# Základy aplikovanej geofyziky 1

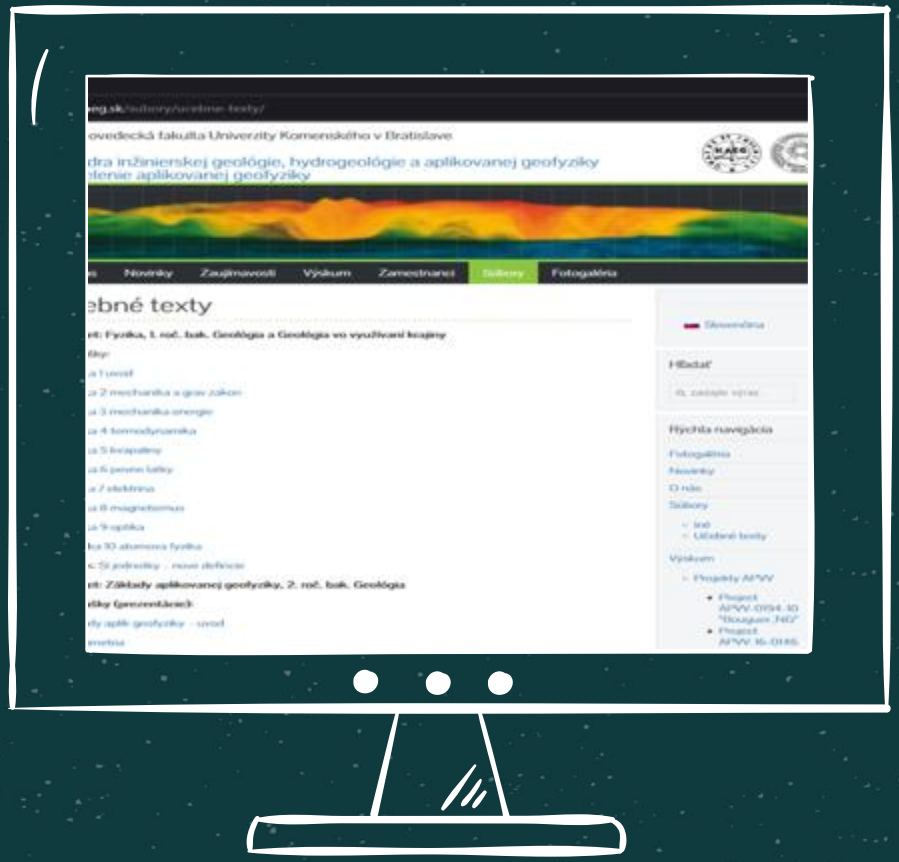
Úvod

kaeg.sk

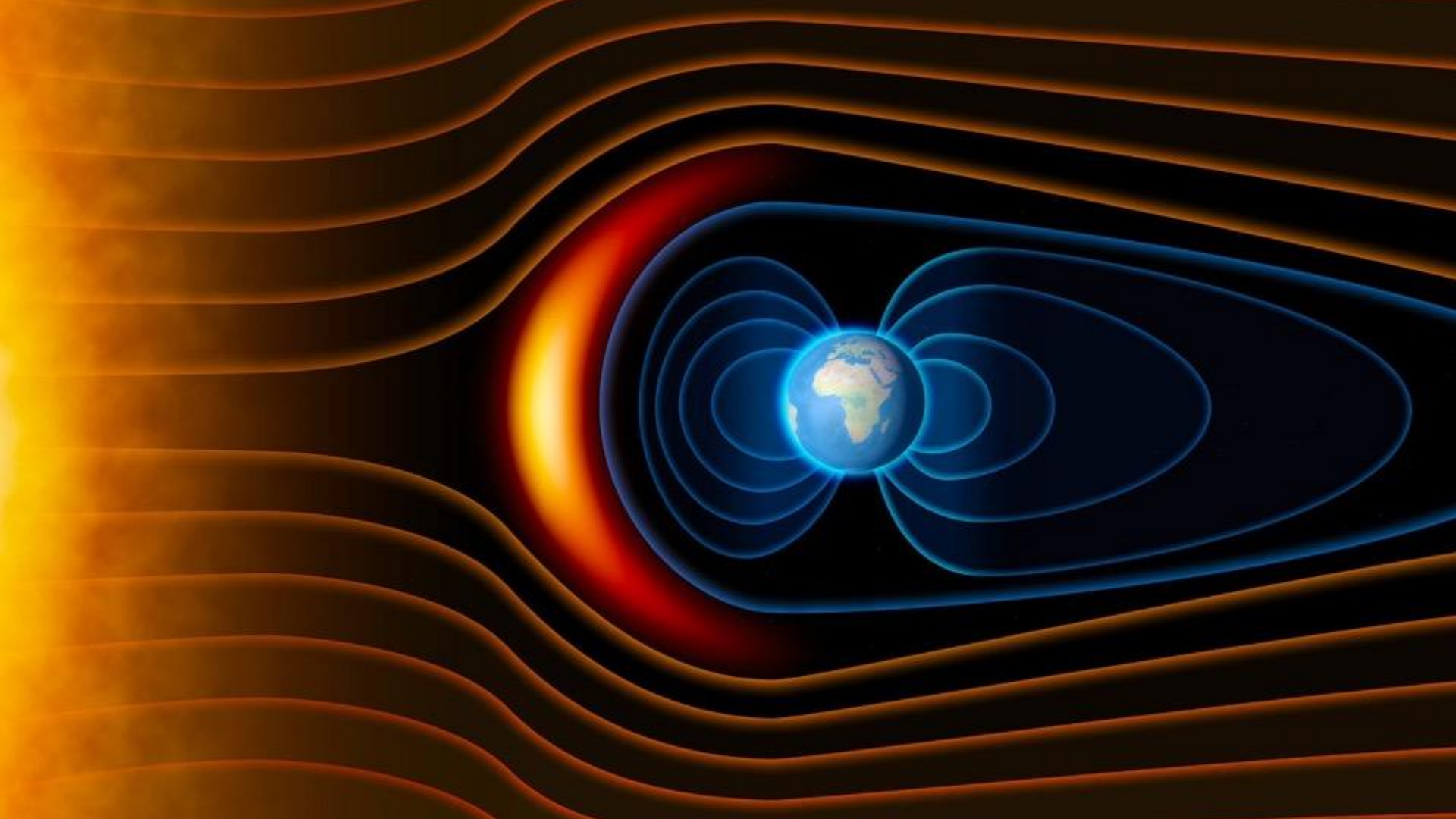
katedra_aplikovanej_geofyziky

# skriptá prednášky

učebné texty nájdete v súboroch na našej webstránke kaeg.sk



# Čo vôbec je geofyzika?



# Čo vôbec je geofyzika?

interdisciplinárne odvetvie, ktoré sa zaoberá meraním, spracovaním a interpretáciou fyzikálnych polí Zeme za účelom zisťovania jej stavby, tvaru, interakcie s vesmírom...

# geofyzika môže byť...

## TEORETICKÁ

fyzika Zeme

## APLIKOVANÁ

využitie pri riešení konkrétnych problémov (aplikácií)

# fyzikálne polia sú...

## PRIRODZENÉ

- magnetické
- tiažové
- elektrické
- mechanické
- „rádioaktívne“
- tepelné

## UMELÉ

- elektrické (EM)
- mechanické

## A čo z tých fyzikálnych polí vlastne máme?

Prítomnosť nehomogenít (tie nás zaujímajú) sa často prejavuje v meraných fyzikálnych poliach.

Nehomogenity môžu byť geologické, ekologické, inžinierske, archeologické...

## A čo z tých fyzikálnych polí vlastne máme?

# Dôležitý je kontrast v meranej fyzikálnej veličine (napr. hustota, elektrický odpor...)

# ZDROJE FYZIKÁLNYCH POLÍ ZEME

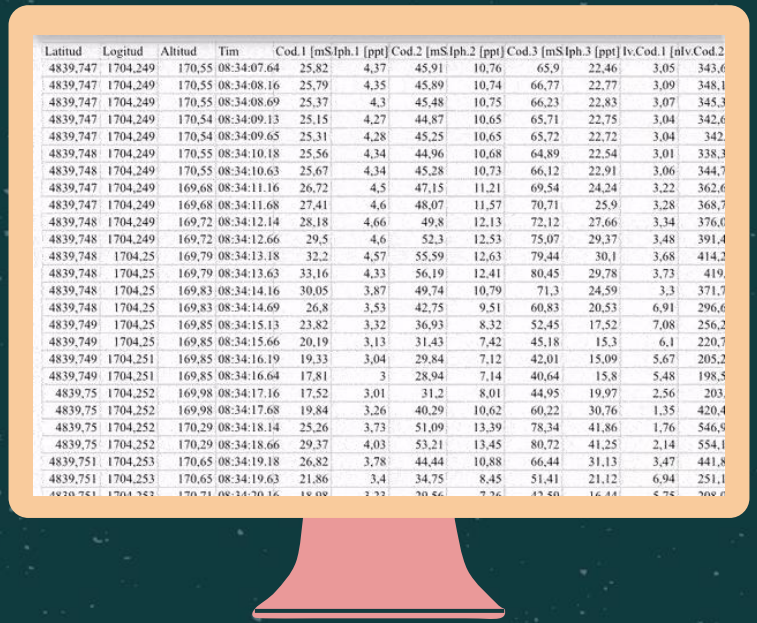
## a metódy, ktoré ich skúmajú

| METÓDA | ZDROJ |
| --- | --- |
| seizmika | umelý |
| seizmológia | prirodzený |
| gravimetria | prirodzený |
| magnetomeria | prirodzený |
| geoelektrika, elektromagnetika | prirodzený a umelý |
| rádiometria | prirodzený |
| geotermika | prirodzený |
| karotáž | prirodzený a umelý |

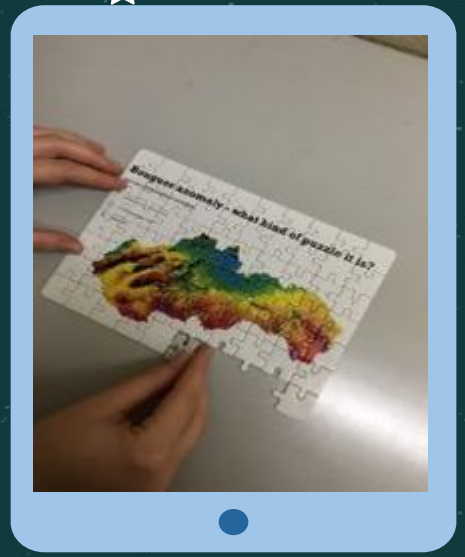
# PRÍSTROJE

sú postavené na rôznych mechanizmoch interakcie fyzikálneho poľa so senzorom

# Takto vyzerá aplikovaná geofyzika.



| Latitud | Logitud | Altitud | Tim | Cod.1 [mS.Iph.1 | [ppt] | Cod.2 [mS.Iph.2 | [ppt] | Cod.3 [mS.Iph.3 | [ppt] | Iv.Cod.1 | [nIv.Cod.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4839,747 | 1704,249 | 170,55 | 08:34:07.64 | 25,82 | 4,37 | 45,91 | 10,76 | 65,9 | 22,46 | 3,05 | 343,6 |
| 4839,747 | 1704,249 | 170,55 | 08:34:08.16 | 25,79 | 4,35 | 45,89 | 10,74 | 66,77 | 22,77 | 3,09 | 348,1 |
| 4839,747 | 1704,249 | 170,55 | 08:34:08.69 | 25,37 | 4,3 | 45,48 | 10,75 | 66,23 | 22,83 | 3,07 | 345,3 |
| 4839,747 | 1704,249 | 170,54 | 08:34:09.13 | 25,15 | 4,27 | 44,87 | 10,65 | 65,71 | 22,75 | 3,04 | 342,6 |
| 4839,747 | 1704,249 | 170,54 | 08:34:09.65 | 25,31 | 4,28 | 45,25 | 10,65 | 65,72 | 22,72 | 3,04 | 342, |
| 4839,748 | 1704,249 | 170,55 | 08:34:10.18 | 25,56 | 4,34 | 44,96 | 10,68 | 64,89 | 22,54 | 3,01 | 338,3 |
| 4839,748 | 1704,249 | 170,55 | 08:34:10.63 | 25,67 | 4,34 | 45,28 | 10,73 | 66,12 | 22,91 | 3,06 | 344,7 |
| 4839,747 | 1704,249 | 169,68 | 08:34:11.16 | 26,72 | 4,5 | 47,15 | 11,21 | 69,54 | 24,24 | 3,22 | 362,6 |
| 4839,747 | 1704,249 | 169,68 | 08:34:11.68 | 27,41 | 4,6 | 48,07 | 11,57 | 70,71 | 25,9 | 3,28 | 368,7 |
| 4839,748 | 1704,249 | 169,72 | 08:34:12.14 | 28,18 | 4,66 | 49,8 | 12,13 | 72,12 | 27,66 | 3,34 | 376,0 |
| 4839,748 | 1704,249 | 169,72 | 08:34:12.66 | 29,5 | 4,6 | 52,3 | 12,53 | 75,07 | 29,37 | 3,48 | 391,4 |
| 4839,748 | 1704,25 | 169,79 | 08:34:13.18 | 32,2 | 4,57 | 55,59 | 12,63 | 79,44 | 30,1 | 3,68 | 414,2 |
| 4839,748 | 1704,25 | 169,79 | 08:34:13.63 | 33,16 | 4,33 | 56,19 | 12,41 | 80,45 | 29,78 | 3,73 | 419, |
| 4839,748 | 1704,25 | 169,83 | 08:34:14.16 | 30,05 | 3,87 | 49,74 | 10,79 | 71,3 | 24,59 | 3,3 | 371,7 |
| 4839,748 | 1704,25 | 169,83 | 08:34:14.69 | 26,8 | 3,53 | 42,75 | 9,51 | 60,83 | 20,53 | 6,91 | 296,6 |
| 4839,749 | 1704,25 | 169,85 | 08:34:15.13 | 23,82 | 3,32 | 36,93 | 8,32 | 52,45 | 17,52 | 7,08 | 256,2 |
| 4839,749 | 1704,25 | 169,85 | 08:34:15.66 | 20,19 | 3,13 | 31,43 | 7,42 | 45,18 | 15,3 | 6,1 | 220,7 |
| 4839,749 | 1704,251 | 169,85 | 08:34:16.19 | 19,33 | 3,04 | 29,84 | 7,12 | 42,01 | 15,09 | 5,67 | 205,2 |
| 4839,749 | 1704,251 | 169,85 | 08:34:16.64 | 17,81 | 3 | 28,94 | 7,14 | 40,64 | 15,8 | 5,48 | 198,5 |
| 4839,75 | 1704,252 | 169,98 | 08:34:17.16 | 17,52 | 3,01 | 31,2 | 8,01 | 44,95 | 19,97 | 2,56 | 203, |
| 4839,75 | 1704,252 | 169,98 | 08:34:17.68 | 19,84 | 3,26 | 40,29 | 10,62 | 60,22 | 30,76 | 1,35 | 420,4 |
| 4839,75 | 1704,252 | 170,29 | 08:34:18.14 | 25,26 | 3,73 | 51,09 | 13,39 | 78,34 | 41,86 | 1,76 | 546,9 |
| 4839,75 | 1704,252 | 170,29 | 08:34:18.66 | 29,37 | 4,03 | 53,21 | 13,45 | 80,72 | 41,25 | 2,14 | 554,1 |
| 4839,751 | 1704,253 | 170,65 | 08:34:19.18 | 26,82 | 3,78 | 44,44 | 10,88 | 66,44 | 31,13 | 3,47 | 441,8 |
| 4839,751 | 1704,253 | 170,65 | 08:34:19.63 | 21,86 | 3,4 | 34,75 | 8,45 | 51,41 | 21,12 | 6,94 | 251,1 |
| 4839,751 | 1704,253 | 170,71 | 08:34:20.16 | 18,08 | 3,33 | 29,56 | 7,36 | 42,59 | 16,44 | 5,75 | 208,0 |



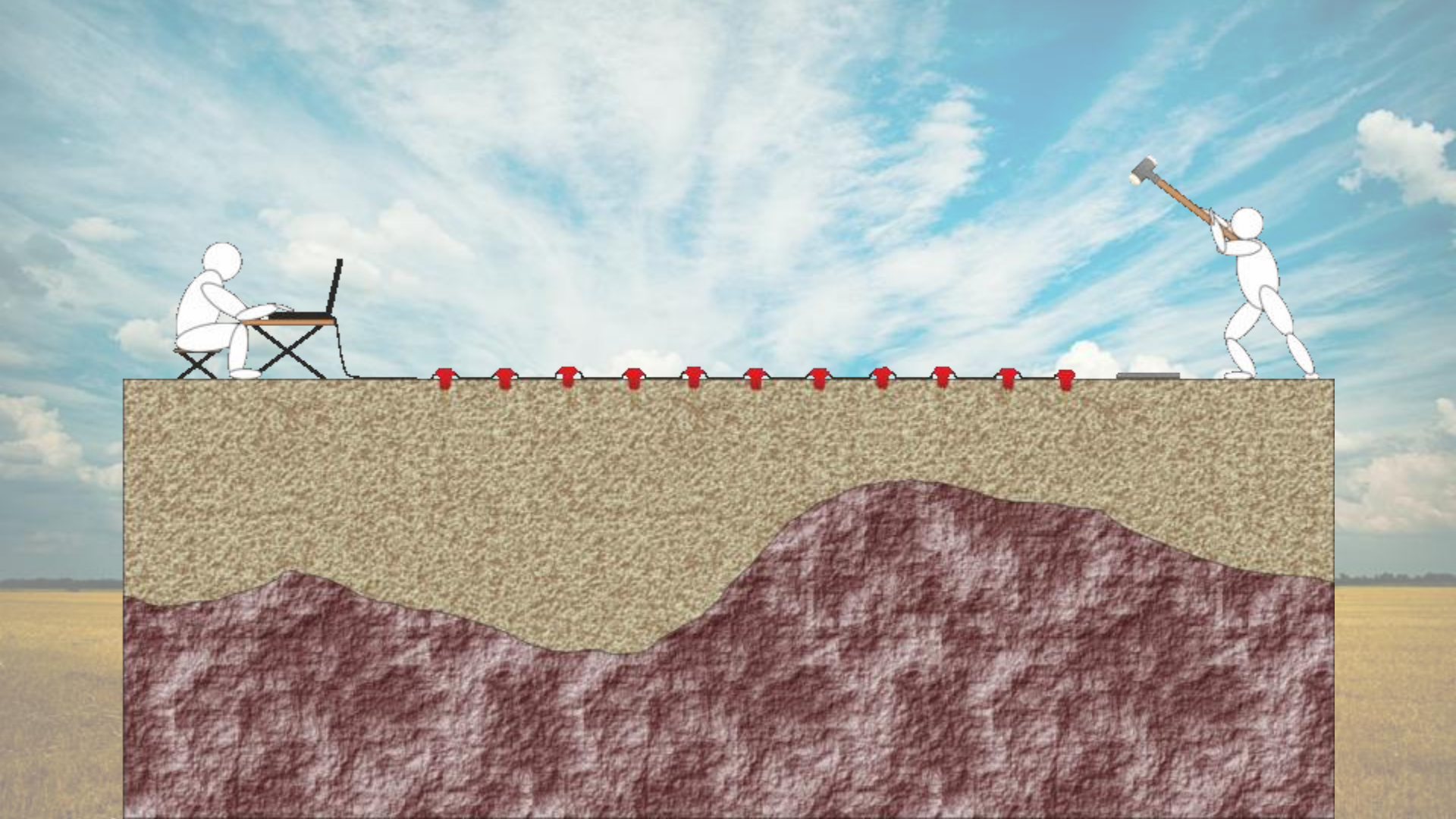

meranie

spracovanie

interpretácia

# SEIZMIKA

štúdium mechanického elastického vlnenia,
ktoré prechádza vnútrom Zeme
a je vyvolané **umelo**



# Zdroj mechanického vlnenia

# Zdroj mechanického vlnenia

## Vysielač a prijímač

- vysielač mechanického vlnenia je zdroj
- potrebujeme aj prijímač (na registráciu vlnenia)

# Prijímač mechanického vlnenia

geofón

(zemský telefón)

# Typy vĺn

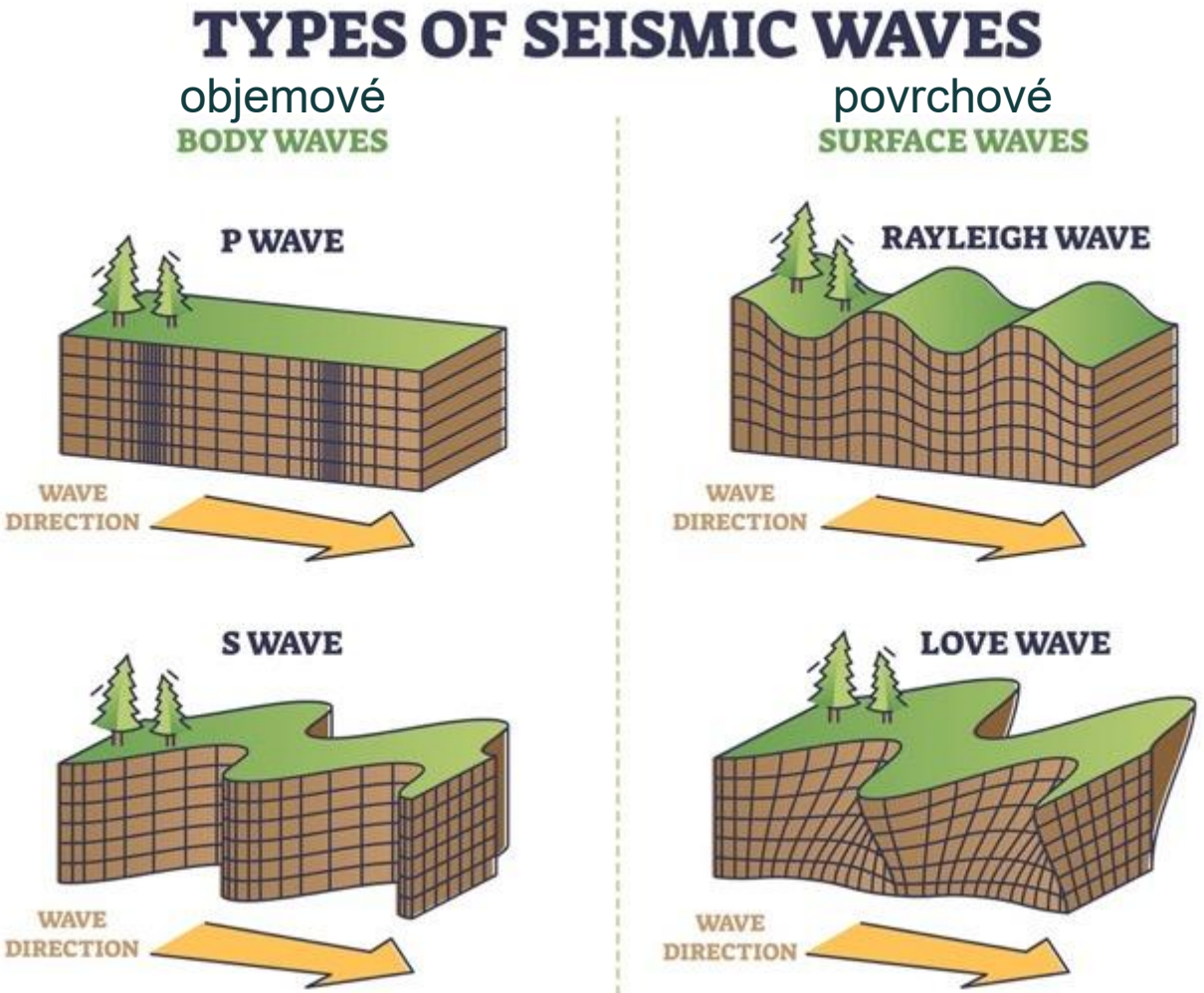
POVRCHOVÉ

OBJEMOVÉ

POZDĺŽNE

PRIEČNE

# Typy vĺn


TYPES OF SEISMIC WAVES
objemové
BODY WAVES
povrchové
SURFACE WAVES
P WAVE
WAVE DIRECTION
RAYLEIGH WAVE
WAVE DIRECTION
S WAVE
WAVE DIRECTION
LOVE WAVE
WAVE DIRECTION

