

Magnetické vlastnosti nevystrelených a vystrelených 100 mm projektílov a ich dopad na interpretáciu pri magnetometrickej detekcii nevybuchnutej munície (UXO)

**Autori: doc. RNDr. Roman Pašteka, PhD.
RNDr. Ján Mikuška, CSc.
RNDr. Roland Karcol
RNDr. Ivan Marušiak
ppl. Ing. Juraj Kadecký**

9. SGK, 23. jún 2011

Projekt: Nové metódy detekcie munície

Zadávatel': Ministerstvo vnútra SR

Úloha: 4/2008

Štúdium odlišiteľnosti nevybuchnutej vystrelenej a nevystrelenej munície a nevýbušných železných objektov pomocou magnetometrickej metódy na základe rozdielov v ich magnetizácii

Ciele: - študovať vplyv remanentnej magnetizácie na interpretáciu presných magnetometrických meraní za účelom detekcie UXO

- semikvantitatívne zhodnotiť pomer indukovanej a remanentnej magnetizácie projektilov

- dopracovať metodiku približného odhadu magnetickej susceptibility projektilov

2 hlavné princípy detekcie nevybuchnutej munície:

a) elektromagnetická indukcia („detektory“)

b) meranie magnetického poľa zeme

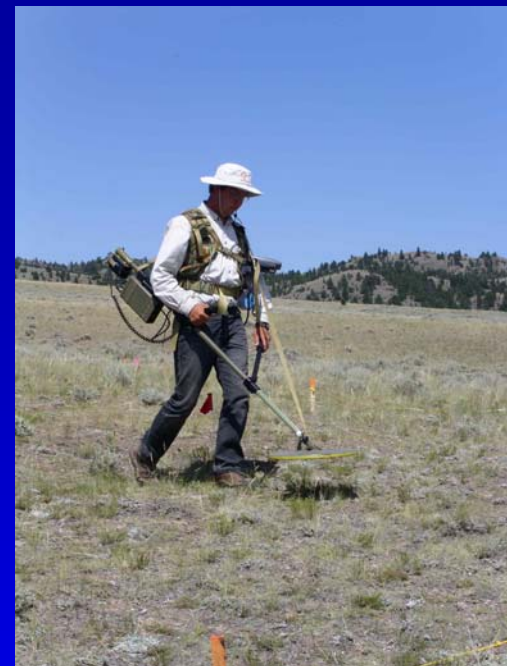
„Detektory kovov“

Výhody:

- reagujú na všetky druhy kovov
- sú relatívne imúnne na geologické anomaly (vulkanické horniny)

Obmedzenia:

- pomalšia operácia (<1 Ha pri ručne nesenom systéme)
- nižší hĺbkový dosah (vo väčšine prípadov do 1 m)



2 hlavné princípy detekcie nevybuchnutej munície:

a) elektromagnetická indukcia („detektory“)

b) meranie magnetického poľa zeme

„Magnetometre“

Výhody:

- rýchlejšia operácia (<3 Ha pri ručne nesenom systéme)
- väčší hĺbkový dosah (pri väčšej munícii až do 3-4 m)

Obmedzenia:

- reagujú iba na feromagnetiká (železo)
- značne ovplyvniteľná geologickými anomáliami (vulkanické horniny)



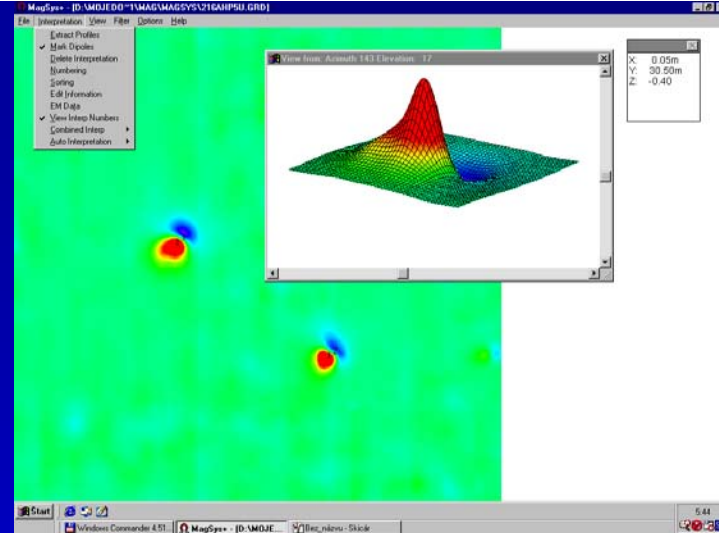
Magnetometria

- používané rôzne druhy senzorov
(protónové, céziové, fluxgate)

- železné objekty sa prejavujú jasne definovateľnými anomáliami
s dipólovým charakterom

- dôležitý výstup: odhad veľkosti a hĺbky uloženia objektov

- dôležitý aspekt: pomer počtu detekovanej skutočnej munície
ku počtu ostatných (nie nebezpečných) objektov,
tzv. ‚false alarm ratio‘
(pri bežných analógových detektoroch v priemere 1:30,
pri digitálnych technológiách 1:3, príp. 1:2)

