

GEOFIZIKALNE PREISKAVE - GPR PRI DETEKCIJI GLOBINE PODZEMNE VODE NA PRODONOSNIH OBMOČJIH

Marjana Zajc

Seminar Društva tehničnih vodij - površinsko odkopavanje

Vabljeno predavanje

Logatec, 6.11.2019

Vsebina

- Primerjava geofizikalnih metod
- Osnove metode georadarja
- Princip delovanja georadarja
- Dušenje in globinski doseg
- Frekvenca antene in ločljivost podatkov
- Dielektrične lastnosti kamnin
- Primeri
- Zaključki



Primerjava geofizikalnih raziskav

- Refleksijska in refrakcijska seizmika:

- Večji globinski doseg

- Pomanjkljivi rezultati v plitvem delu profila

- Električna tomografija:

- Upornost: za karakterizacijo litologije

- Topografija vedno ne dopušča izvedbe

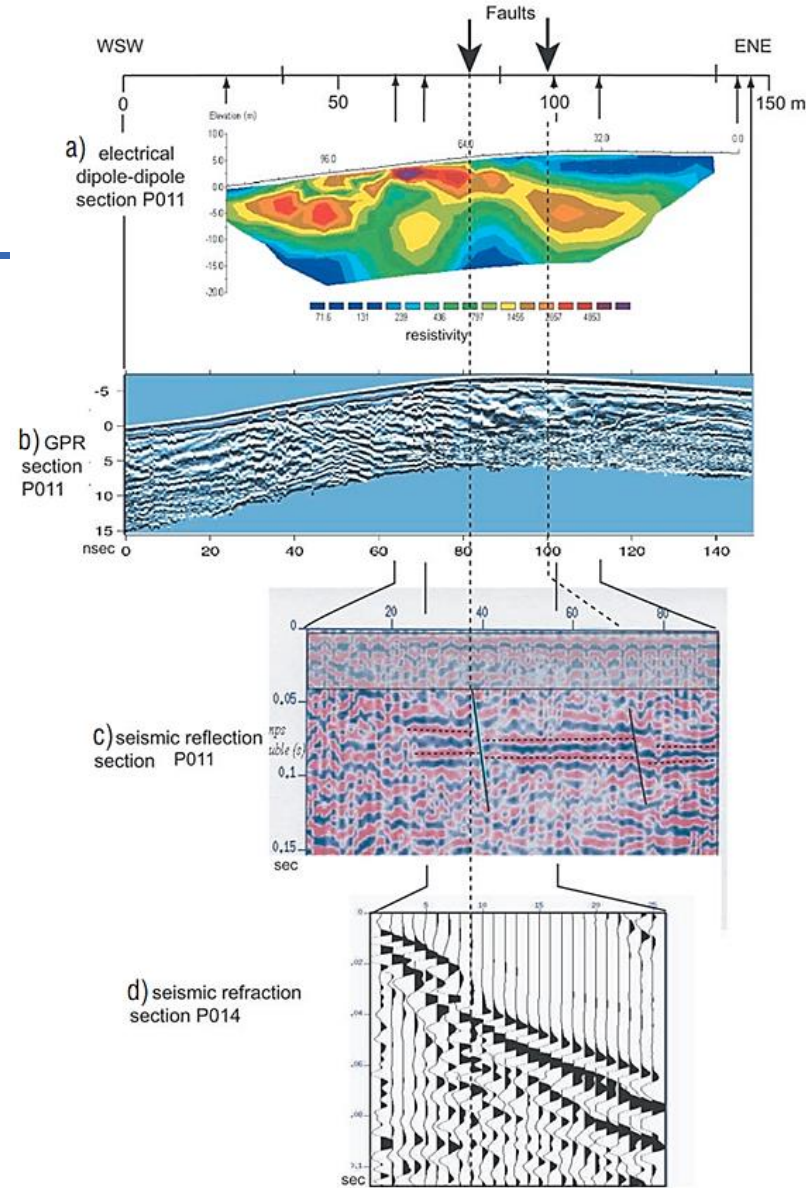
- Georadar:

- Dopolnjuje seizmične profile v plitvem delu

- Primerljivi rezultati z električno tomografijo

- Neinvazivna metoda s hitrim
zajemom podatkov

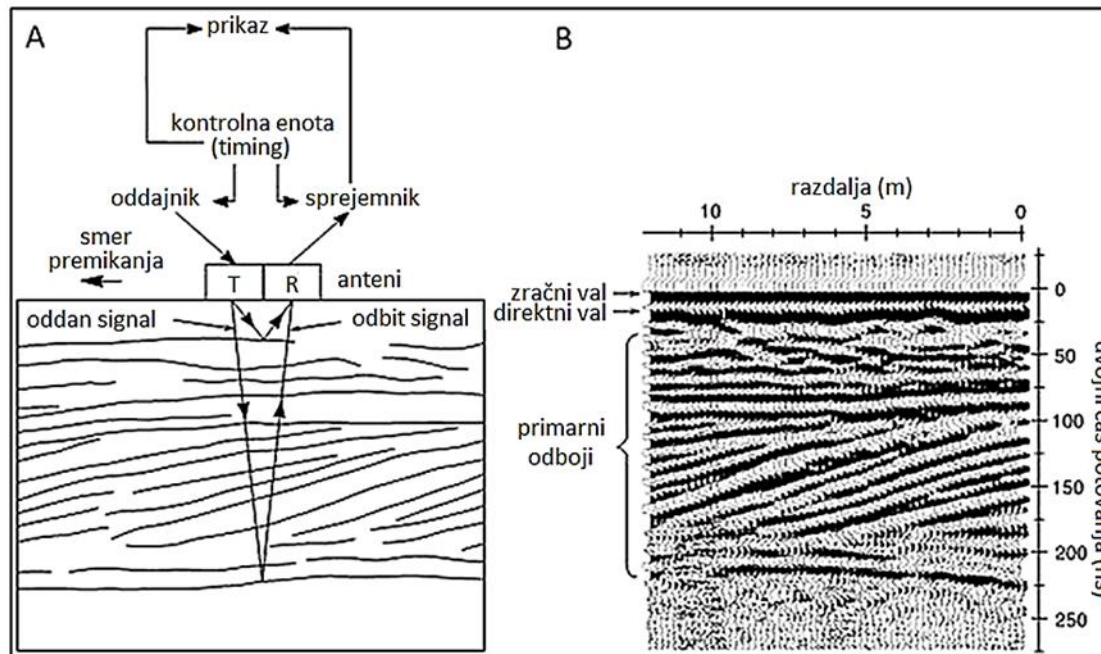
- Najboljše rezultate daje kombinacija rezultatov različnih metod



(Bano et al., 2002)

Osnove metode georadarja

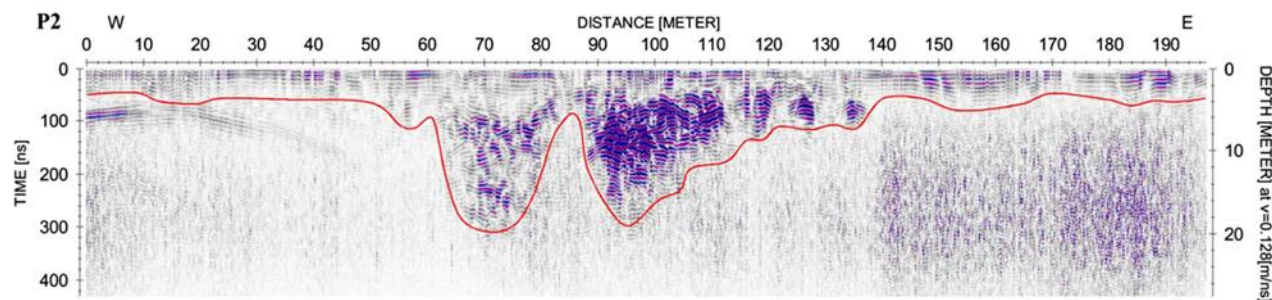
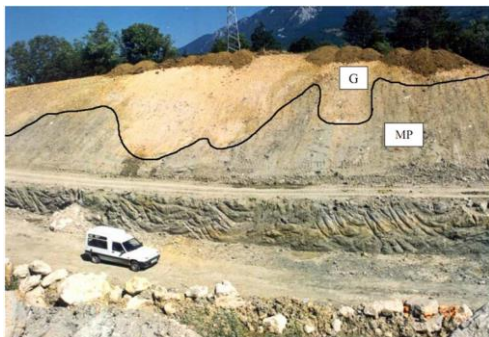
- temelji na principih delovanja elektromagnetnega valovanja
- globinski doseg odvisen od frekvence EMV in dušenja signala
- meri se dvojni čas potovanja signalov → pretvorba v globinsko skalo → za to potreben podatek o hitrosti valovanja / dielektričnost / vrtine



(po Neal, 2004)

Princip delovanja georadarja

- Iskanje anomalij in diskontinuitet v plitvem podpovršju
→ zakopani objekti, geološke strukture, horizonti, votline, cevi, gladina vode...
- Področja uporabe: arheologija, geologija, rudarstvo, gradbeništvo, kmetijstvo...
- Odboj signala na meji med materiali z različnimi EM lastnostmi
→ kamnina / sediment (debelina preperine, pretrte cone)
→ kamnina / zrak (kraške jame, tuneli)
→ kamnina / voda (kraške jame z vodo, cevi z vodo)
→ sediment / voda (gladina podzemne vode, zasičena cona)
→ sediment / sediment ali kamnina / kamnina (litologija)