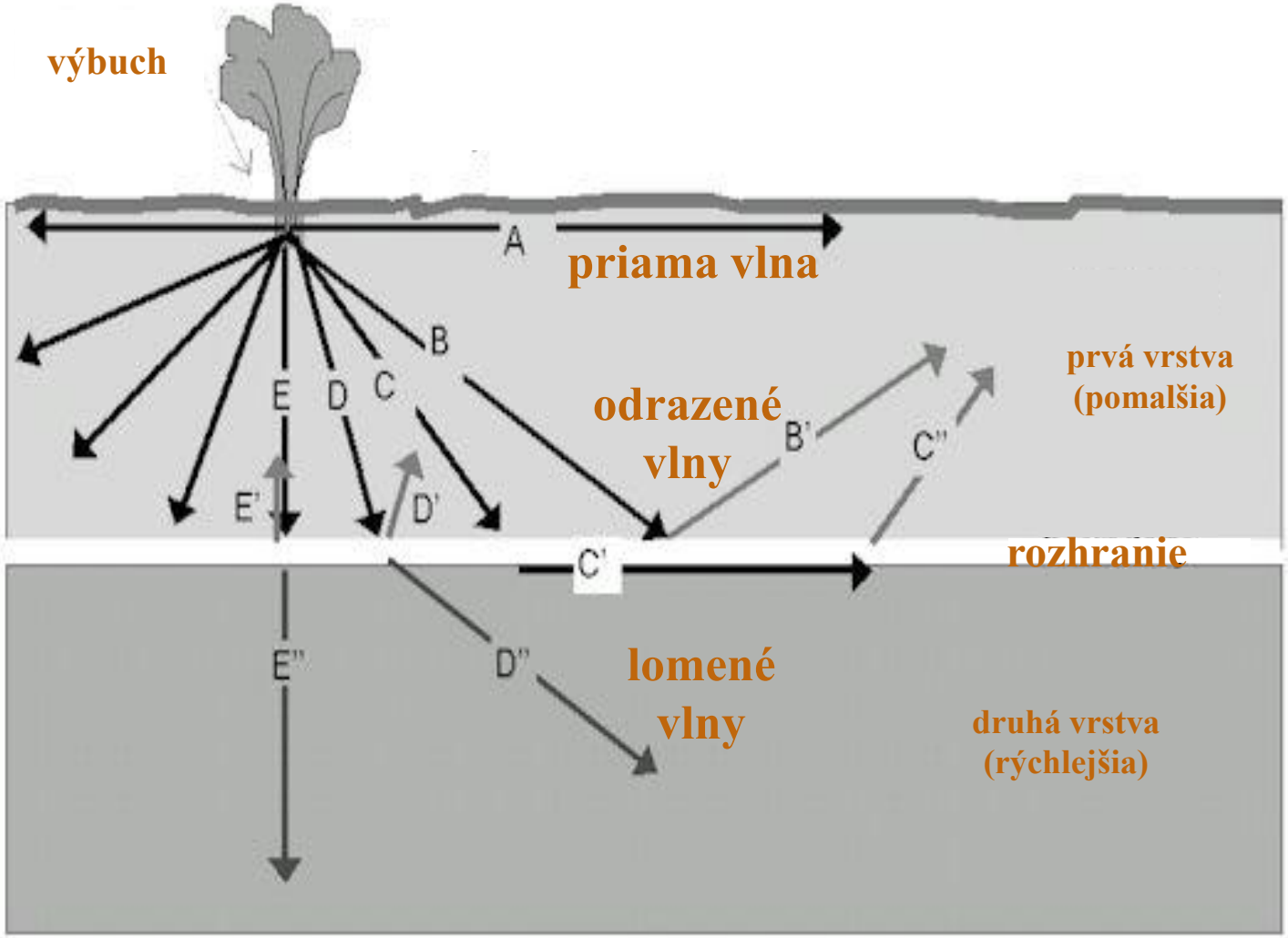
# Typy vĺn a typy seizmiky

ODRAZENÉ

REFLEXNÁ

LOMENÉ

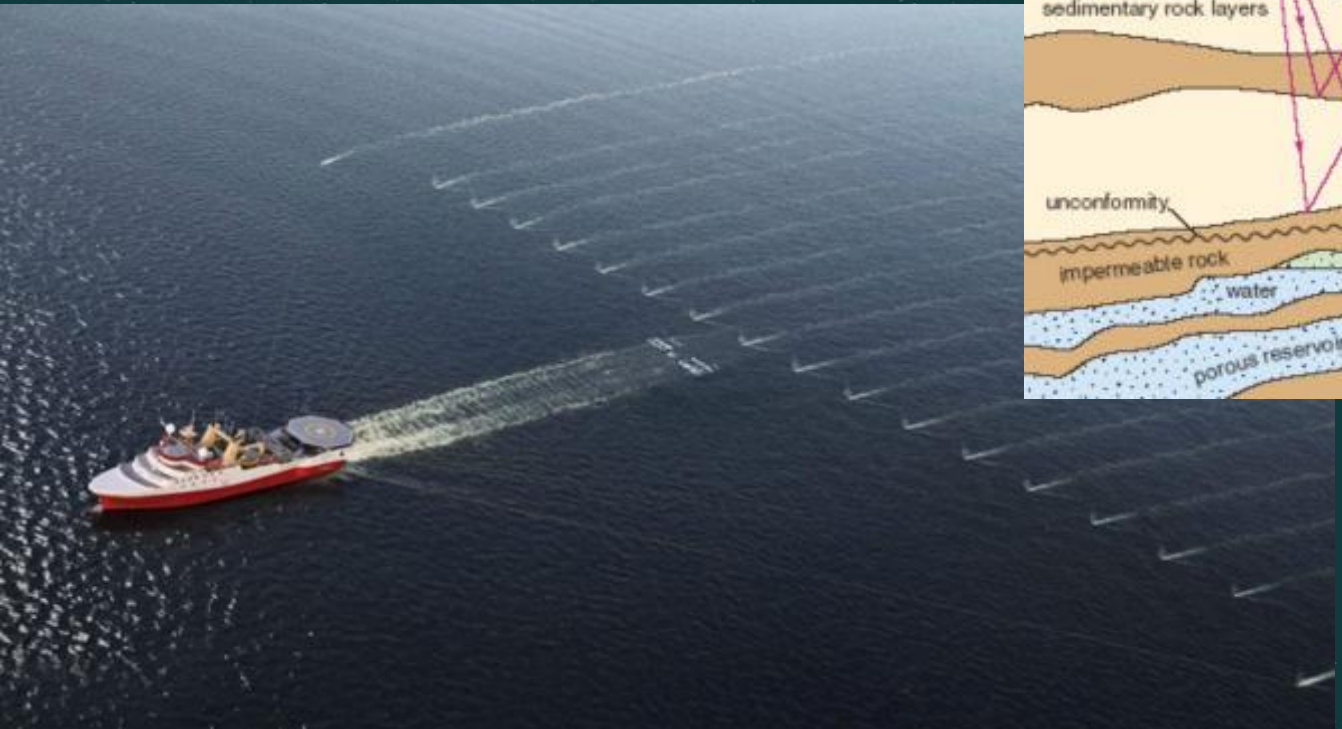
REFRAKČNÁ

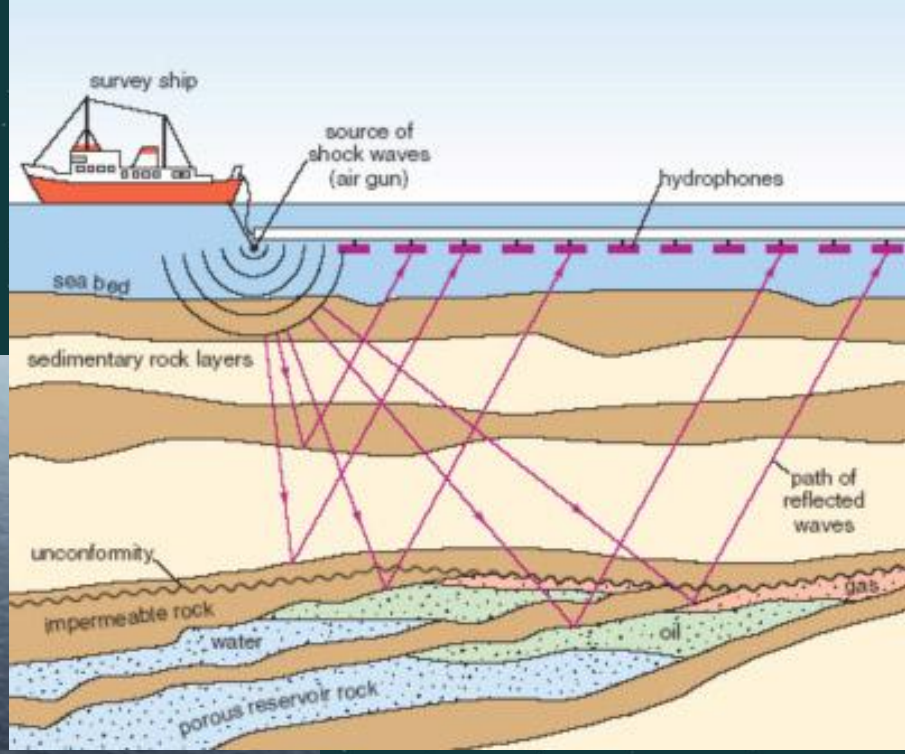

výbuch
A
priama vlna
B
E
D
C
odrazené vlny
B'
C''
prvá vrstva (pomalšia)
E'
D'
C'
rozhranie
E''
D''
lomené vlny
druhá vrstva (rýchlejšia)

# Výhody seizmiky

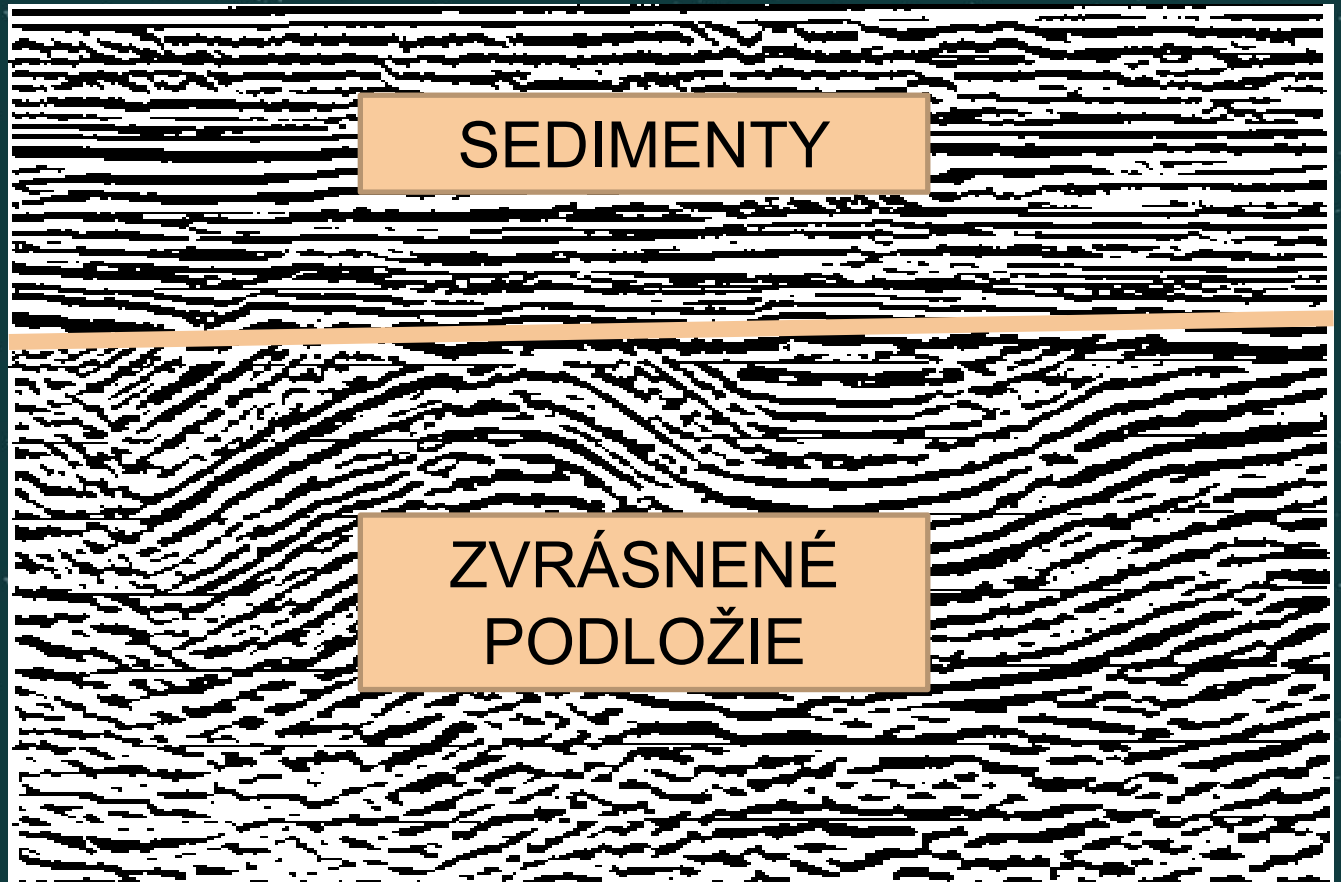
- veľký hĺbkový dosah (niekoľko km)
- rôzne typy štruktúr a rozhraní
- dá sa robiť aj na mori

# Seizmika z loďky

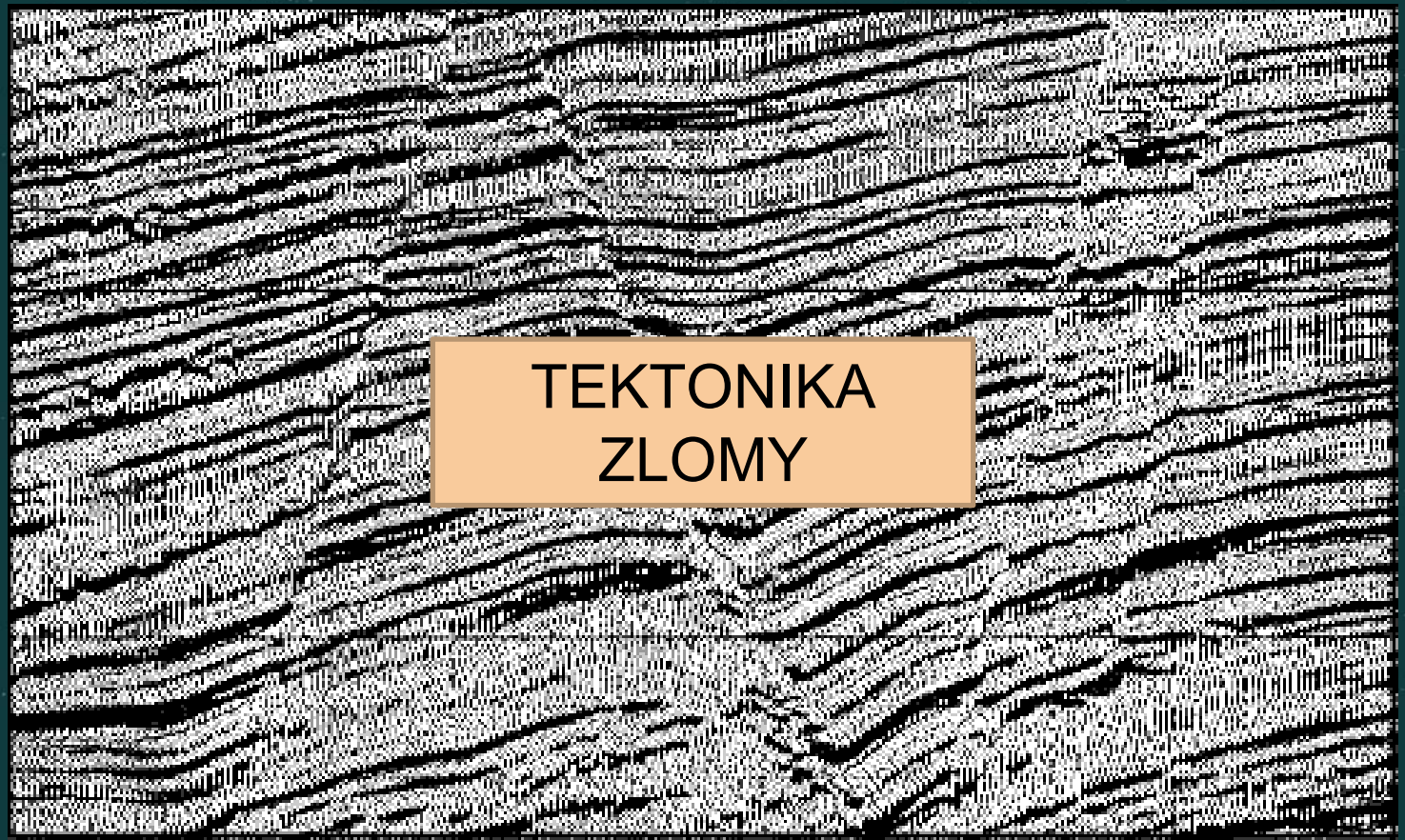




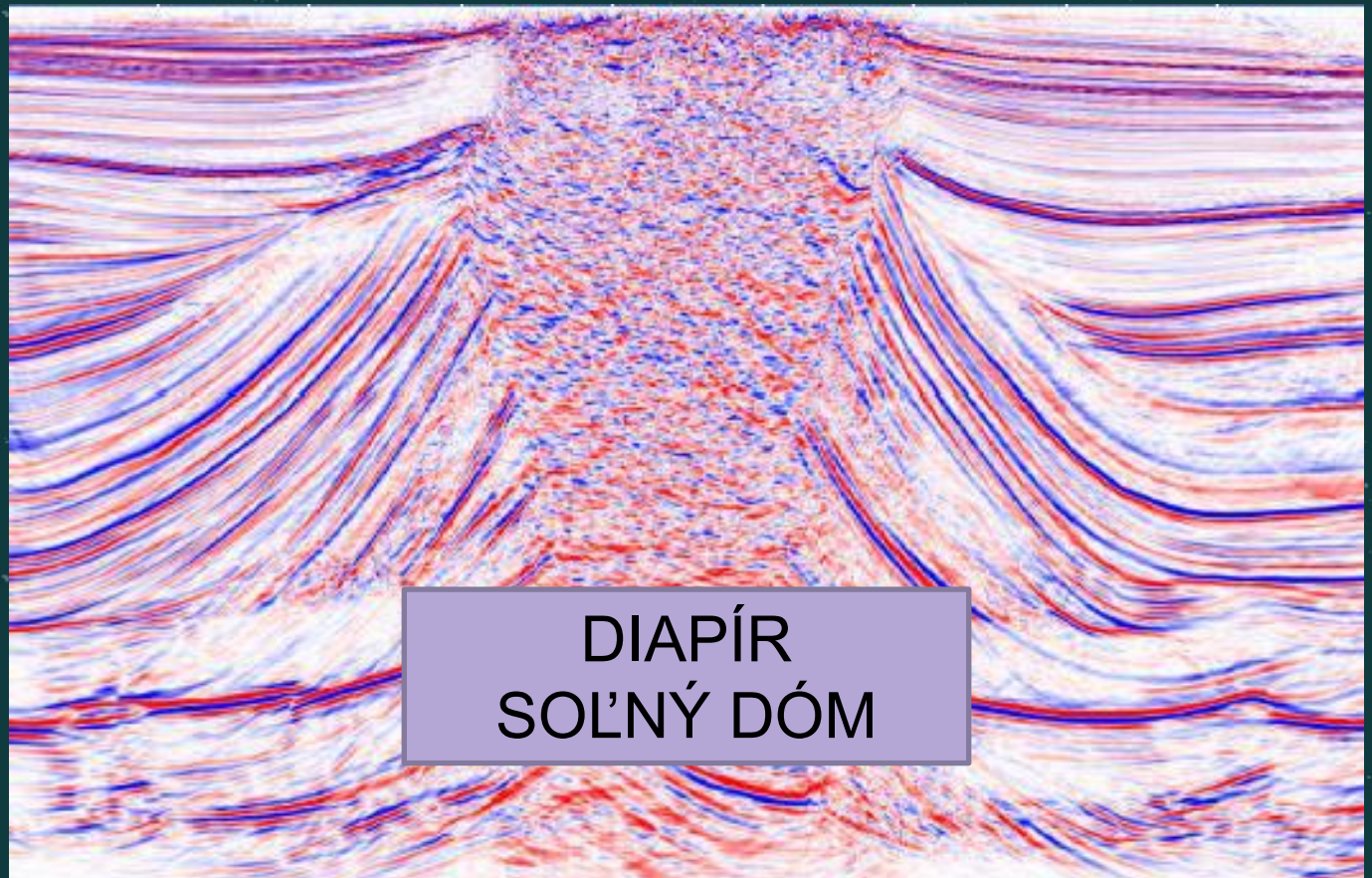
# Výsledky (tzv. časový rez)