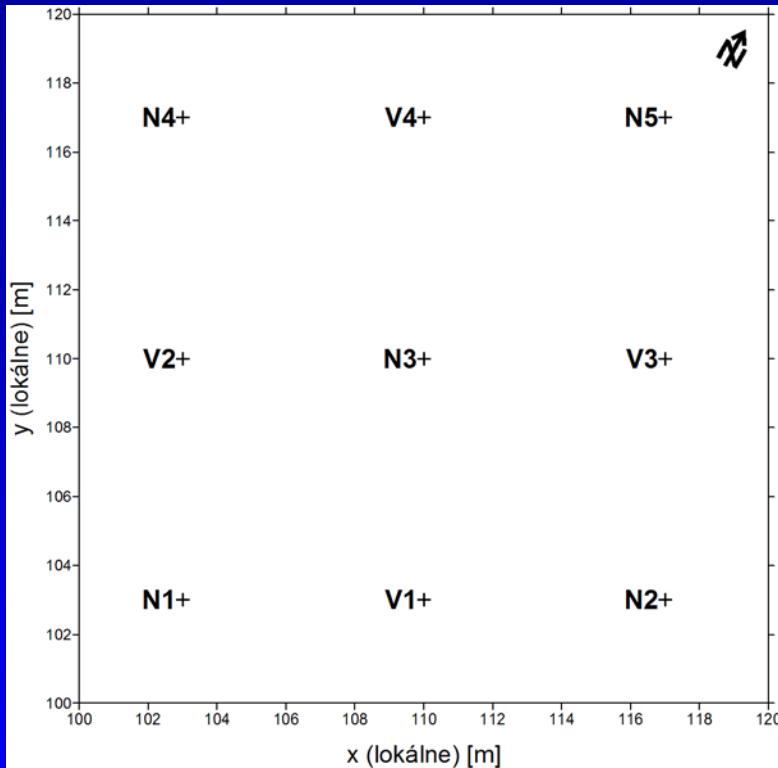


realizácia pokusných meraní v teréne



- a) študované strely kalibru 100 mm - 9 ks (5 ks nevystrelené a 4 ks vystrelené – „nevybuchnuté“);
- b) príklad nevystreleného projektilu (N1);
- c) príklad vystreleného projektilu (V1).

realizácia pokusných meraní v teréne



- a) rozmiestnenie projektilov pri pokusných meraniach na ploche 20 x 20 m;
- b) príklad usporiadania projektilov počas pokusných meraní;

realizácia pokusných meraní v teréne



hor_000°



hor_090°



hor_180°



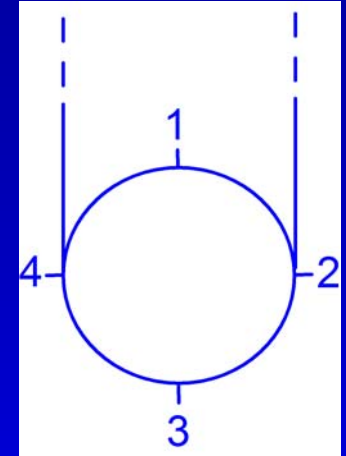
hor_270°



ver_000°



ver_180°



b)

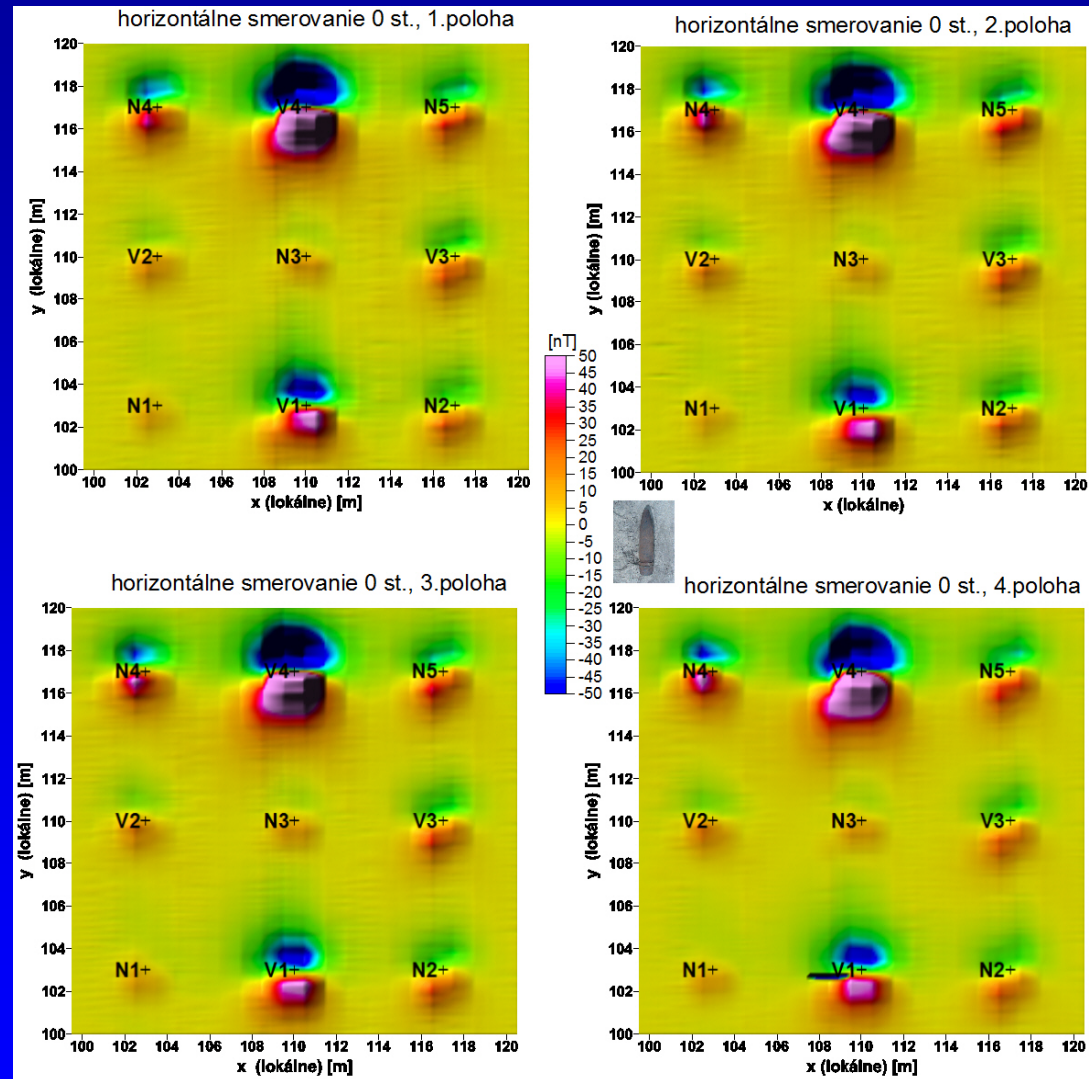
a)

