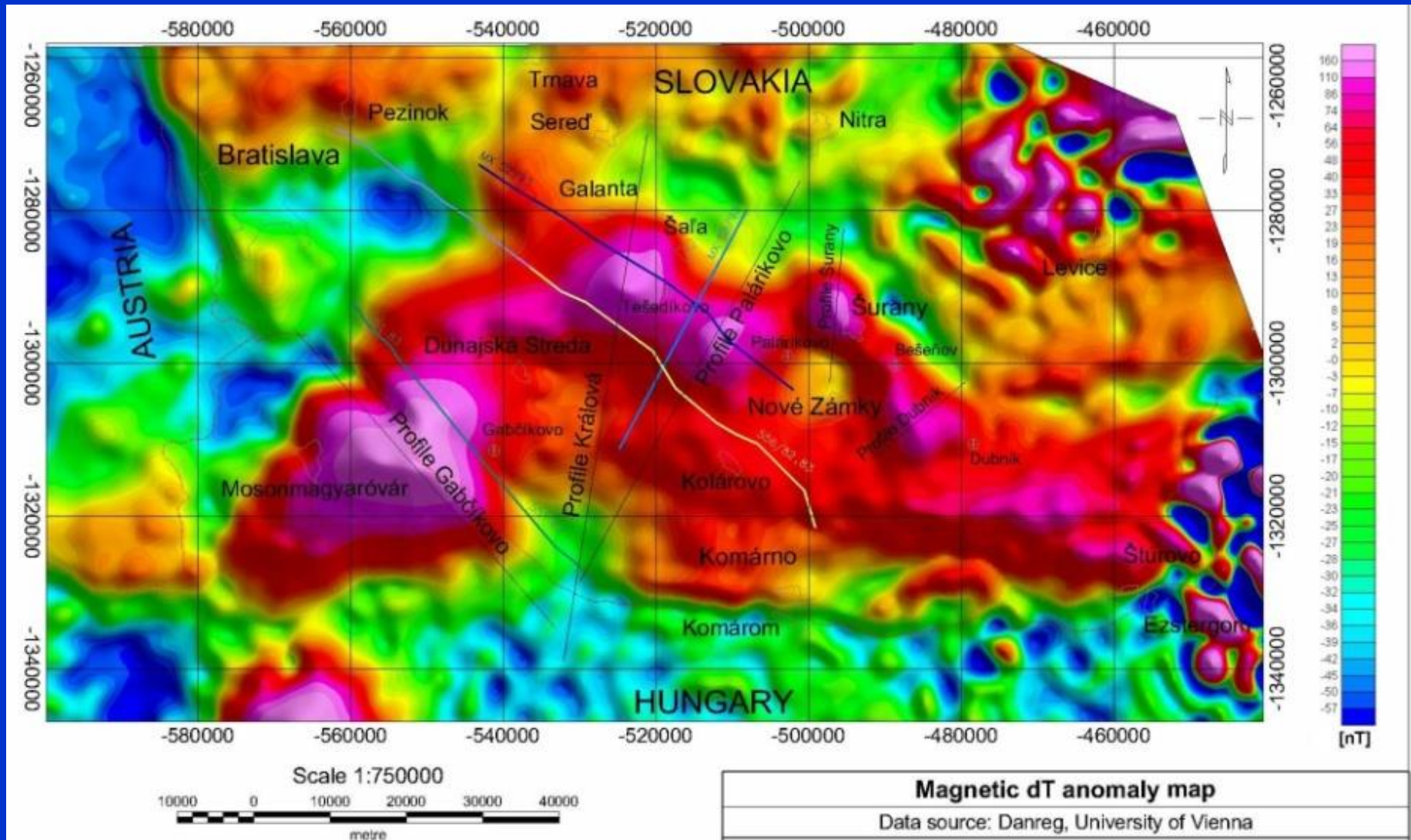
niekoľko príkladov

aplikácie magnetometrie



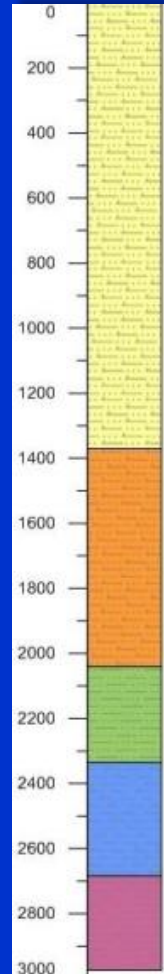
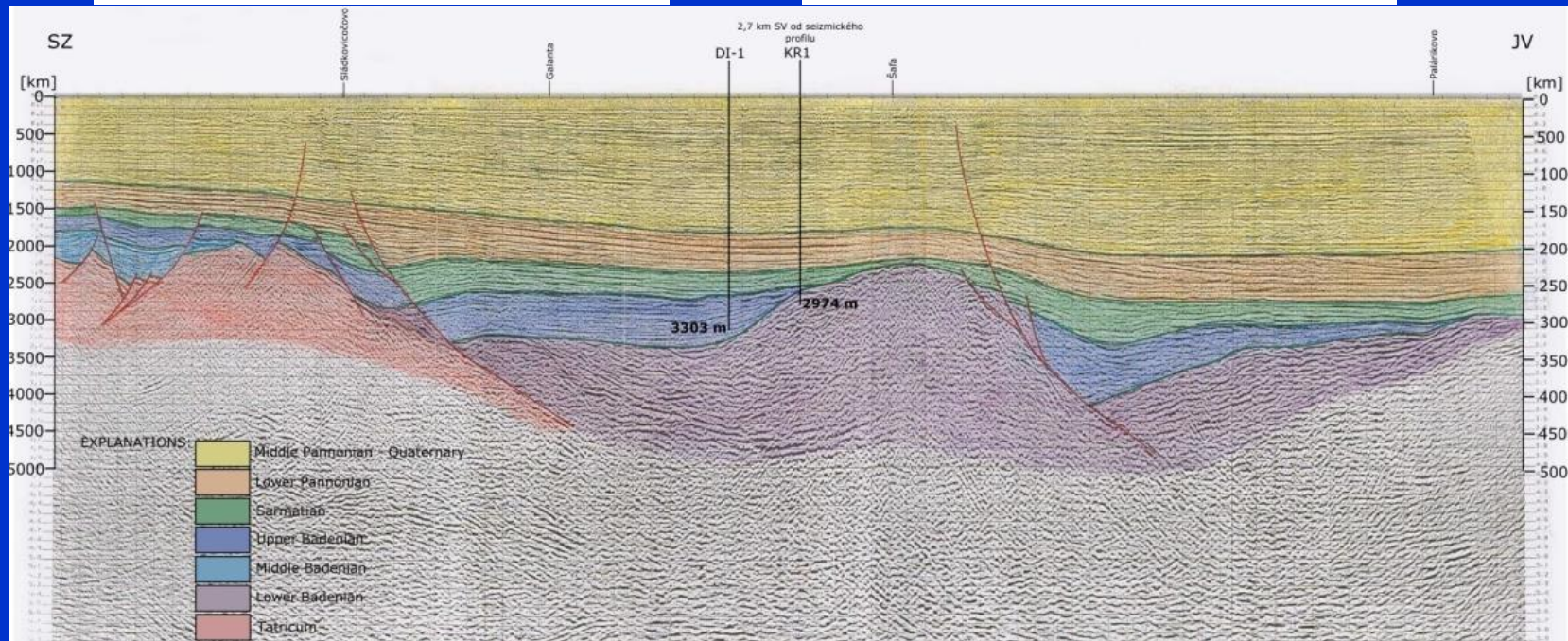
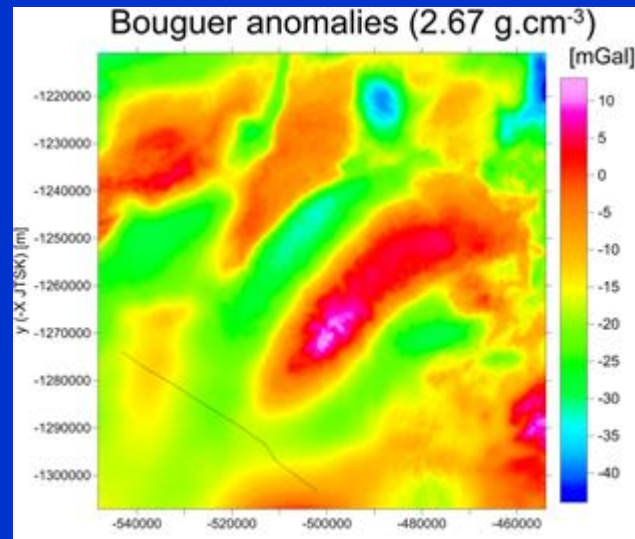
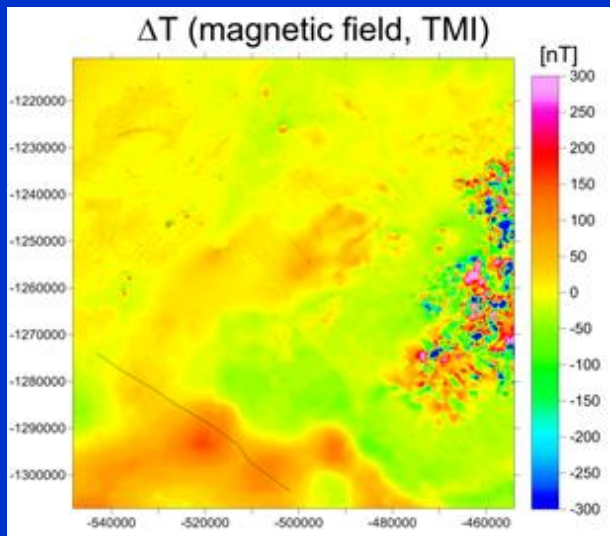
- detail v obdĺžniku bude zobrazený na ďalšom snímku