# Výsledky (tzv. časový rez)



# Výsledky (tzv. časový rez)



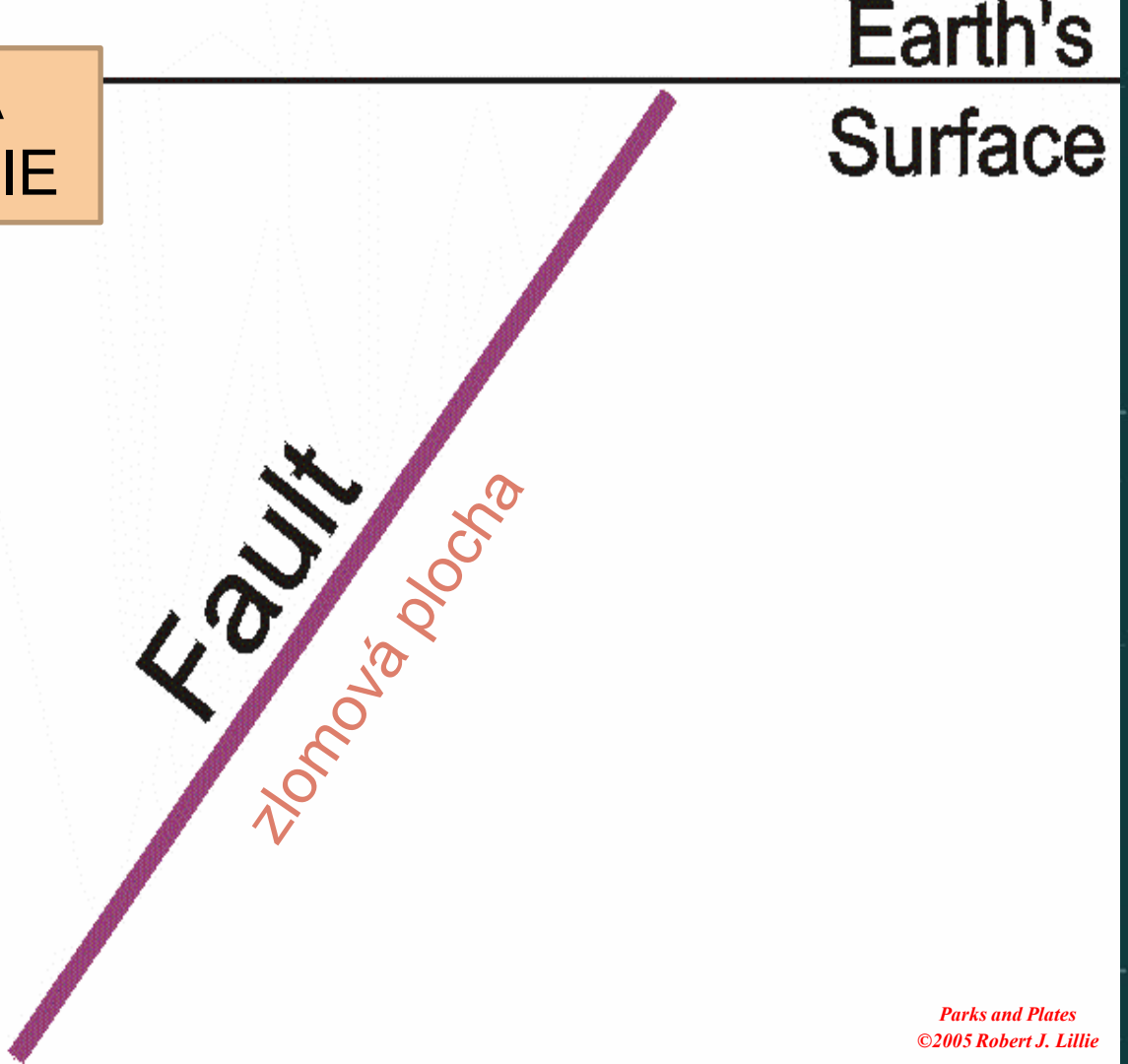
# SEIZMOLÓGIA

štúdium mechanického elastického vlnenia,
ktoré prechádza vnútrom Zeme
a je vyvolané **prirodzene**

# SEIZMOLÓGIA

štúdium zemetrasení

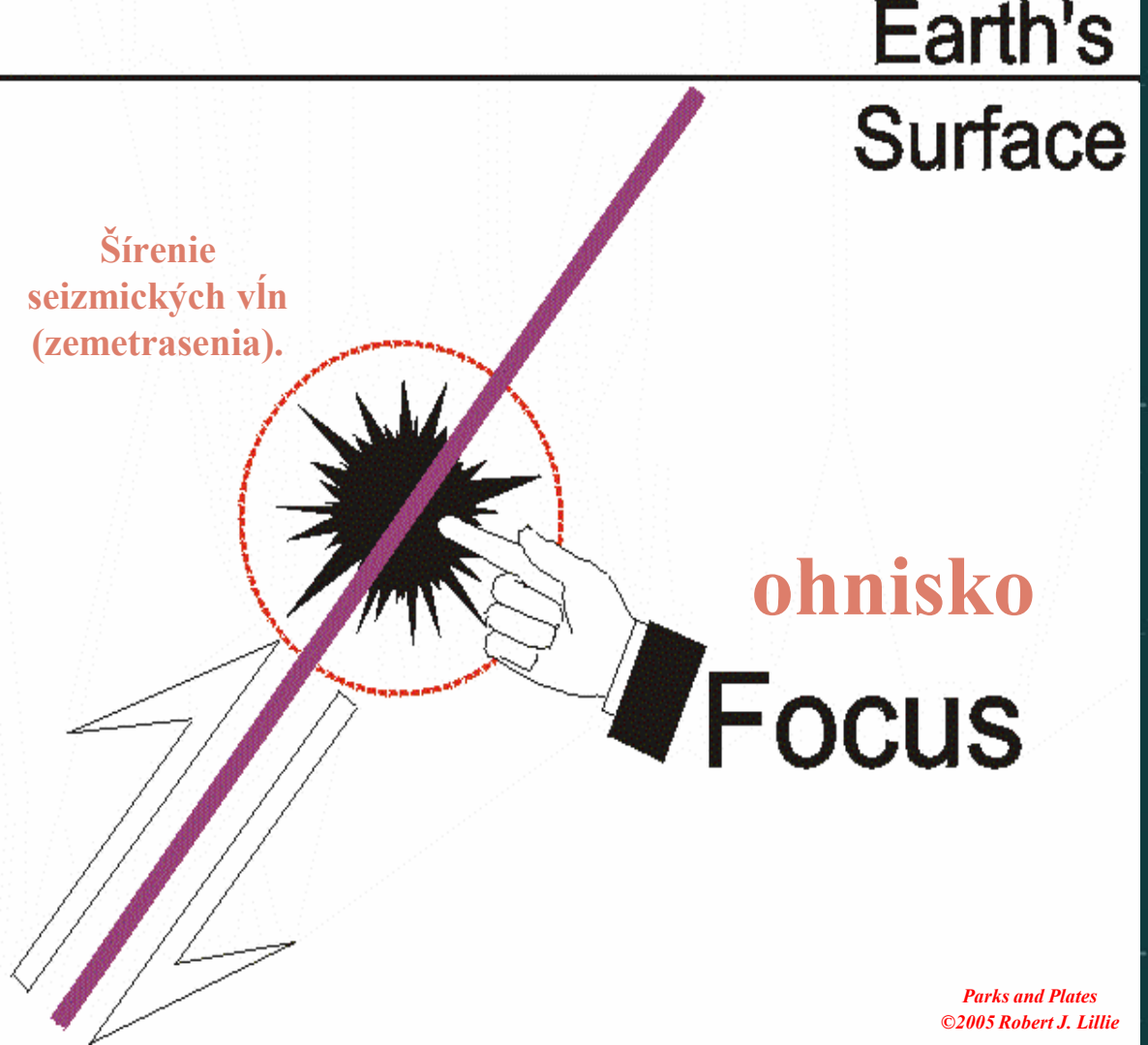
# AKO VZNIKÁ ZEMETRASENIE




*Parks and Plates*
*©2005 Robert J. Lillie*

Zemetrasenie je vibrácia v Zemi spôsobená náhlym uvoľnením elastických vĺn, ktoré vznikli pretrhnutím a prudkým pohybom hornín.

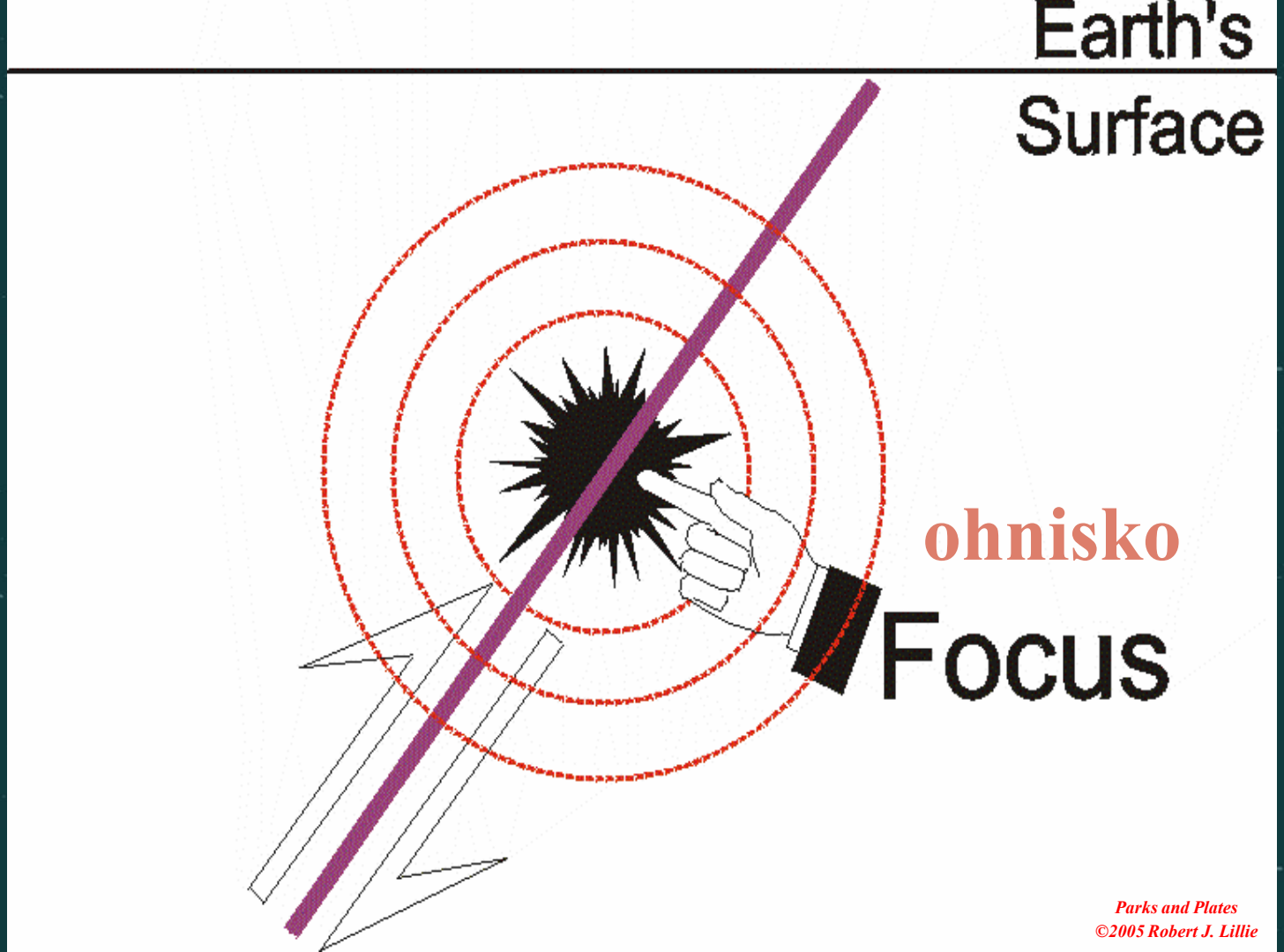
*Parks and Plates*
*©2005 Robert J. Lillie*



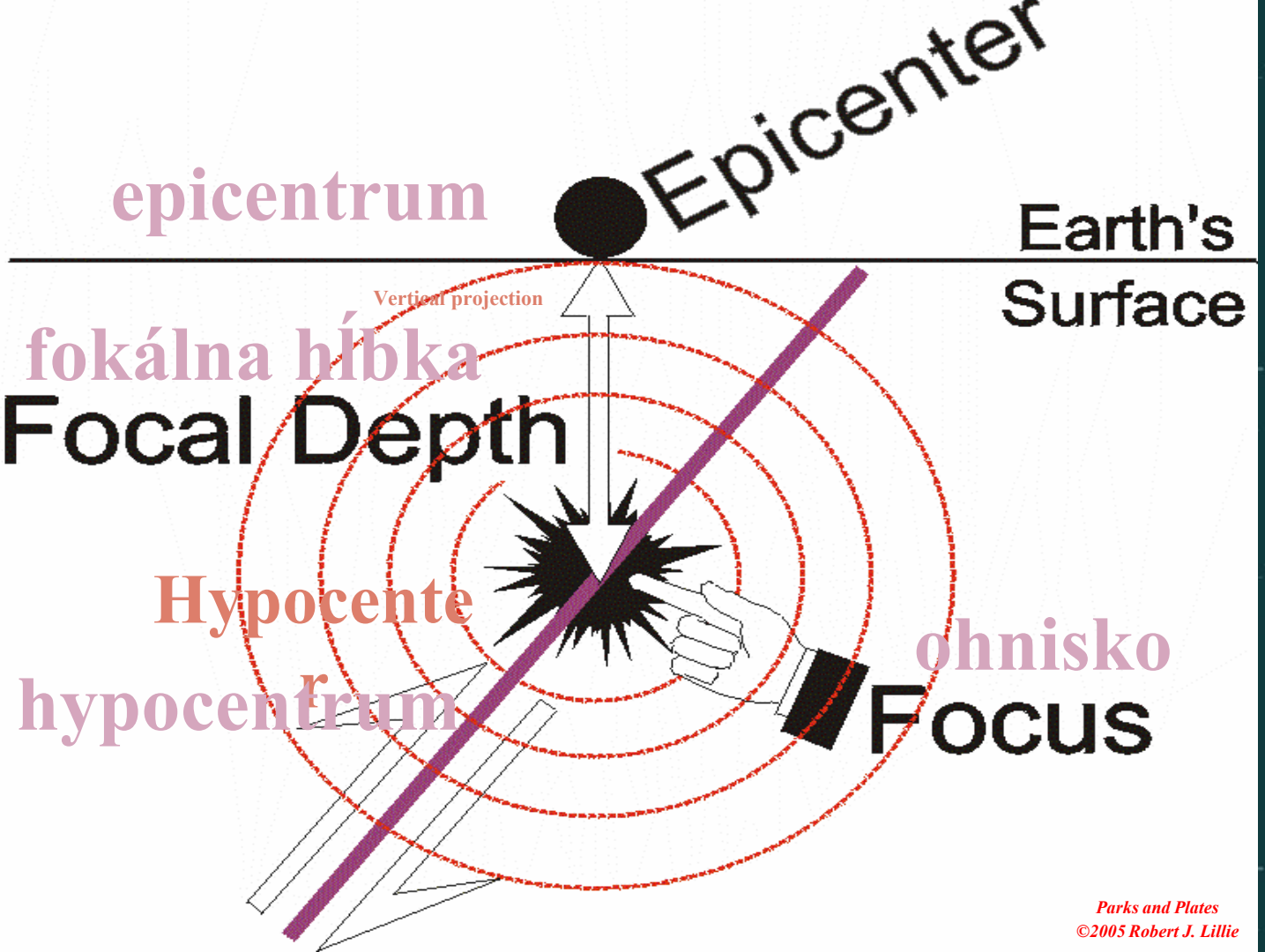

Šírenie
seizmických vĺn
(zemetrasenia).

ohnisko

*Parks and Plates*
*©2005 Robert J. Lillie*




*Parks and Plates*
*©2005 Robert J. Lillie*


epicentrum
Epicenter
Earth's
Surface
Vertical projection
fokálna hĺbka
Focal Depth
Hypocentr
hypocentrum
ohnisko
Focus
Parks and Plates
©2005 Robert J. Lillie

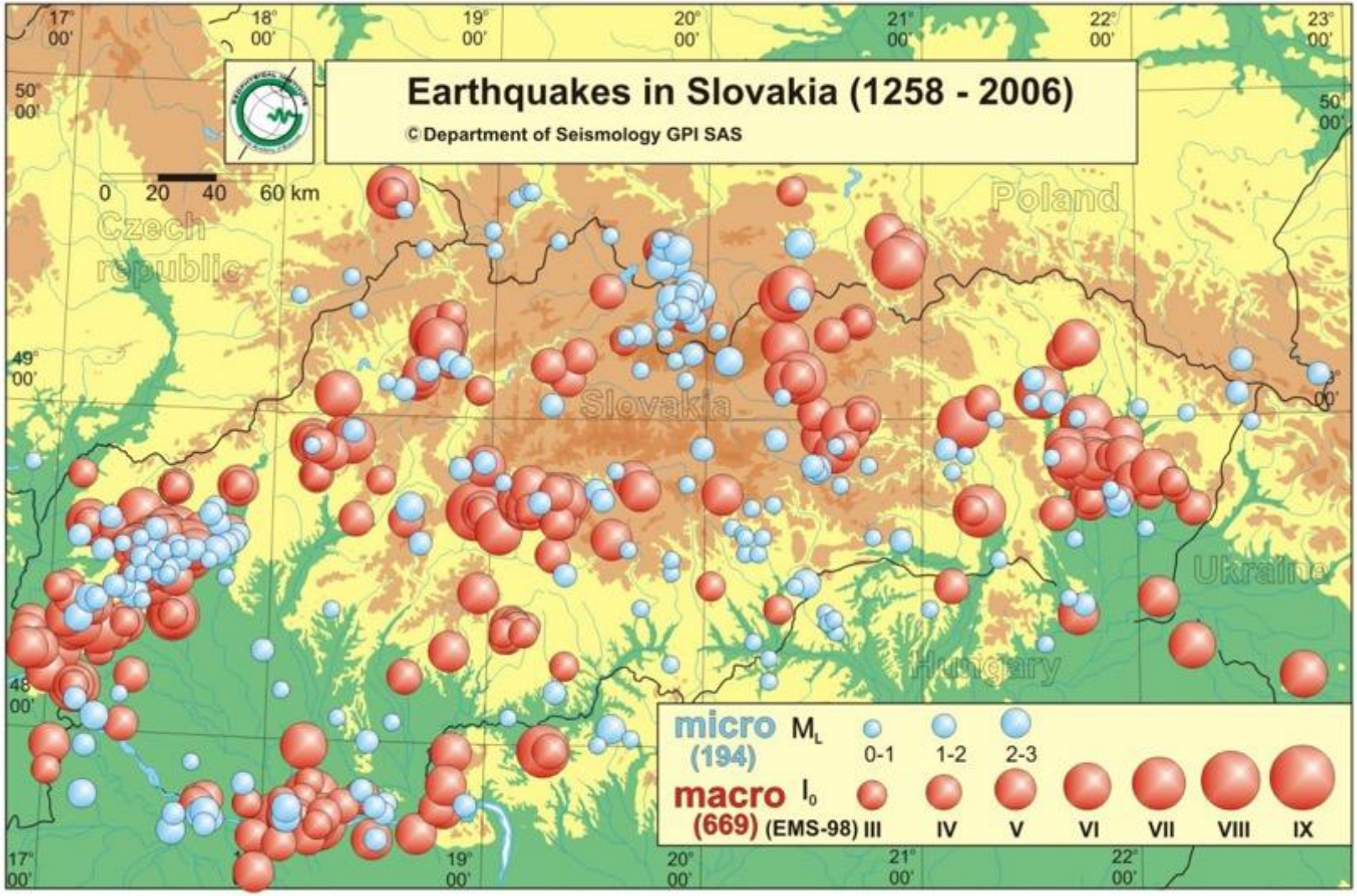
## Sila zemetrasení

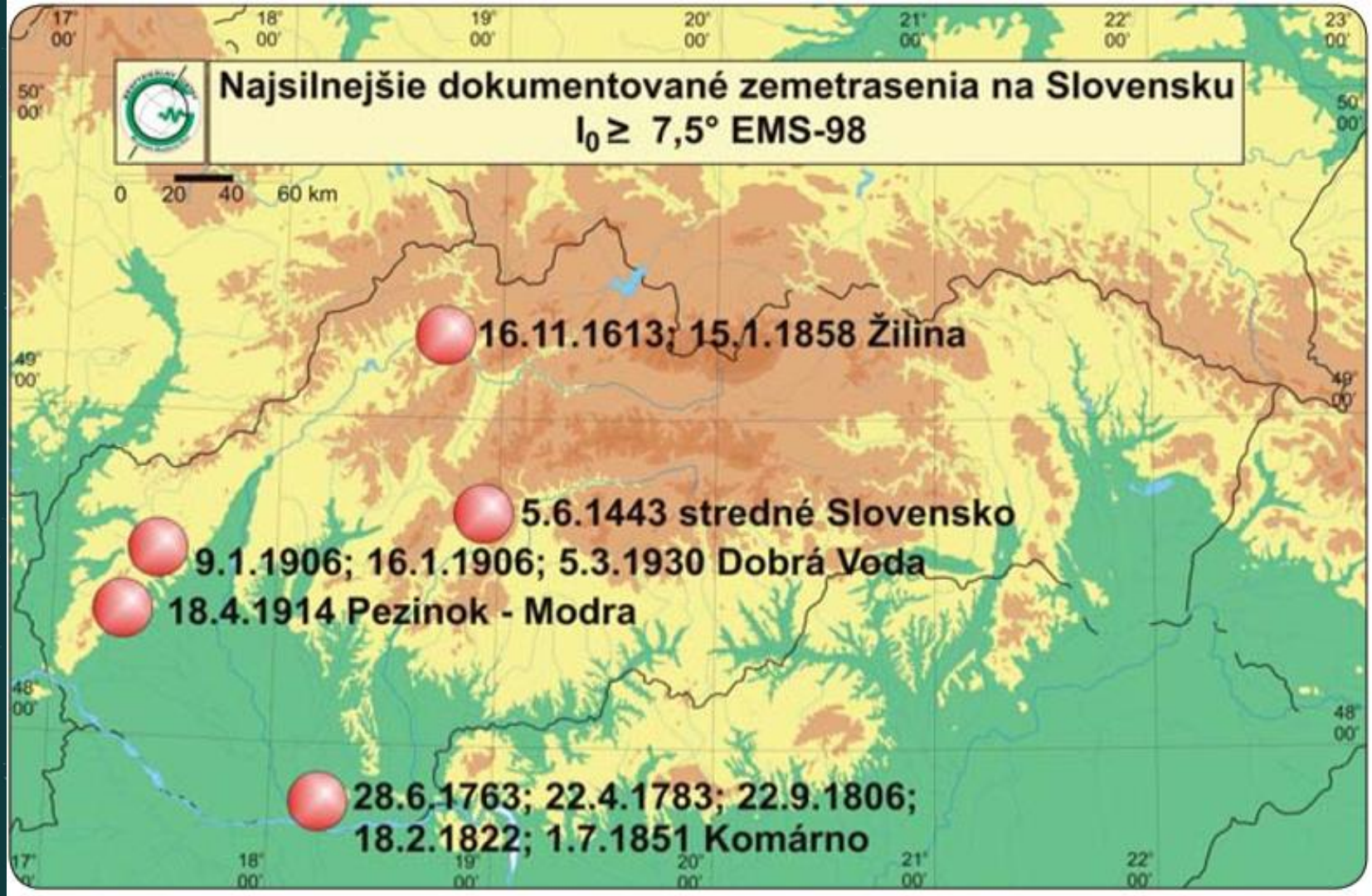
- A) intenzita sa určuje podľa škôd (podľa rôznych stupníc: Mercalliho, EMS-98...)
- B) sila zemetrasenia sa nazýva ako magnitúdo (tzv. Richterova škála), určuje sa prístrojmi

