

Základné informácie

- Terminológia - dôležité pojmy
- elektro-magnetická vlna
- elektrické vlastnosti hornín
- názorné ukážky princípov technológie GPR
- vertikálne a horizontálne GPR rezy

Popis potrebného prístrojového vybavenia

- zber údajov v teréne
- demonštračné video merania s GPR

príklady získaných výsledkov z meraní GPR

Anténa - GPR anténa obsahuje vysielač, prijímač a vyžarujúci element
- monostatická, bistatická, tienená, netienená

Bandwidth – šírka pásma vysielaťného GPR

Centre Frequency - stred frekvencie definovanej šírkou pásma

Gain – proces zosilňujúci signál za účelom vyrovnať rozsah yobrazovacej jednotky,
alebo úložného zariadenia

GHz - Giga Hertz, i.e. 10^9 /frekvencia za sekundu

MHz - Mega Hertz, i.e. 10^6 /frekvencia za sekundu

GPR signal Velocity (v) - rýchlosť vlny šíriacej sa cez materiál (prostredie),
rýchlosti šírenia sa mení na podľa druhu materiálu

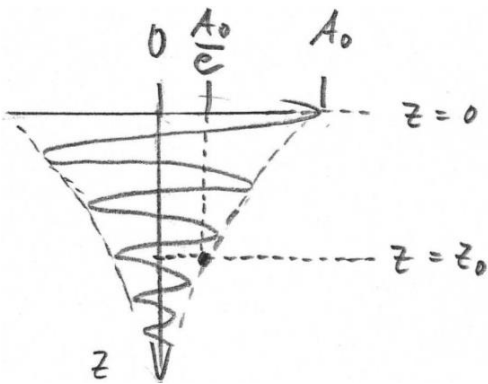
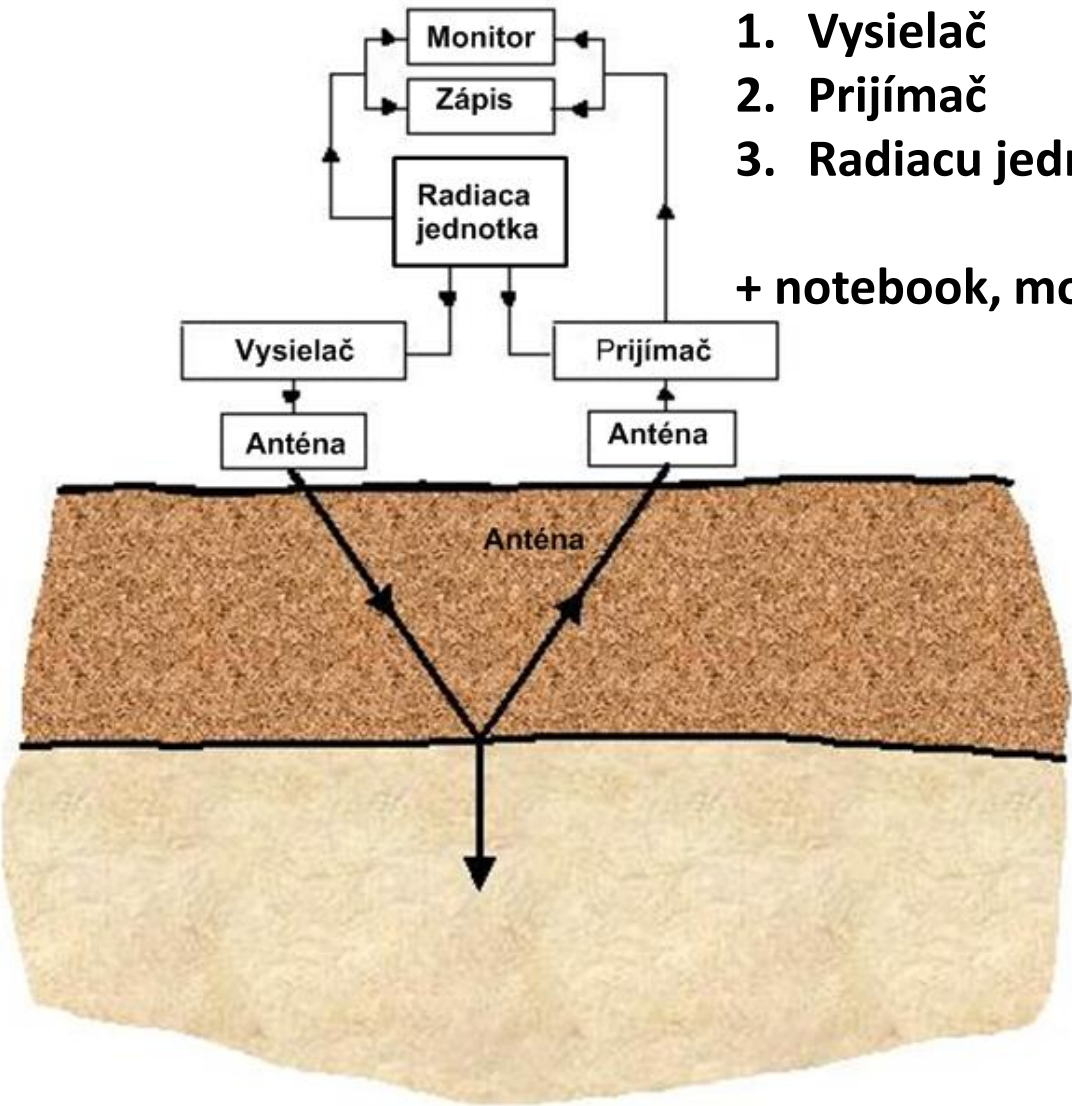
GPR trace - po vyslaní a prijíme jedného impulzu sa po digitalizácii vytvorí jeden záznam
tzv. stopa , ktorá indukuje zmeny času a amplitúdy v nahrávanom signále

Resolution – minimálna vzdialenosť medzi dvoma objektmi (cieľmi) predtým ako
ich individuálna odozva sa zlúči v jednu odozvu.

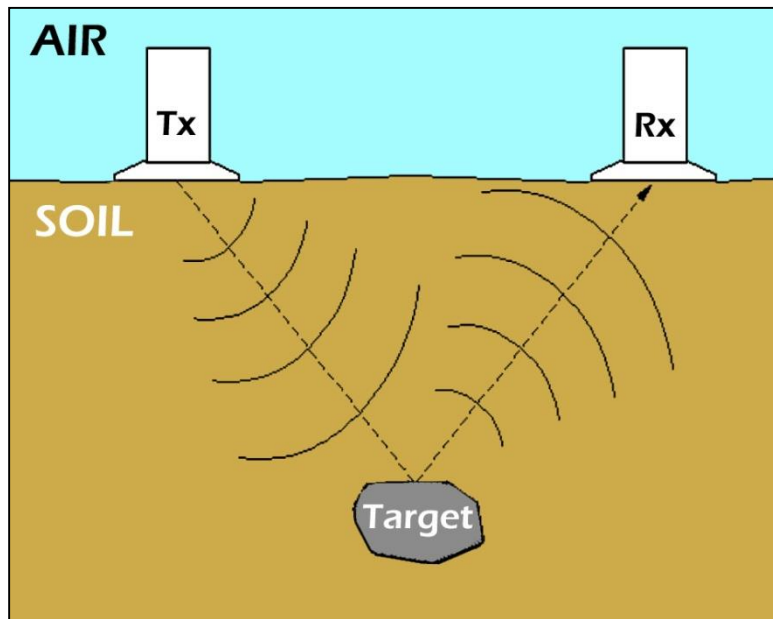
Typický GPR systém obsahuje tri komponenty:

- 1. Vysielač
- 2. Prijímač
- 3. Radiacu jednotku

+ notebook, monitor, dataloger



GPR, elektro-magnetická vlna



Georadar využíva vysokofrekvenčné elektro-magnetické vlny (rádiové impulzy) v rozsahu 10-2000 MHz pre získanie informácií o vlastnostiach a polohe štruktúr a objektov uložených pod povrchom zeme

EM vlnenie je generované vysielacou anténou (vysielač Tx) a prijímané prijímacou anténou GPR (prijímač Rx)

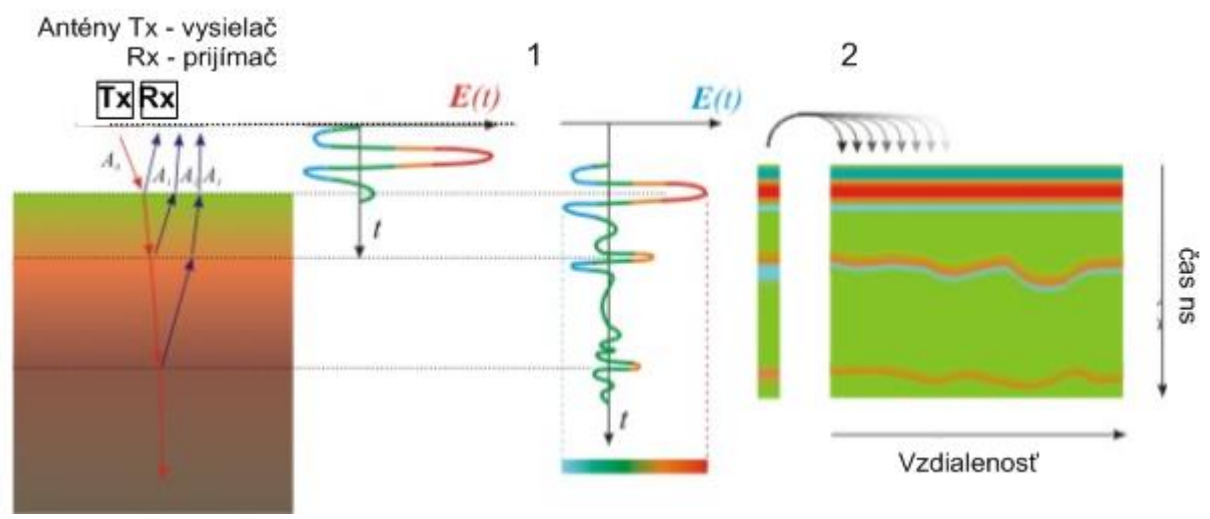
Šírenie GPR impulzu (**elektro-magnetickēj vlny**) v horninovom prostredí (materiáli) závisí hlavne na jeho elektrických vlastnostiach, ktoré sú definované:

- *diaelektrickou permitivitou ϵ*
- *(magnetickou permeabilitou μ)*
- *elektrickou vodivosťou σ*