- a) 4 horizontálne a 2 vertikálne „smerovania“ projektilov;
- b) 4 rôzne polohy projektilu (rotácia okolo pozdĺžnej osi);

realizácia pokusných meraní v teréne



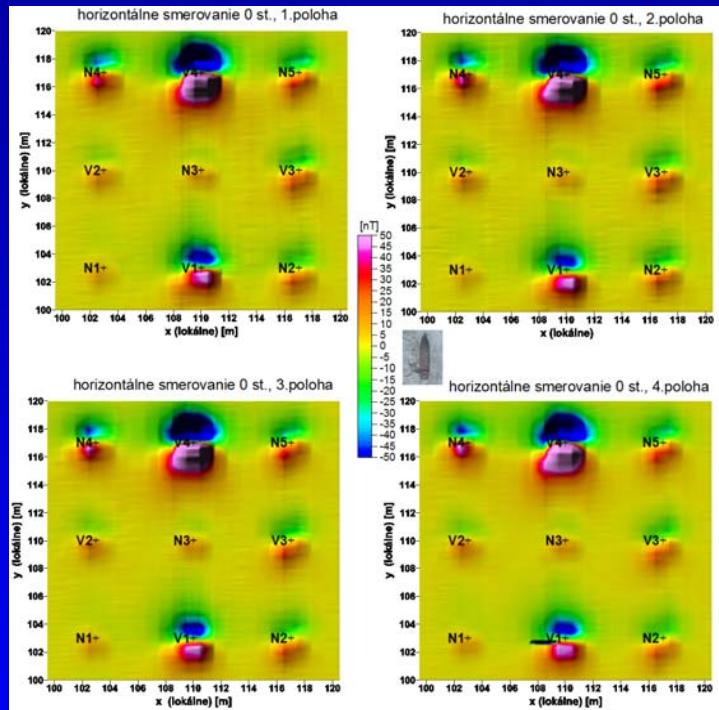
a)



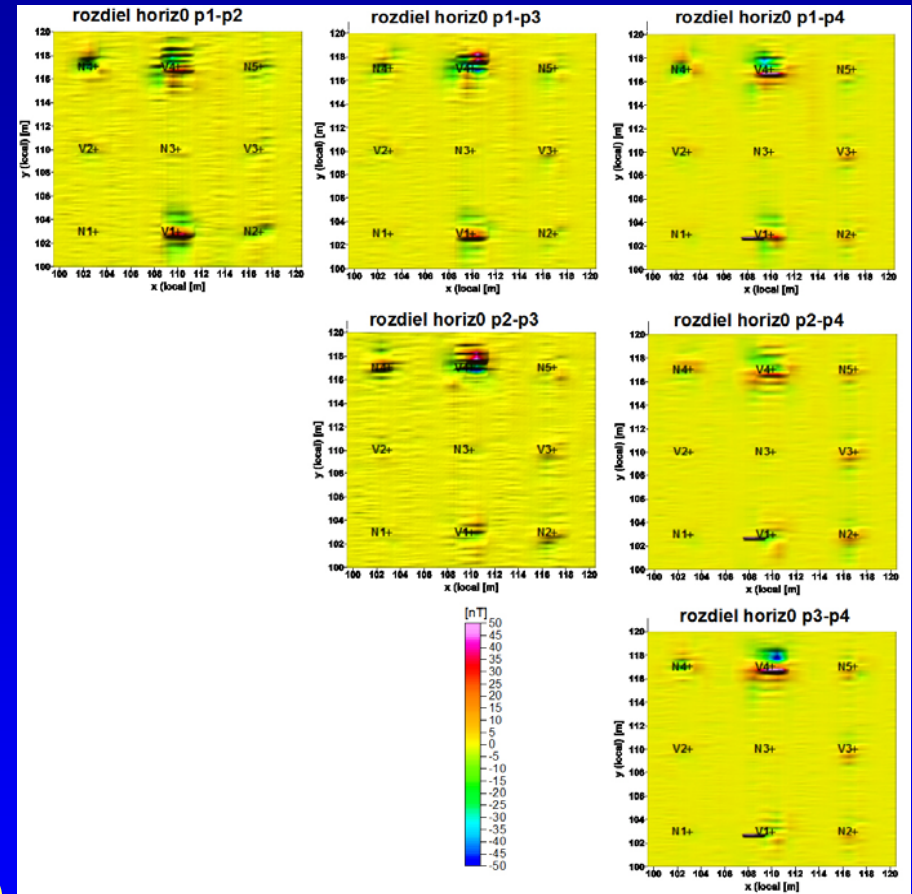
b)

- a) usporiadanie meracieho systému v teréne (1 m vzdialenosť senzorov);
b) typický výsledok merania – anomálne pole ΔT (hor₀°);

realizácia pokusných meraní v teréne



a)



b)

- a) anomálne pole ΔT (hor₀°);
- b) Rozdielové mapy pre rôzne polohy projektilu (hor₀°);

interpretácia terénnych meraní – ‚fitovanie‘ dipólu a elipsoidu

program Magsys

MagSys+ - [C:\ROMAN\G-TREND\TM-4\MAGSYS\HOR0P1.GRD]
File Interpretation View Filter Options Help

Interpretation Information and Modelling

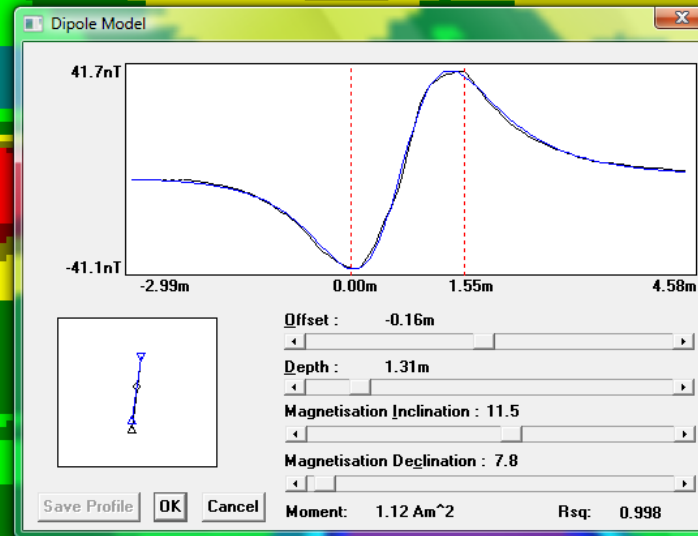
Interpretation No:	1	Type:	Mag/Estimated
Confidence:	0.00		
Notes:			