aplikácie magnetometrie



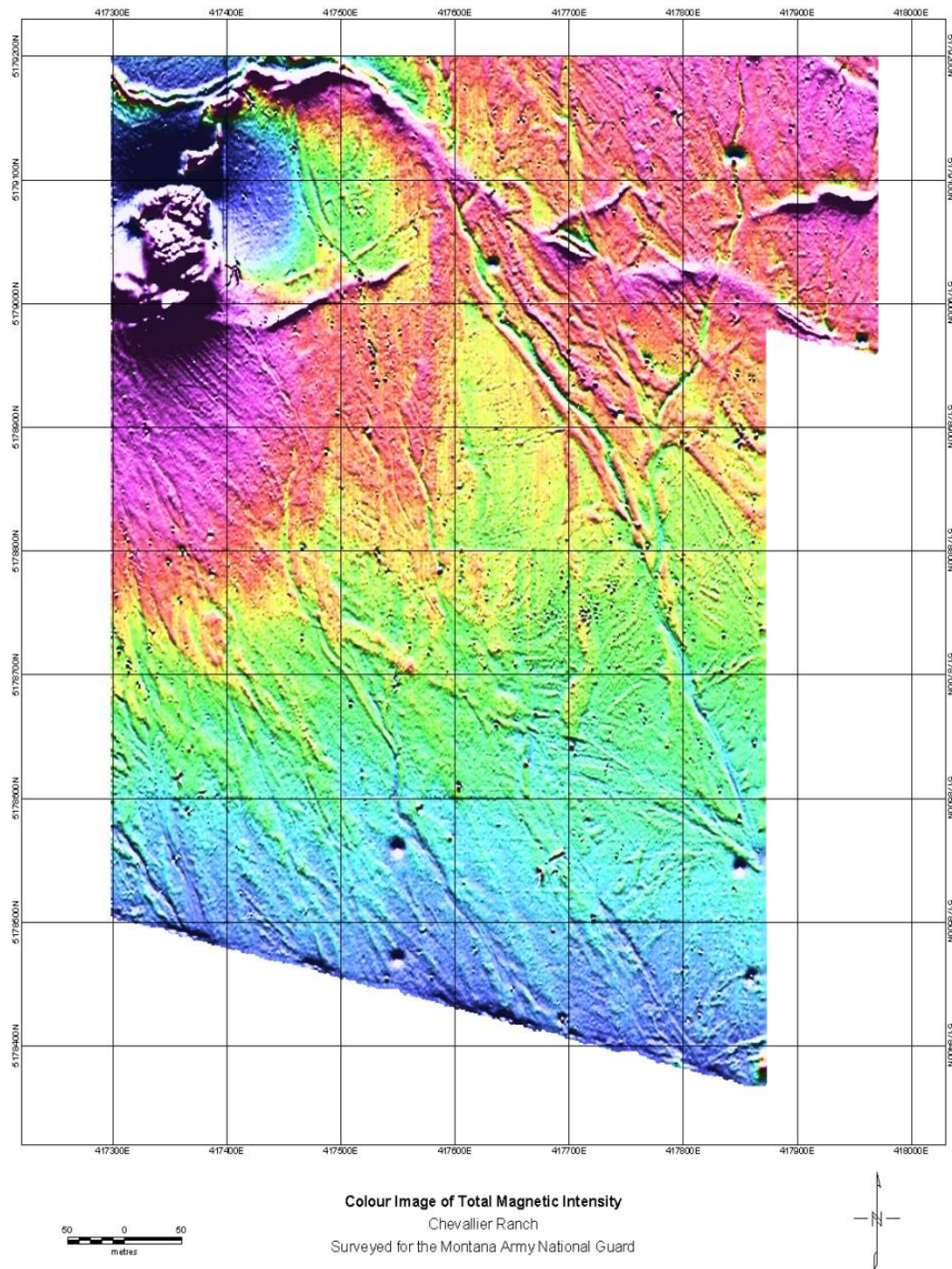
príklad – detail: anomálne magnetické pole (magnetická indukcia) z pohraničia SR, Maďarska a Rakúska.

magnetická anomália pochovaného stratovulkánu Kráľová



interpretovaný seizmický rez MXS2

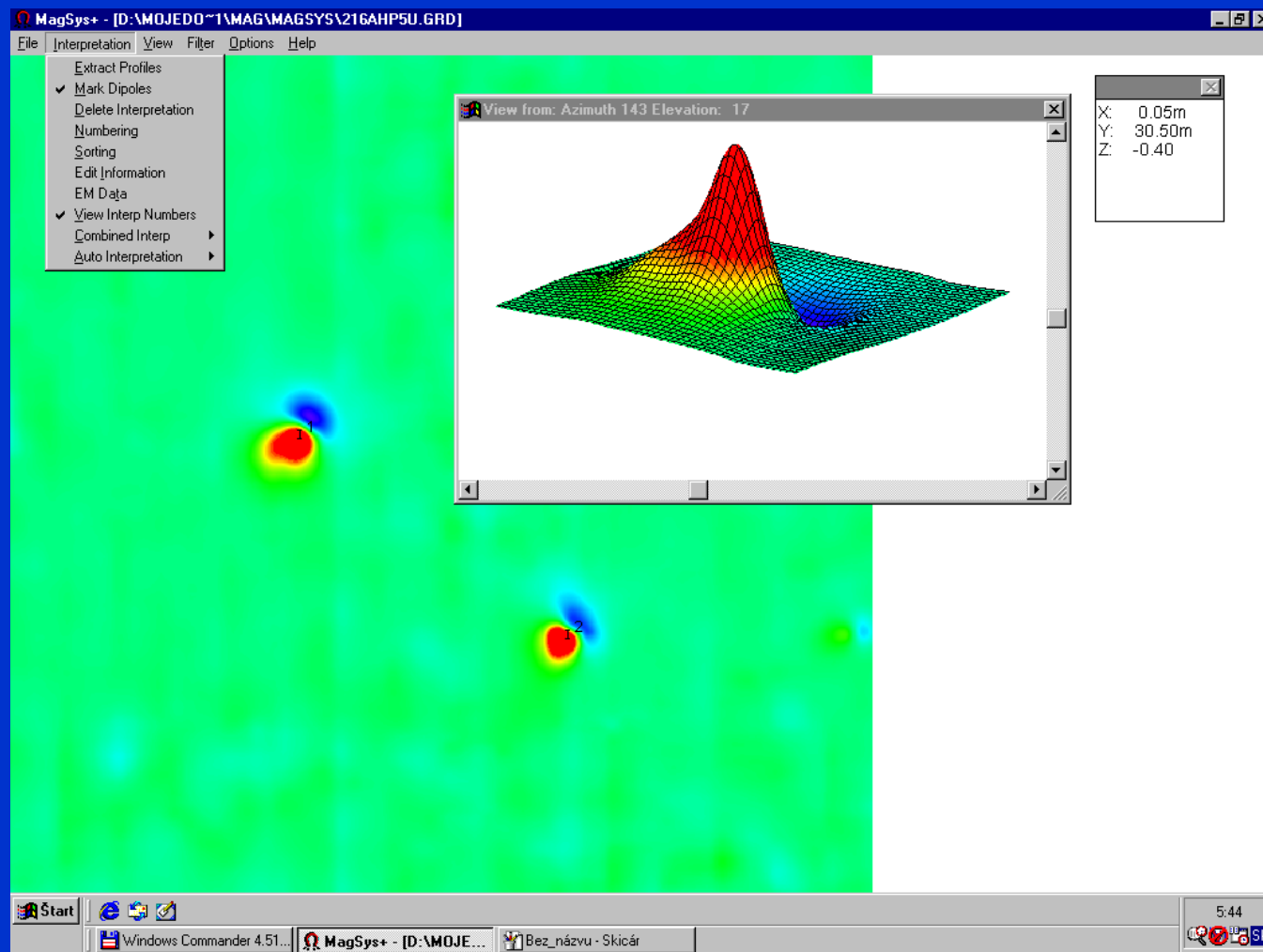
profil vrtu
Diakovce



príklad : anomálne
magnetické pole
(magnetická indukcia),
zmerané
nad bazaltovým
sopečným aparátom
(plocha cca 0.6x0.8 km),