Principi delovanja georadarja – oblike odbojev

- Točkasti objekt – refleksijska hiperbola

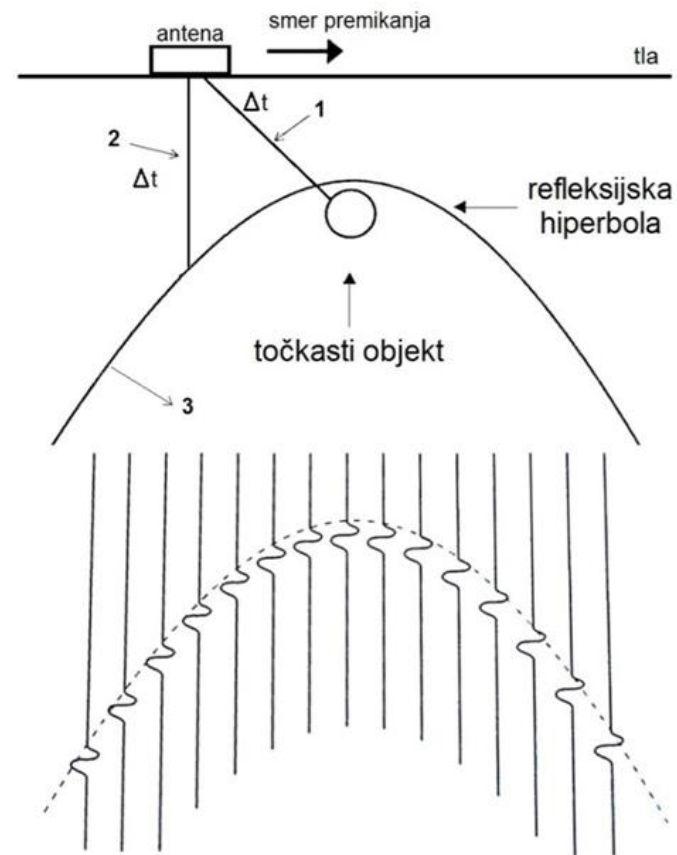
- cevi, kabli, votline, armatura, kosi kamnin
- uporabimo za določevanje hitrosti potovanja signalov v materialu

- Linearni reflektor

- meje med plastmi z različnimi električnimi lastnostmi
- zidovi, stene
- gladina podzemne vode
- prelomi in razpoke

- Zračni odboji:

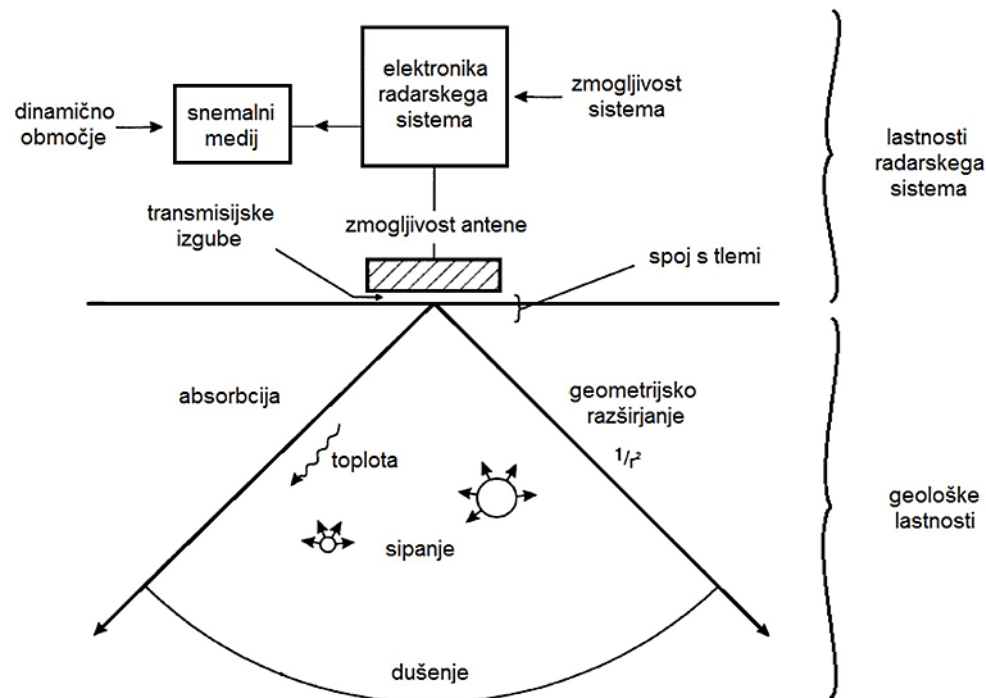
- neščitena antena = oddaja signalov v zrak ($V = 0,3 \text{ m/ns}$)
- odboji od ograj, hiš, avtov, dreves, el. drogov...



(po Conyers, 2004)

Dušenje in globinski doseg

- odboj signalov na mejah med različnimi plastmi
- sipanje energije
- absorpcija – spreminjanje EM energije v toploto
- geometrijsko razširjanje (v obliki konusa)
- izguba med zrakom in tlemi
- **DUŠENJE SIGNALA:** odvisno od dielektrične konstante materiala in frekvence signala



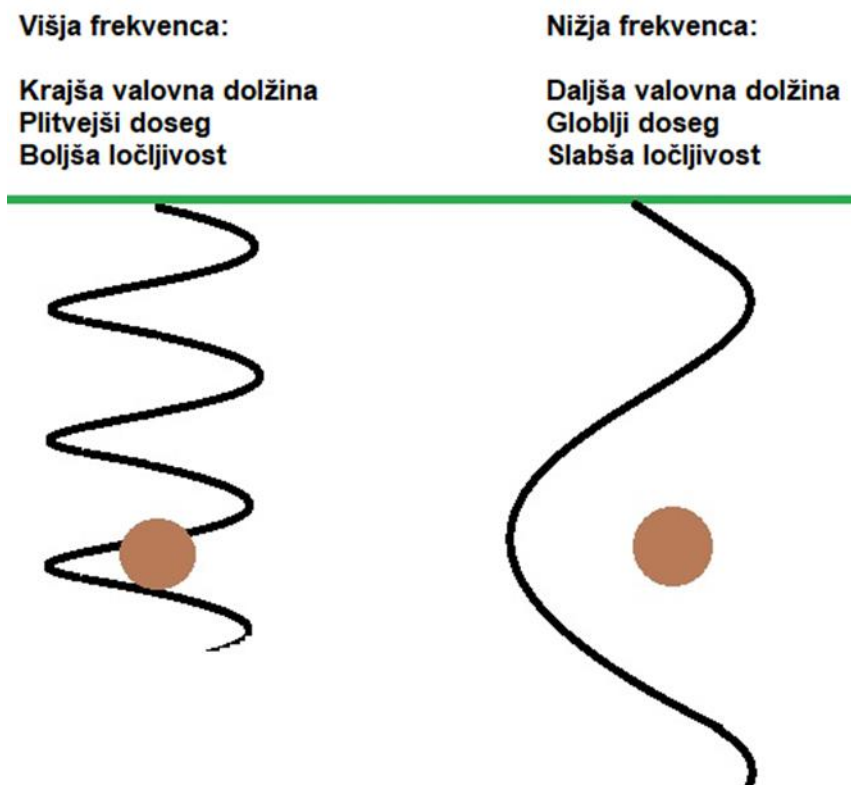
(po Reynolds, 1997)