GPR, Elektrické vlastnosti vybraných materiálov

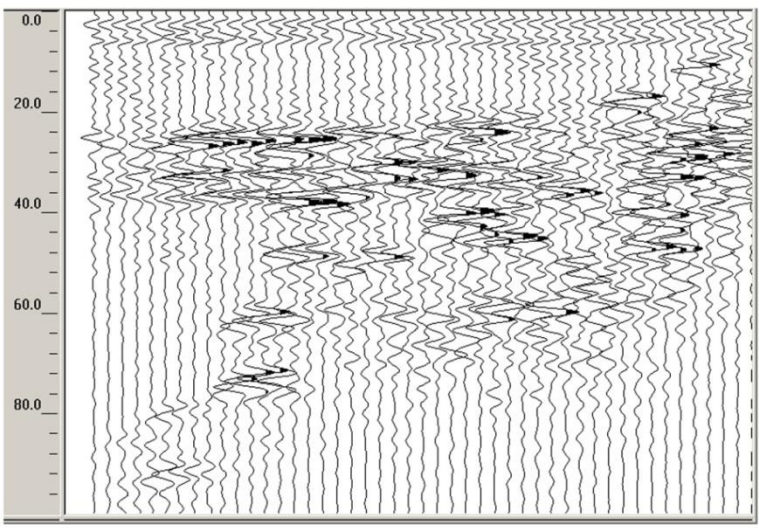
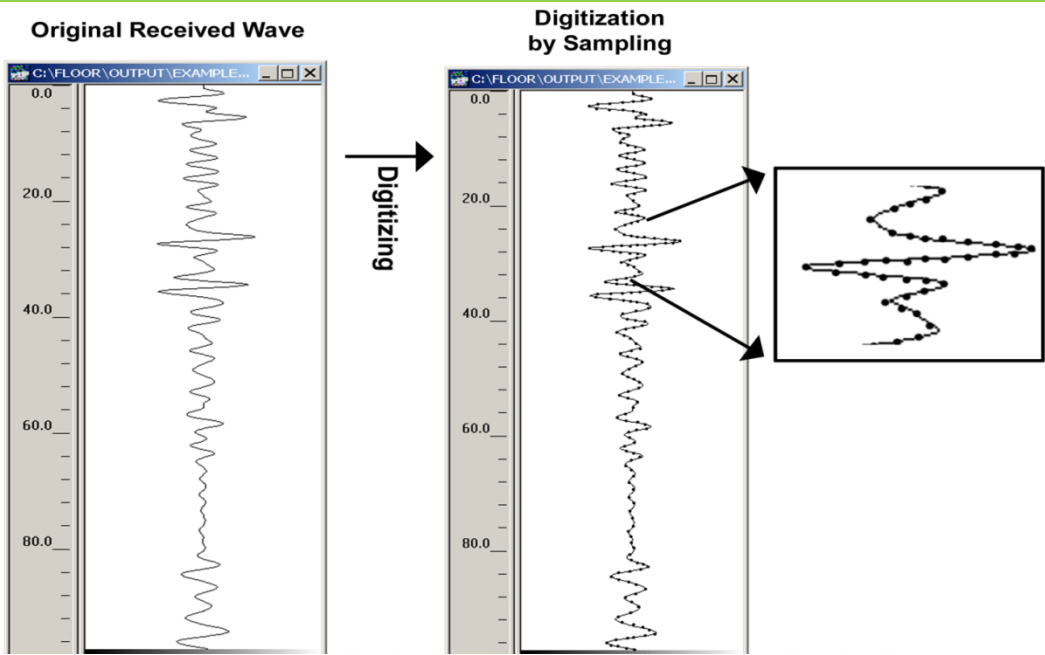
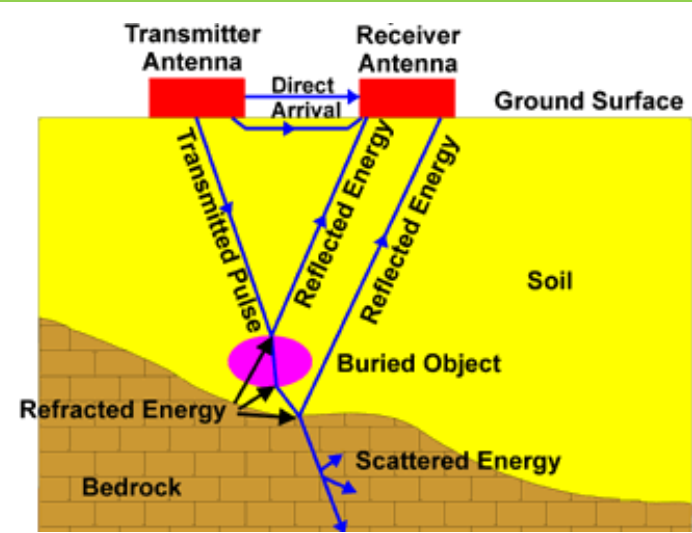
Materiál	permitivita ϵ	vodivosť (mS/m)	rýchlosť (m/ns)	útlm (dB/m)
vzduch	1	0	0.3	0
destilovaná voda	80	0.01	0.033	0.002
voda (sladká)	80	0.5	0.033	0.1
voda (morská)	80	30,000	0.01	1,000
suchý piesok	3-5	0.01	0.15	0.01
nasýtený (mokrý) piesok	20-30	0.1-1.0	0.06	0.03-0.3
vápenec	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1
bridlica	5-15	1-100	0.09	1-100
naplaveniny	5-30	1-100	0.07	1-100
íl	4-40	2-1,000	0.06	1-300
žula	4-6	0.01-1	0.13	0.01-1
soľ (suchá)	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
ľad	3-4	0.01	0.16	0.01

GPR, radarový záznam

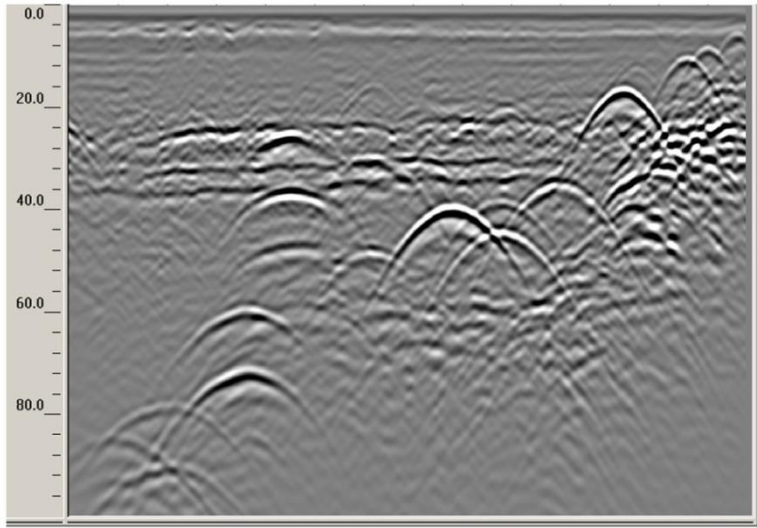


- 1. po vyslaní a prijíme jedného impulzu sa po digitalizácii vytvorí jeden záznam tzv. stopa (táto v sebe obsahuje tzv. priamu vlnu a potom odrazené vlny)
 - 2. pri pohybe antén po povrchu sa postupne spúšťajú ďalšie merania a spracované stopy sa radia na displeji jedna vedľa druhej vzniká tak súvislý záznam merania tzv. radarový záznam (radargram), ktorý predstavuje 2D profil/rez odrazených vln od podpovrchových objektov a vrstiev.
- ku záznamu je priradená:
- os x = vzdialenosť a
 - os z = čas alebo hĺbka

GPR, radarový záznam

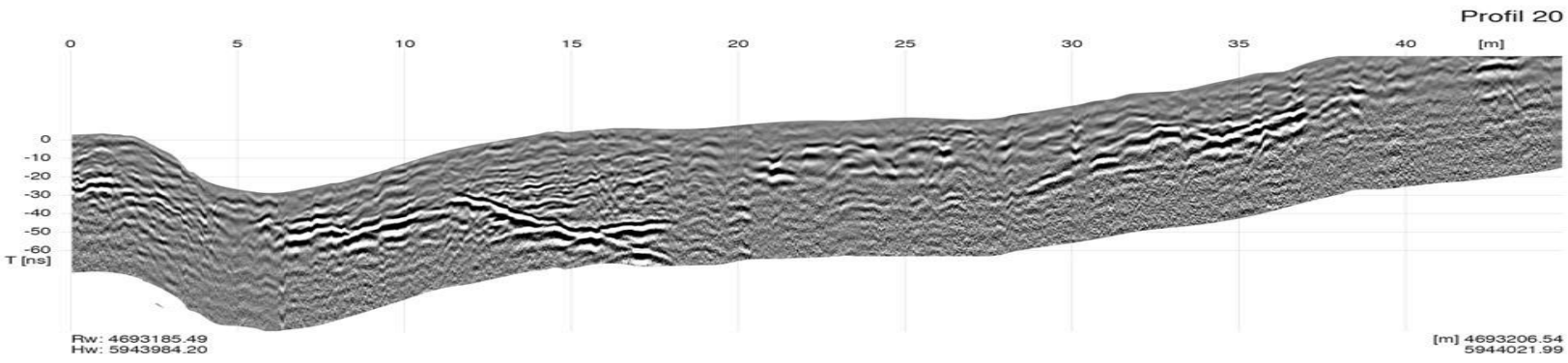
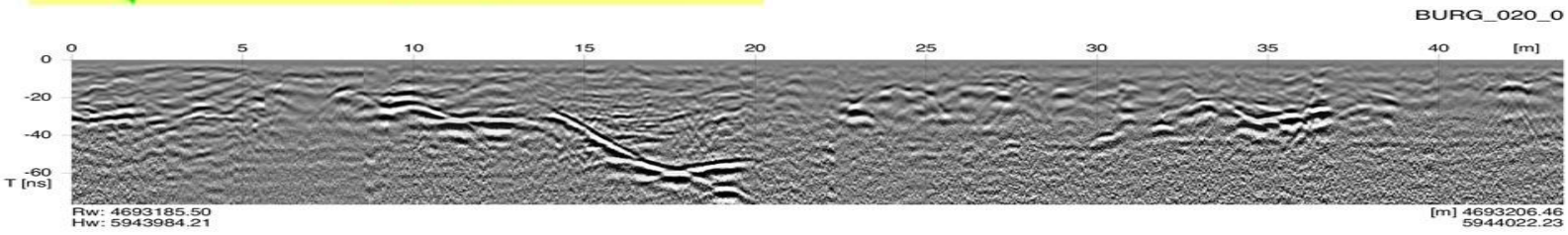
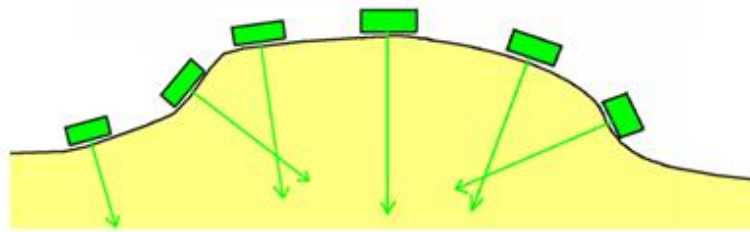
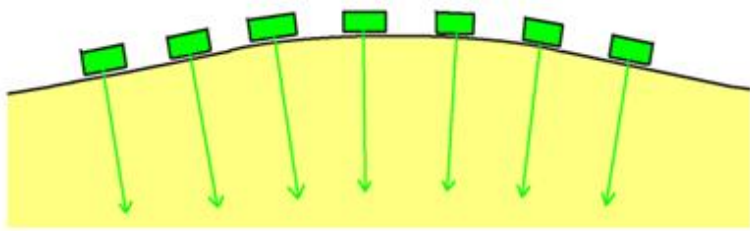