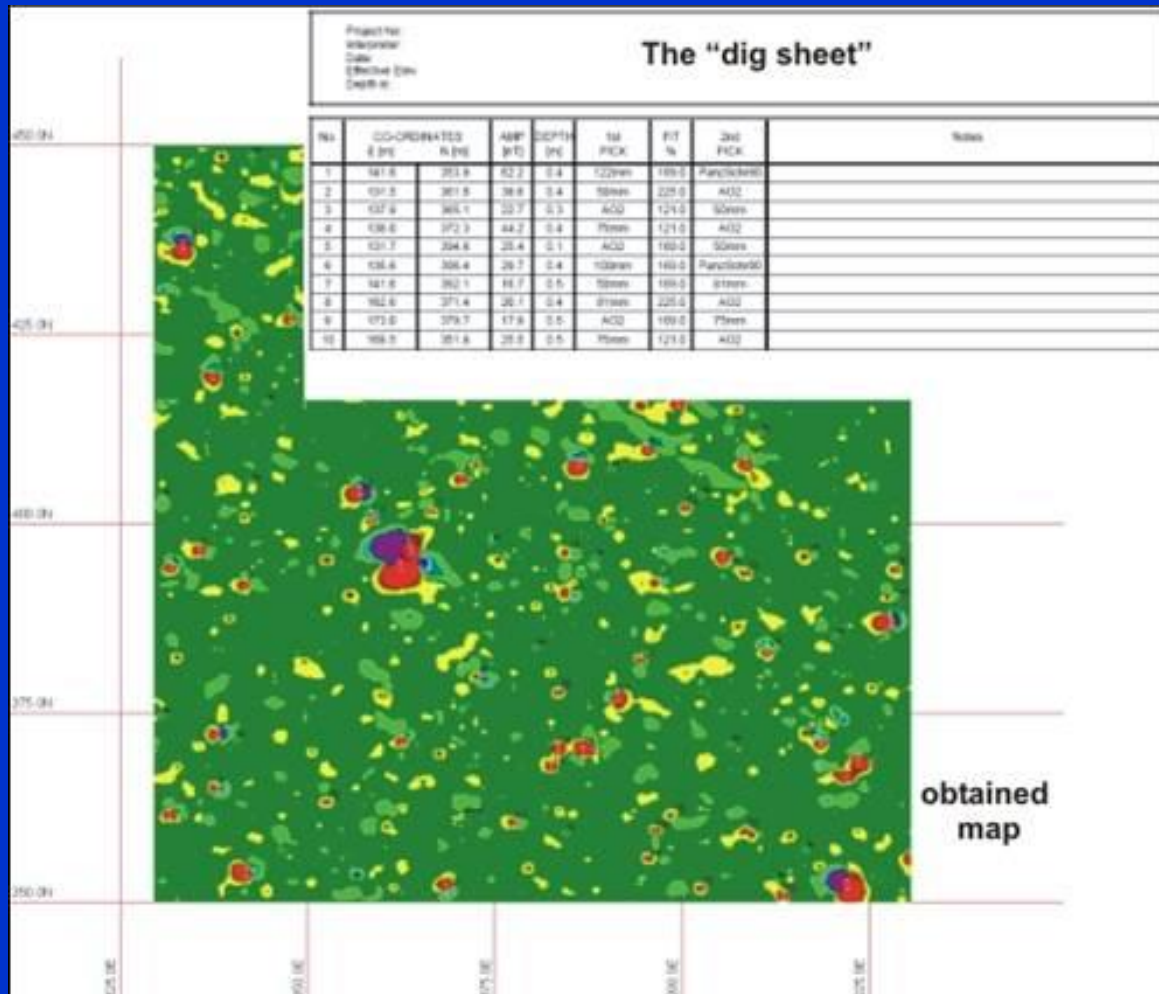
lokalita Chevalier ranch,
Montana, USA

aplikácie magnetometrie – UXO detekcia



Príklad – typické dipólové anomálie namerané nad objektmi nevybuchnutej munície – UXO (železné projektily).

nevybuchnutá munícia z obdobia 2. sv. vojny, lokalita Železná Studienka, Bratislava



vykopané objekty
(mínometné granáty 81 mm)