Anomaly Amplitude:	82.6nT		
Length:	0.00m	Diameter:	0.00m
Position X:	102.54m	Position Y:	116.48m
Depth (below sensor):	1.2m		
Declination:	7.8	Inclination:	21.7

Invert Invert Setup Remove Delete

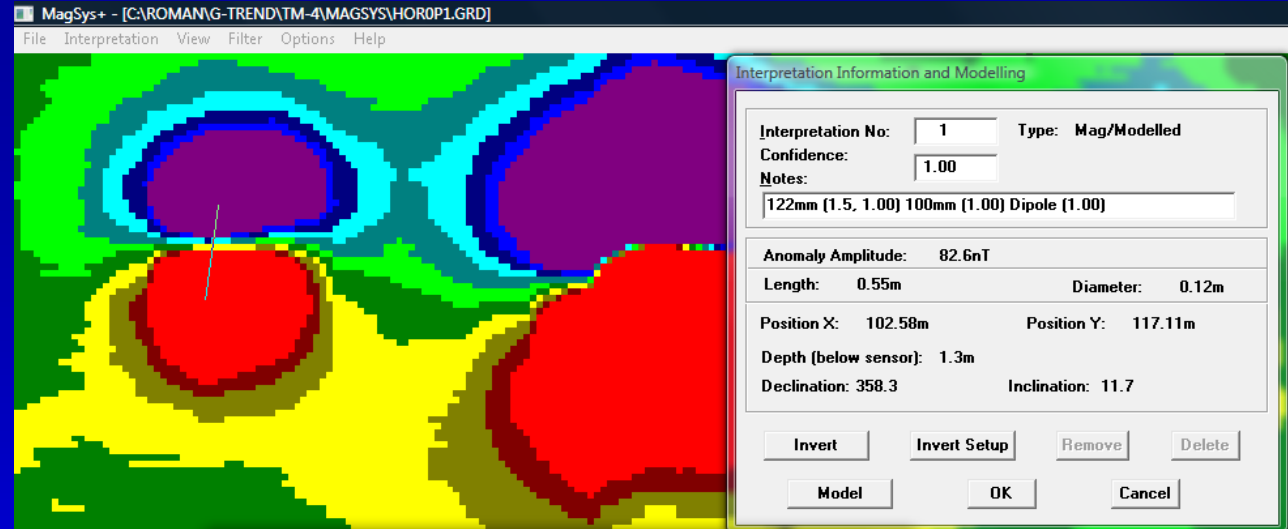
Model OK Cancel

príklad
‚fitovania‘
anomálie
dipólom