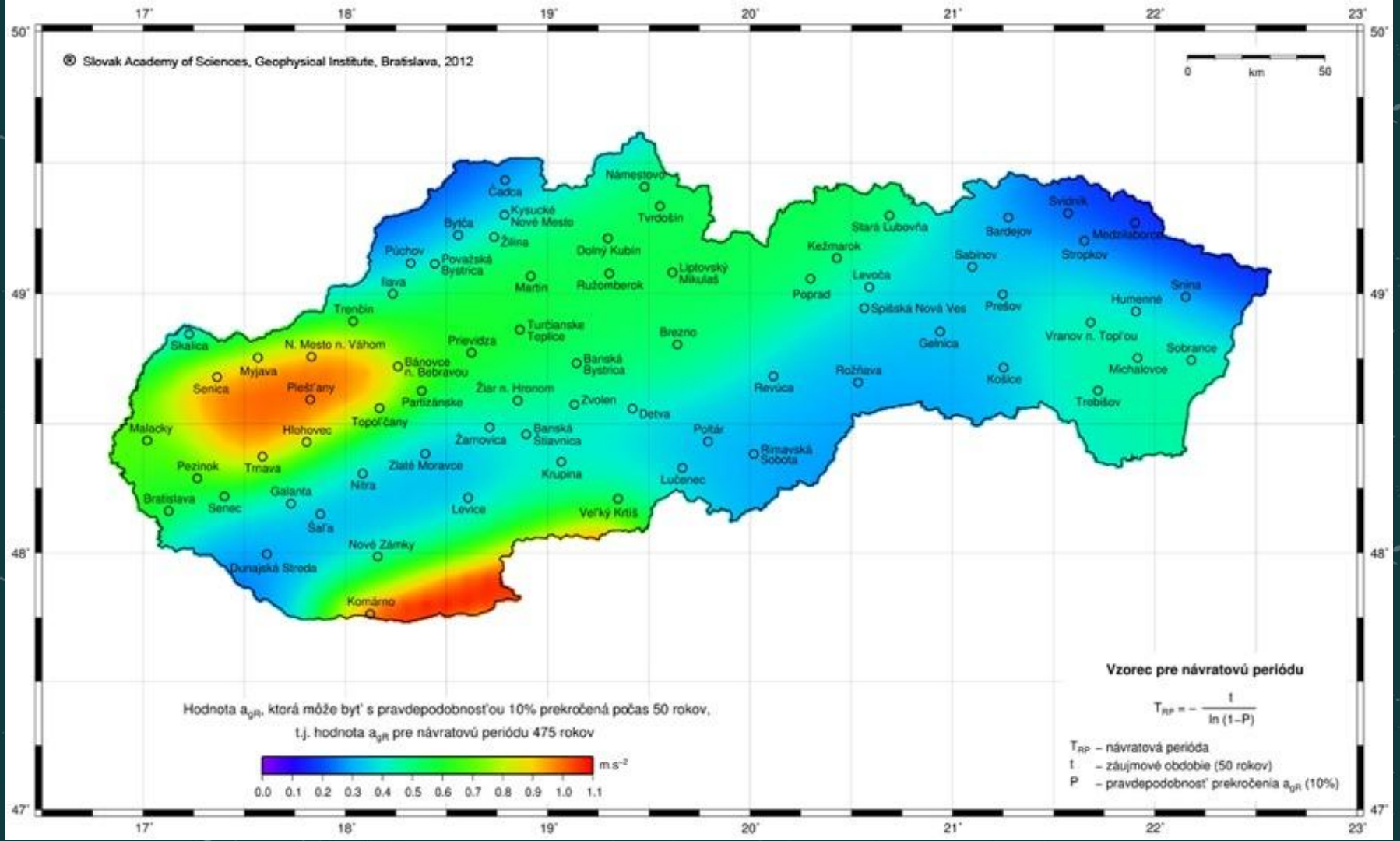
Aj vy môžete nahlásiť, že ste cítili zemetrasenie:

- https://www.seismology.sk/Recent_earthquake/info_S.html

- https://www.seismology.sk/


Earthquakes in Slovakia (1258 - 2006)
© Department of Seismology GPI SAS
0 20 40 60 km
Czech republic
Poland
Slovakia
Ukraine
Hungary
17° 00'
18° 00'
19° 00'
20° 00'
21° 00'
22° 00'
23° 00'
50° 00'
49° 00'
48° 00'
micro (194)
$M_L$
0-1
1-2
2-3
macro (669)
$I_0$
(EMS-98) III
IV
V
VI
VII
VIII
IX


Najsilnejšie dokumentované zemetrasenia na Slovensku
$I_0 \geq$ 7,5° EMS-98
0 20 40 60 km
16.11.1613; 15.1.1858 Žilina
5.6.1443 stredné Slovensko
9.1.1906; 16.1.1906; 5.3.1930 Dobrá Voda
18.4.1914 Pezinok - Modra
28.6.1763; 22.4.1783; 22.9.1806;
18.2.1822; 1.7.1851 Komárno




Hodnota $a_{gR}$, ktorá môže byť s pravdepodobnosťou 10% prekročená počas 50 rokov, t.j. hodnota $a_{gR}$ pre návratovú periódu 475 rokov

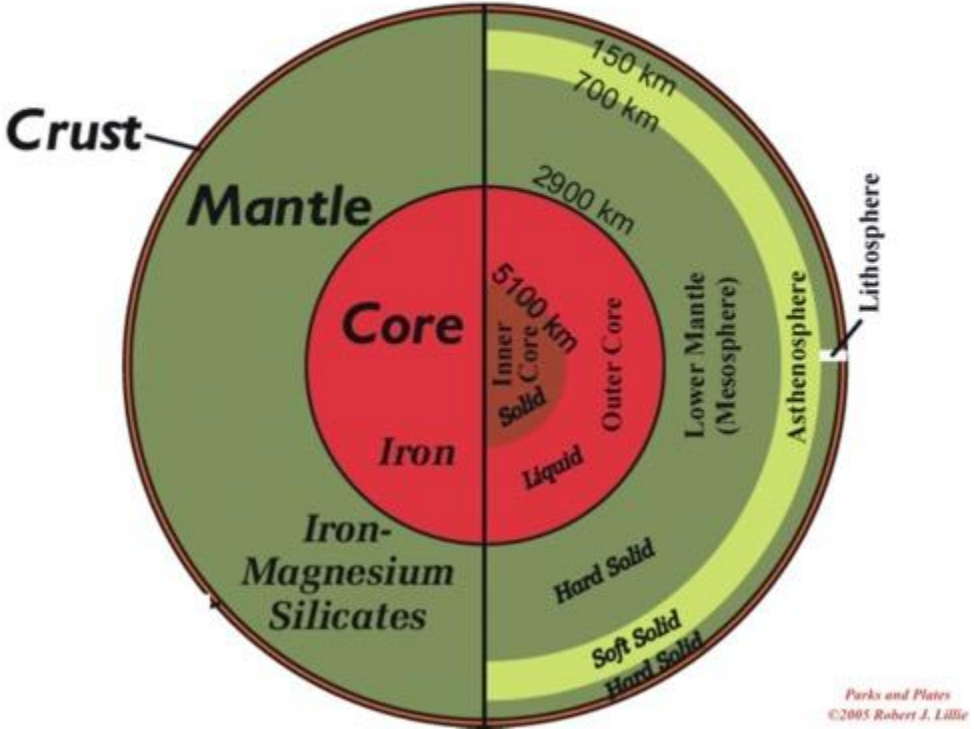
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 $m.s^{-2}$

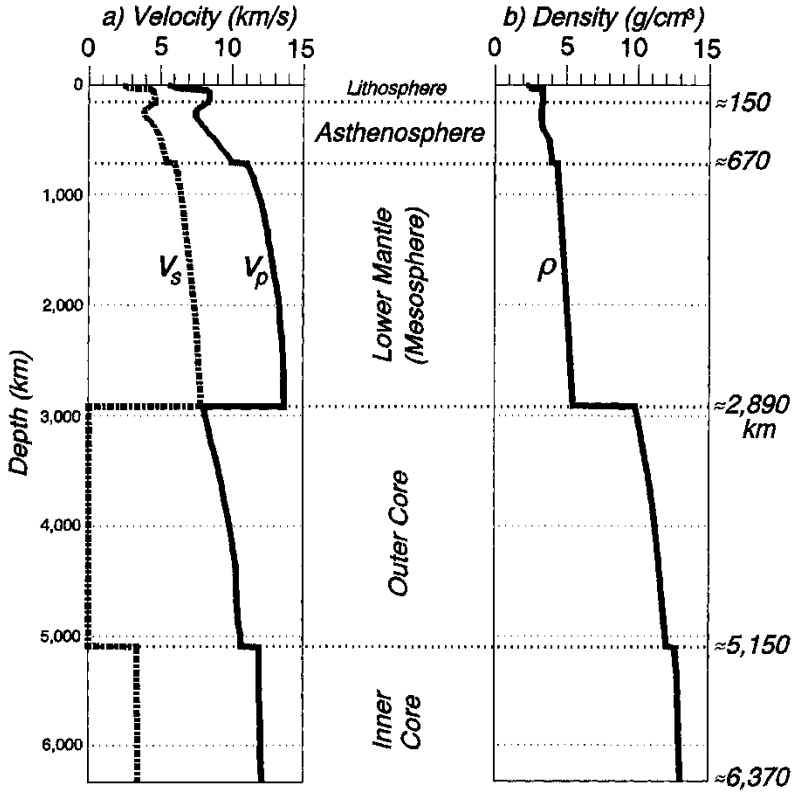
**Vzorec pre návratovú periódu**

$$T_{RP} = -\frac{t}{\ln(1-P)}$$

$T_{RP}$ – návratová perióda
$t$ – záujmové obdobie (50 rokov)
$P$ – pravdepodobnosť prekročenia $a_{gR}$ (10%)

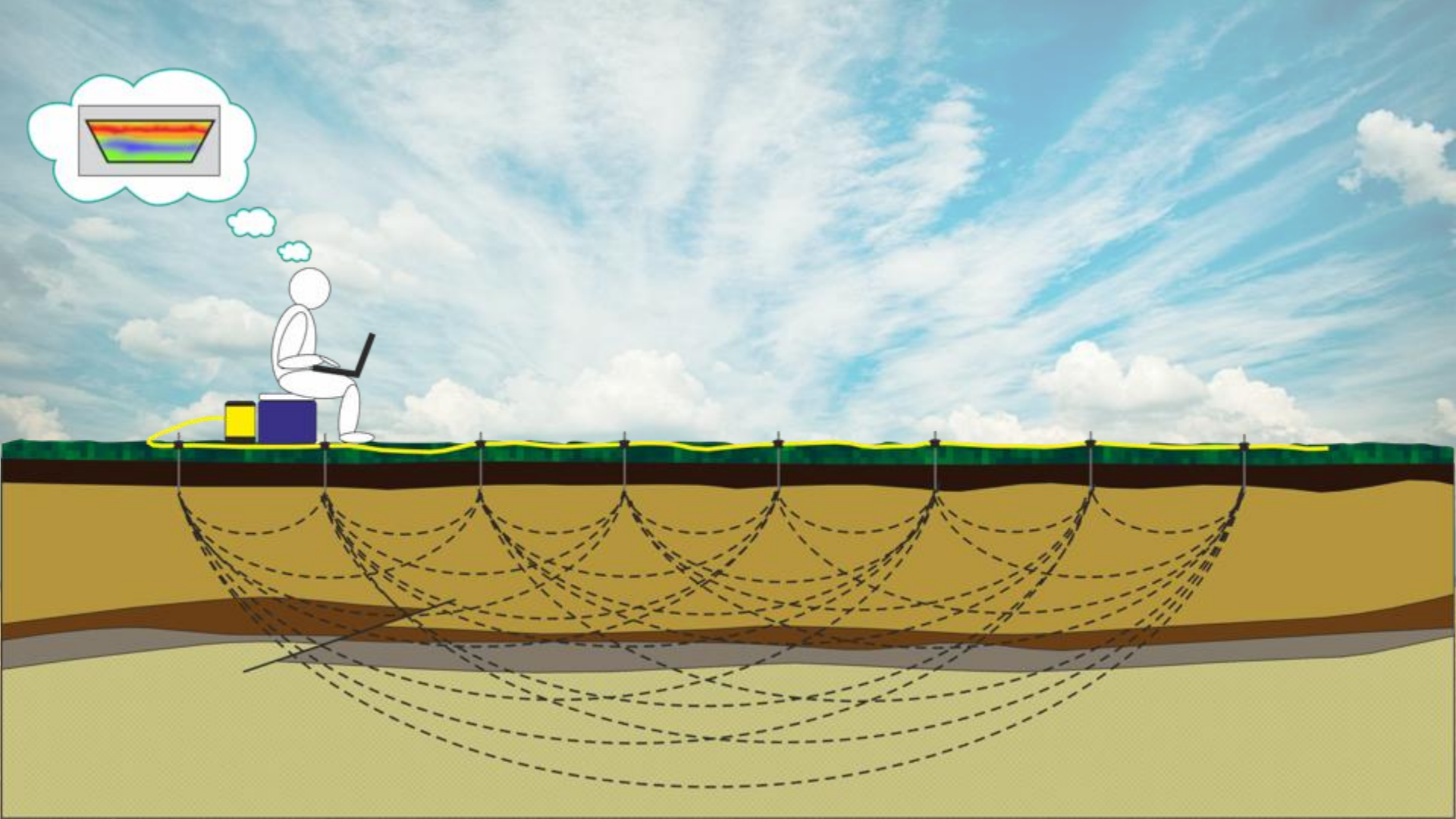
# model Zeme


Crust
Mantle
Core
Iron
Iron-Magnesium Silicates
150 km
700 km
2900 km
5100 km
Inner Core
Solid
Liquid
Outer Core
Lower Mantle (Mesosphere)
Asthenosphere
Lithosphere
Hard Solid
Soft Solid
Hard Solid
Parks and Plates
©2005 Robert J. Lillie


a) Velocity (km/s)
0
5
10
15
b) Density (g/cm³)
0
5
10
15
Depth (km)
0
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
Lithosphere
Asthenosphere
Lower Mantle (Mesosphere)
Outer Core
Inner Core
$V_s$
$V_p$
$\rho$
≈150
≈670
≈2,890 km
≈5,150
≈6,370

# GEOELEKTRIKA A ELEKTROMAGNETIKA

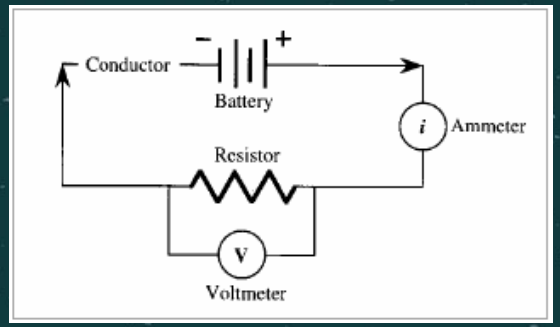
štúdium elektrických a elektromagnetických polí Zeme, ktoré sú charakterizované merným odporom a vodivosťou

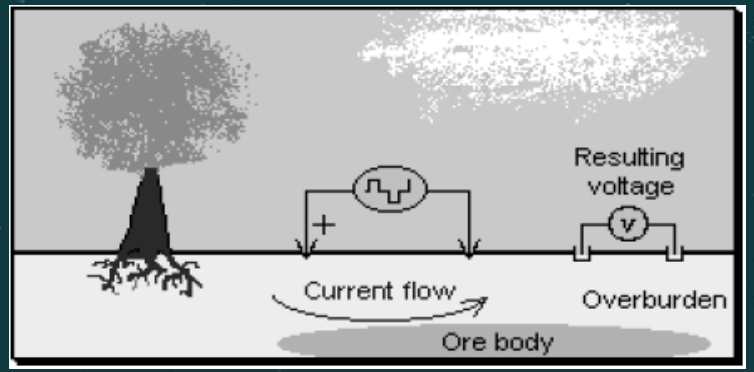


# ERT* (elektrická odporová tomografia)

*geoelektrických metód existuje mnoho, i keď tu je uvedená len metóda ERT

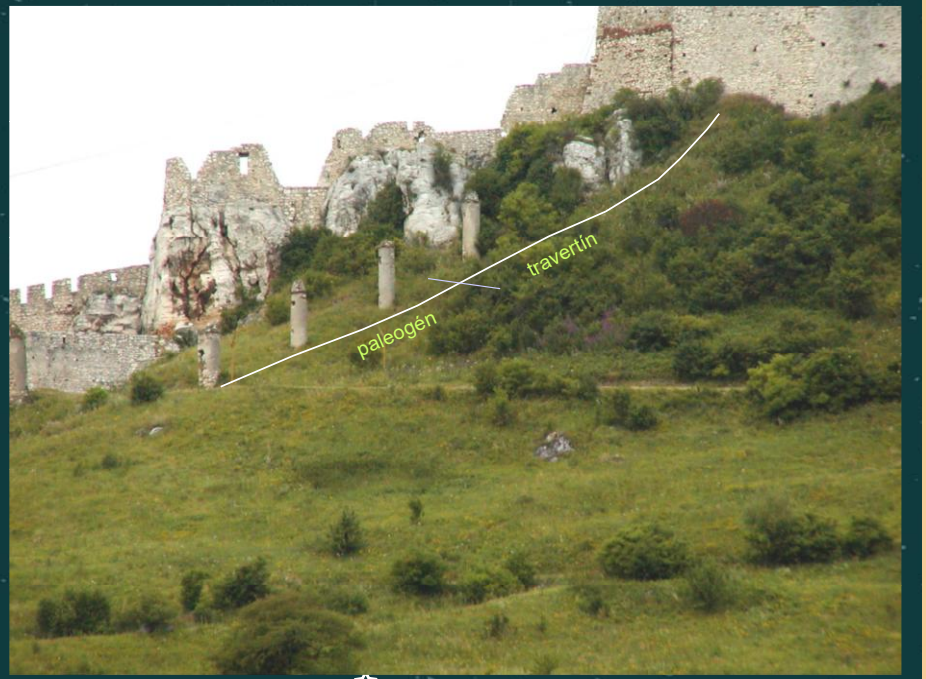
- meranie merného elektrického odporu
- detegované objekty s rôznym elektrickým odporom

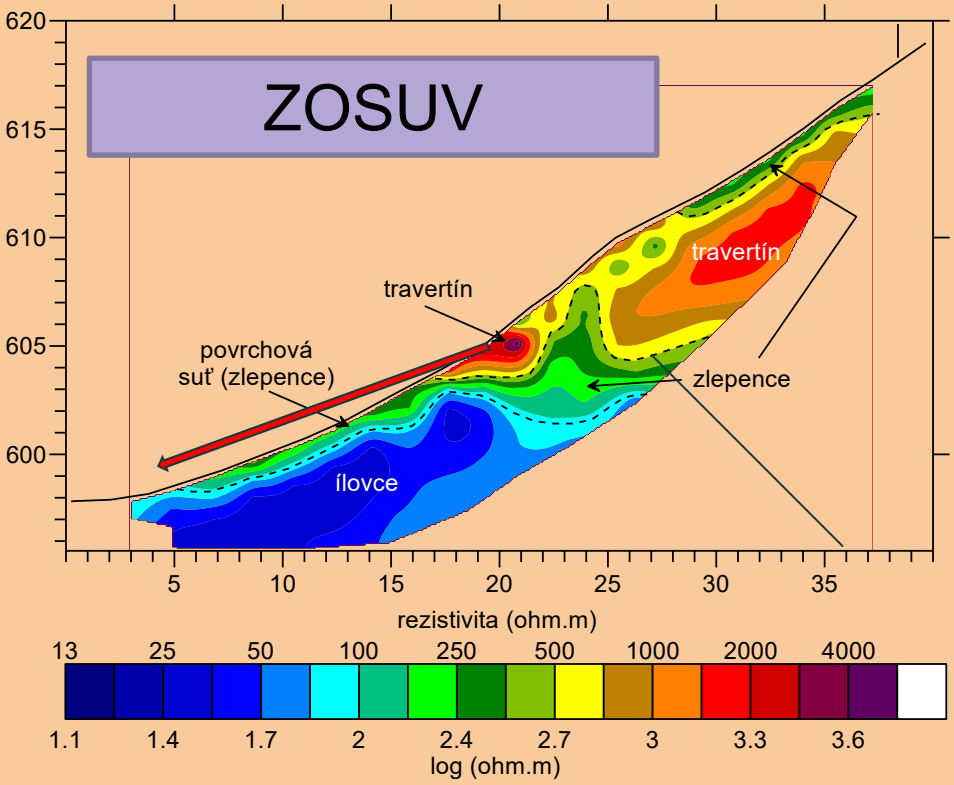


HONDA

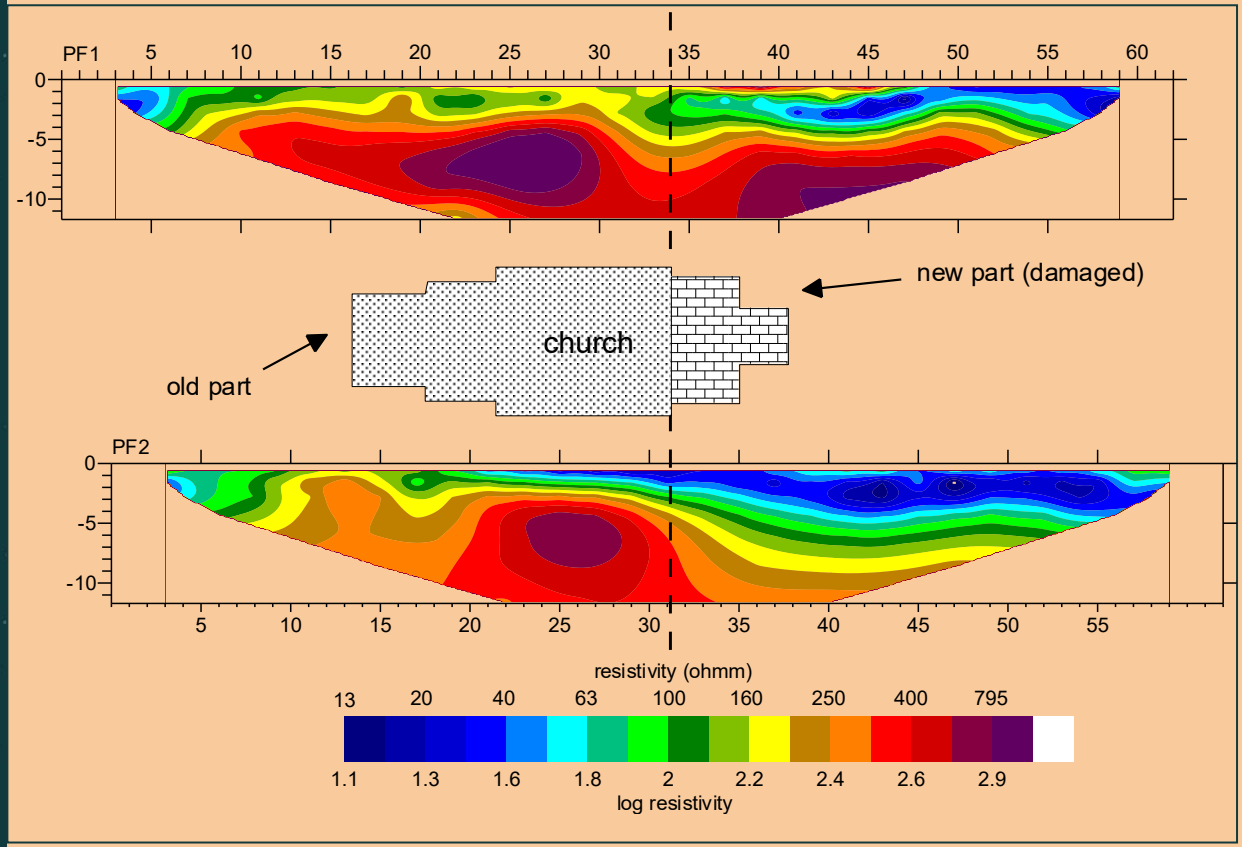
# Výsledky


travertín
paleogén


ZOSUV
620
615
610
605
600
travertín
travertín
povrchová
suť (zlepence)
zlepence
ílovce
5
10
15
20
25
30
35
rezistivita (ohm.m)
13
25
50
100
250
500
1000
2000
4000
1.1
1.4
1.7
2
2.4
2.7
3
3.3
3.6
log (ohm.m)