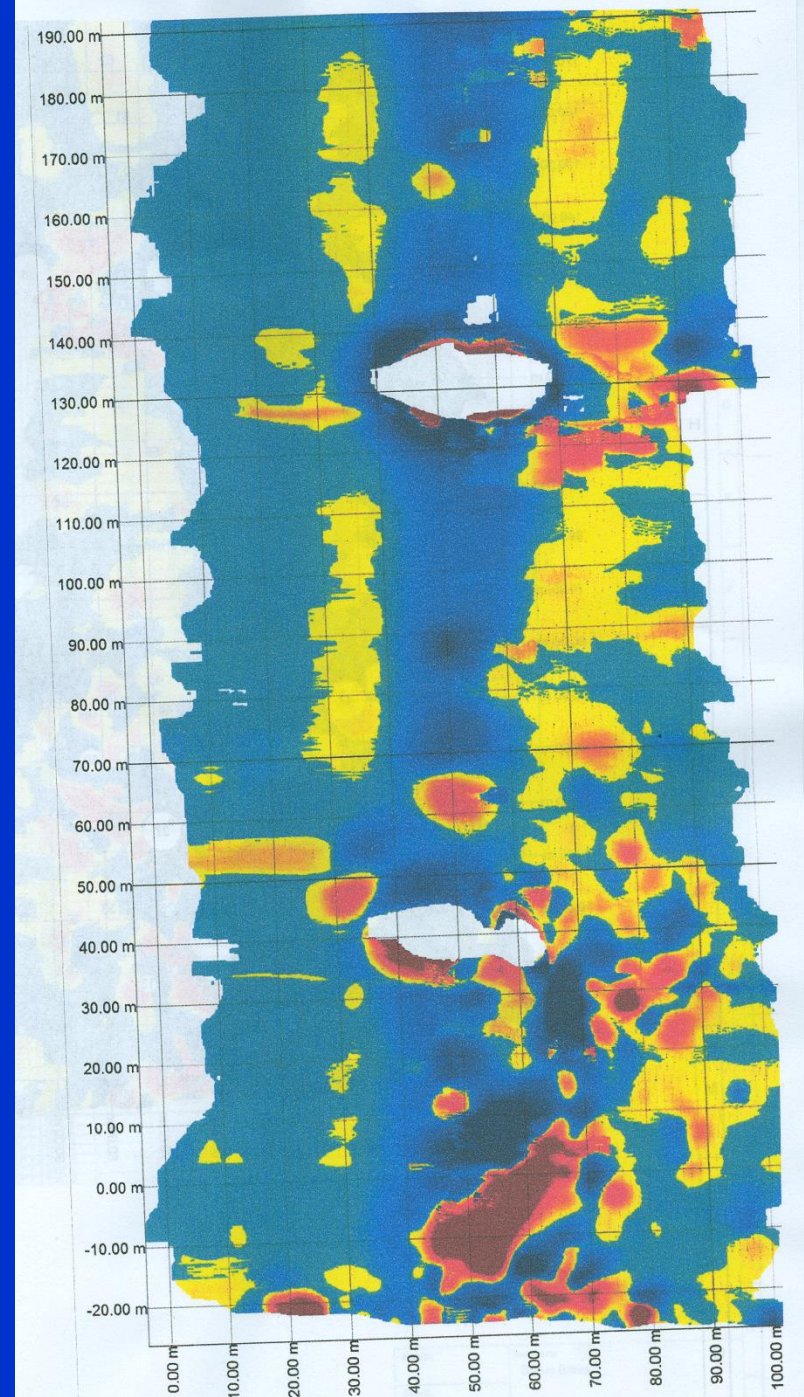


časť premeranej plochy so zoznamom objektov na extrakciu



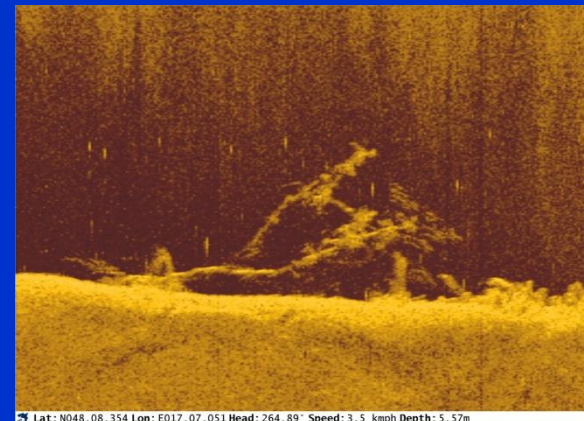
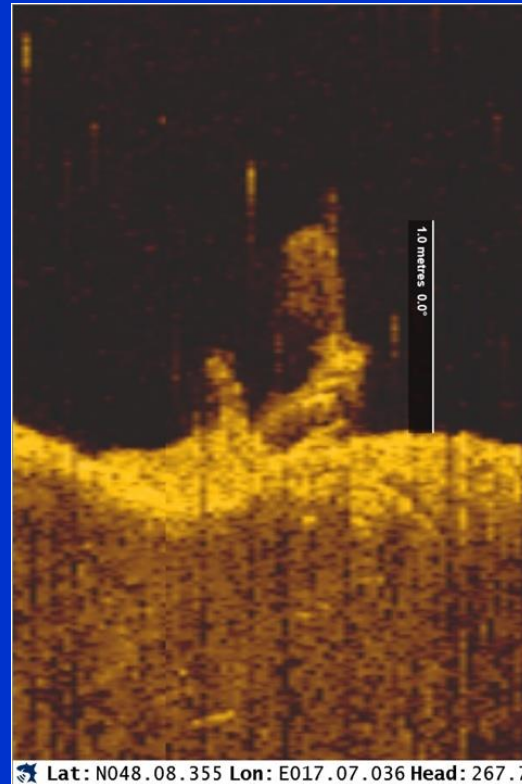
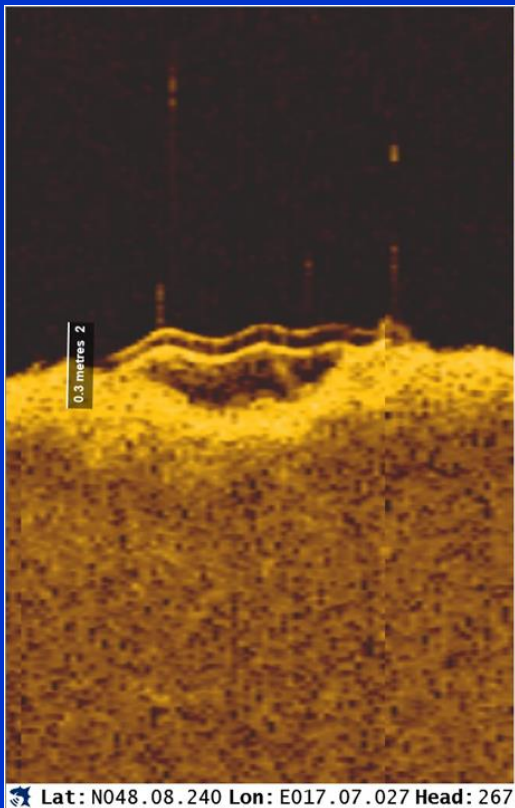
**prieskum riečneho dna –
stavba Starého mosta:
(nevybuchnutá munícia)**

Získaná mapa anomálneho
magnetického poľa
poukazuje na relatívne
veľké množstvo železných
objektov na dne rieky.

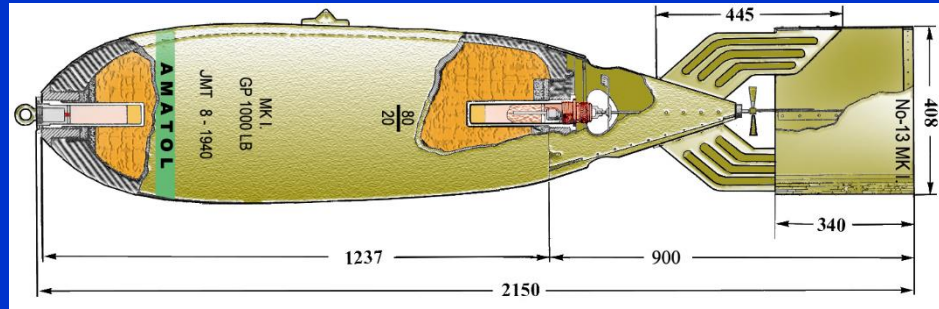


prieskum riečneho dna – stavba Starého mosta:

Objekty neboli overované fyzicky, ale na základe výsledkov sonarového prieskumu.



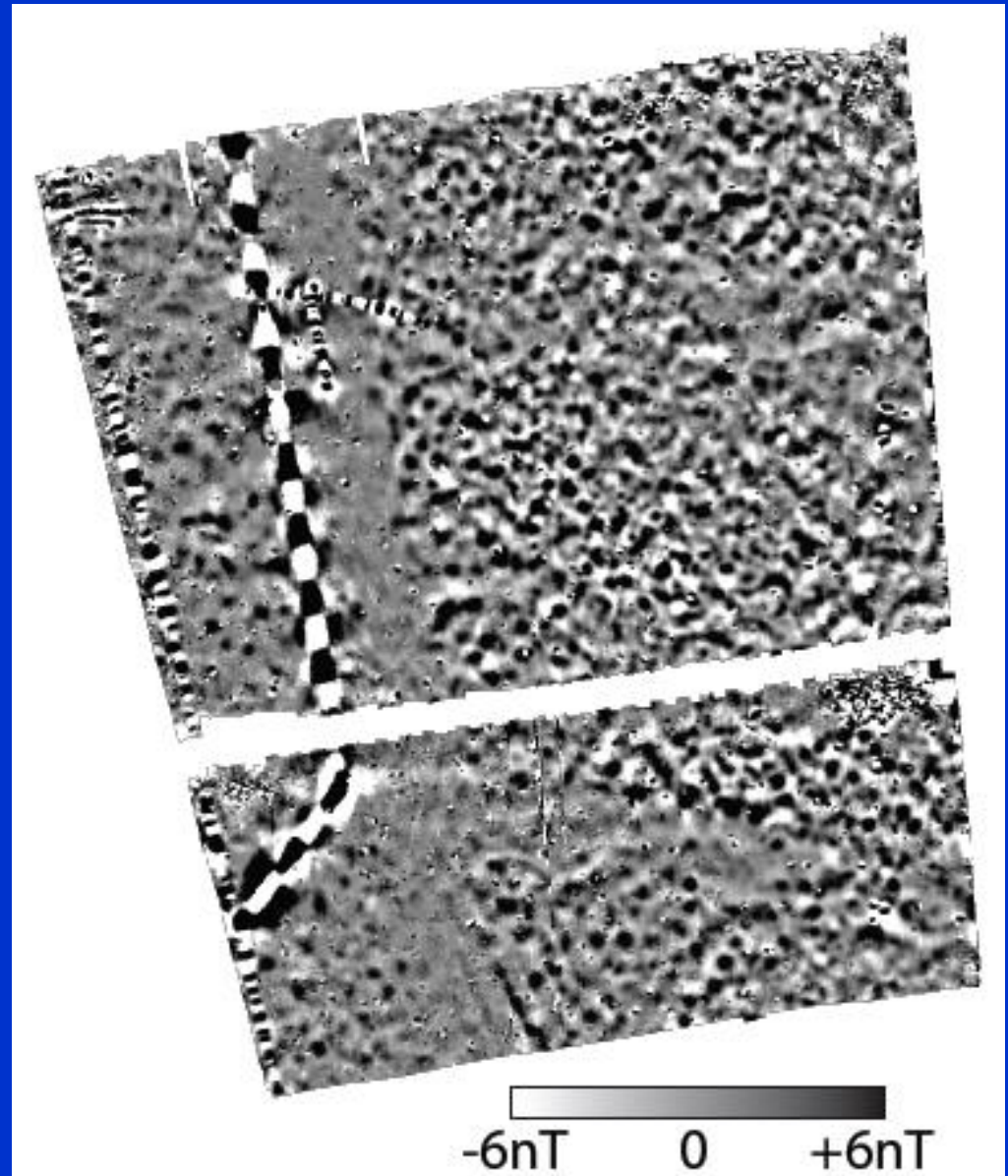
Problém detekcie nevybuchnutej munície v BA (bývalá Apolka):



aplikácie magnetometrie

Príklad – prejav oceľového
potrubia (typické spojenie
dipólových anomálií od
jednotlivých častí potrubia)