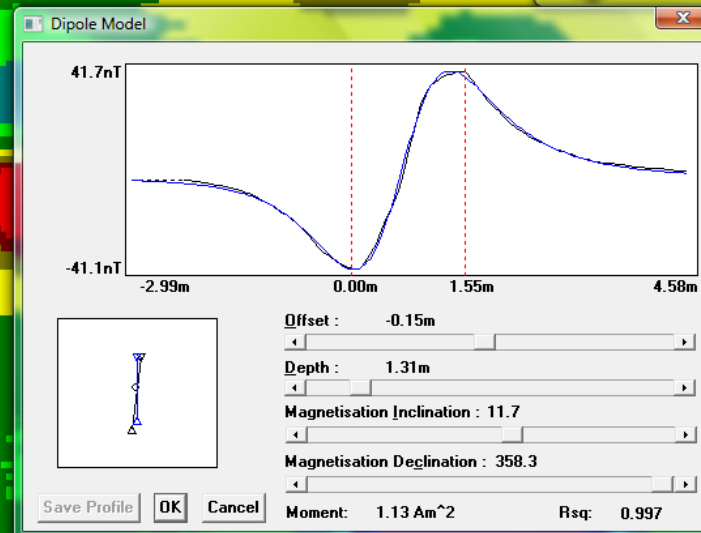


interpretácia terénnych meraní – ‚fitovanie‘ dipólu a elipsoidu

program Magsys

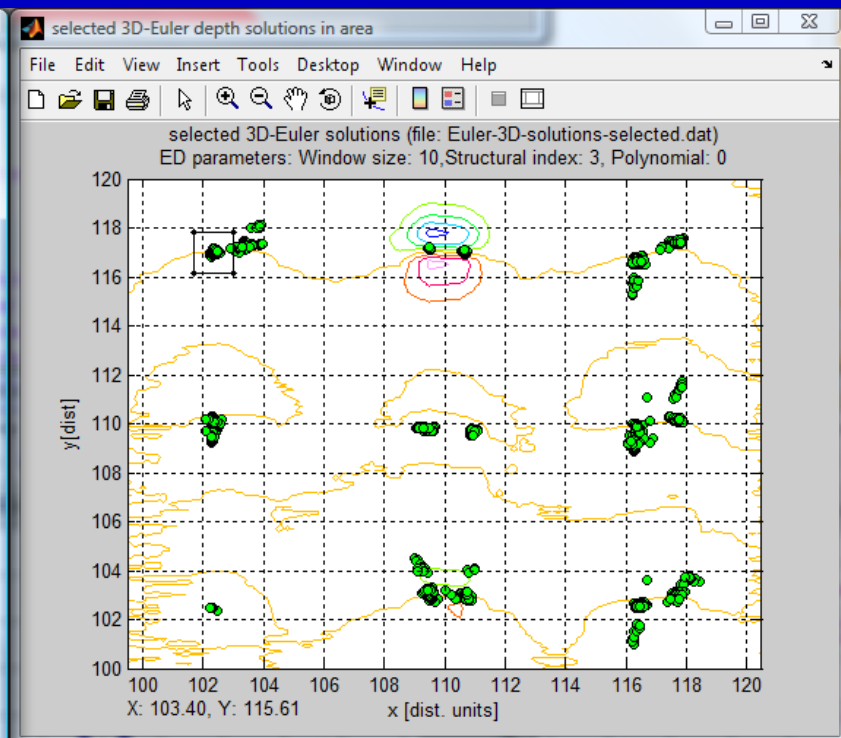
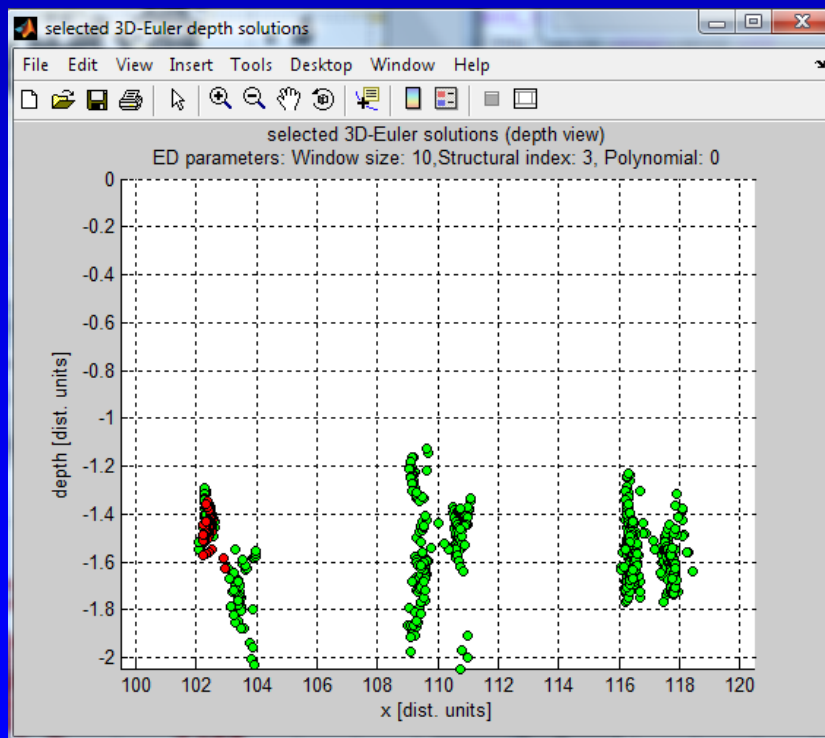
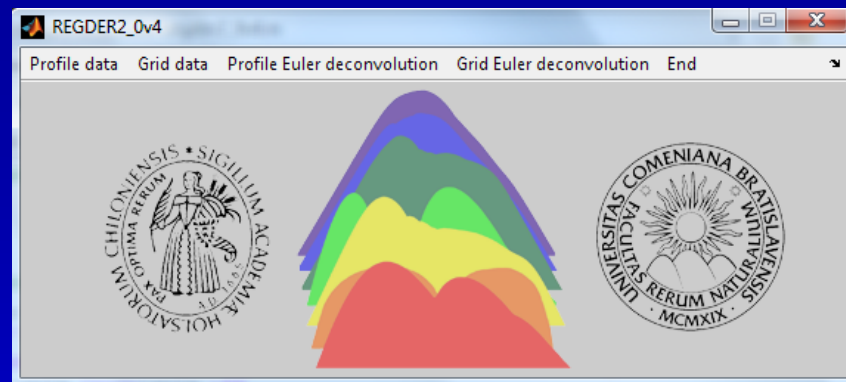


príklad
‚fitovania‘
anomálie
elipsoidom
(v hornom
pracovnom okne
sú odhady munície)