višja frekvenca = večje dušenje = manjši globinski doseg

- Boljši rezultati: suhi sedimenti in kamnine (slabo prevodni mat.)
- Slabši rezultati: prisotnost slane vode, glinene frakcije (dobro prevodni mat.)

Frekvenca antene in ločljivost podatkov

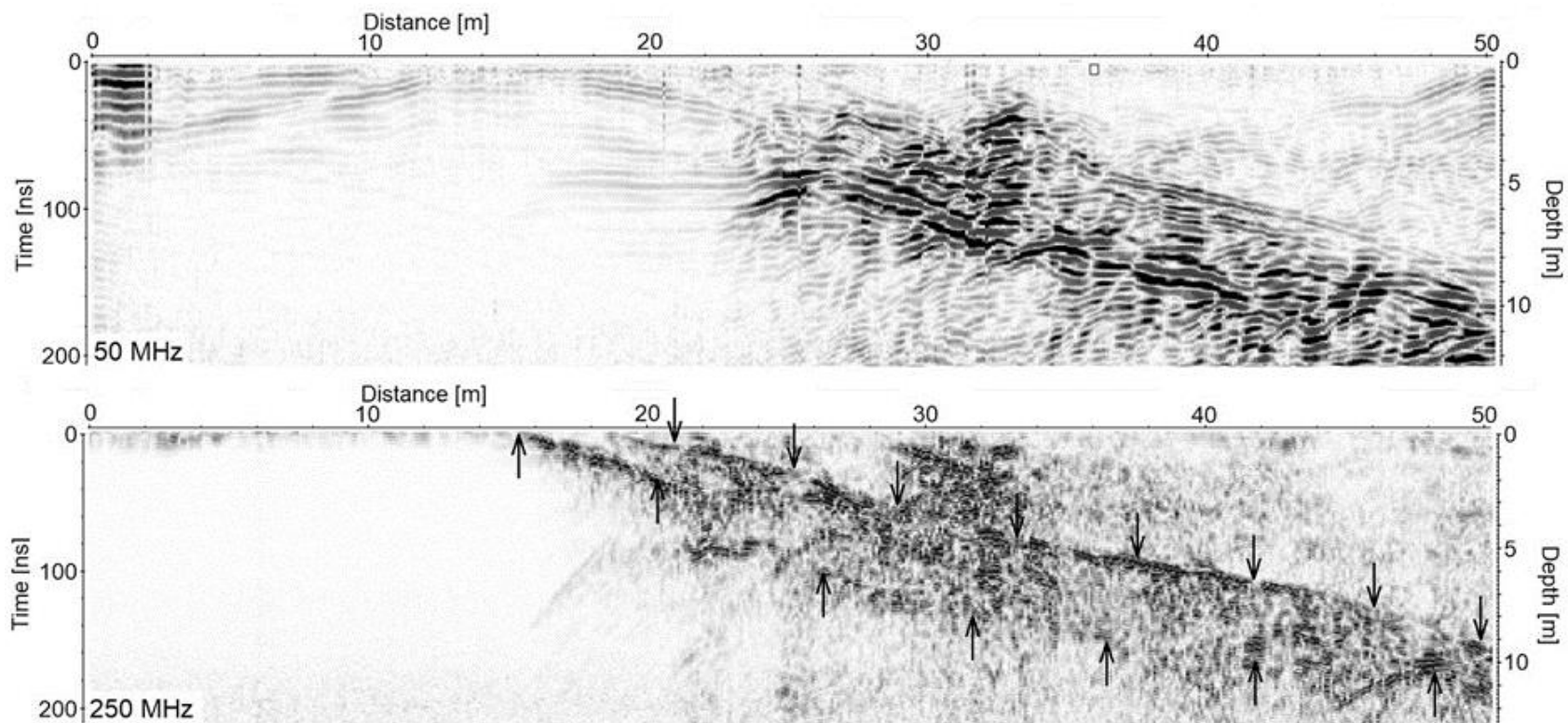
- Širok spekter frekvenc – najpogostejše 25, 50, 100, 200, 500, 1000 MHz