Many Scans stacked next to each other

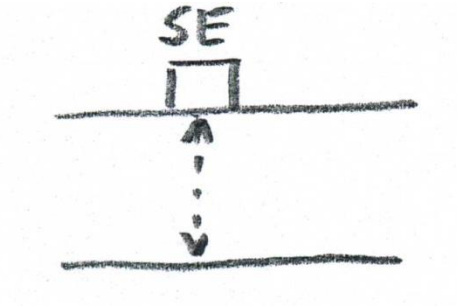


Shading applied to differing amplitude values

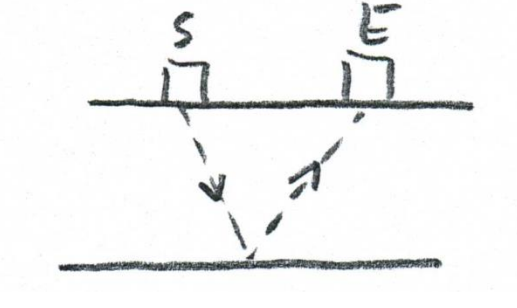
GPR, oprava o topografii



*Mono-static antenna:
Transmitter = Receiver*



*Bi-static antennas:
Transmitter $\neq$ Receiver*



GPR, frekvencia

1600 MHz



3,8x10x16,5cm dosah 0.5m
100 MHz



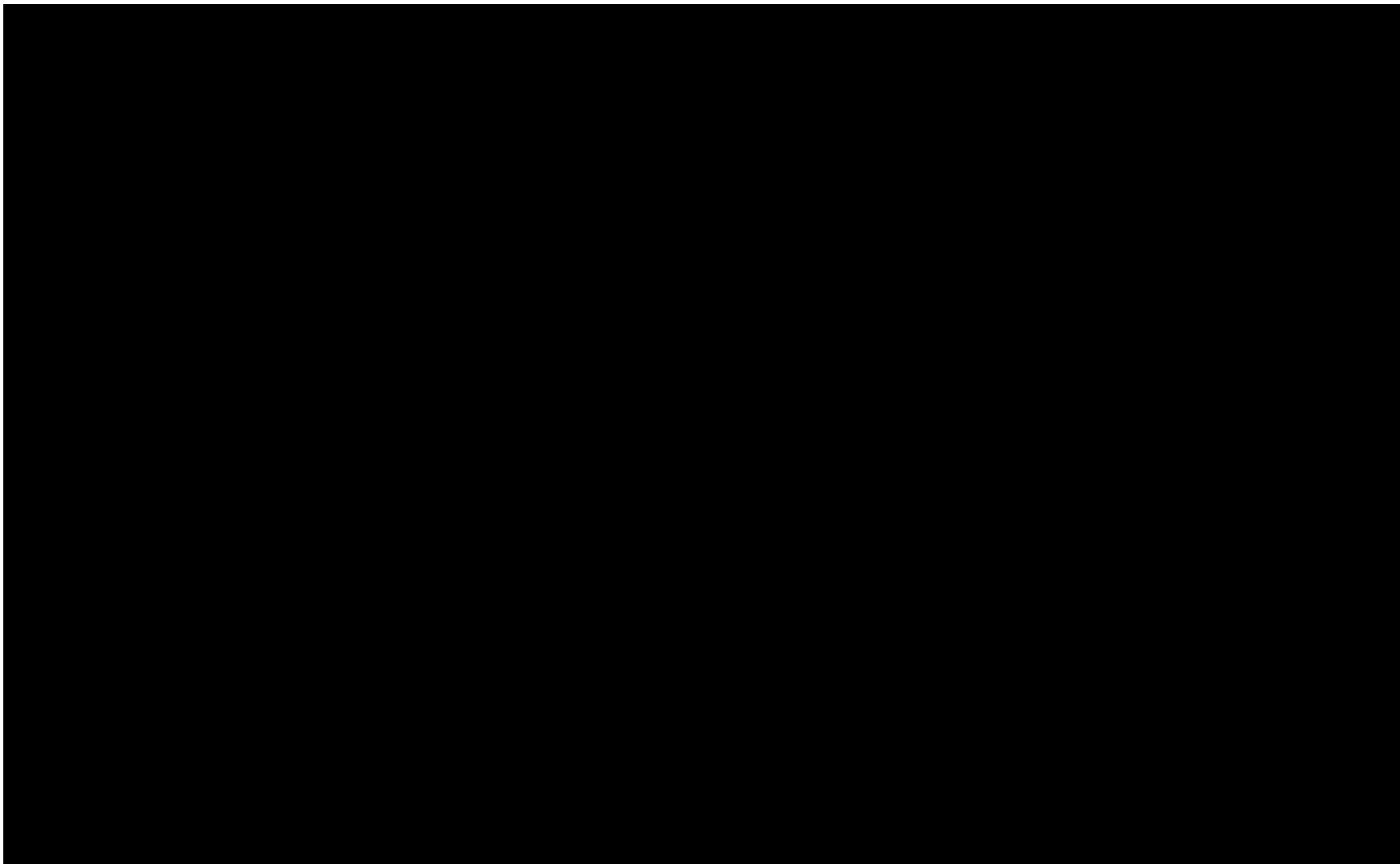
400 MHz



30x30x17cm dosah 4m
400MHz, 16 kanálový systém

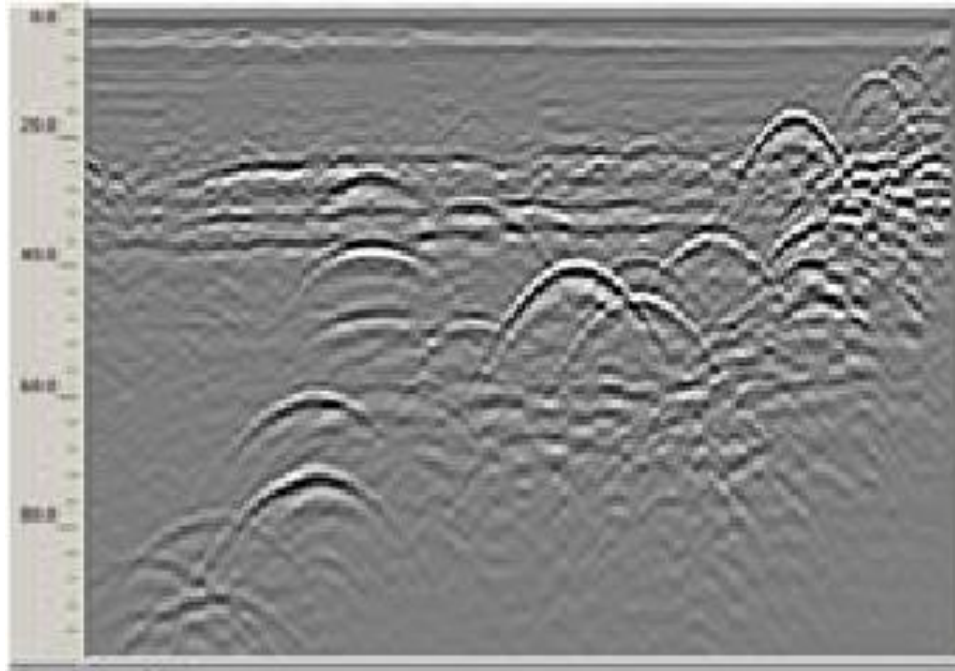


Hustota merania 8x8cm
Plocha 100x100m pomeraná za necelú hodinu



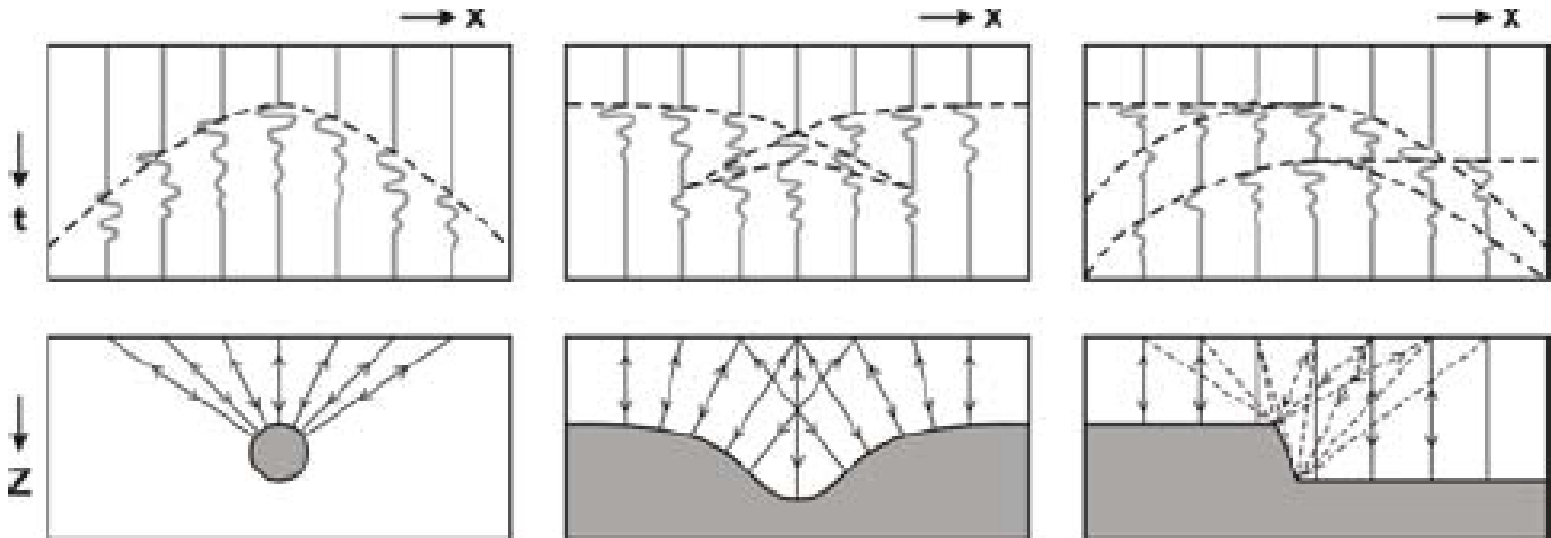
Dôležité!

Registrovaná odrazená vlna oblúkového tvaru (hyperbolického) sa nazýva ako **tzv. difragovaná vlna** a vzniká prítomnosťou izolovaného odrážajúceho objektu v reze – neznamená, že daný objekt má takýto tvar! (napríklad pri klenbe krýpt by sa to tak mohlo aj zdať...)



príklad – rez s relatívne veľkým množstvom registrovaných objektov (prejavených cez prítomnosť difragovaných vln)

**d’alšie deformácie obrazov v radargramoch
(v dôsledku vzniku difragovaných vln)**

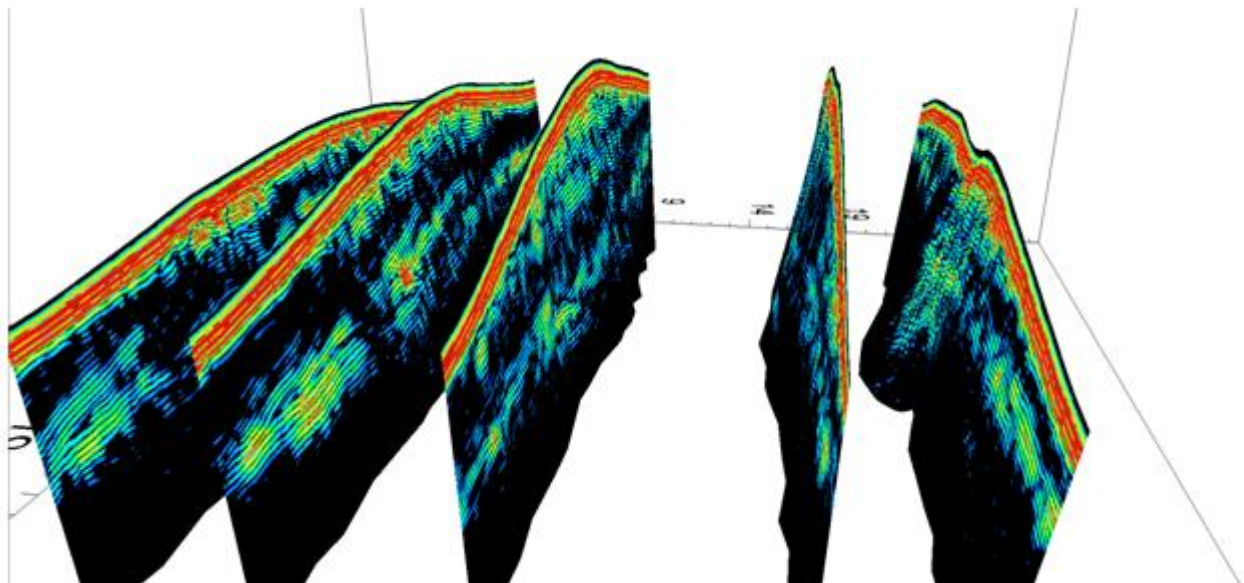
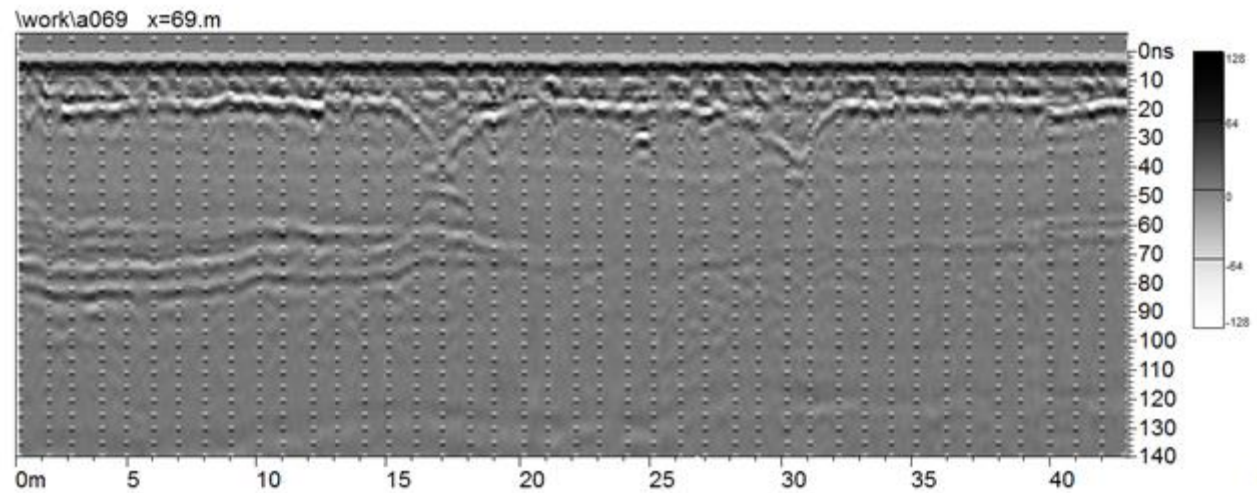