interpretácia terénnych meraní – Eulerova dekonvolúcia

program REGDER

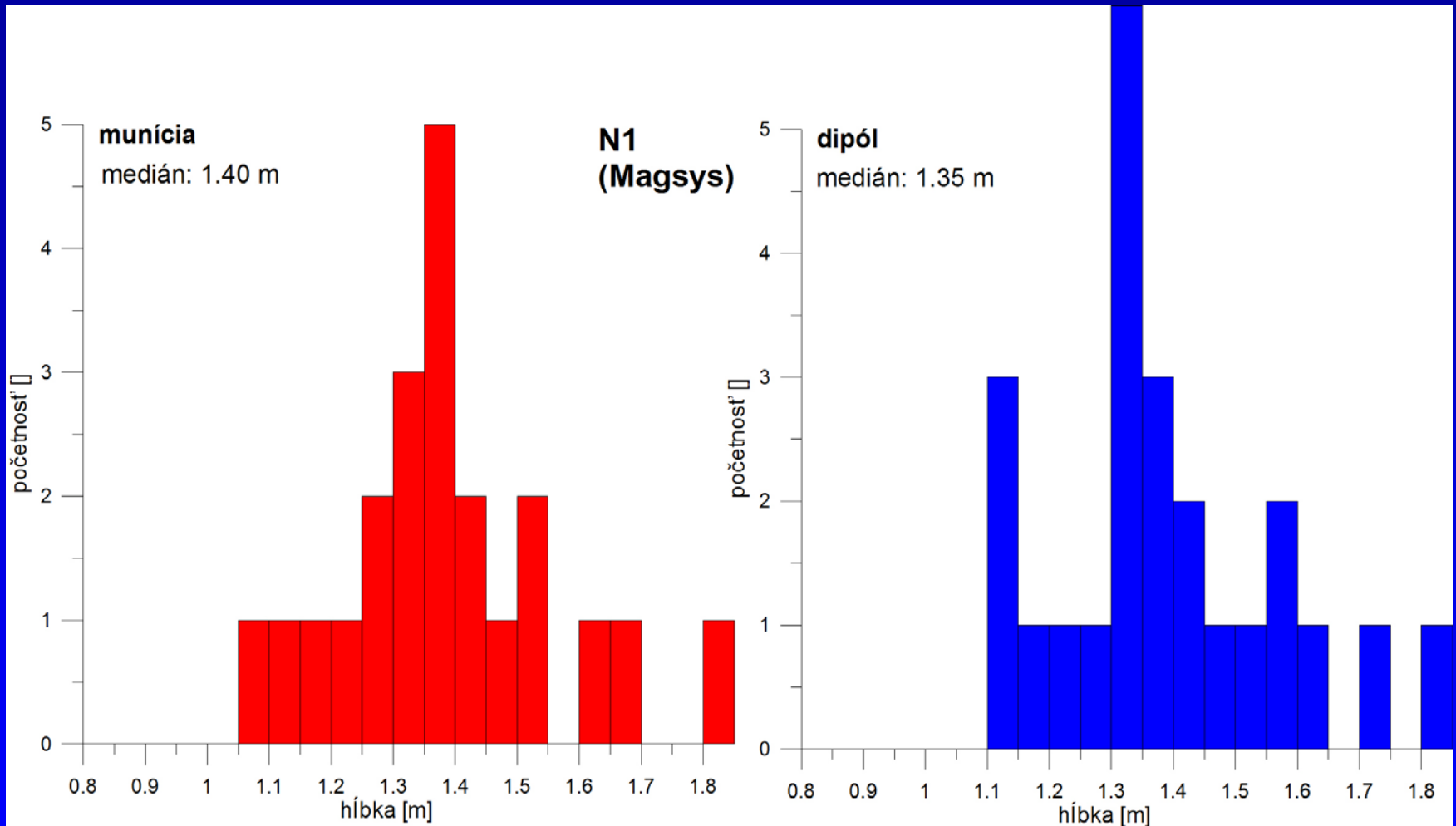


zhluky riešení – hĺbky

a

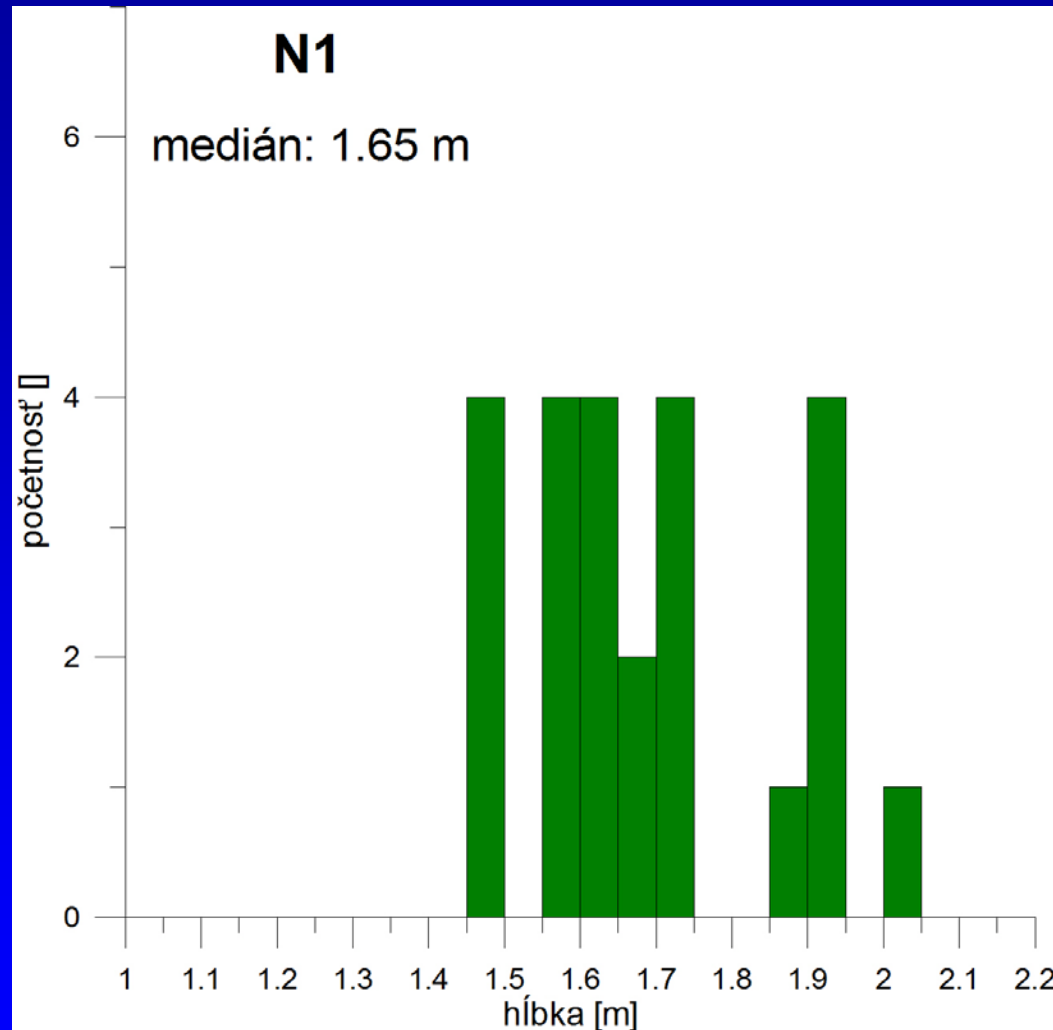
polohy

interpretácia terénnych meraní (Magsys)



histogramy rozdelenia interpretovaných hĺbok pre projektil N1 s použitím modelu munície alebo s použitím dipólu

interpretácia terénnych meraní (REGDER)