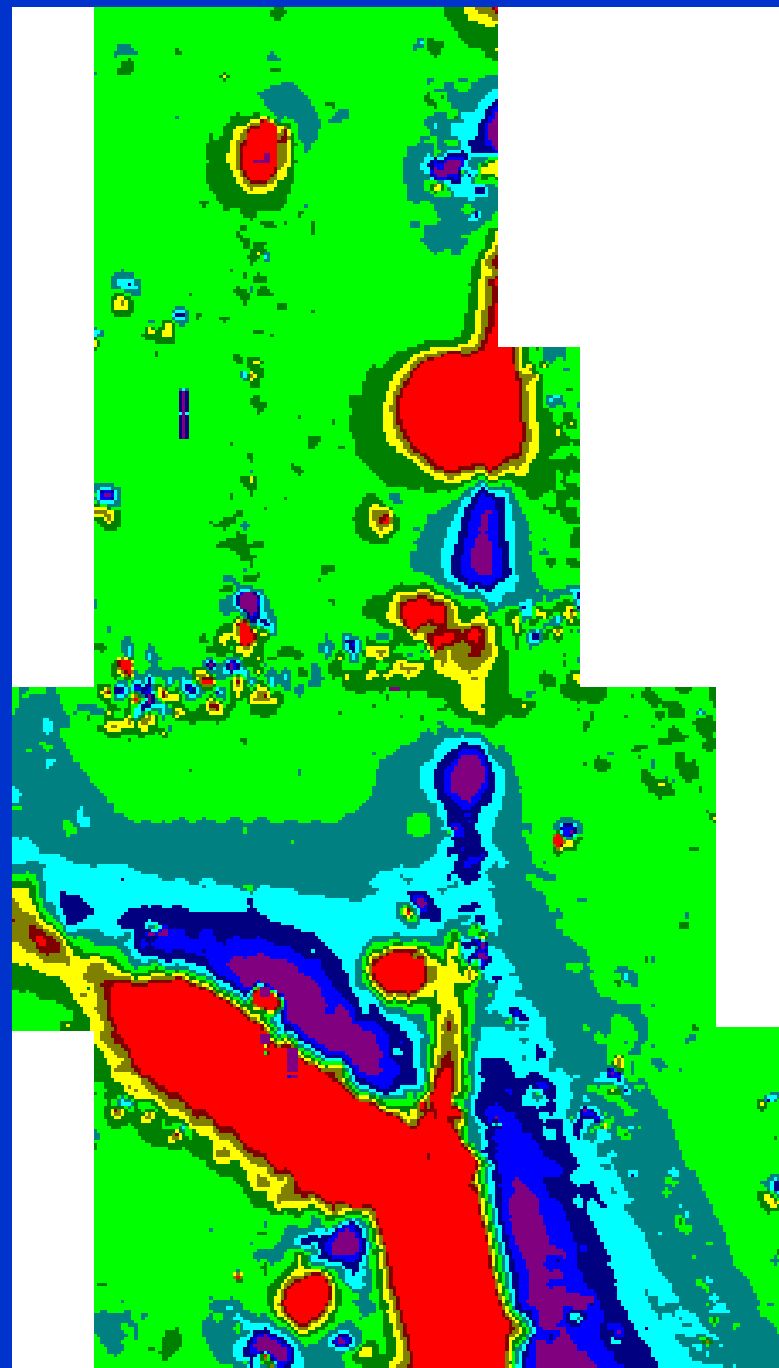
lokalita: Kiel, severné
Nemecko



aplikácie magnetometrie

Príklad – prejav
železobetónového krytu
kanalizácie a oceľového
potrubia

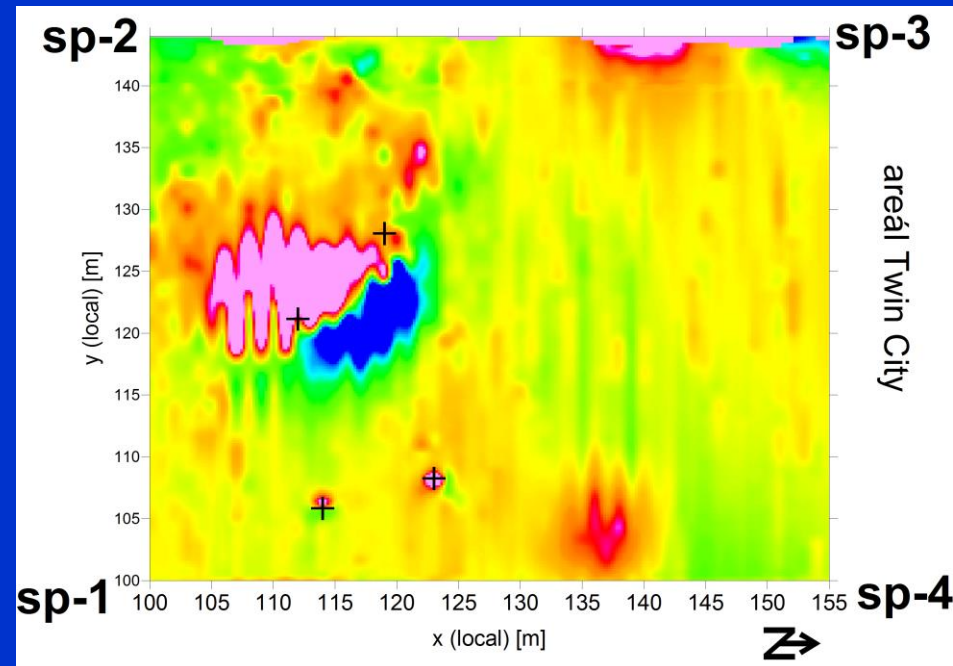
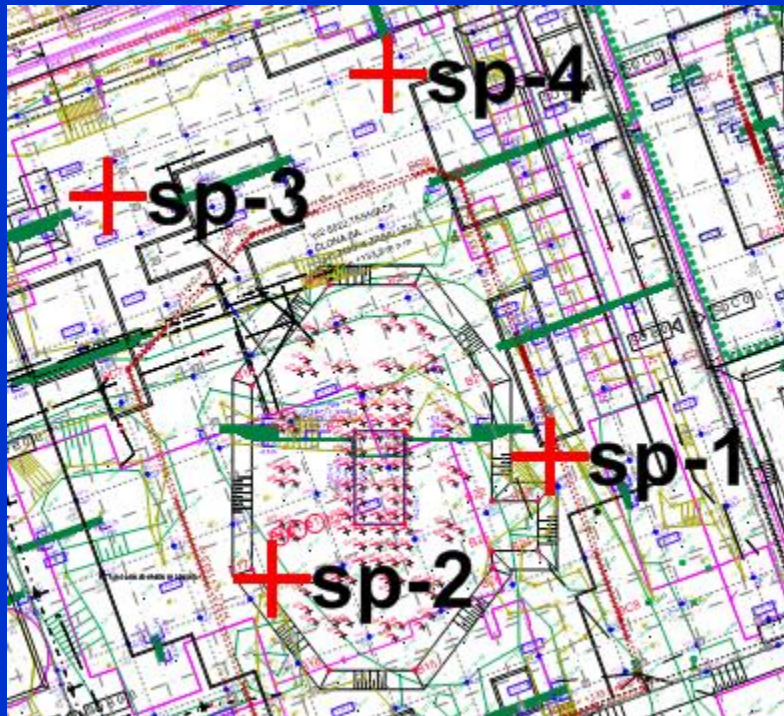
lokalita: Draždiak,
Bratislava



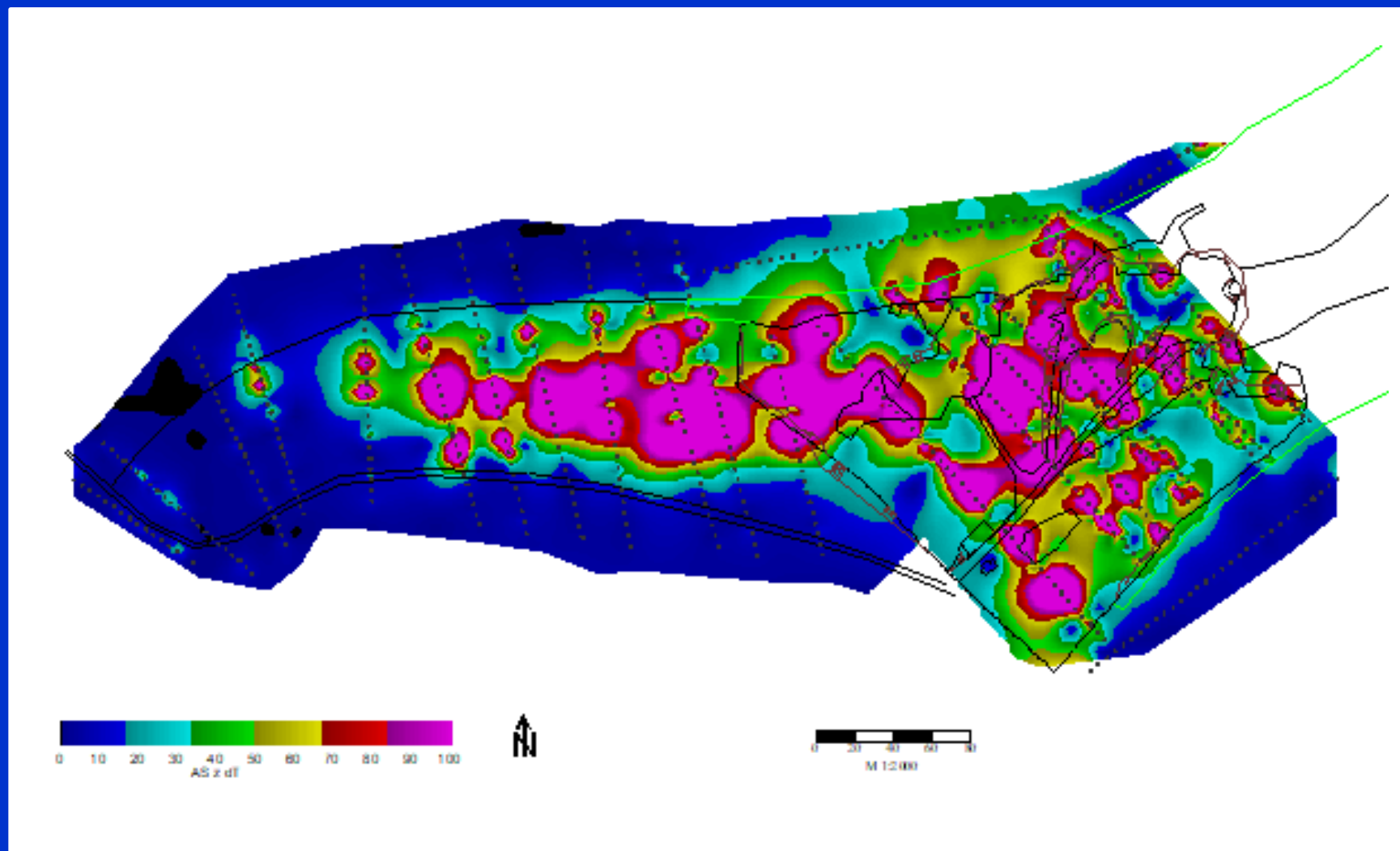
aplikácie magnetometrie

Príklad – prejav zvyšku
železobetónovej platne.