**príklady – izolovaný objekt,
(jedna difrag. vlna)**

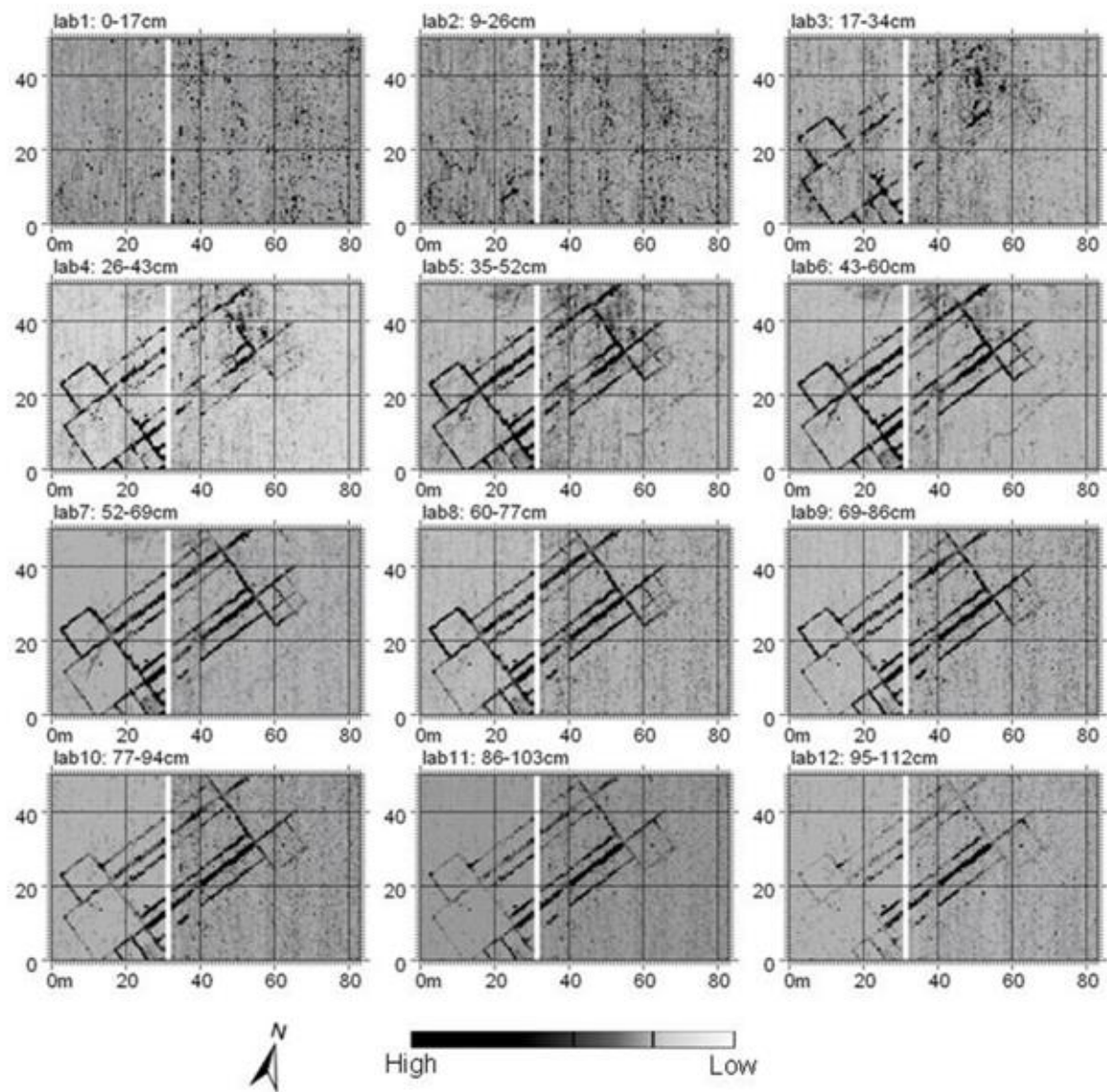
**depresia (údolie)
(tzv. „motýlik ku fraku“)**