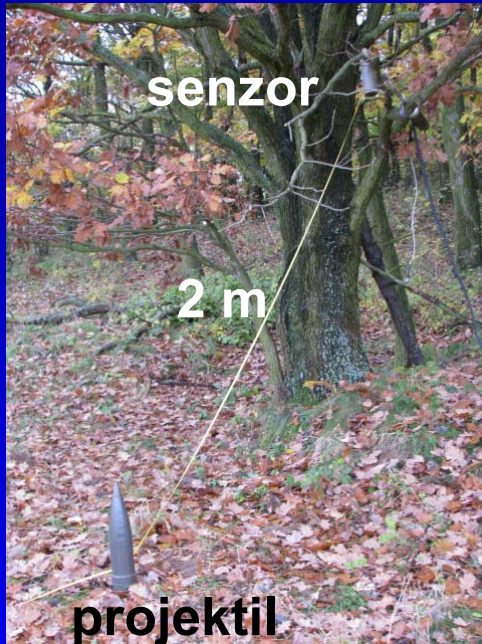
histogram rozdelenia interpretovaných hĺbok s použitím dipólu (Eulerova dekonvolúcia)

interpretácia terénnych meraní (hĺbky)

projektil	soft. Magsys, munícia (medián) [m]	soft. Magsys, dipól (medián) [m]	soft. Regder, dipól (medián) [m]	skutočná hĺbka [m]
N4	1.23	1.25	1.64	1.65
V4	1.36	1.36	1.71	1.65
N5	1.39	1.39	1.74	1.65
V2	1.22	1.21	1.73	1.65
N3	1.51	1.43	1.73	1.65
V3	1.48	1.55	1.68	1.65
N1	1.40	1.35	1.65	1.65
V1	1.39	1.39	1.73	1.65
N2	1.31	1.33	1.67	1.65

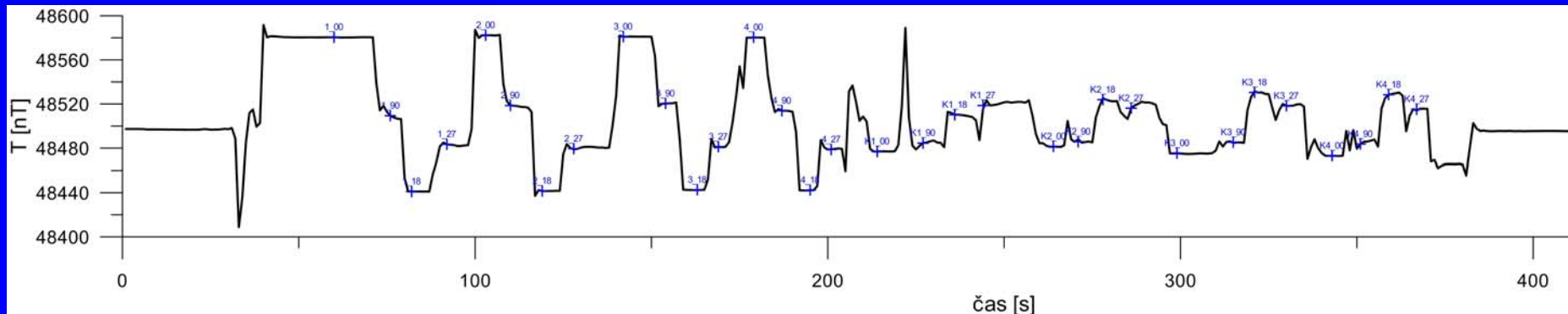
Tab. 2. Sumár odhadov hĺbok jednotlivých projektilov (medián z odpovedajúcich súborov), získaných rôznymi postupmi (programy Magsys a REGDER). V poslednom stĺpci sa nachádza skutočná hĺbka projektilov pod meracími senzormi.

jednoduchá realizácia odhadu magnetickej susceptibility projektilov (podľa Breiner, 1973)



$$k = \frac{3}{2\pi F} \left(\frac{r}{D} \right)^3 (T_{\max} + T_{\min} - 2 T_0)$$

T_0 - magn. pole pozadia,
 T_{\max} - maximum poľa,
 T_{\min} - minimum poľa,
 F - intenzita indukujúceho p.,
 D - priemer vzorky
 r - vzdialenosť vzorka-senzor



jednoduchá realizácia odhadu magnetickej susceptibility projektilov (podľa Breiner, 1973)

výsledky:

<u>projektil_datum</u>	<u>Tr_celk</u> [gauss]	<u>Ti_celk</u> [gauss]	κ CGS	K SI
N1_20101026	0.0001315	0.0001490	0.898	11.286
N1_20110513	0.0001360	0.0001710	1.031	12.952
N2_20101026	0.0000930	0.0001230	0.741	9.316
N2_20110405	0.0001525	0.0001850	1.115	14.012
N2_20101026	0.0001160	0.0001455	0.877	11.020
V2_20101026	0.0000955	0.0001230	0.741	9.316
V2_20110513	0.0001105	0.0001375	0.829	10.414
V4_20101026	0.0005465	0.0003135	1.890	23.745
V4_20110513	0.0007800	0.0001865	1.124	14.126
		priemer →	1.027	12.910

priemerná hodnota odhadnutej magnetickej susceptibility (približne 12.9 jednotiek SI) približne 3x presahuje hodnoty publikované niektorými inými autormi (napríklad Hunt, 1995 in Goodrich, 2007).

Magnetické vlastnosti nevystrelených a vystrelených 100 mm projektilov a ich dopad na interpretáciu pri magnetometrickej detekcii nevybuchnutej munície (UXO)

Závery:

1. Existuje značná rôznorodosť v magnetických prejavoch rovnakého typu projektilov, čo sa potvrdzuje dokonca aj na relatívne málopočetnej vzorke 9 inertných delostreleckých nábojov kalibru 100 mm (5 nevystrelených a 4 vystrelených);
2. Dominancia remanentnej zložky v celkovej magnetizácii konkrétneho projektilu má očividne značný dopad na tvar, vlnovú dĺžku a aj na amplitúdu jeho magnetickej odozvy (to následne vplýva aj na automatickú interpretáciu pomocou dostupných softvérov);
3. Hĺbky získané pomocou Eulerovej dekonvolúcie sú bližšie ku skutočným hĺbkam objektov. V rámci programu Magsys sú hĺbky plytšie a s vysokou pravdepodobnosťou sa na tejto deformácii výsledkov podieľa aj prítomnosť remanentnej zložky;

Magnetické vlastnosti nevystrelených a vystrelených 100 mm projektilov a ich dopad na interpretáciu pri magnetometrickej detekcii nevybuchnutej munície (UXO)