# Výsledky

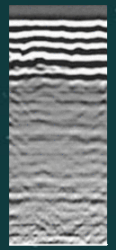
Kostolany pod Tribečom - true resistivity structure near church

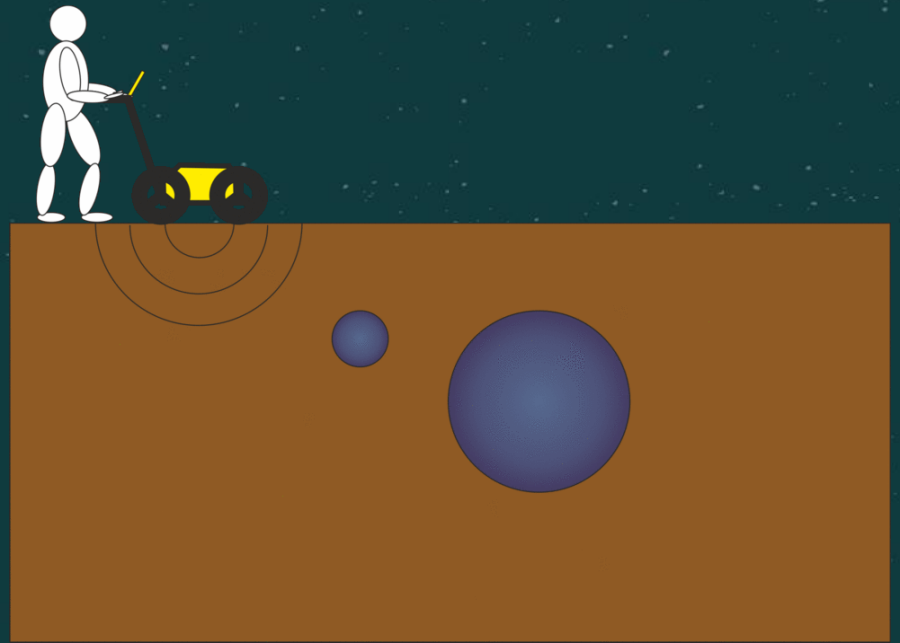


# GEORADAR (GPR)

elektromagnetické vlny
(stále geoelektrika)

# Georadar

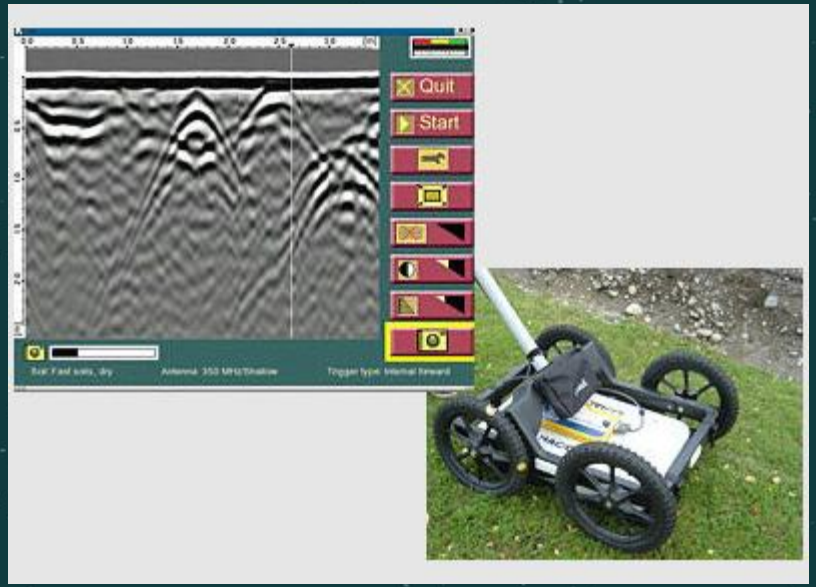


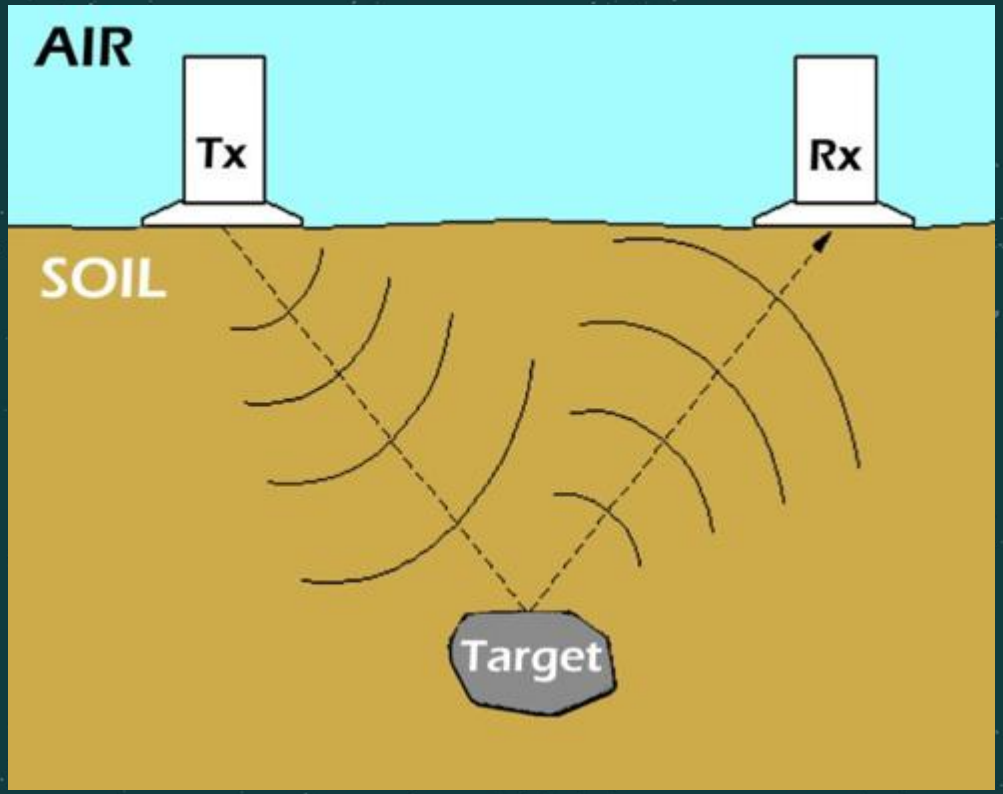


## Georadar

- registrácia odrazených elektromagnetických vĺn
- hĺbkový dosah pár metrov (do 10 m)
- detegované objekty s rôznymi elektrickými vlastnosťami (elektr. permitivita a vodivosť)

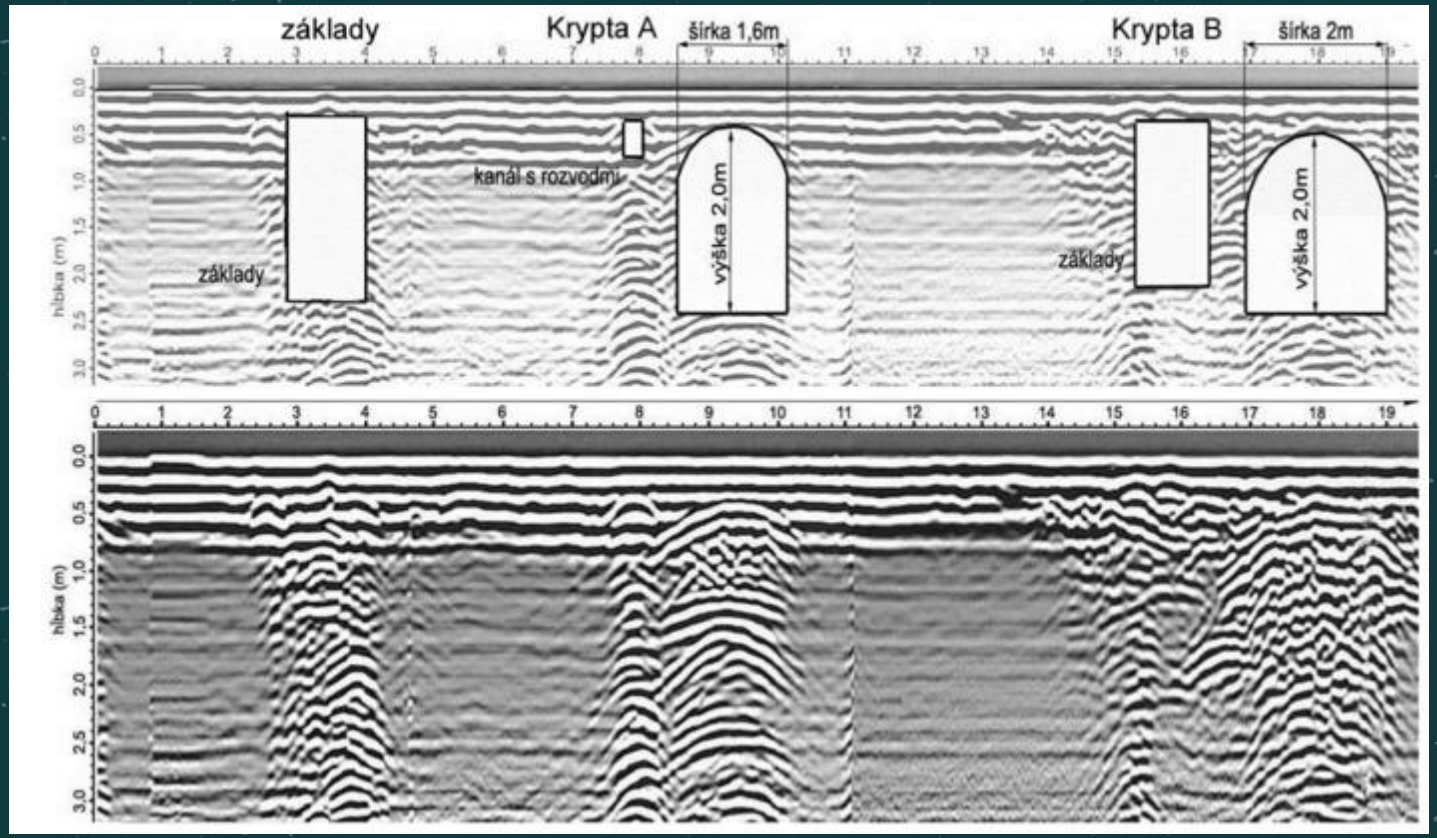
# Georadar



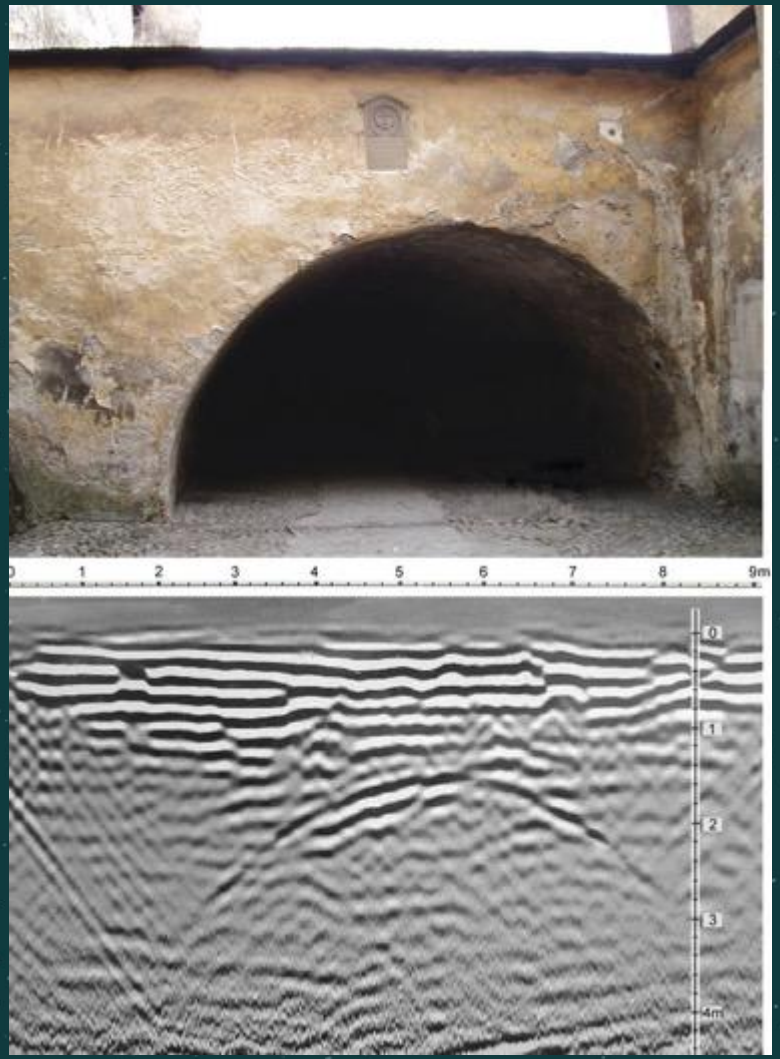



# Výsledky

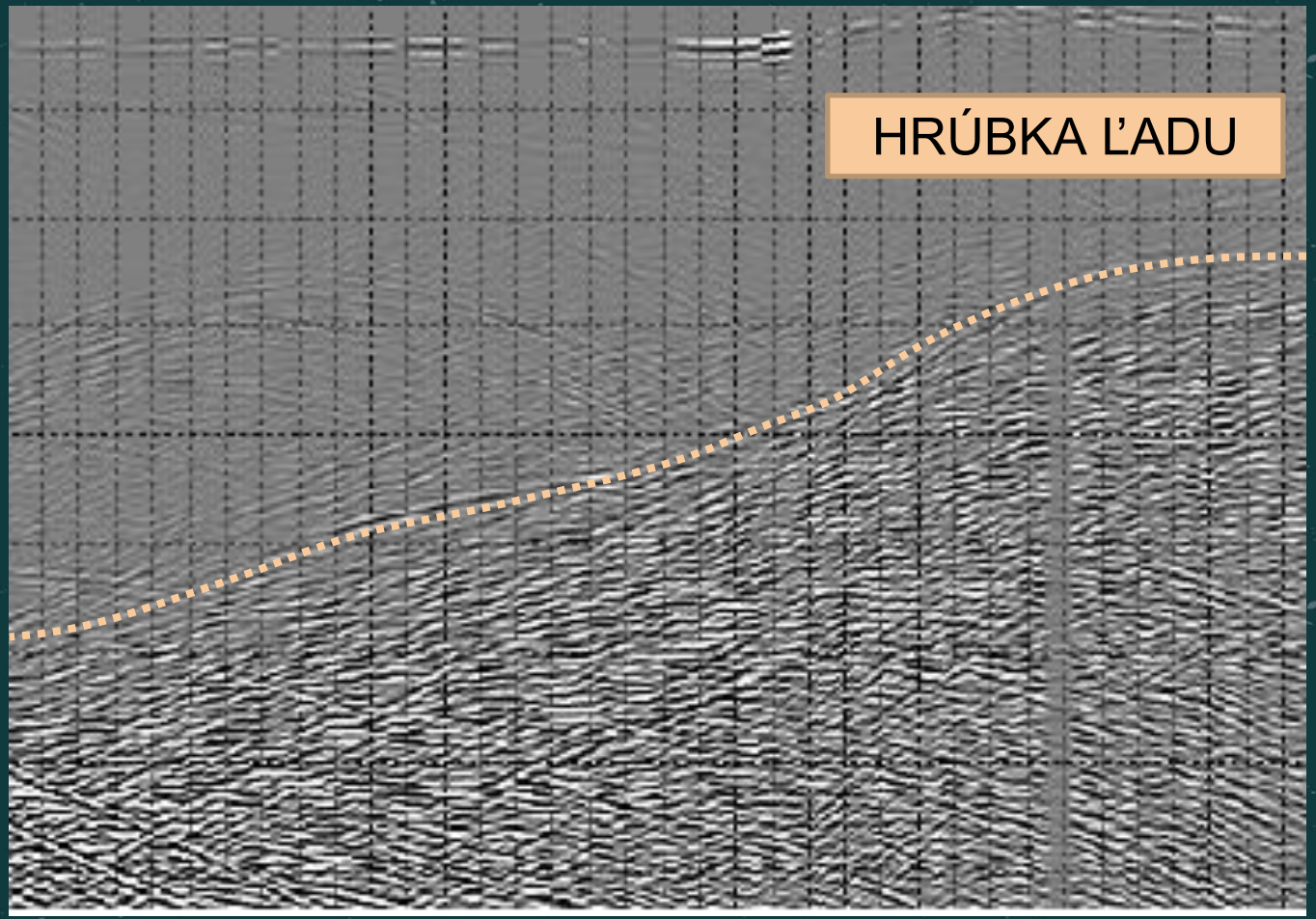
ARCHEOLÓGIA KRYPTY



# Výsledky

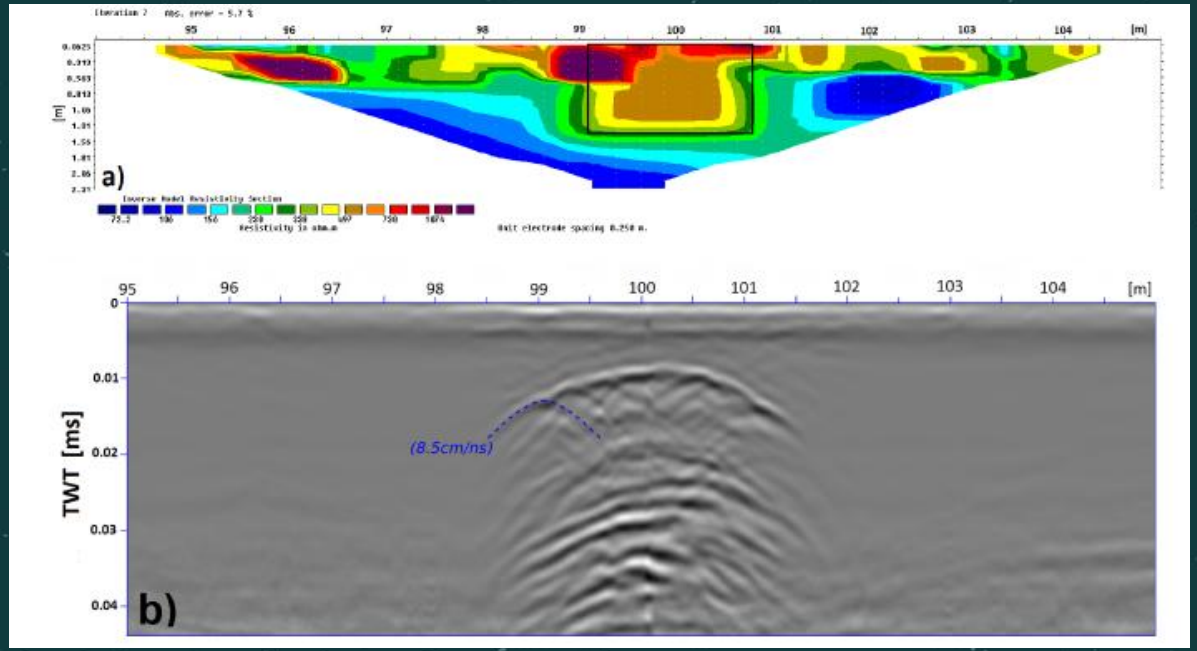


# Výsledky



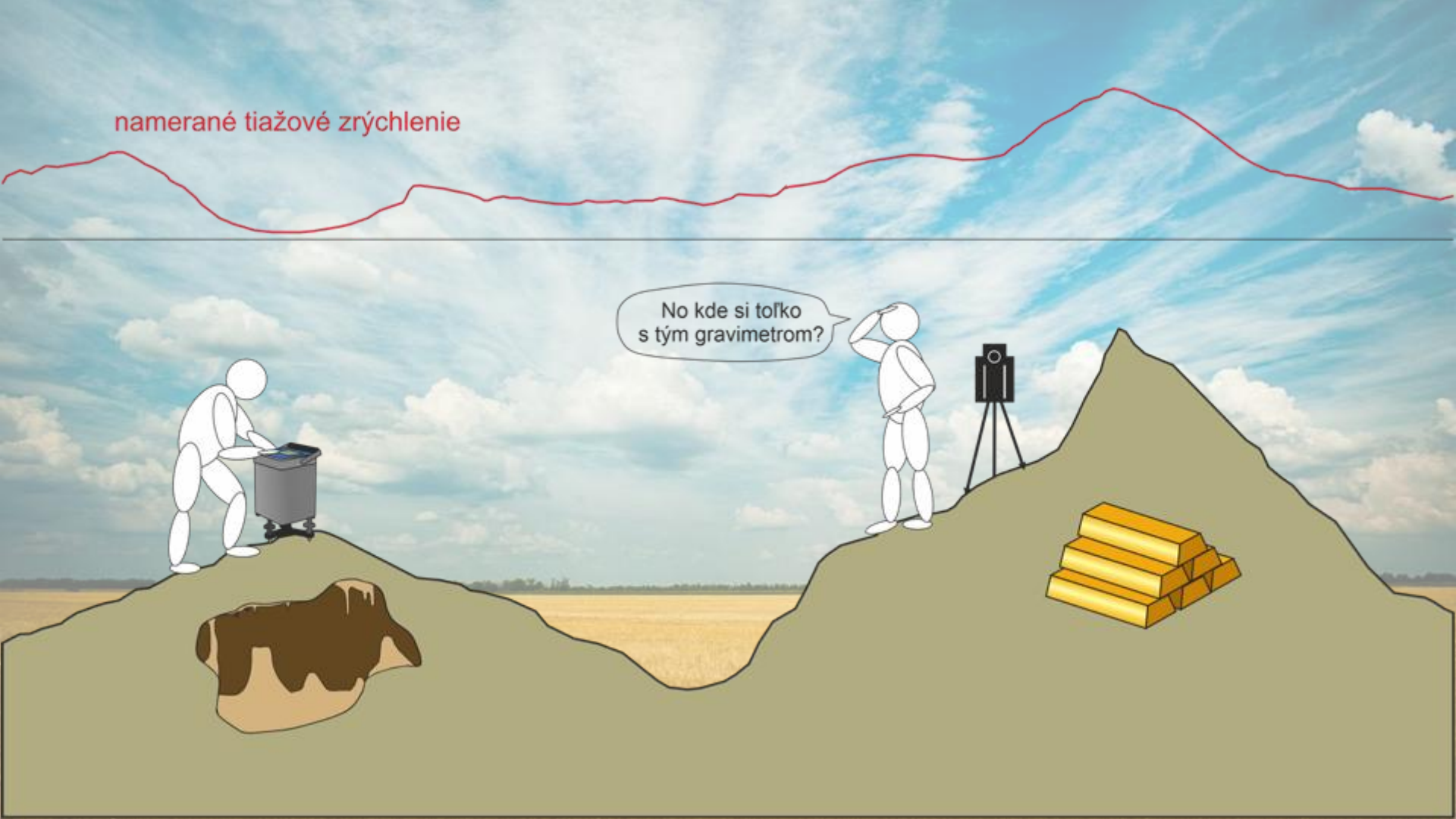
# Výsledky

KRYPTY



# GRAVIMETRIA

štúdium tiažového poľa Zeme


namerané tiažové zrýchlenie
No kde si toľko s tým gravimetrom?