višja frekvenca = večje dušenje = manjši globinski doseg = boljša ločljivost

Frekvenca antene in ločljivost podatkov

- Primerjava profilov 50 in 250 MHz antene



Zajc et al., 2018

višja frekvenca = večje dušenje = manjši globinski doseg = boljša ločljivost

Dielektrične lastnosti materialov

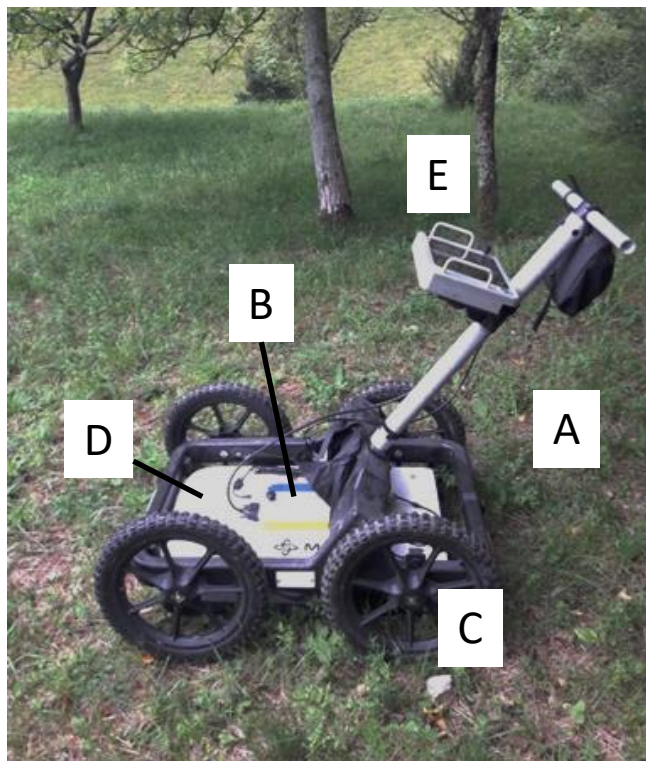
snov	ϵ_r	V (mm/ns)	snov	ϵ_r	V(mm/ns)
vakuum	1	300	glin. skrilavec	7	113
zrak	1,00054	300	peščenjak	6	112
voda (pri 18 ⁰ C)	81,1	33	premog	4 – 5	134 – 150
sneg	1,4 – 3	194 – 252	apnenec	7 – 9	100 – 113
led	3,2	167	dolomit	6,8 – 8	106 – 115
permafrost	1 – 8	106 – 300	granit	5 – 8	106 – 120
zemlja (prst)	16	75	bazalt	8	106
pesek (suh)	3 – 6	120 – 170	kremen	4,3	145
pesek (moker)	25 – 30	55 – 60	sljuda	70	36
melj (moker)	10	95	beton	6 – 30	55 – 112
glina (mokra)	8 – 15	86 – 110	asfalt	3 – 5	134 – 173

Frekvenca (MHz)	1000	900	400	270	200	100	80-16
Globinski doseg* (m)	do 0,6	0-1	0-4	0-6	0-9	2-15	0-50

* Globinski doseg se spreminja glede na razmere v tleh.

(GSSI, 2011)

Primer visokofrekvenčne opreme – 250, 500, 800 MHz, ščitena



- A – voziček z opremo;
- B – ProEx kontrolna enota;
- C – merilnik razdalje na kolesu (odometer);
- D – antena;
- E – monitor.



250 MHz	500 MHz	800 MHz	
do 6 m	do 3 m	do 1 m	globine

(Vitrum laser inženiring d.o.o.)

Primer nizkofrekvenčne opreme - 50 MHz RTA, neščitena



- A – nahrbtnik;
- B – ProEx kontrolna enota z optičnim modulom antene;
- C – merilnik razdalje («Hip Chain») z bombažno vrvico;
- D – RTA antena

(Mala,2014)