lokalita: stavenisko Skypark,
Bratislava



aplikácie magnetometrie – environmentálne problémy



Vymapovanie zasypaných železobetónových blokov na starej skládke (Uzovská Panica).

aplikácie magnetometrie – environmentálne problémy



Legende:

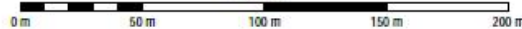
Gemessene Profile Geoelektrik:



Profilmeter:



Maßstab



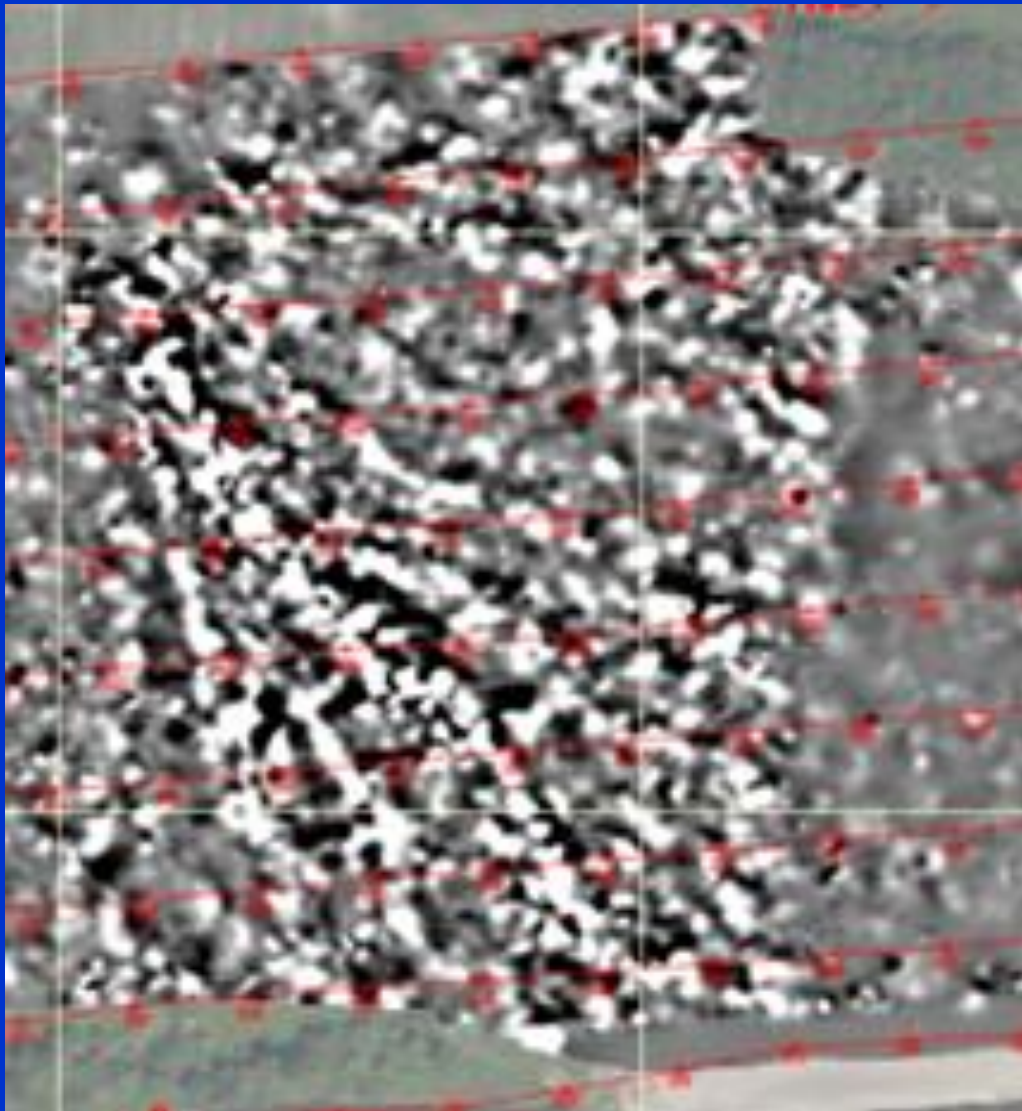
Geomagnetischer Gradient [nT/m]



Geomagnetische Messung		S1 Wiener Außenring	
Schafferhof		Anlage 04	
Vermessungssysteme:	Koordinaten-system:	Datum:	Geopunkt:
Sensys MX PDA	MGR / Austria GK East	15.10.2020	JHO
	EPSG:31256		
Messraum:	GZ:	Maßstab:	Papierformat:
21.09.2020 - 03.10.2020	220024	1 : 2000	A3

Vymapovanie úniku železitých kalov z bývalej skládky (lokalita Schafferhof pri Viedni).

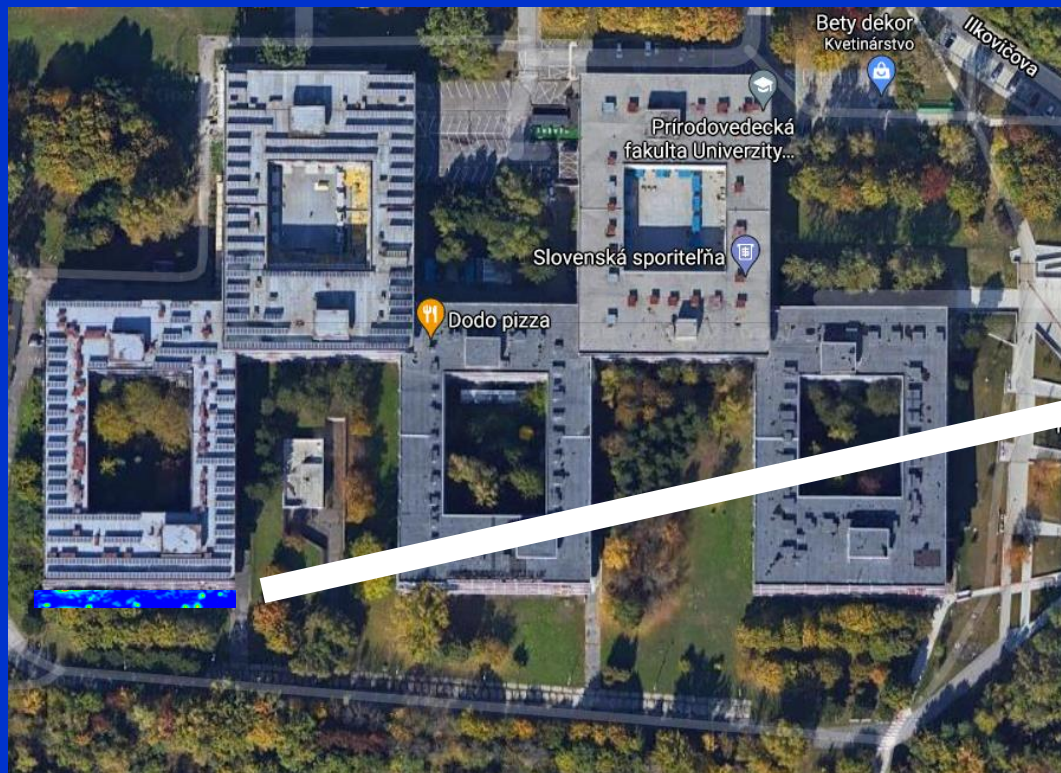
aplikácie magnetometrie – environmentálne problémy