## Gravimetria

- veľmi presné meranie tiažového poľa
- prístroje: tzv. gravimetre
- hĺbkový dosah aj niekoľko kilometrov
- detegované objekty s rôznou hustotou

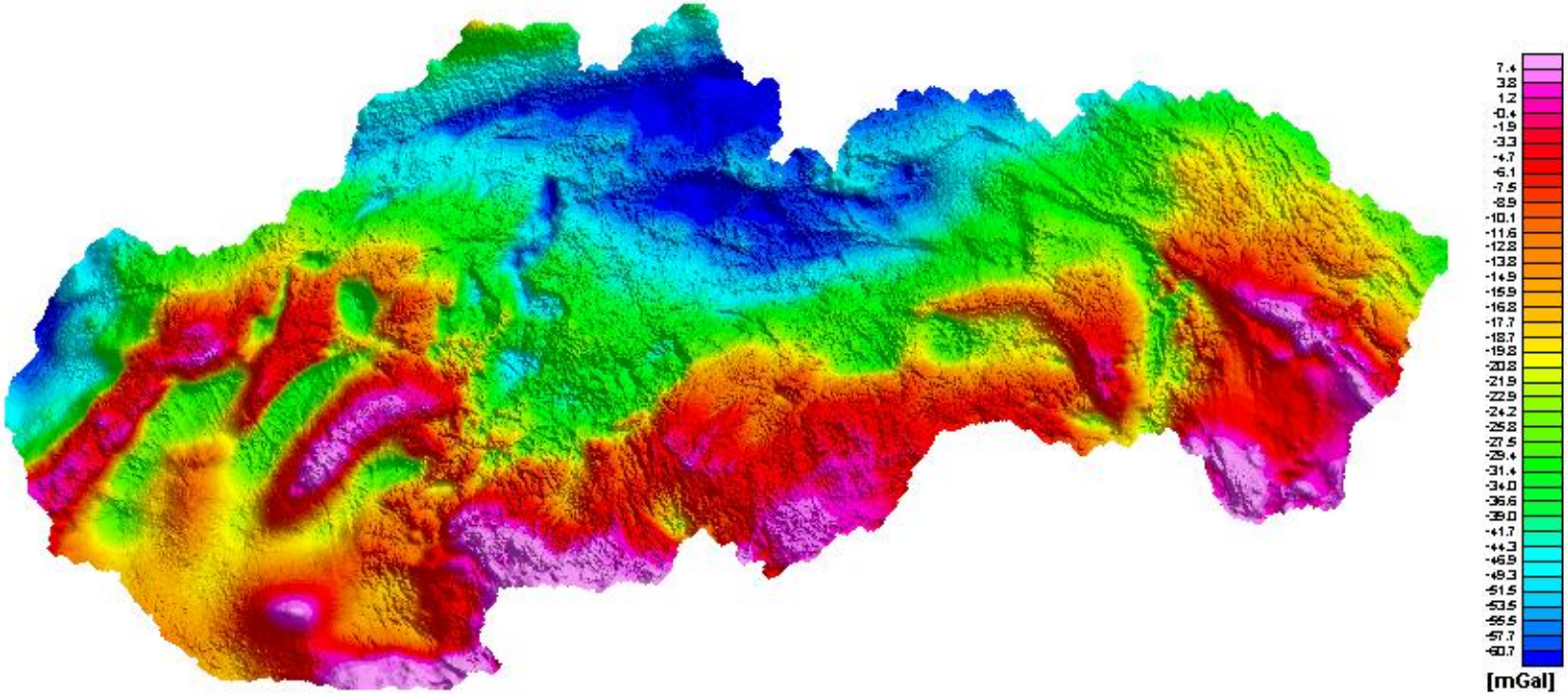
## Gravimetria

interpretujú sa tzv. Bouguerove anomálie, ktoré vzniknú odstránením účinku známych štruktúr z tiažového poľa (napríklad odstránením tiažového účinku kopcov...)

# Výsledky

## PREJAVY HLBŠÍCH ŠTRUKTÚR

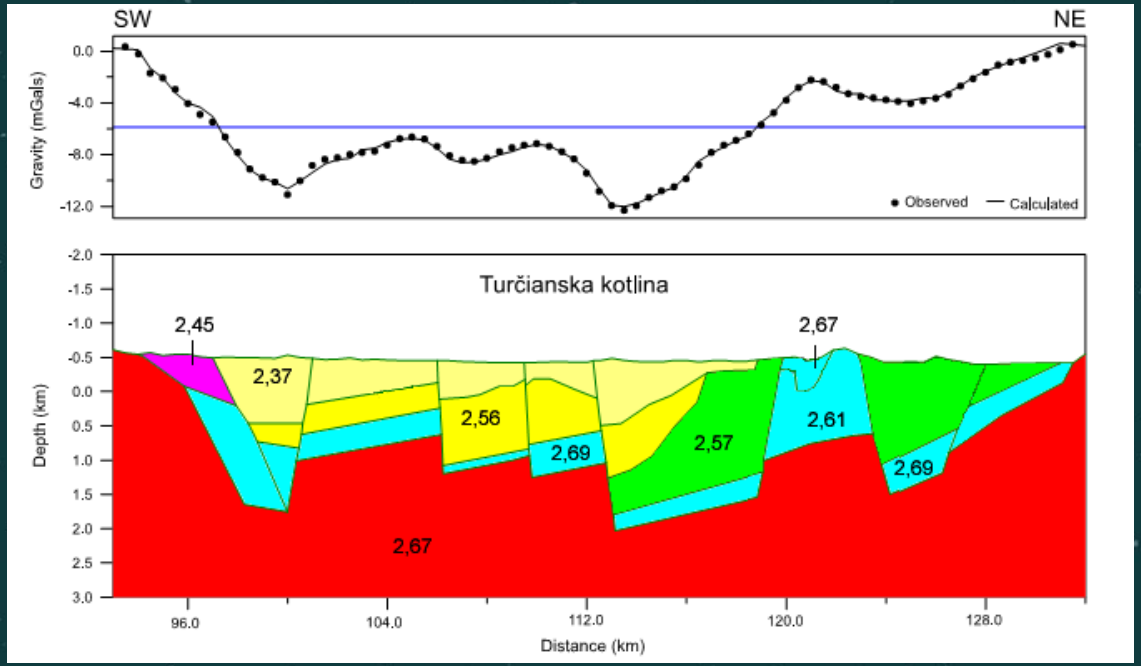
Bouguerove anomálie na území SR

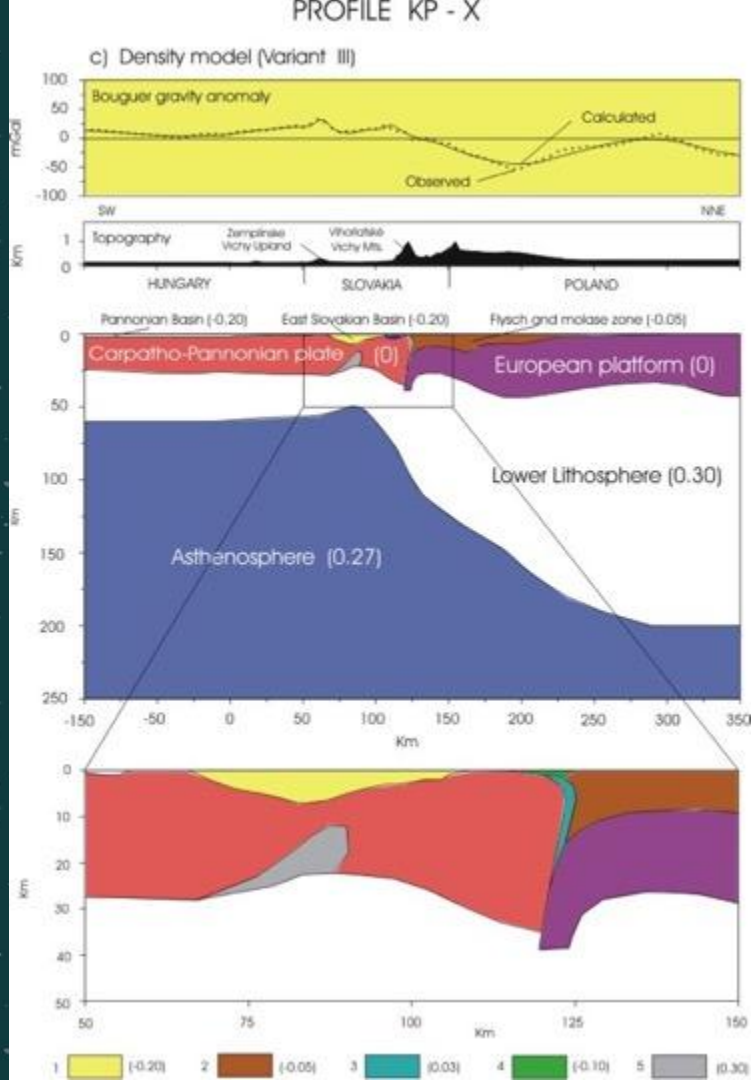


# Výsledky

## HUSTOTNÉ MODELOVANIE

| | |
|---|---|
| | Hrubozrnné neogénne sedimenty |
| | Kryštalinikum |
| | Metamorfity |
| | Mezozoikum |
| | Neogén |
| | Neogén |
| | Paleogén |



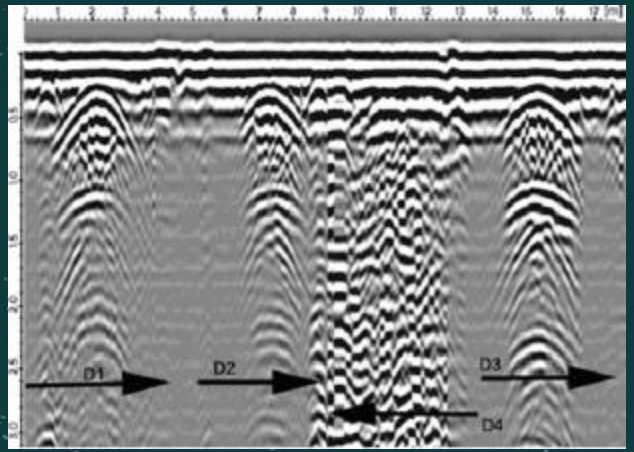



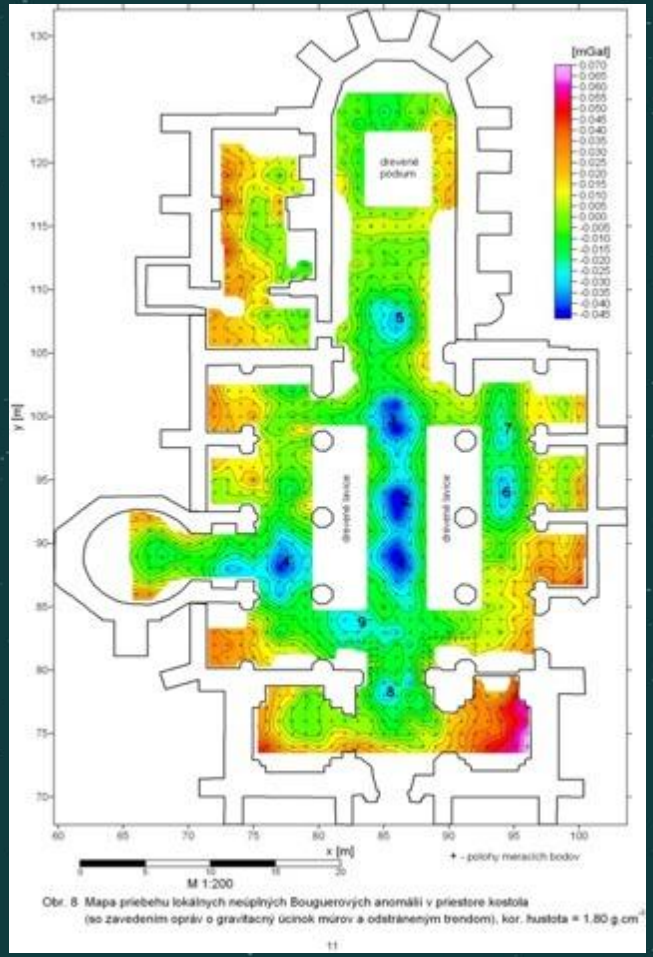
## Mikrogravimetria

- veľmi presné meranie tiažového poľa
- hĺbkový dosah aj niekoľko metrov
- detegované objekty s rôznou hustotou

# Výsledky

## ARCHEOLÓGIA (KRYPTY)



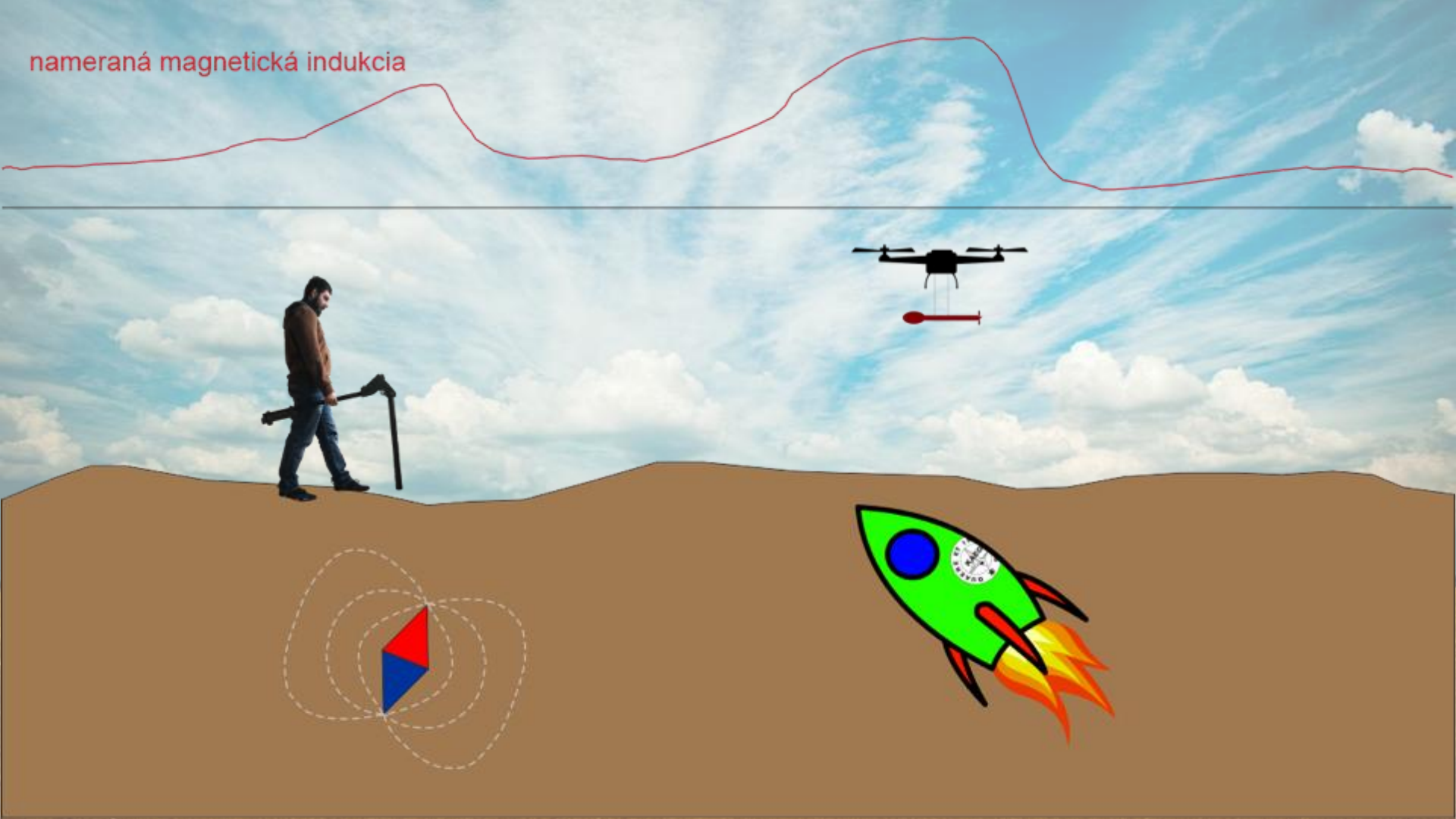




Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm$^{-3}$

11

# MAGNETOMETRIA

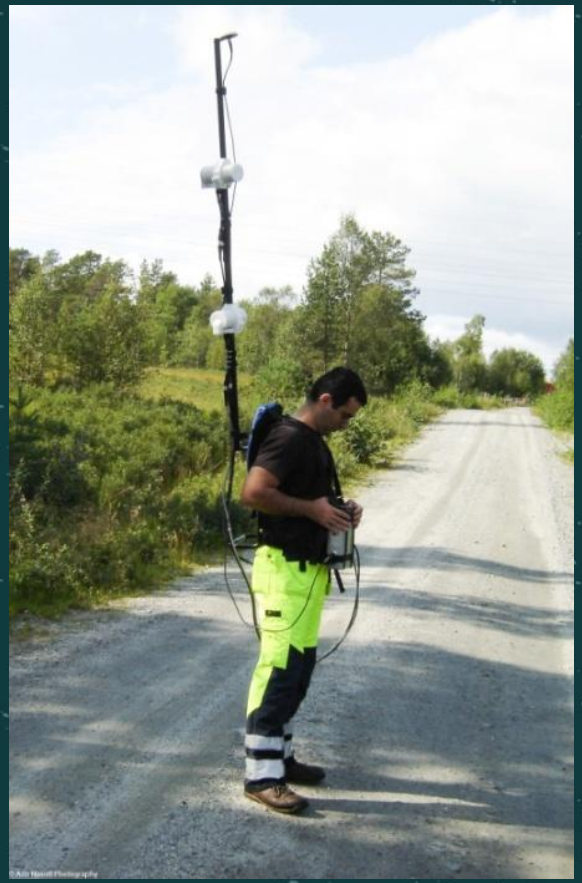
štúdium magnetického poľa Zeme


nameraná magnetická indukcia

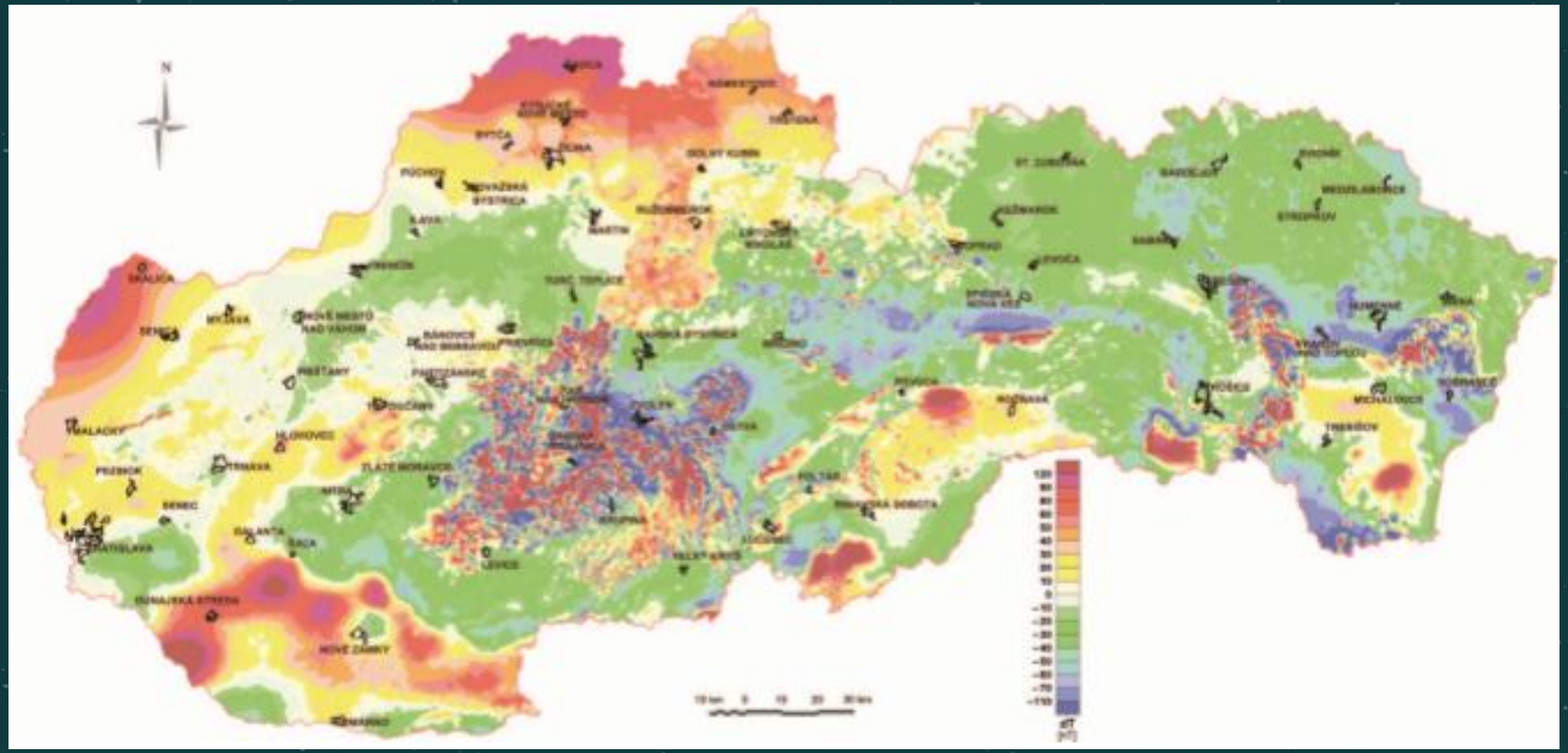
## Magnetometria

- meranie magnetického poľa
- prístroje: tzv. magnetometre
- hĺbkový dosah aj niekoľko kilometrov
- detegované objekty s rôznymi magnetickými vlastnosťami (magn. susceptibilitou)