**náhly skok (zlom)
(dve difrag. vlny nad sebou)**

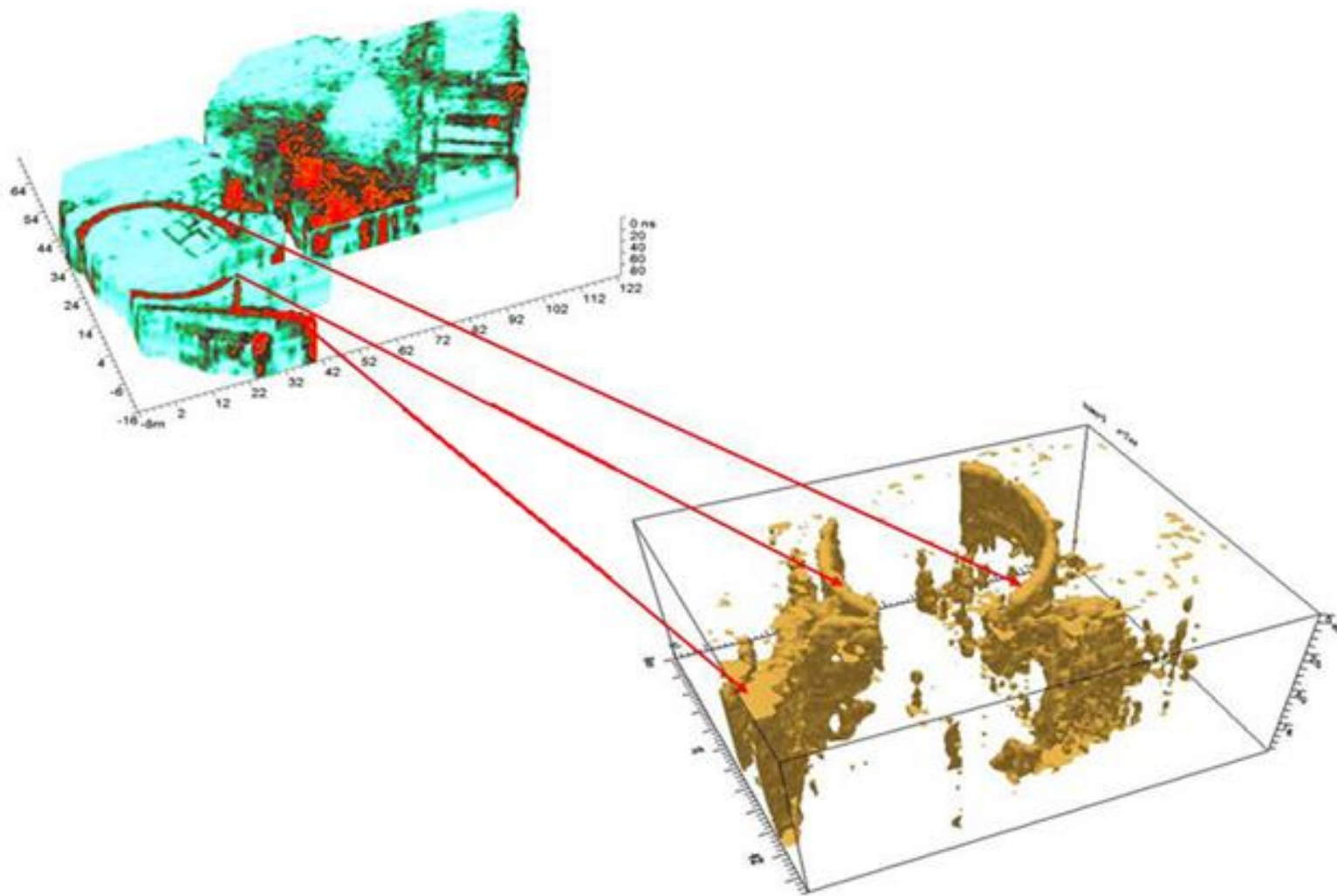
GPR, vertikálne zobrazenie



GPR, horizontálne zobrazenie

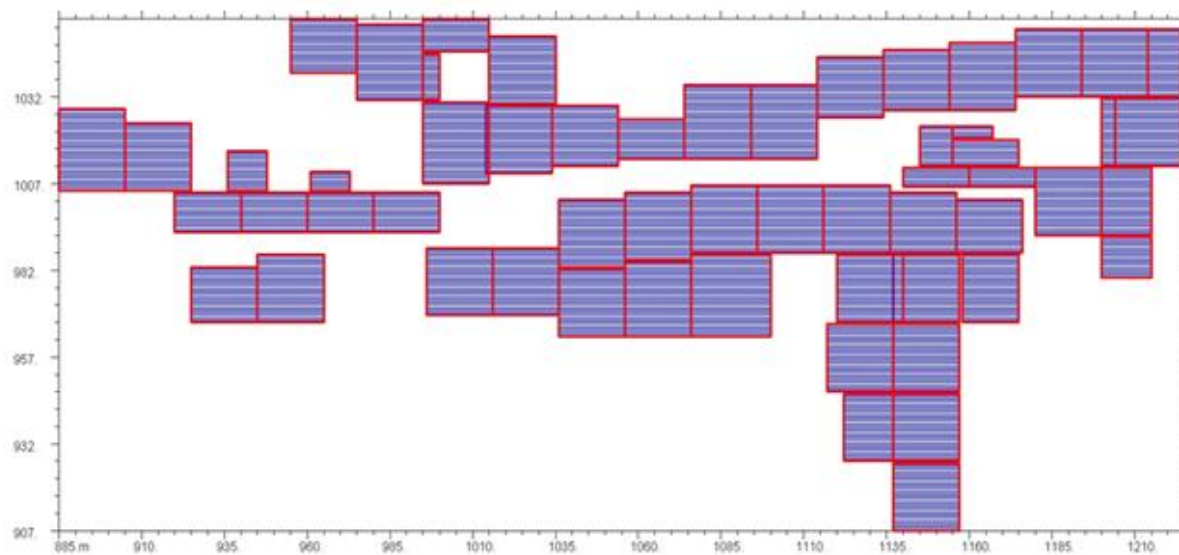


GPR, 3D zobrazenie

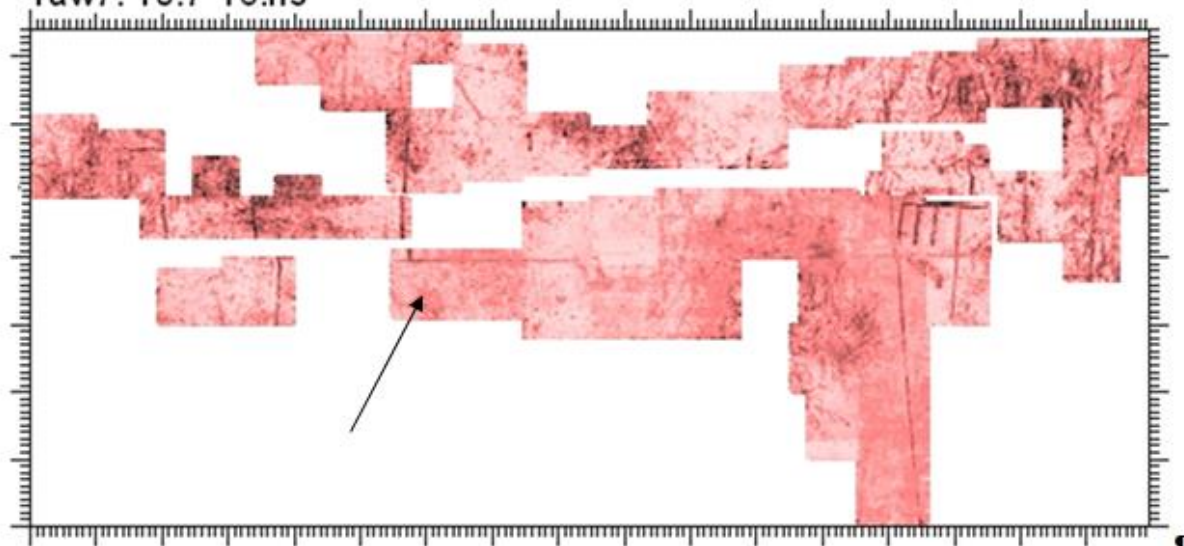




GPR, terénne praktiky

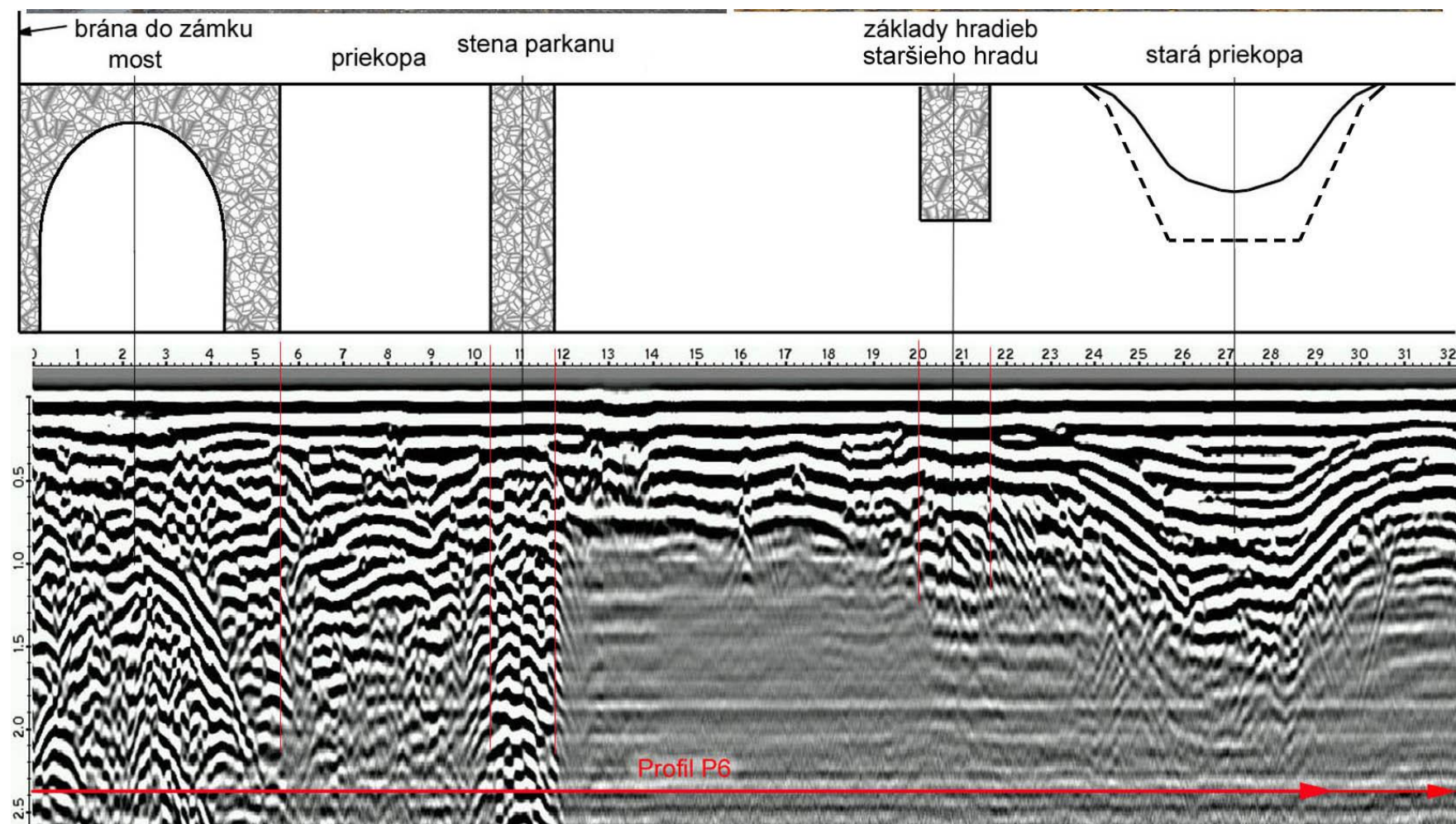


raw7: 10.7-16.ns



- 1. vyhládávanie architektonických prvkov - múrov
(najmä zakrytých zvyškov múrov, celých objektov, ...)**
- 2. detekcia dutín
(krypty, hrobky, pohrebné komory, hroby, jaskyne, ...)**
- 3. identifikácia bývalých priekop, jám, atď.
(vyplnené objekty s hlinou a iným materiálom –
využíva sa tu kontrast s podložnými horninami)**

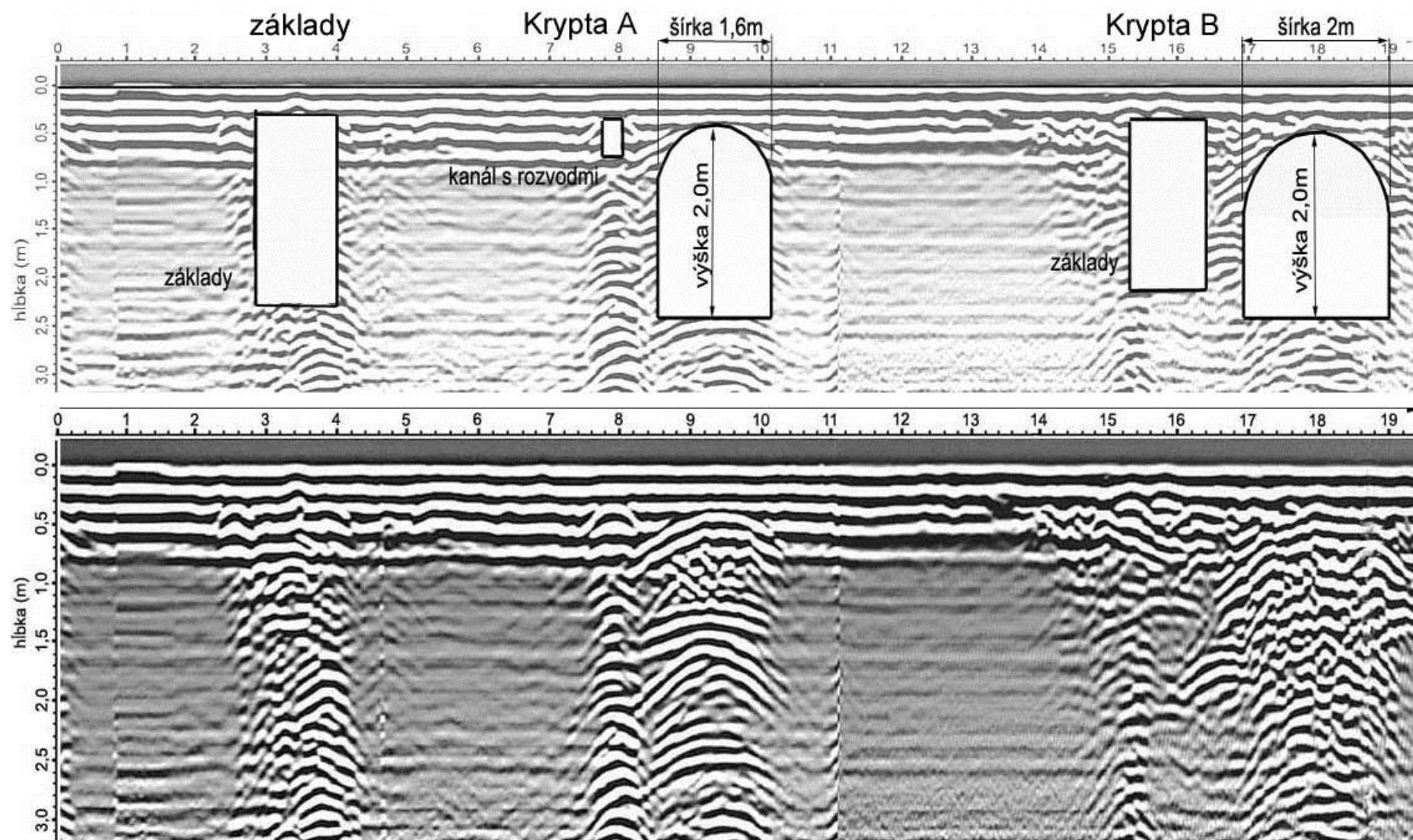
GPR, v archeológii



príklady – prejavy rôznych druhov architektúry na vertikálnych rezoch

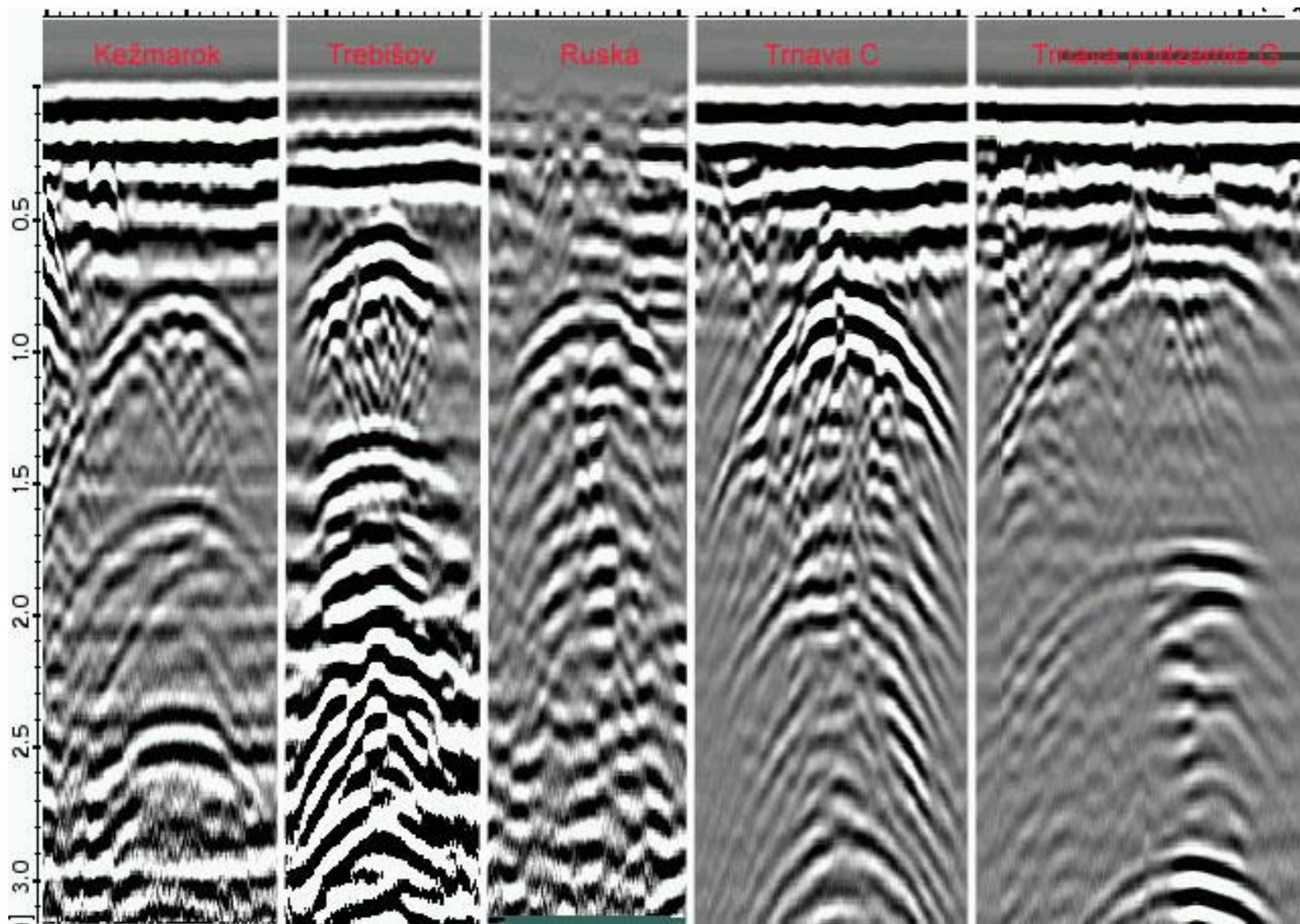
použíte podklady sú od slovenskej firmy TERRA s.r.o.

GPR, v archeológii



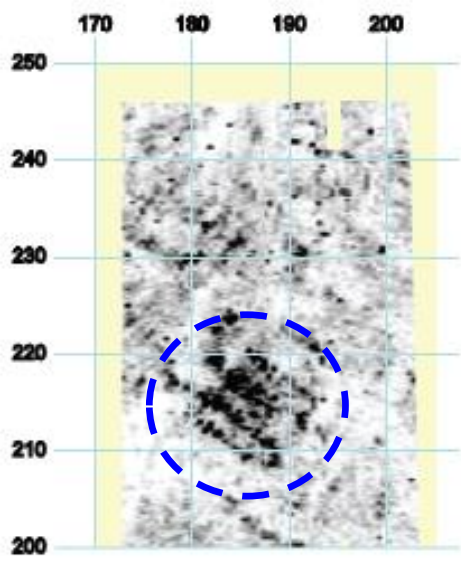
príklady – prejavy rôznych druhov dutín a architektúry na vertikálnych rezoch

použité podklady sú od slovenskej firmy TERRA s.r.o.