Závery:

- 4. Medzi použitými 9 delostreleckými projektilmi sa nenachádza ani jeden, na magnetický prejav ktorého by remanentná magnetizácia mala zanedbateľný alebo nemala žiadny vplyv. Jej menší vplyv je badateľný v prípade projektilov V2, V3, N3, N2 a N5, väčší vplyv pozorujeme u projektilov N1 a N4 a napokon najväčší u V1 a predovšetkým u V4 ;**
- 5. Priemerná hodnota odhadnutej magnetickej susceptibility na vybraných projektiloch (N1, N2, V2 a V4) použitím jednoduchej metódy merania pomocou magnetometra in-situ (Breiner, 1973) sa rovná približne 12.9 jednotiek SI, čo približne 3x presahuje hodnoty publikované niektorými inými autormi (napríklad Hunt, 1995 in Goodrich, 2007).**

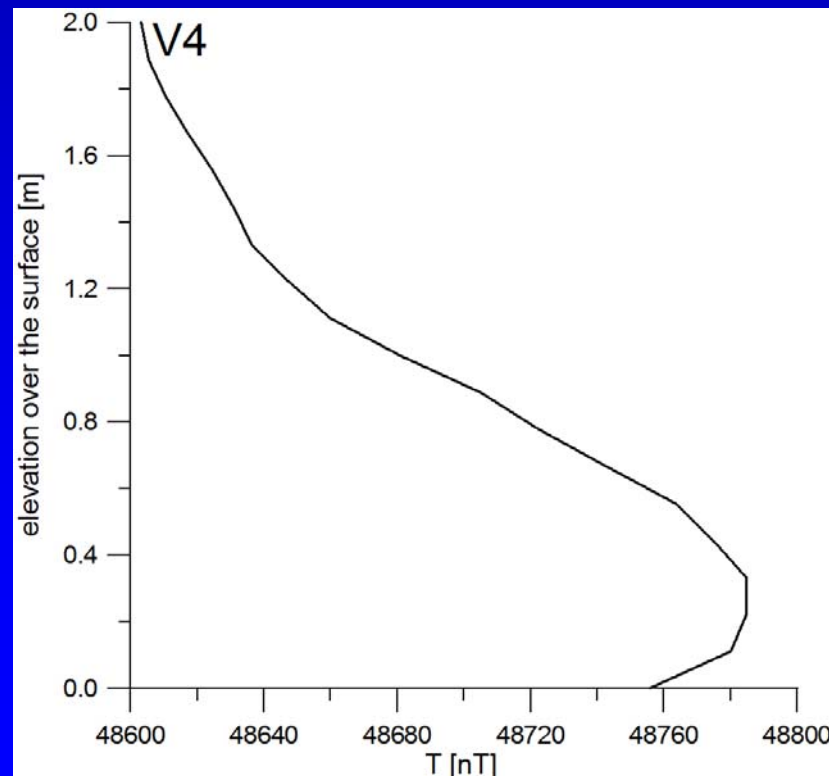
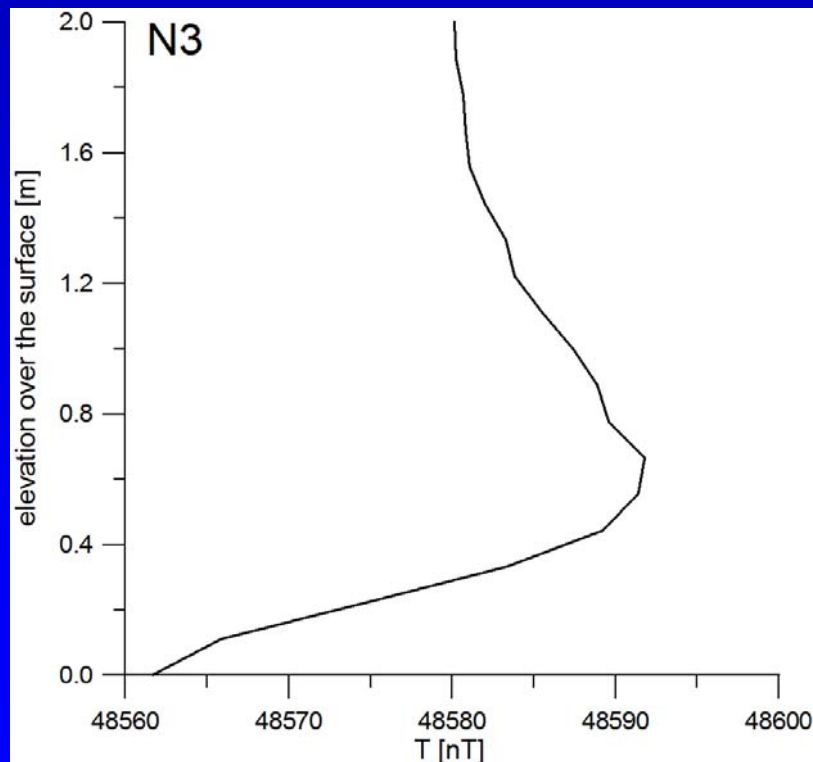
Magnetické vlastnosti nevystrelených a vystrelených 100 mm projektilov a ich dopad na interpretáciu pri magnetometrickej detekcii nevybuchnutej munície (UXO)

Vyhliadky do budúcnosti:

- 1. Uskutočnenie ďalších doplňujúcich meraní – nad projektilmi v rôznych výškových úrovniach;**
- 2. Realizácia laboratórnych meraní na vyrezaných vzorkách z projektilov**
- 3. Modelovanie odoziev pomocou priamej úlohy pre elipsoid (podľa publikácie Clark, 1986)**
- 4. Formulovanie dopadov na používané interpretačné postupy**

Magnetické vlastnosti nevystrelených a vystrelených 100 mm projektílů a ich dopad na interpretáciu pri magnetometrickej detekcii nevybuchnutej munície (UXO)

Vyhliadky do budúcnosti:



zmena poľa T pozdĺž vertikálnych profilov (1 m) od daného projektílu