Primeri določevanja nivoja podzemne vode

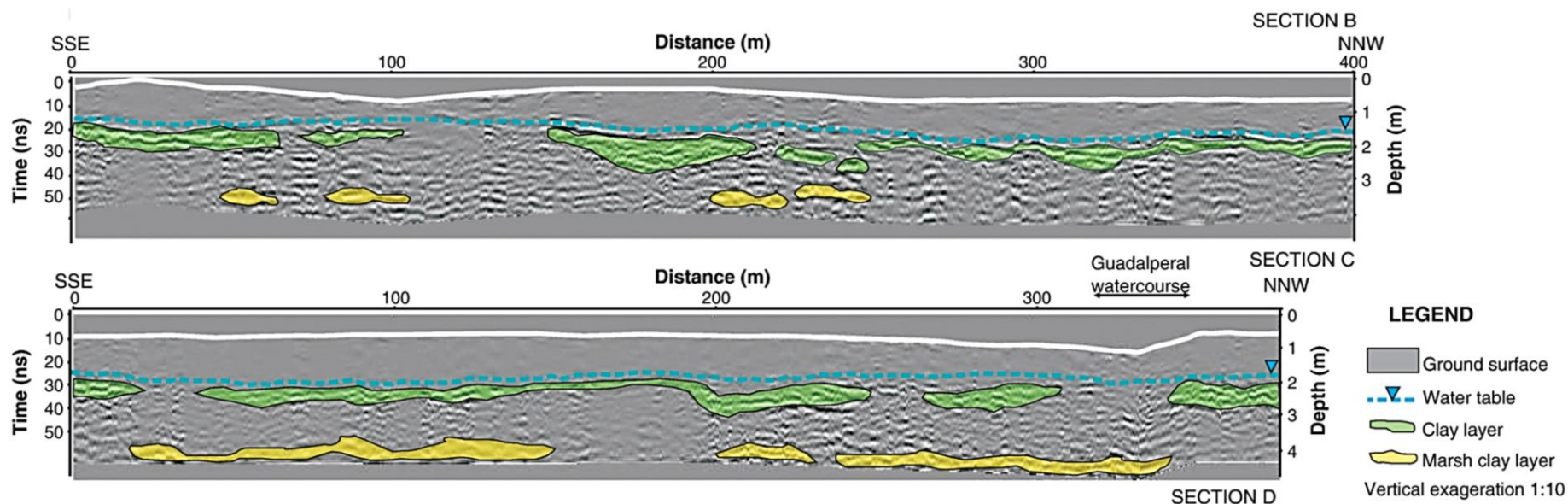
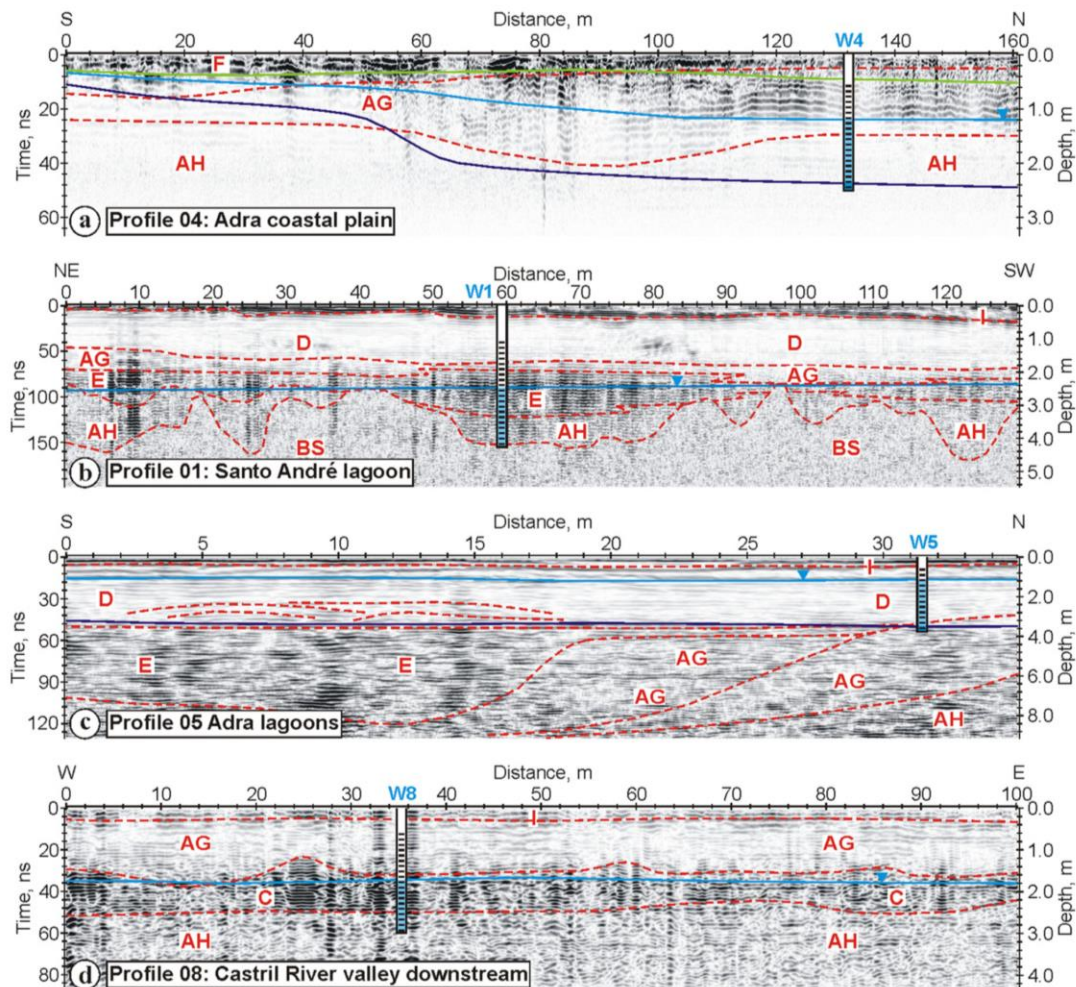


Fig. 4. Processed migrated radargram corresponding to profile 2. As in profile 1, two different clay levels as well as the location of the water table have been detected.

Gomez-Ortiz et al. 2010:

- Uporabljen antena: 400 MHz
- Določitev globine do podzemne vode in prisotnost dveh različnih tipov glinenih plasti v eolskem pesku
- Dielektričnost in hitrost potovanja signalov nista znani – uporaba piezometrov za kalibracijo rezultatov

Primeri določevanja nivoja podzemne vode



Legend:

- Capillary fringe
- Water table (unconfined aquifer)
- Brackish/seawater boundary
- AG Alluvial, sand and silt
- AH Alluvial, sand and gravel
- BS Siliciclastic bedrock
- C Clay-rich colluvial
- D Sand bars and dunes
- E Estuarine marsh
- F Anthropogenic filling
- I Edaphic soil
- Wx Monitoring well

Paz et al., 2017:

- Uporabljena antena: 270 MHz
- Debelozrnati fluvialni sedimenti
- Določitev več tipov sedimentnih plasti in nivoja podzemne vode
- Primerjava s podatki iz vrtin

Fig. 4. (a) Holocene coarse-grained coastal fluvial sediments with seawater-freshwater interface in Adra coastal plain, SE Spain. (b) Holocene estuarine, alluvial, and sand-dune formations over a Plio-Pleistocene calcarenitic bedrock in the Santo André lagoon area, E Portugal. (c) Holocene coastal alluvial, lacustrine and sand-bar formations with seawater-freshwater (brackish) interface in Adra lagoons, SE Spain. (d) Quaternary colluvial interbedded into alluvial deposits in the Castril River valley downstream, S Spain. Location of GPR profiles and monitoring wells in Fig. 3. Description of GPR surveys and field operation in Table B.1 in Appendix B.