# Magnetometre

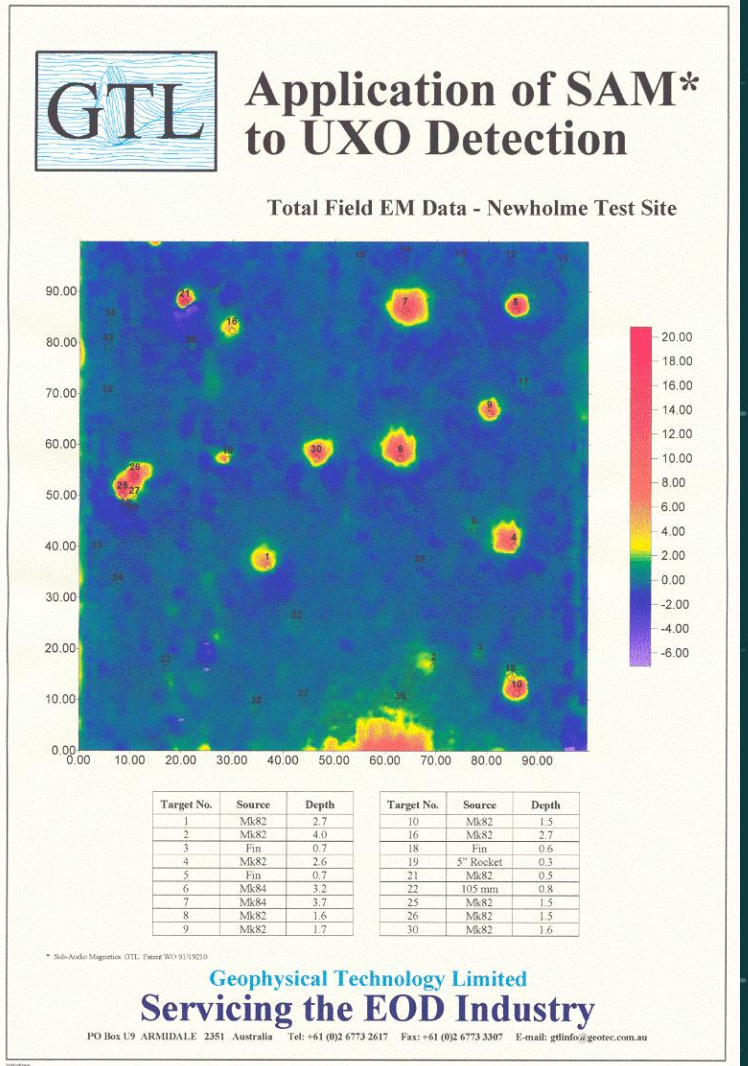


# Výsledky (mapa anomálneho magnetického poľa na území SR)



# Výsledky

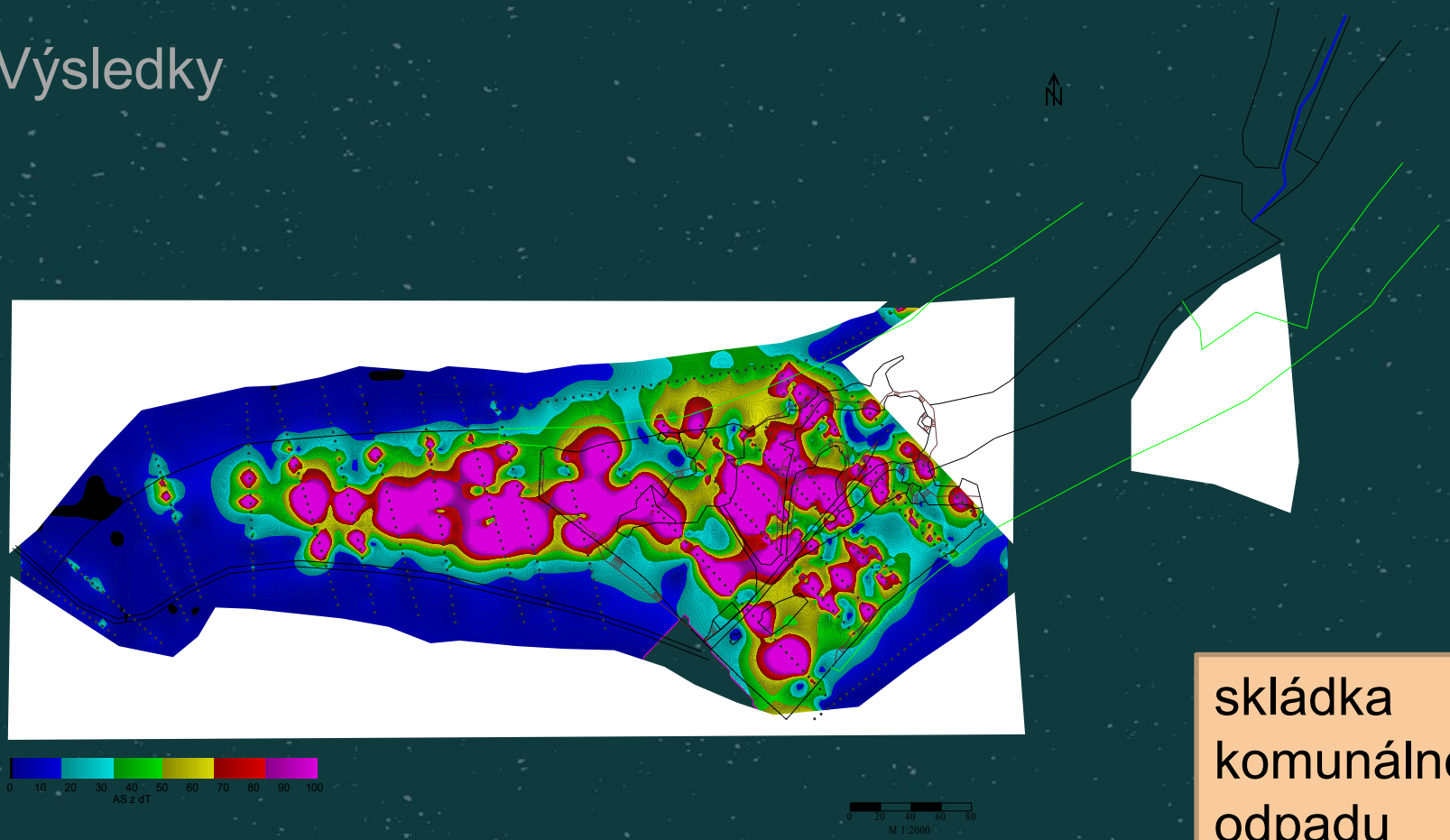
vyhľadávanie nevybuchnutej munície (UXO)




| Target No. | Source | Depth |
|---|---|---|
| 1 | Mk82 | 2.7 |
| 2 | Mk82 | 4.0 |
| 3 | Fin | 0.7 |
| 4 | Mk82 | 2.6 |
| 5 | Fin | 0.7 |
| 6 | Mk84 | 3.2 |
| 7 | Mk84 | 3.7 |
| 8 | Mk82 | 1.6 |
| 9 | Mk82 | 1.7 |

| Target No. | Source | Depth |
|---|---|---|
| 10 | Mk82 | 1.5 |
| 16 | Mk82 | 2.7 |
| 18 | Fin | 0.6 |
| 19 | 5" Rocket | 0.3 |
| 21 | Mk82 | 0.5 |
| 22 | 105 mm | 0.8 |
| 25 | Mk82 | 1.5 |
| 26 | Mk82 | 1.5 |
| 30 | Mk82 | 1.6 |

# Výsledky

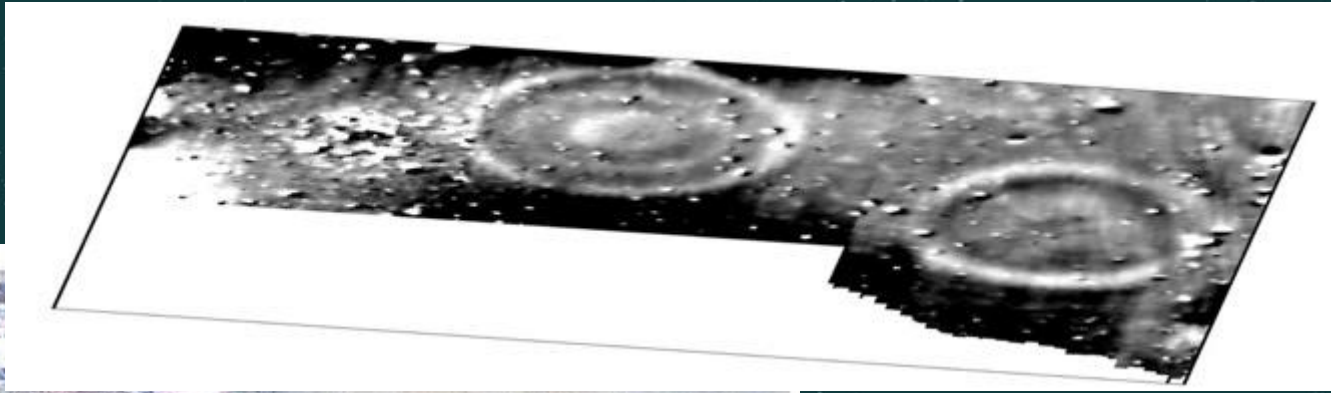



skládka komunálneho odpadu

# Výsledky

ARCHEOLÓGIA

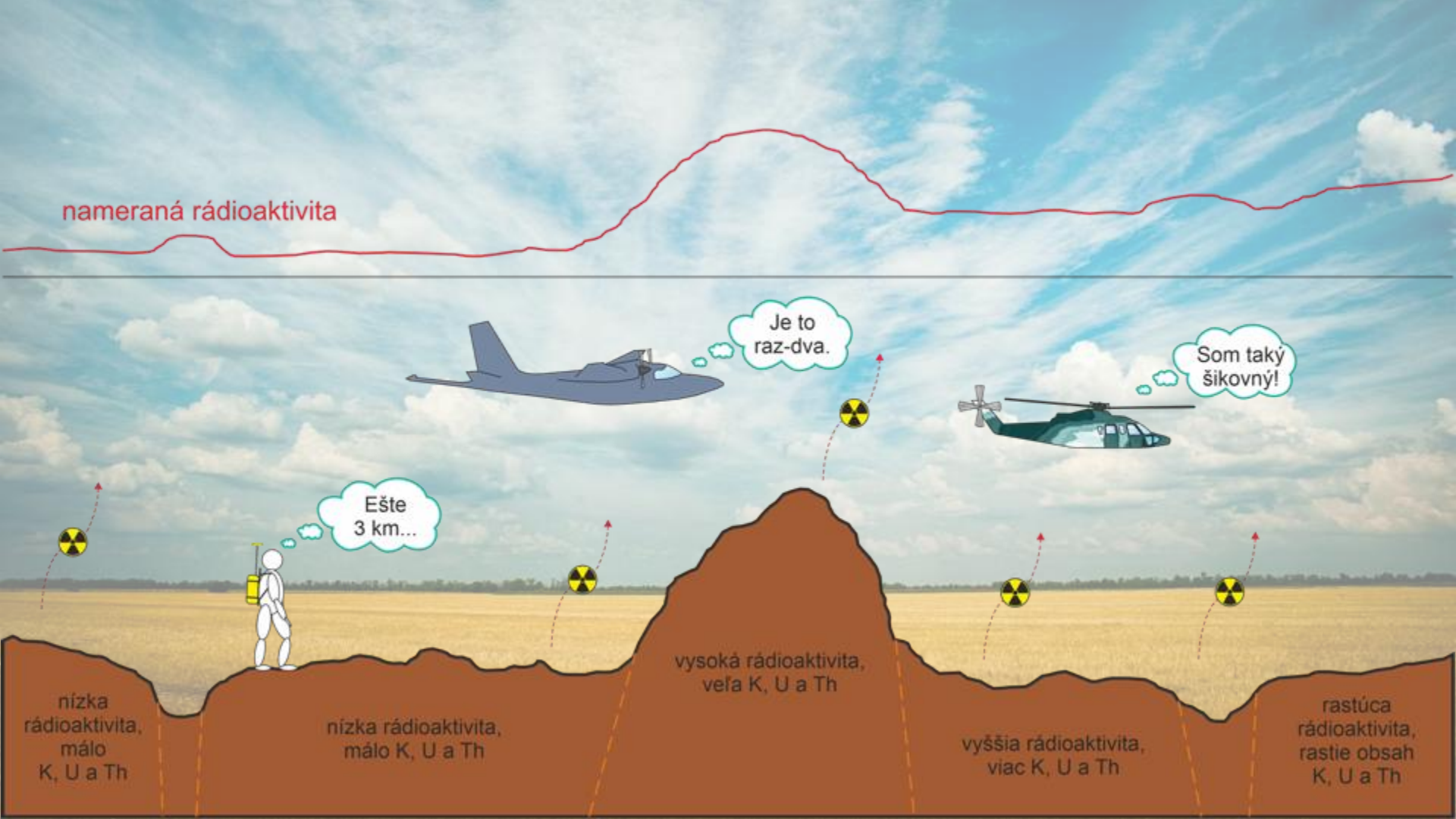
# Výsledky



ARCHEOLÓGIA

# RÁDIOMETRIA

štúdium rádioaktivity Zeme

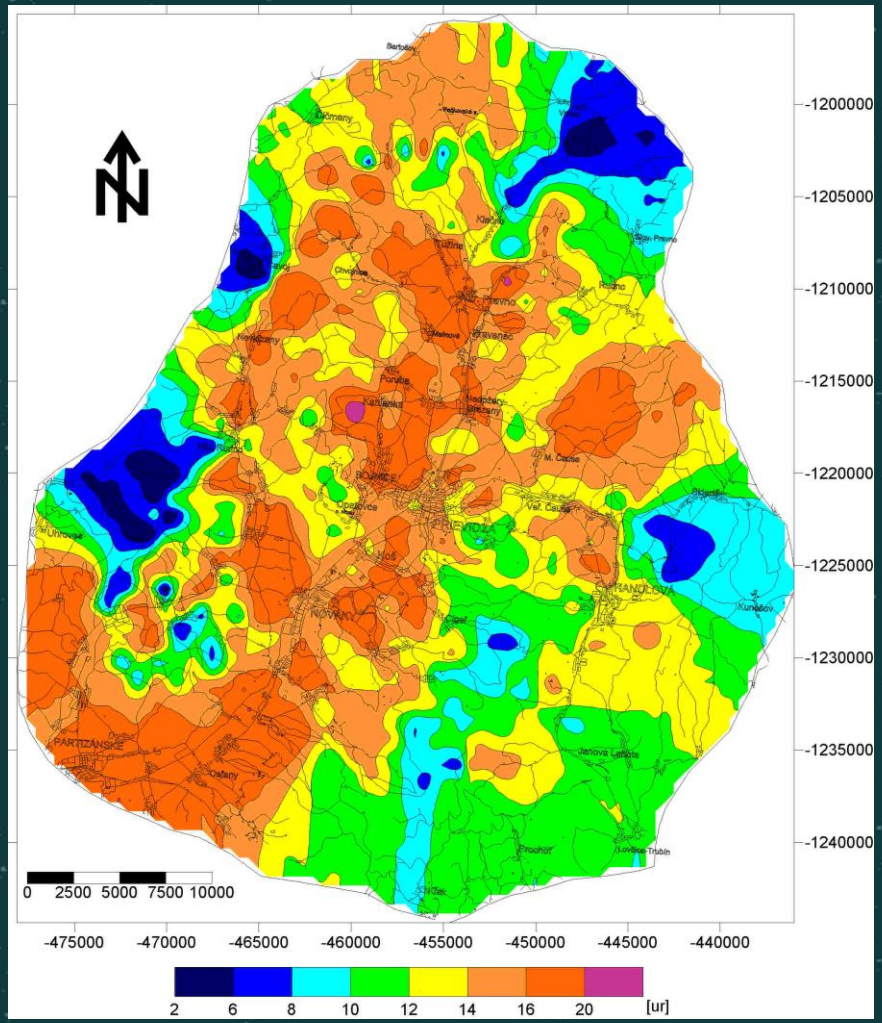

nameraná rádioaktivita
Je to raz-dva.
Som taký šikovný!
Ešte 3 km...
nízka rádioaktivita, málo K, U a Th
nízka rádioaktivita, málo K, U a Th
vysoká rádioaktivita, veľa K, U a Th
vyššia rádioaktivita, viac K, U a Th
rastúca rádioaktivita, rastie obsah K, U a Th

## Rádiometria

- meranie prirodzenej a umelej rádioaktivity
- merajú sa rôzne druhy žiarenia
- hromadenie rádioaktivity je viazané na rôzne geologické štruktúry

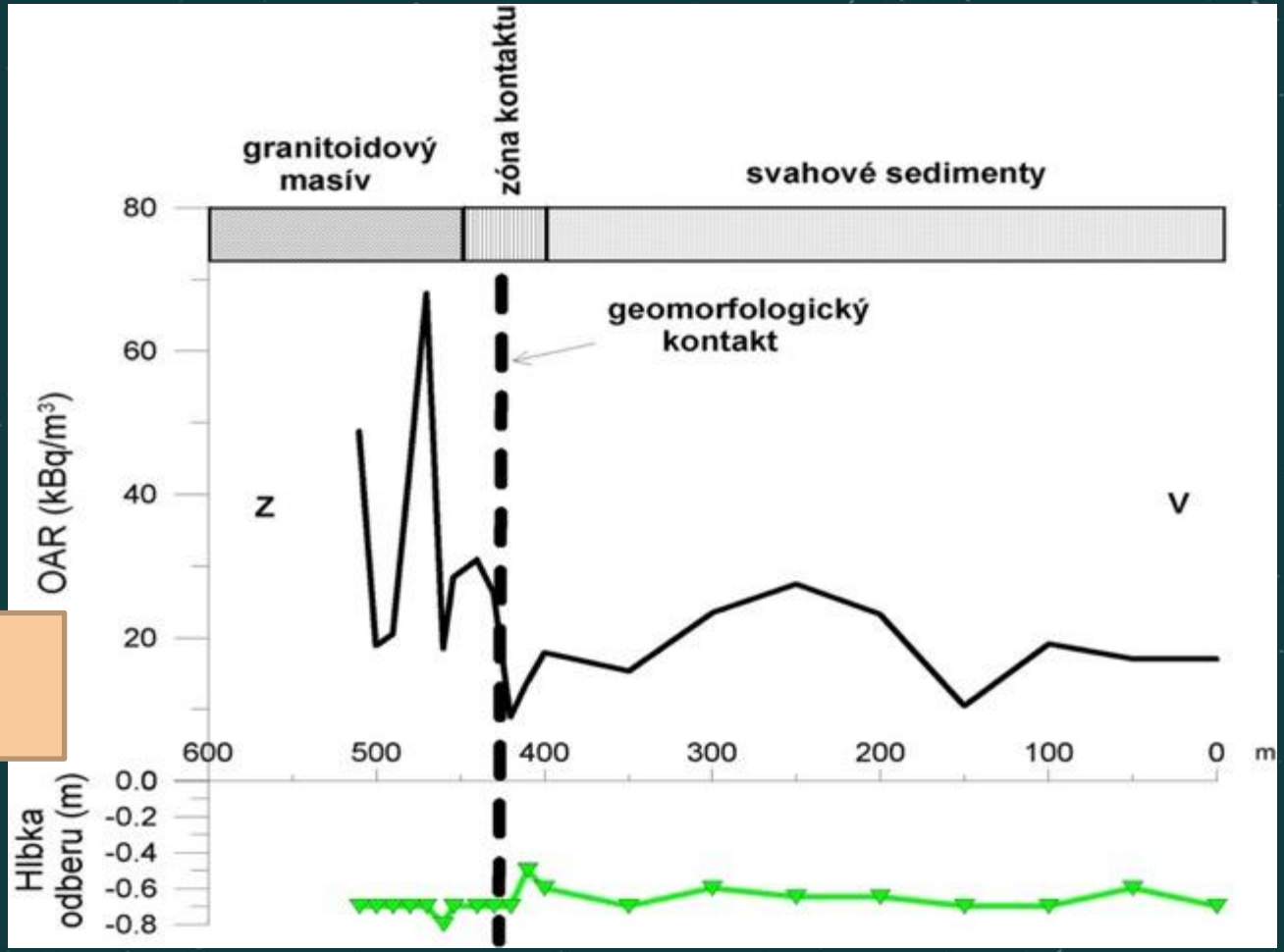
# Výsledky

príklad mapovania prírodnej rádioaktivity (oblast Hornej Nitry)

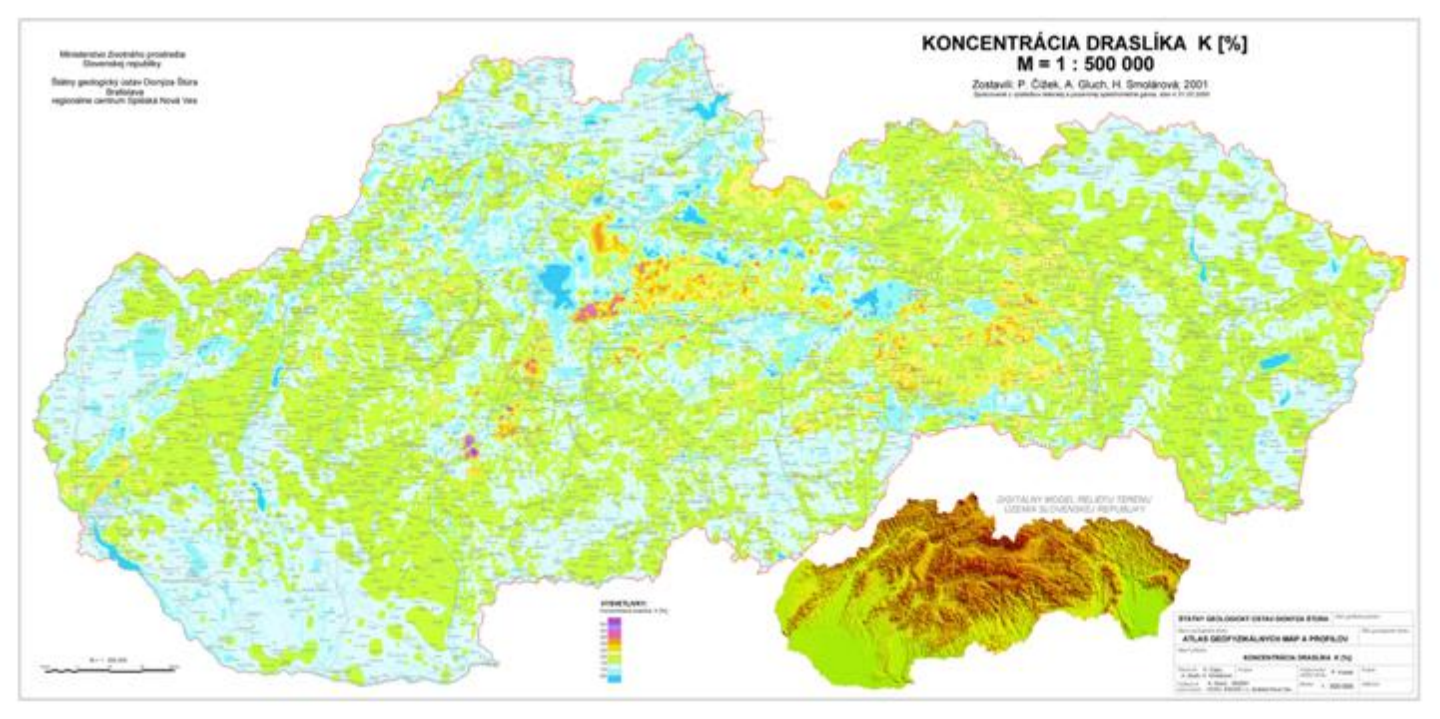


# Výsledky

TEKTONIKA
KONTAKT



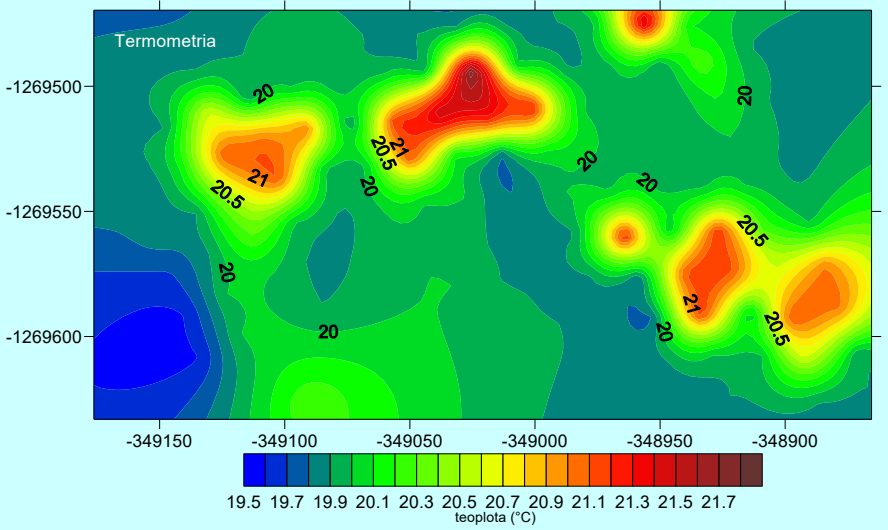
# Výsledky

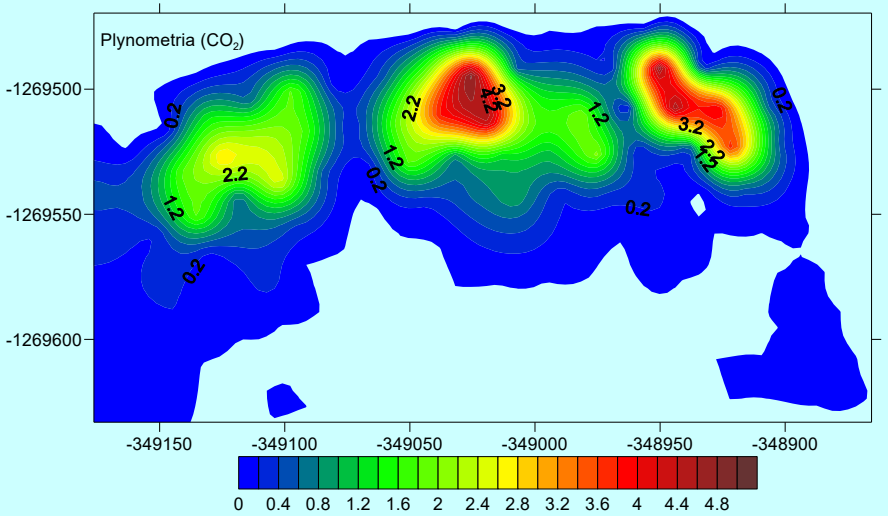

KONCENTRÁCIA DRASLÍKA K [%]
M = 1 : 500 000
Zostavili: P. Čibek, A. Gluch, H. Smolárová, 2001