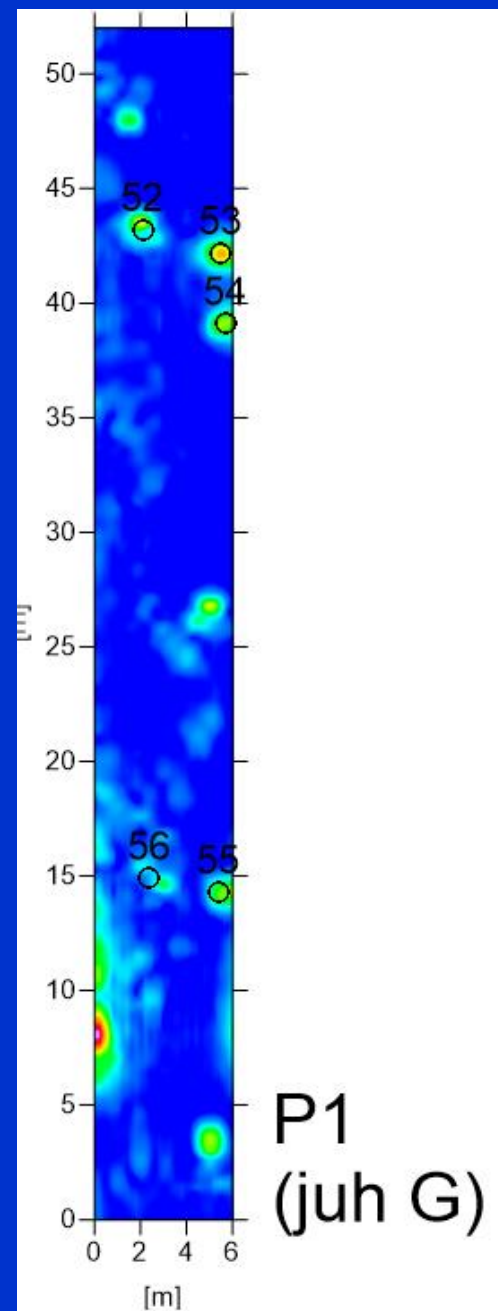
Vymapovanie úniku železitých kalov z bývalej skládky
(lokalita Schafferhof pri Viedni).

využitie magnetometrie pri skutočne praktických záležitostiach... ;-)

hľadanie zakrytých kanálových poklopov
v okolí fakulty...



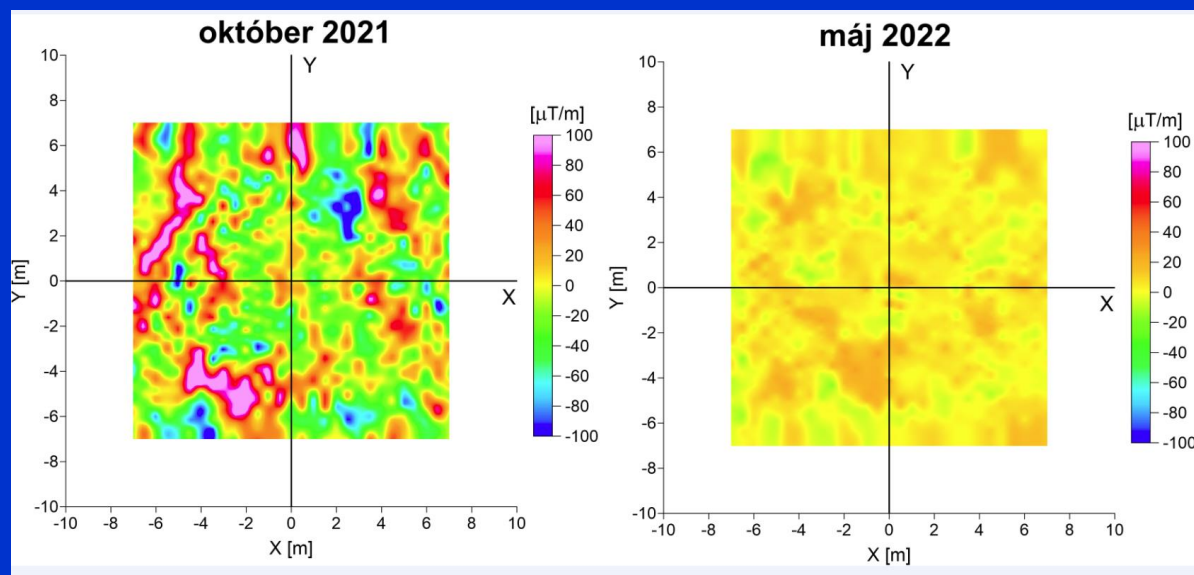
príklady
nájdenných
poklopov...



využitie magnetometrie pri skutočne praktických záležitostiach... ;-)



štúdium anomálneho
magnetického poľa
na heliporte
(Národný ústav srdcových
a cievnych chorôb a.s.)



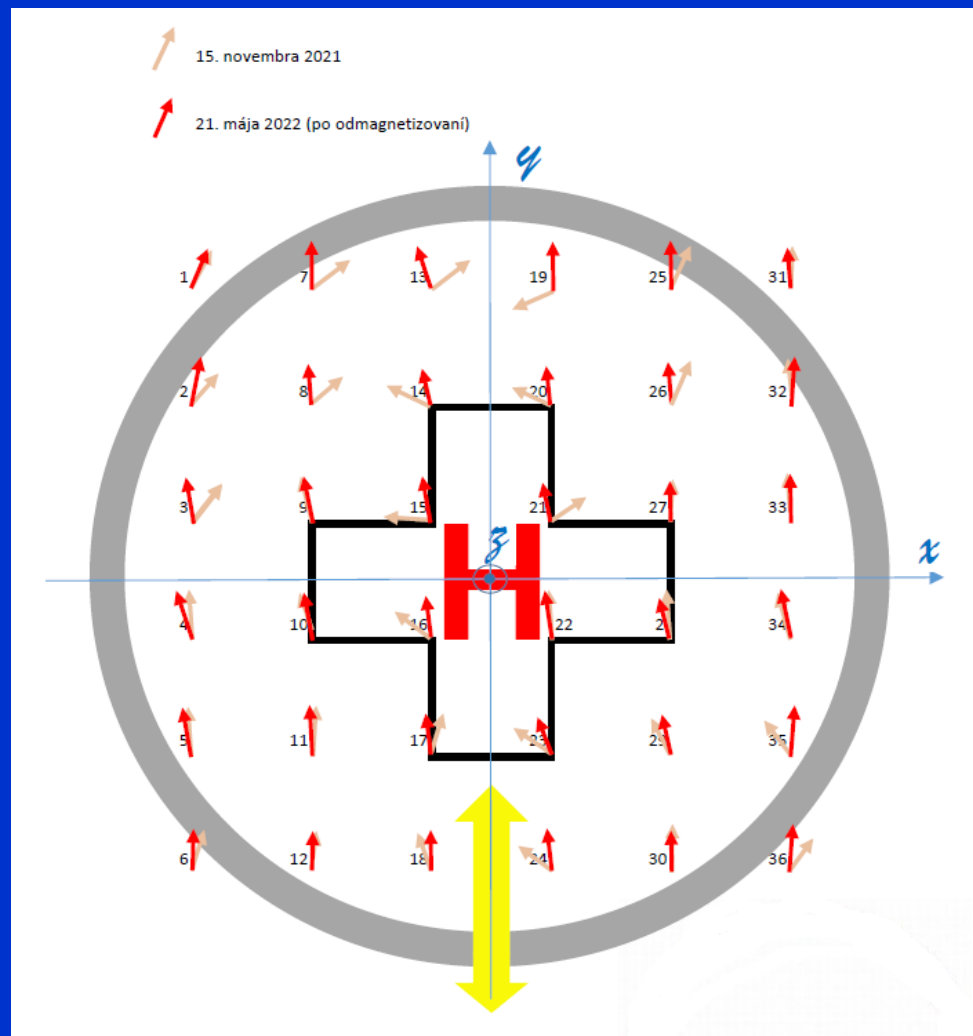
pred demagnetizáciou

po demagnetizácii

využitie magnetometrie pri skutočne praktických záležitostiach... ;-)