Primeri določevanja nivoja podzemne vode

Iger et al., 2013:

- Uporabljeni anteni:
200 MHz (zgoraj)
80 MHz (spodaj)
- Boljša ločljivost z 200 MHz
- Določitev nivoja podzemne vode v sipinah
- Primerjava z vrtnami in izkopi

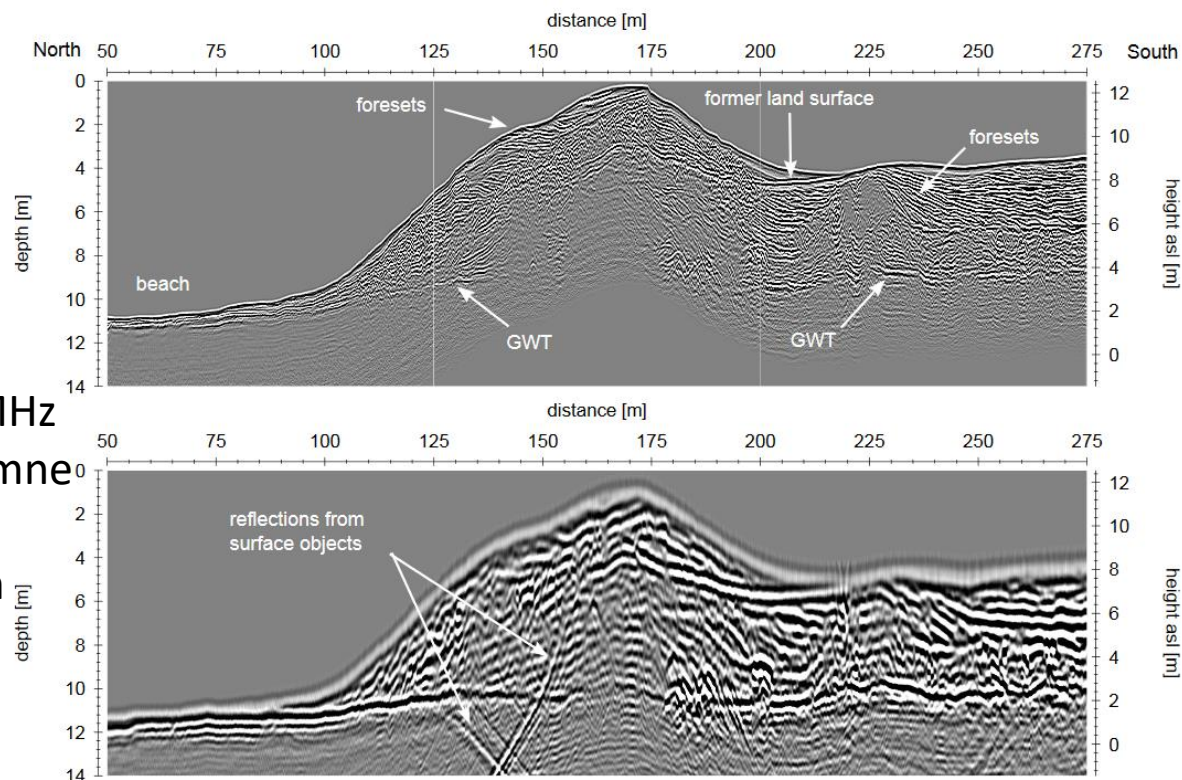
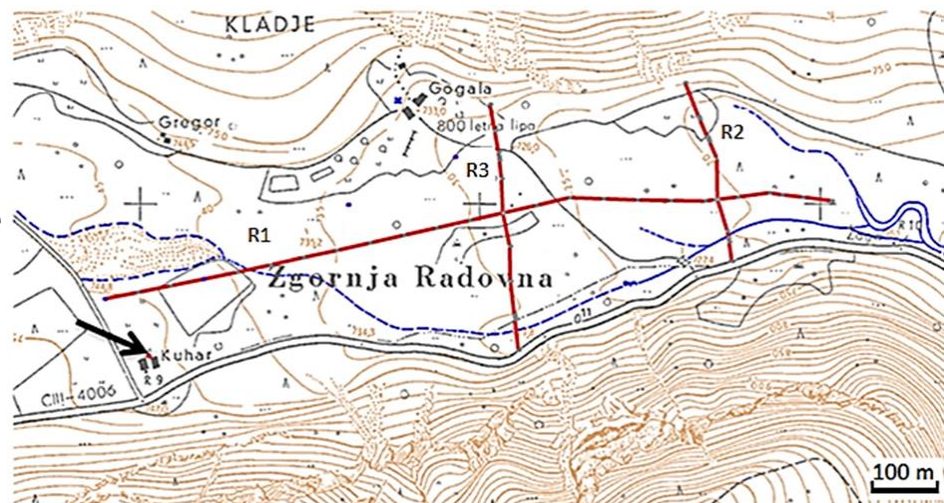


Fig. 4. GPR profile 1 (see Fig. 1 for location) from the North Sea over the main dune in direction of the inner island: 200 MHz (top), 80 MHz (bottom). The data are migrated and topographically corrected. The amplitudes of both sections are normalised for comparison and the vertical axis is exaggerated by a factor of 5.