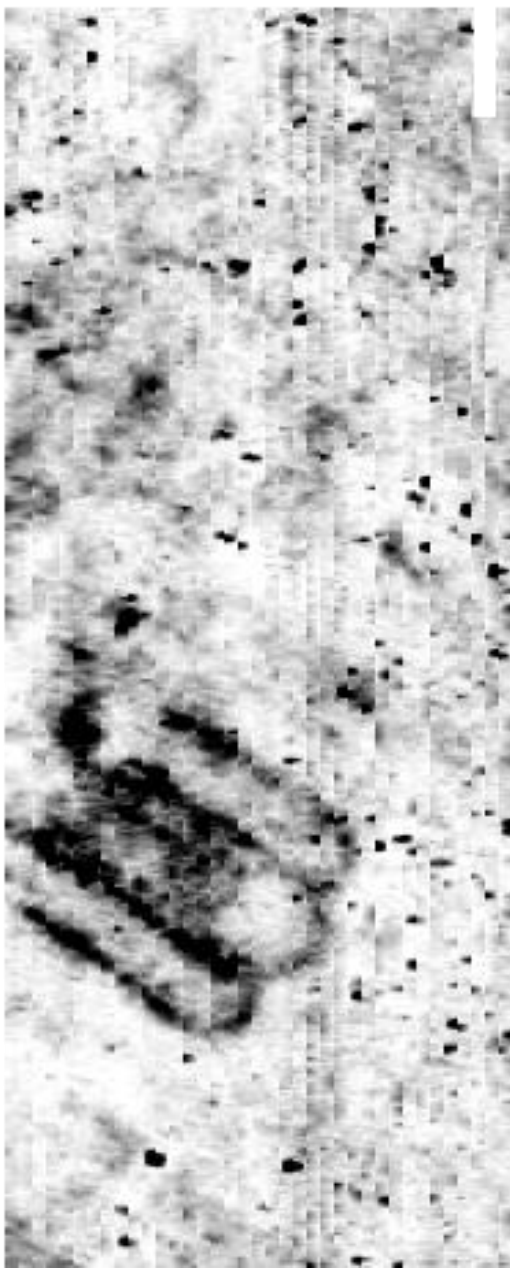


príklady – prejavy rôznych krýpt na vertikálnych rezoch

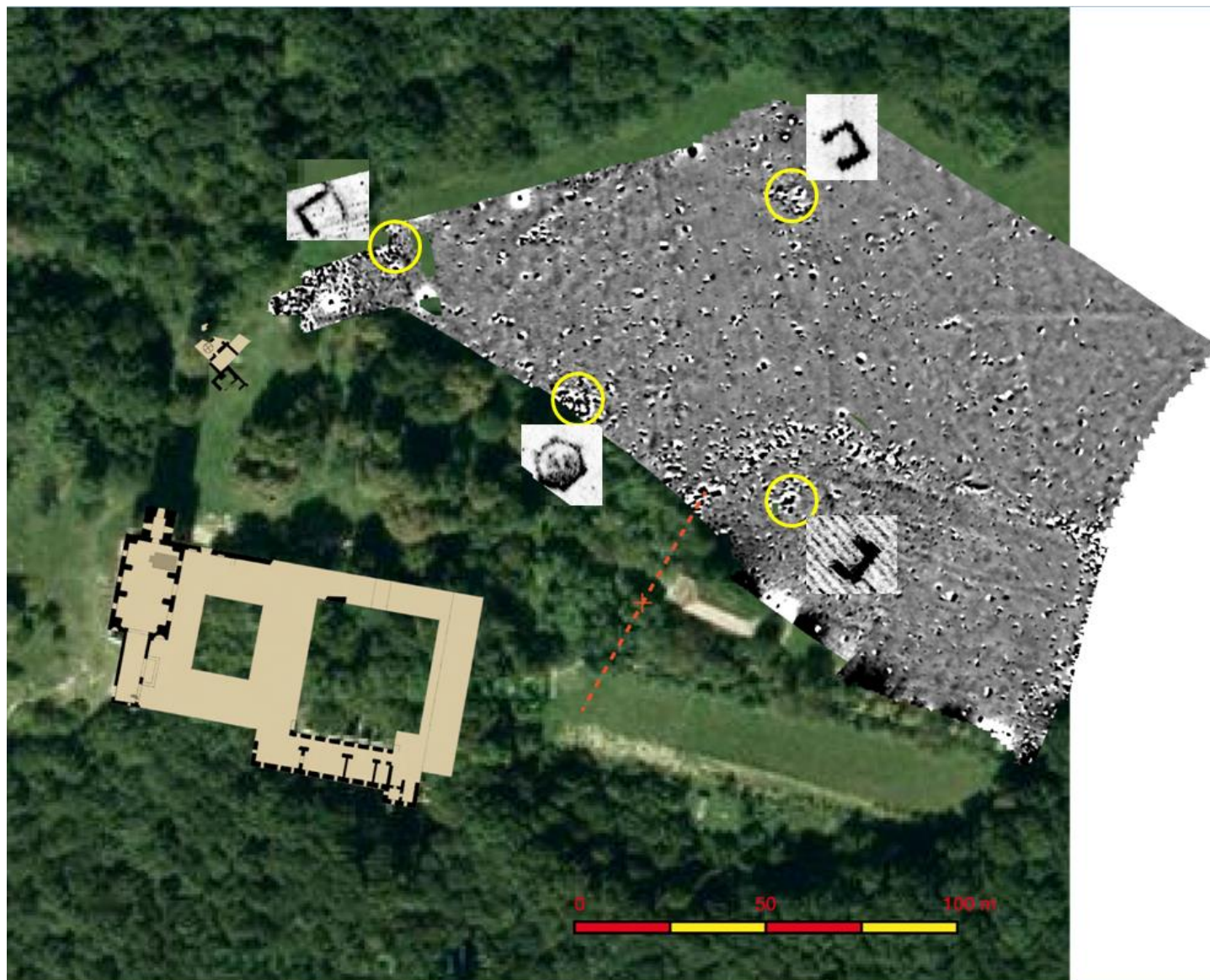
použité podklady sú od slovenskej firmy TERRA s.r.o.



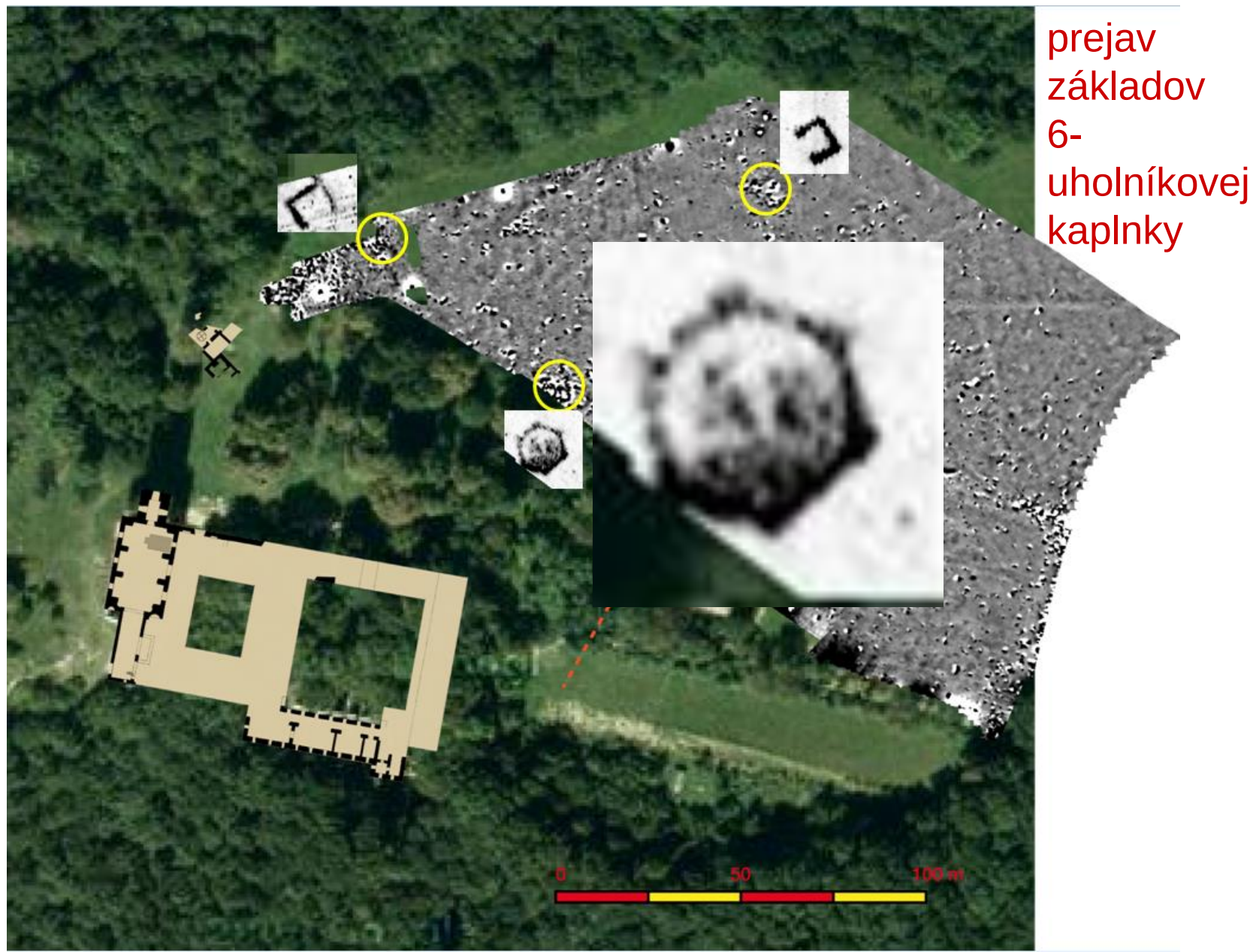
zistené náznaky existencie
základov budovy boli potvrdené
použitím 400 MHz antény

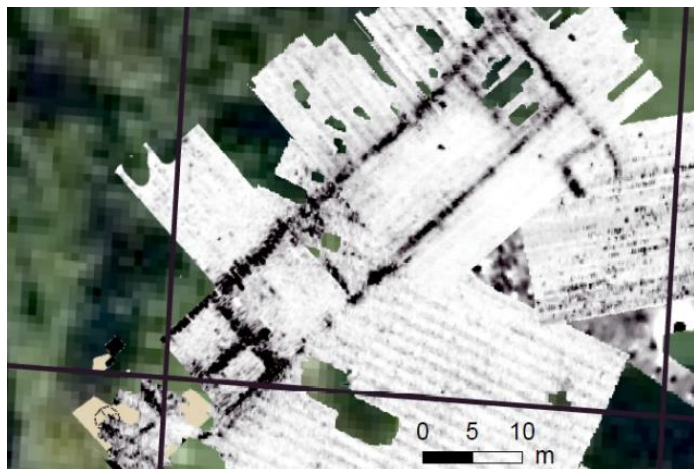


trojlod'ová
rannobyzantská
bazilika
(je možné, že
bola súčasťou
známeho
1. Níkejského
koncilu)