# GEOTERMIKA

štúdium teploty a teplotného toku Zeme

# Výsledky

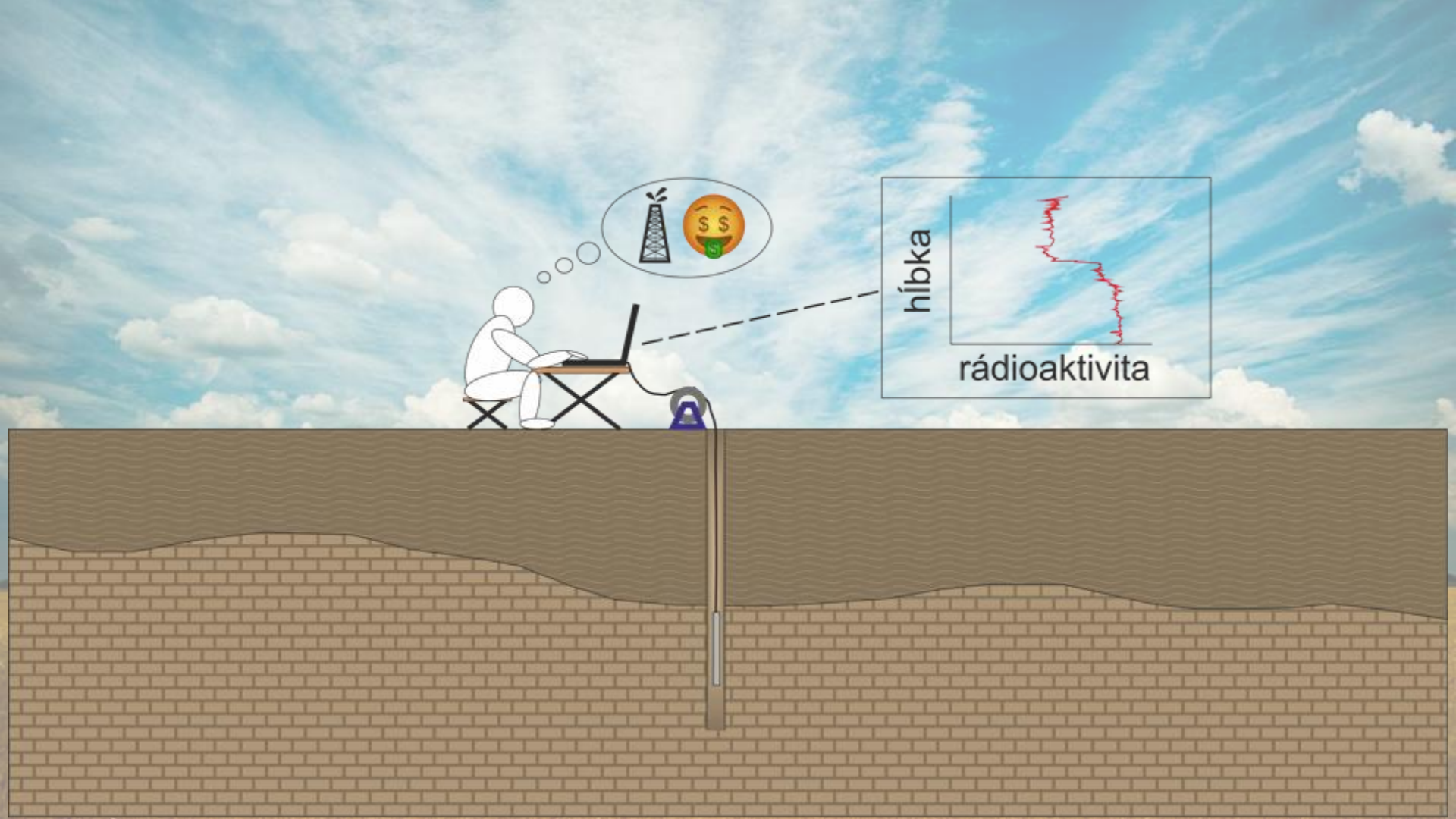


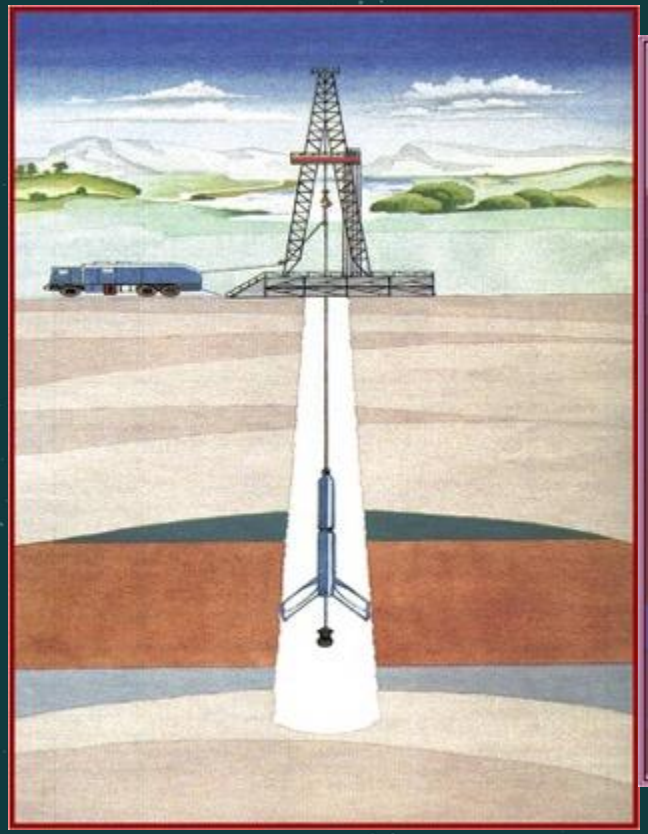

skládka organického odpadu

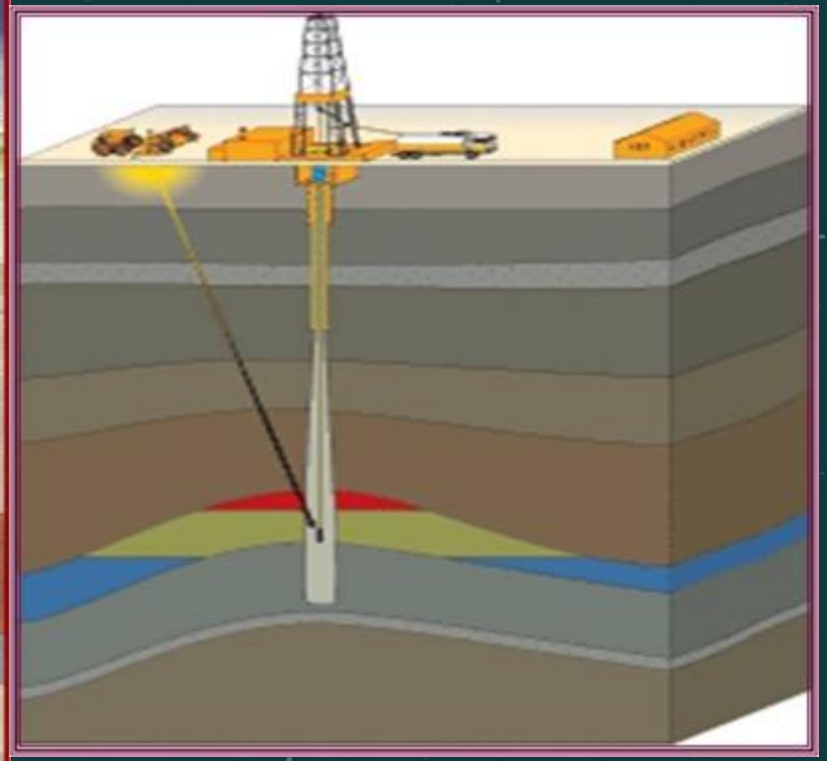
# KAROTÁŽ

štúdium fyzikálnych vlastností
vo vrtoch

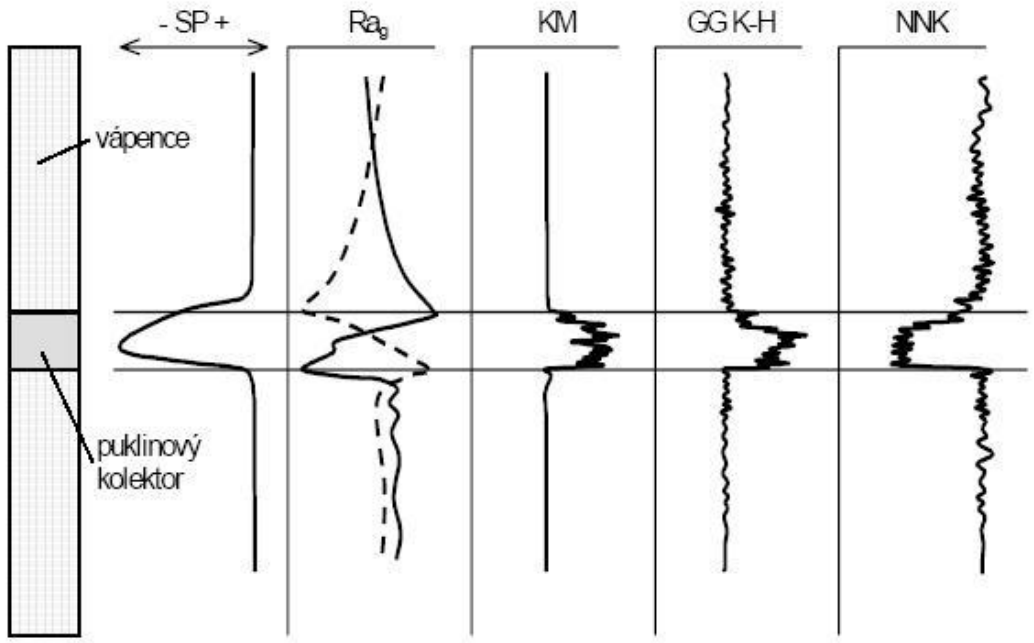

hĺbka
rádioaktivita

# Karotážne merania:



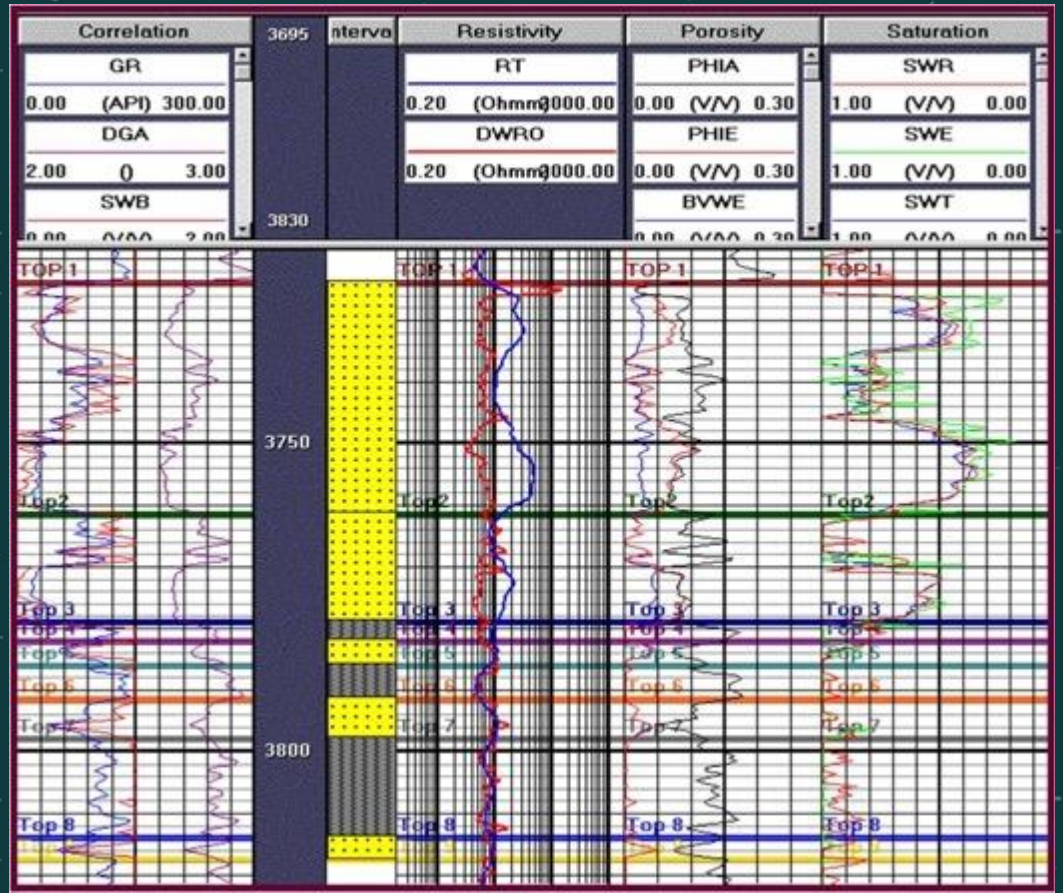


# Výsledky

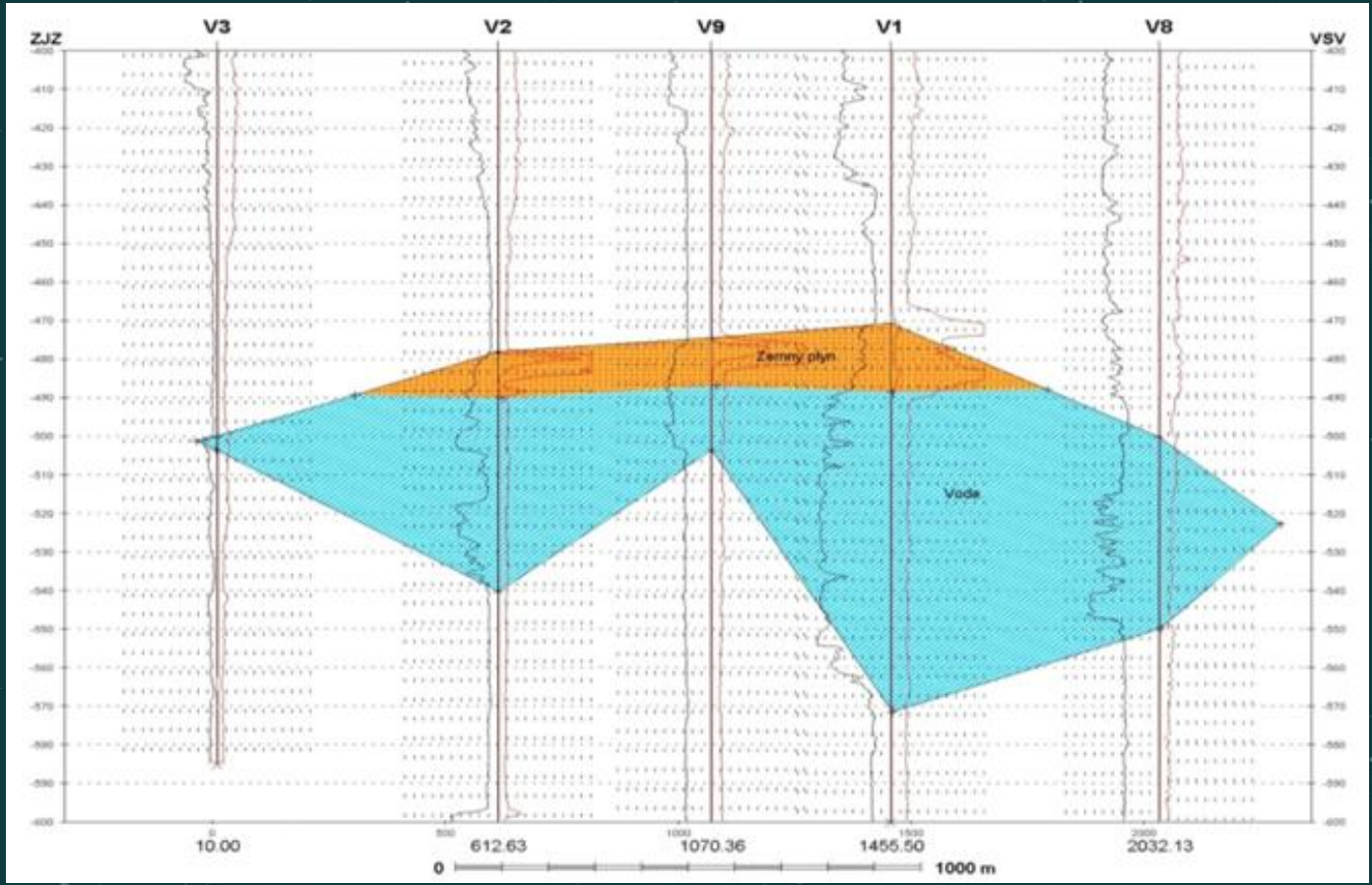



Indikace puklinového kolektoru ve vrtu karotážními metodami - podle Mareš, S. et al. (1983)

# Výsledky


Correlation
GR
0.00 (API) 300.00
DGA
2.00 () 3.00
SWB
3695
3830
3750
3800
Resistivity
RT
0.20 (Ohmm) 3000.00
DWRO
0.20 (Ohmm) 3000.00
Porosity
PHIA
0.00 (V/V) 0.30
PHIE
0.00 (V/V) 0.30
BVWE
Saturation
SWR
1.00 (V/V) 0.00
SWE
1.00 (V/V) 0.00
SWT
TOP 1
Top2
Top 3
Top 4
Top 5
Top 6
Top 7
Top 8

# Výsledky


ZJZ
V3
V2
V9
V1
V8
VSV
Zemný plyn
Voda
10.00
612.63
1070.36
1455.50
2032.13
0
1000 m

# dôležité závery

- každá metóda je založená na inom princípe
- každá metóda má iný hĺbkový dosah
- každá metóda deteguje iné objekty
- nie vždy je vybraná metóda úspešná
- najúčinnejšia je kombinácia metód

# geofyzikálne mapy Slovenska

https://www.geology.sk/geoinfoportal/mapovy-portal/geofyzikalne-mapy/

# štruktúra semestra

**gravimetria**
profesor Pašteka

**seizmika, seizmológia**
doktorka Brixová

**geoelektrika, elektromagnetika**
docent Putiška

**rádiometria**
docent Mojzeš

**magnetometria**
profesor Pašteka

**karotáž**
docent Mojzeš

**príklady použitia v geológii, ekológii a archeológii**

PODMIENKY NA ÚSPEŠNÉ ABSOLVOVANIE:

# 1. ODOVZDAŤ VŠETKY ZADANIA*

Mgr. Ivan Šulek

Mgr. Andrea Bieliková

*všetky a správne vypracované odovzdané zadania

PODMIENKY NA ÚSPEŠNÉ ABSOLVOVANIE:

# 2. PÍSOMNÁ SKÚŠKA

Písomná skúška pozostáva z výberu otázok uvedených na konci každej kapitoly skrípt zverejnených na https://www.kaeg.sk/subory/ucebne-texty/.

Tretina bodov hodnotenia predmetu je tvorená bodmi, získanými za správne vypracované a včas odovzdané zadania.

# Cvičenia zo Základov aplikovanej geofyziky 1 - detailné informácie

Streda 9:50, G337

Účasť na cvičení je **povinná** ako predpoklad k úspešnému absolvovaniu skúšky

V prípade absencie je potrebné sa ospravedlniť **minimálne deň vopred**

**Pomôcky:** pero, ceruzka (zastrúhaná!!!), guma, pravítko, kalkulačka, prípadne PC (bude ohlásené cviko vopred)

# Rozdelenie cvičení

**Aďa**

Magnetika (1,2)
Rádiometria
Karotáž
Seizmológia

**Ivan**

Gravimetria (1,2)
Geoelektrika (VES, GPR)
Seizmika (1,2)

# Bodovanie

11 cvičení – 5 bodov za každý -> dokopy 55b -> 30% celkovej známky
Skúška-> 70% celkovej známky
Limit na odovzdanie – 2 týždne

- Ak nebude cvičenie odovzdané do 2 týždňov -> každý deň omeškania -1b
- Ak bude cvičenie načas, ale zle -> týždeň na opravenie-> každý deň omeškania -1b

Body z cvičenia sa započítavajú do celkovej známky
V prípade, že cvičenia nebudú odovzdané v lehote 2 týždne+5dní -> aby bol študent pripustený na skúšku, musí odovzdať cvičenia, ale body mu pripočítané k celkovému hodnoteniu nebudú!!!

sulek20@uniba.sk
bielikova93@uniba.sk

# Dotazník o geofyzike

# KONIEC

www.kaeg.sk

katedra_aplikovanej_geofyziky