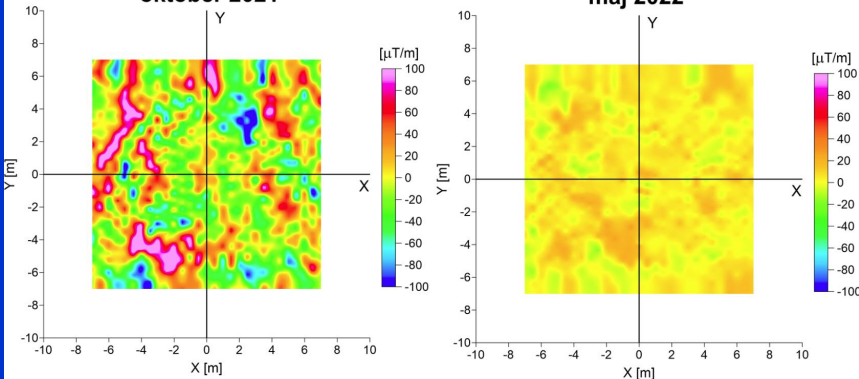


Odmagnetizovanie heliportu v stredu, 18. mája 2022



október 2021

máj 2022



pred demagnetizáciou

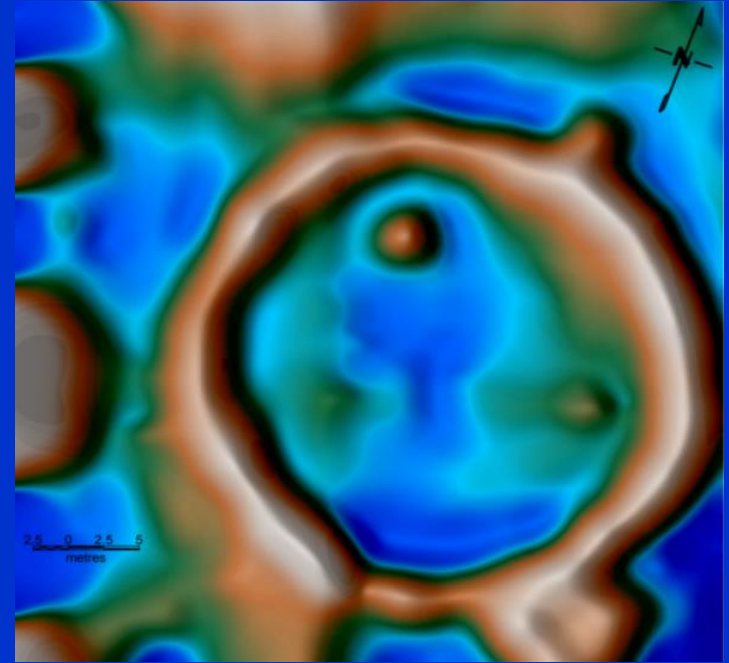
po demagnetizácii

aplikácie magnetometrie - archeológia

letecká snímka – letné obdobie



anomálne magnetické pole



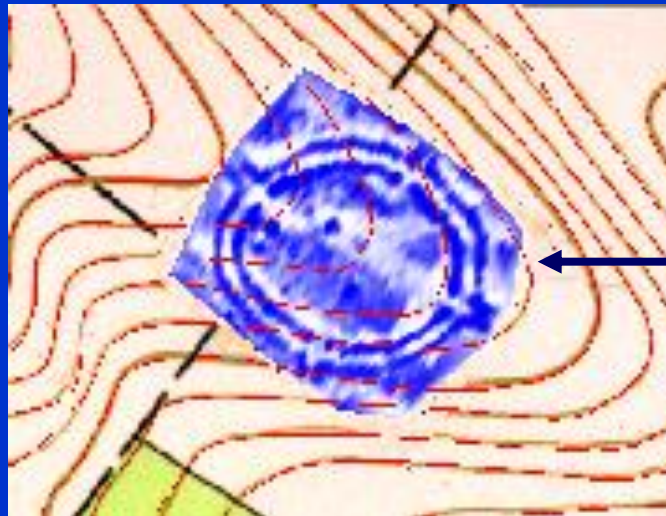
BRANČ, okr. Nitra, obdobie: doba bronzová – 18. stor. p.n.l.

aplikácie magnetometrie - archeológia

letecká snímka – letné obdobie



letecká snímka – zimné obdobie

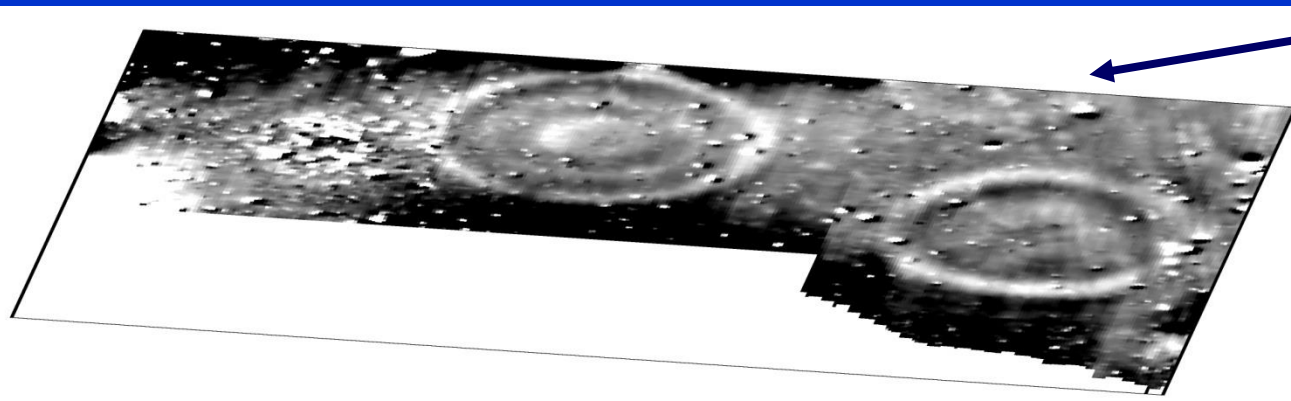


anomálne
magnetické pole

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

Príklad – mapovanie archeologických štruktúr vďaka zvýšenej koncentrácii magnetických minerálov v humuse (tzv. rondel).

aplikácie magnetometrie - archeológia



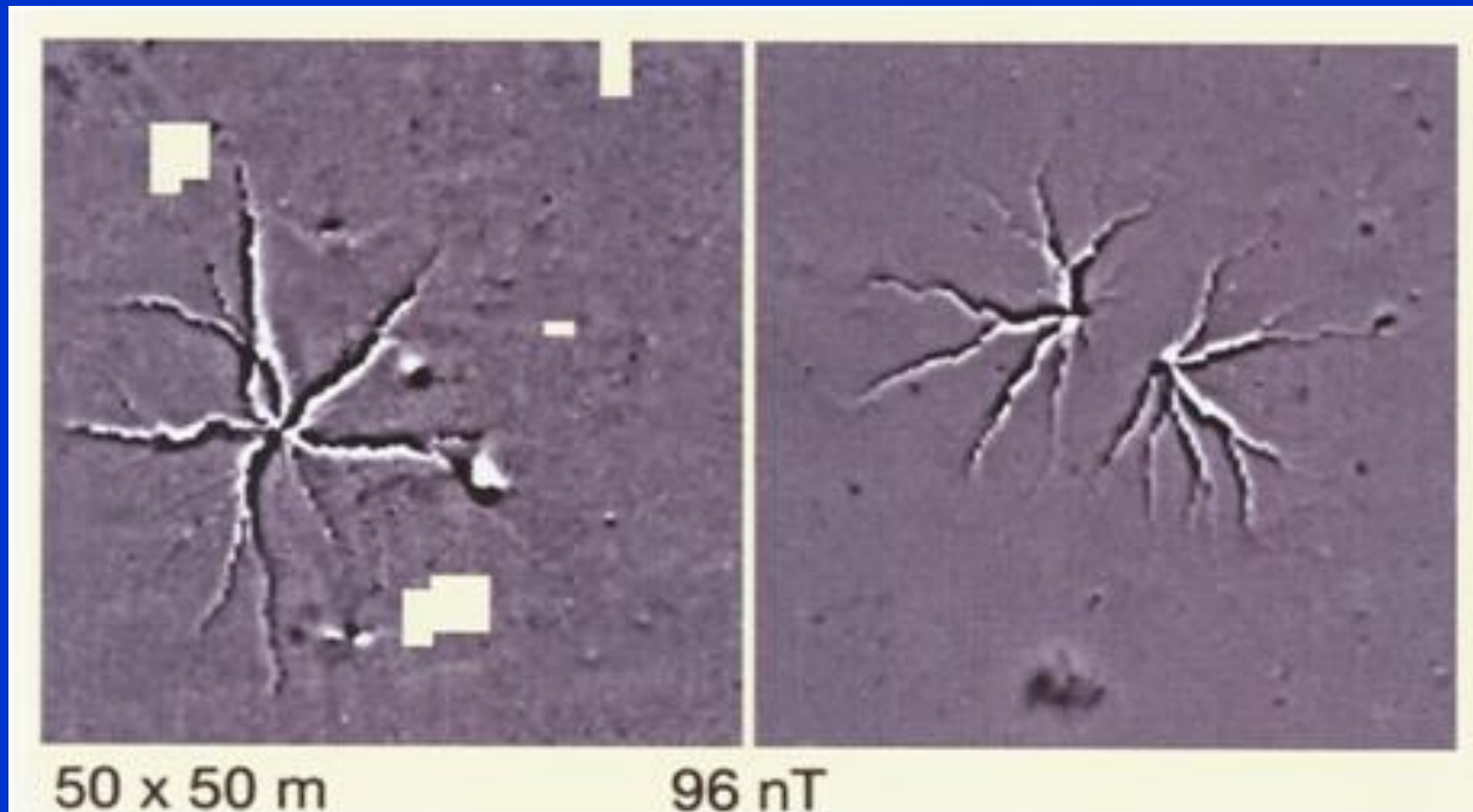
zmerané anomálne
magnetické pole



letecká
fotografia

lokalita: Biely Kostol (pri Trnave), halštatské mohyly

Príklad – mapovanie archeologických štruktúr vďaka rozdielnym magnetickým vlastnostiam použitých materiálov (aj napr. vďaka zvýšenej koncentrácii magnetických minerálov v humuse).



príklady anomálií po údere blesku (izotermálna remanentná magnetizácia)

Ďakujem za pozornosť!