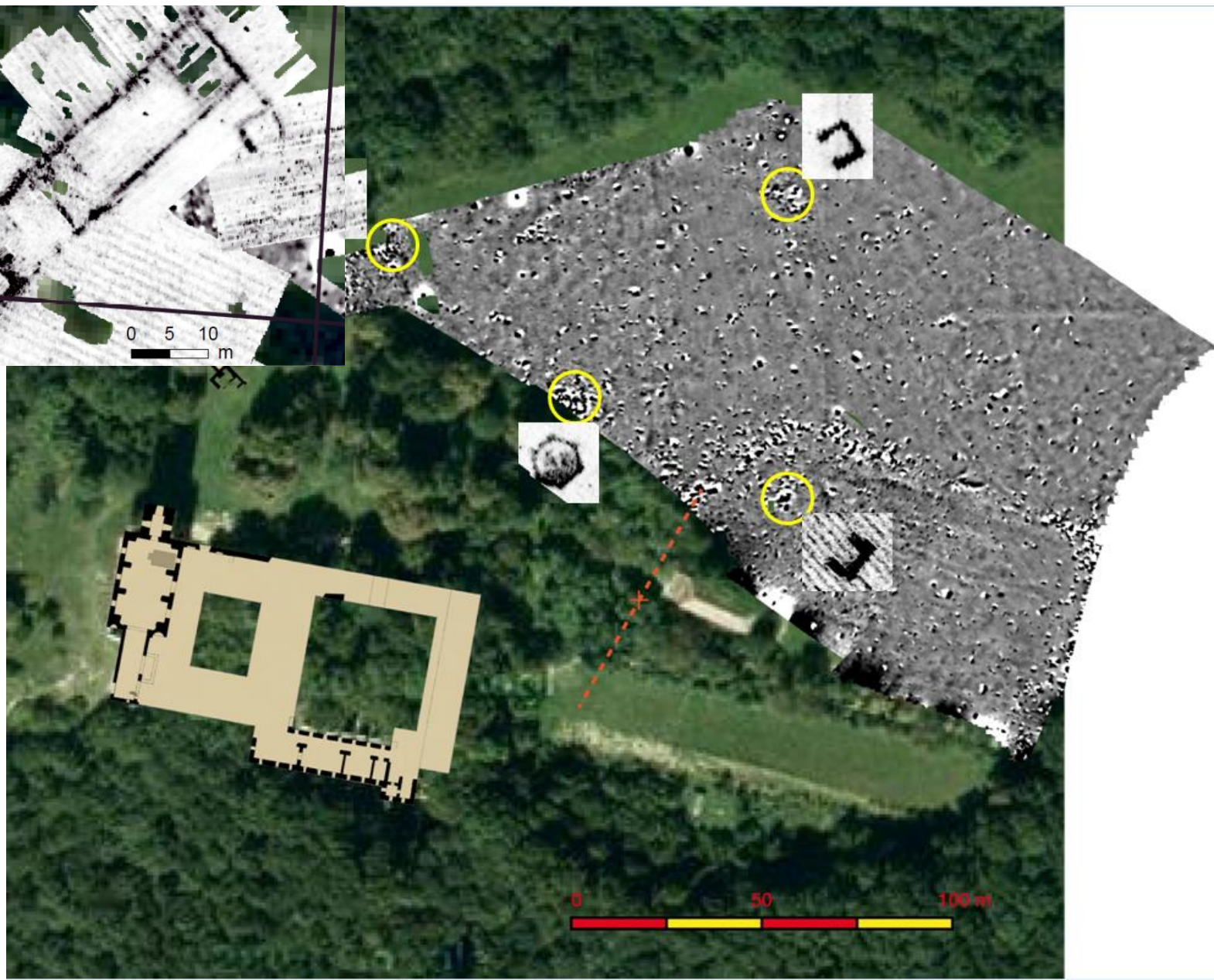


ukážka použitia magnetometrie a radaru pri detekcii zvyškov múrov

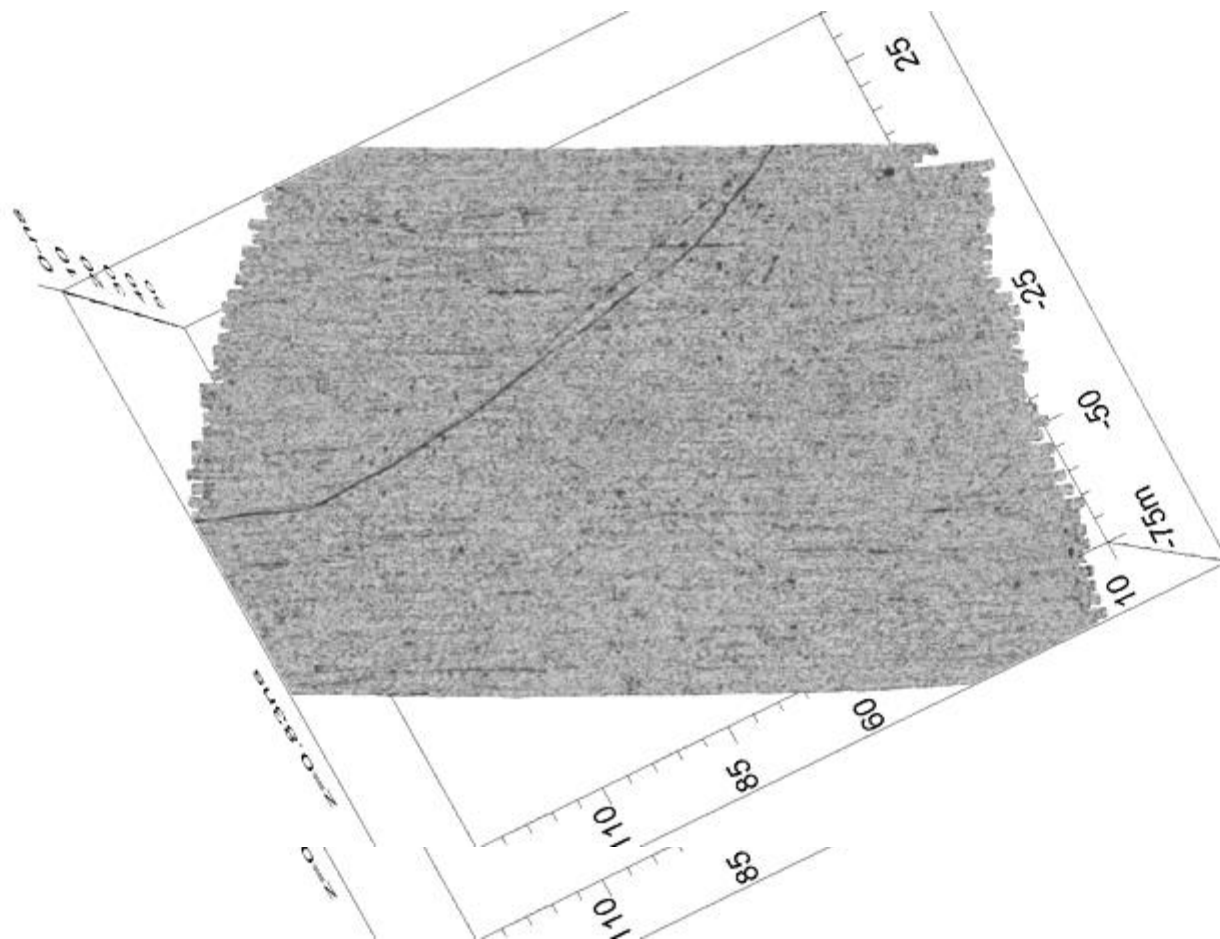




... a základov
hospodárskej
budovy

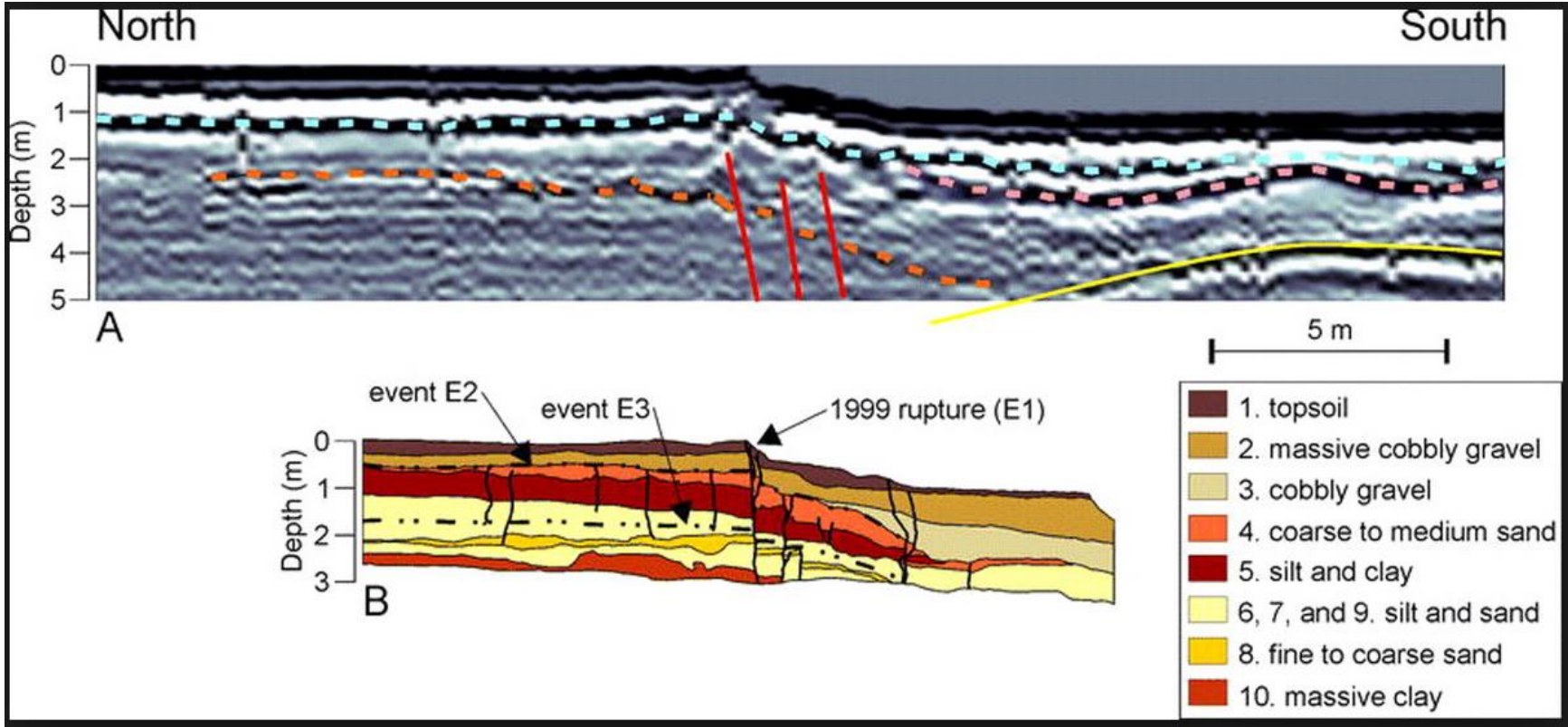


Archeologický park Carnuntum

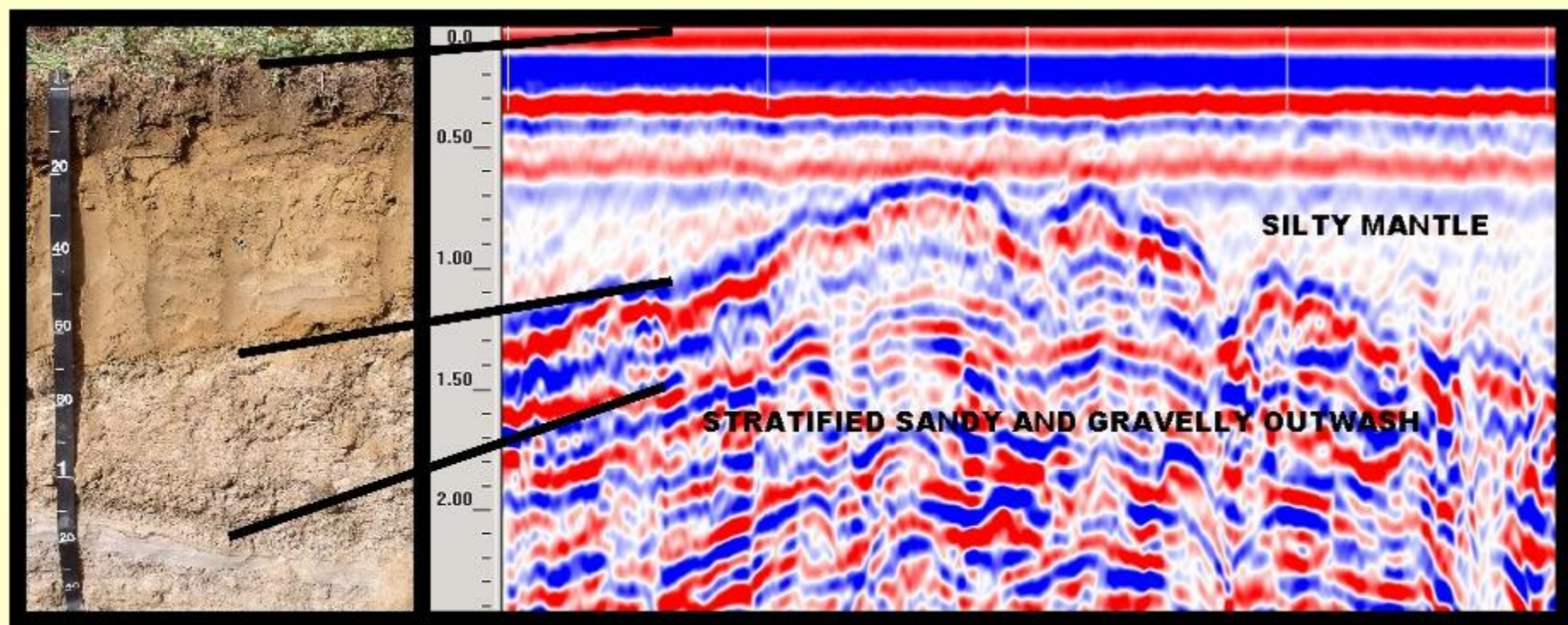


Použité video je od firmy MALÁ Geoscience

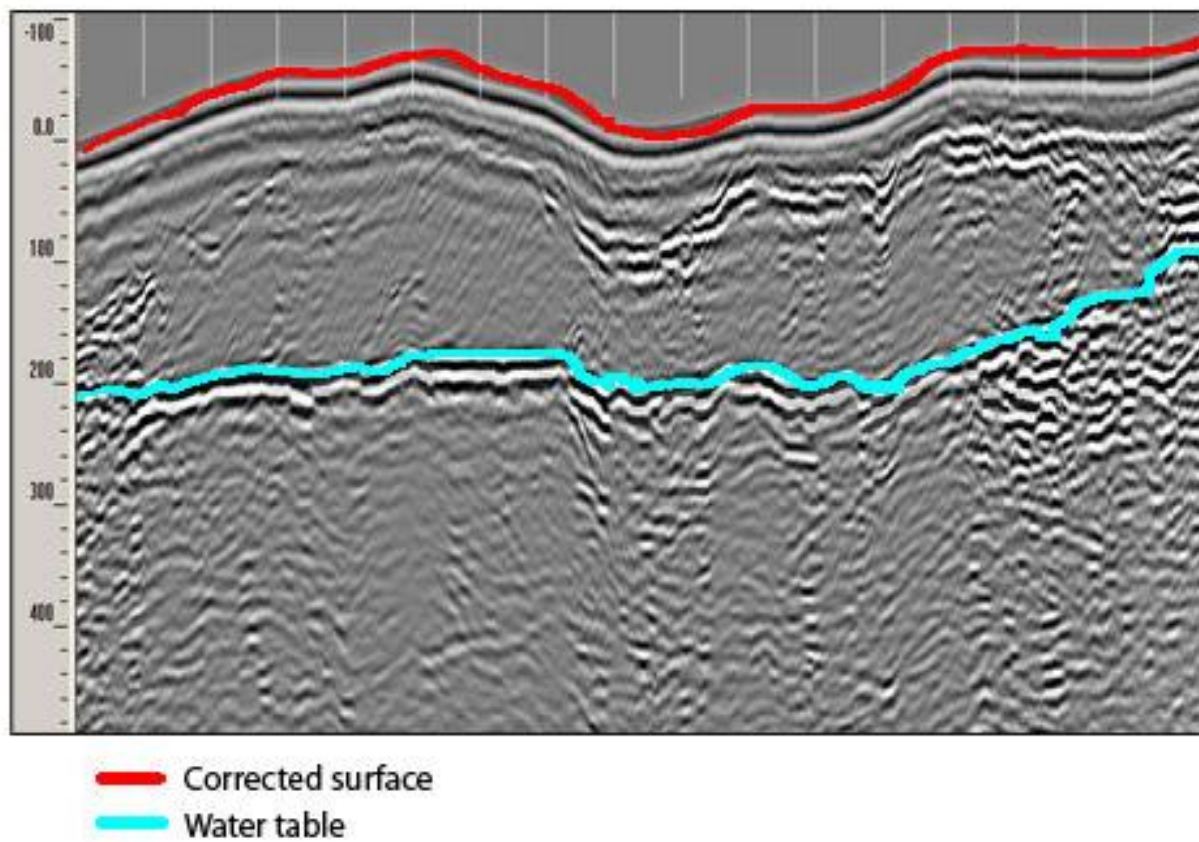
GPR, příklady v geologii



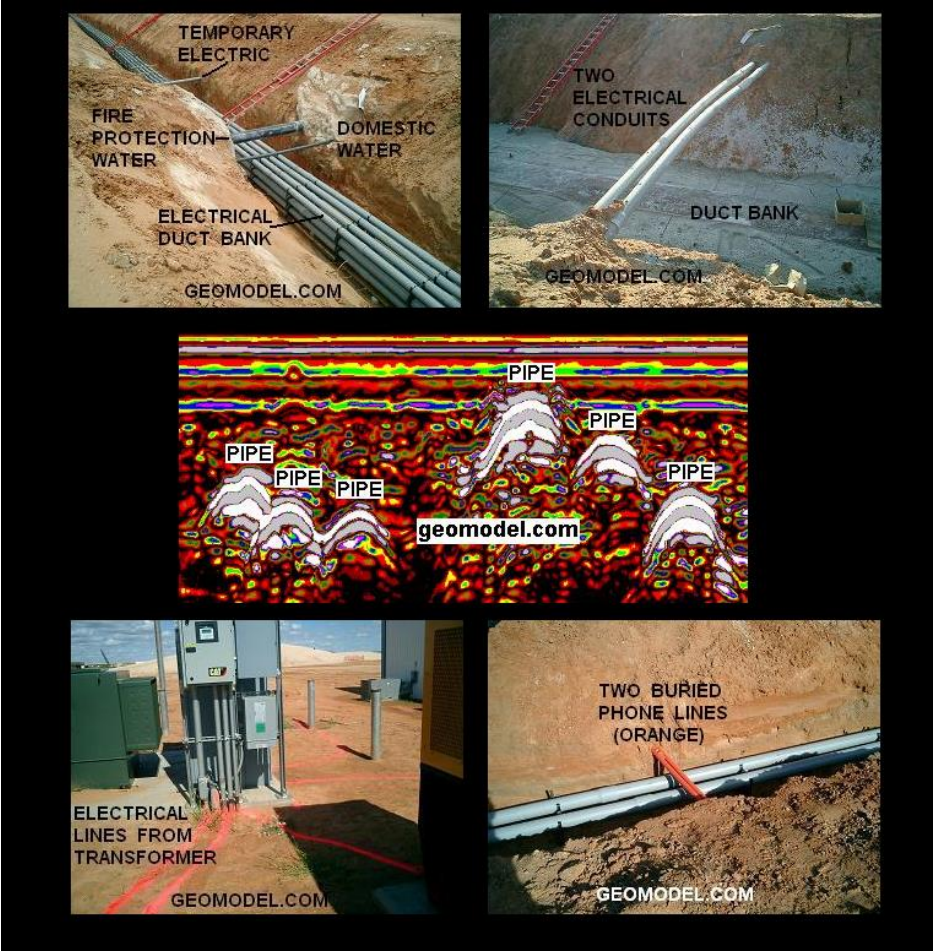
GPR, příklady v geologii

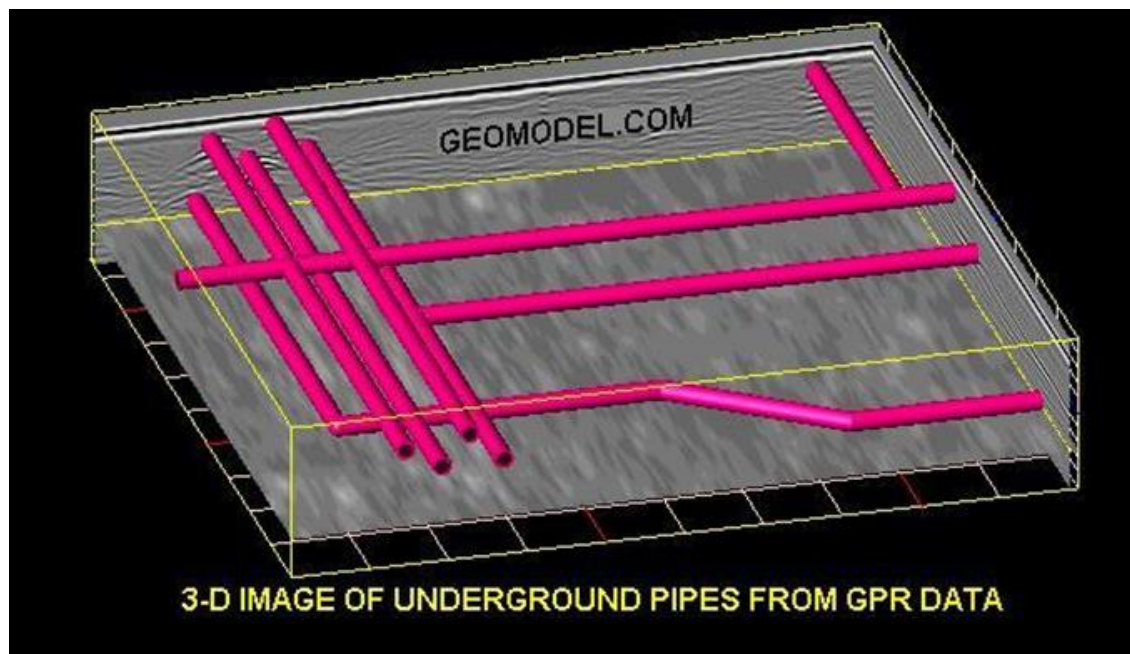


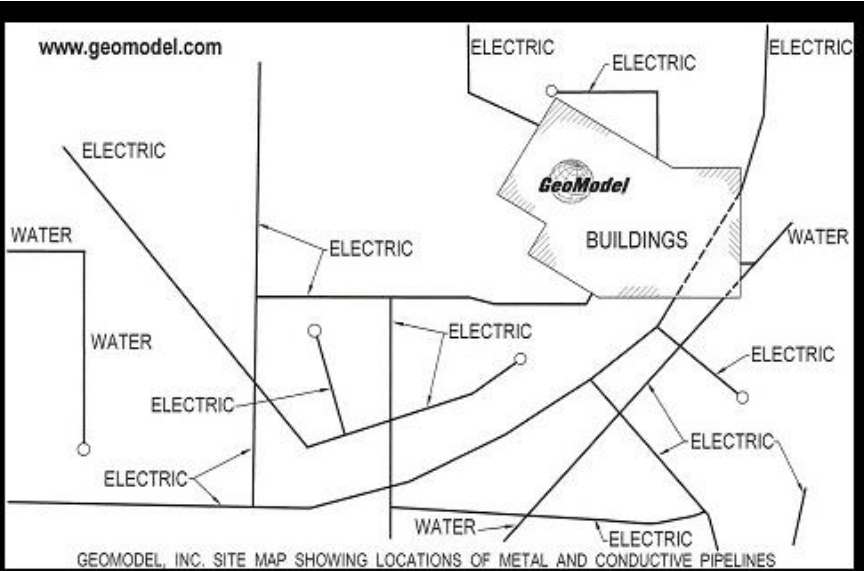
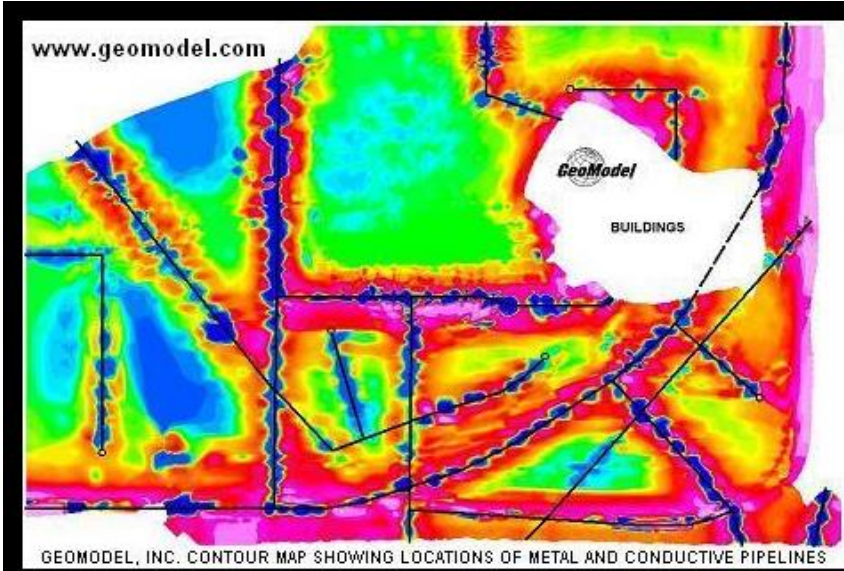
GPR, podzemná voda



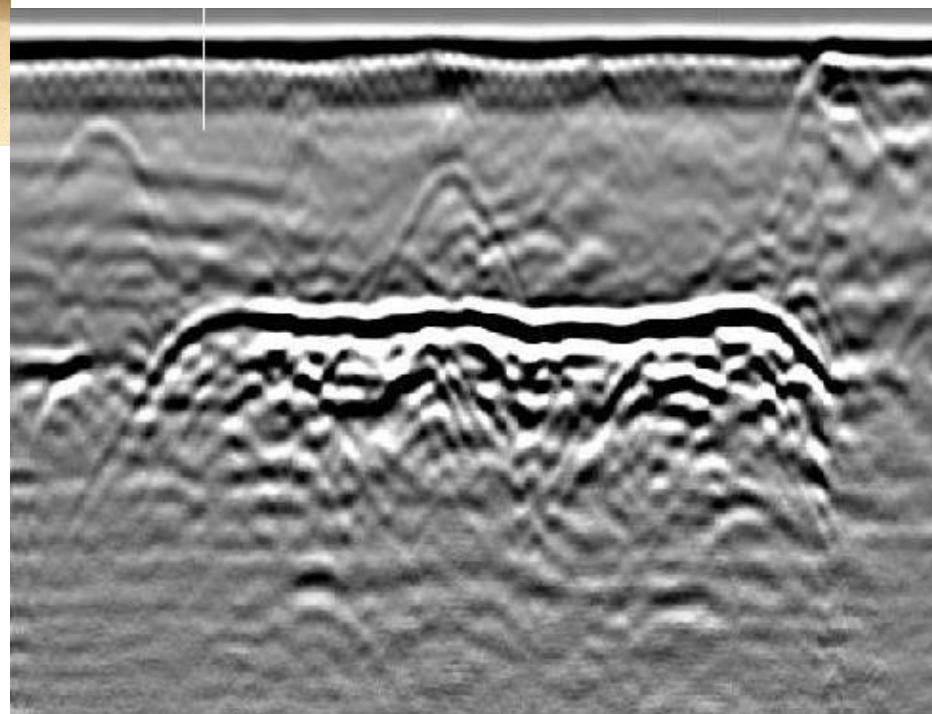
GPR, inžinierske siete







GPR, geotechnika - cesty





Ďakujem za pozornosť.