Primeri določevanja nivoja podzemne vode – Radovna

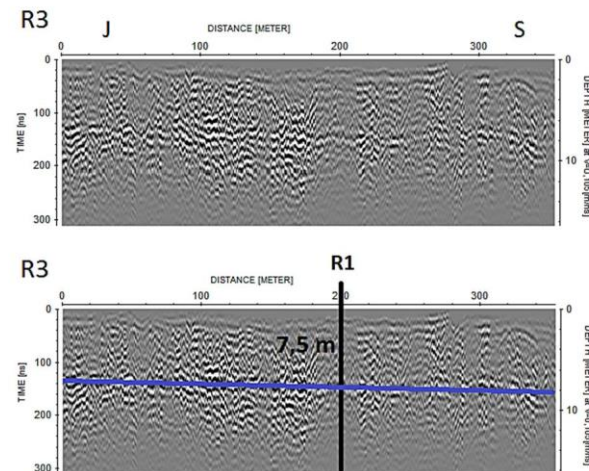
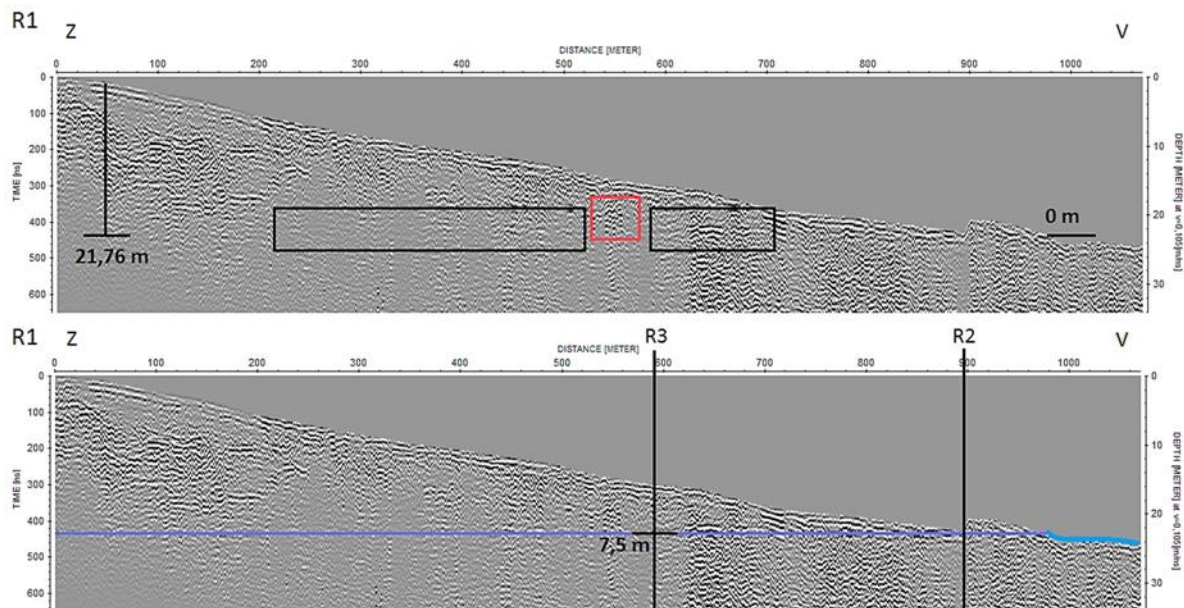


- reka Radovna:
 - napajalno zaledje je odprt vodonosnik
 - prosto nihanje gladine – premikanje izvirov po dolini
 - izredno zahteven teren za geofizikalne raziskave
- georadar:
 - prostorska lega gladine od vodnjaka do izvirov
 - nagnjenost gladine: večje napajanje iz ene kot iz druge planote? (Mežakla in Pokljuka)
 - posneti 3 profili



Zajc, 2015

Primeri določevanja nivoja podzemne vode – Radovna



- R1 – vzdolžni profil
 - izris gladine na podlagi kontrolne točke - vodnjaka, linearnih reflektorjev in izvira
 - gladina na sečišču z R3 je na 7,5 m
- R3 – prečni profil
 - izrazit reflektor
 - rahlo vpada proti S → večje napajanje iz Pokljuke
 - gladina na sečišču z R1 je na 7,5 m

Zaključki

- Georadar: → mobilna, hitra in neinvazivna geofizikalna metoda
 - določevanje anomalij in diskontinuitet v plitvem podpovršju
 - uporaben pri detekciji podzemne vode in zasičenih con
- Kompromis: globina dosega / ločljivost rezultatov
- Za boljše rezultate: → meritve v sušnem obdobju
 - dober stik antene s tlemi
 - primerna frekvenca antene
 - neščitena antena: čim manj površinskih objektov
 - znani podatki kartiranja, iz vrtin / vodnjakov, vidni izdanki

Hvala za pozornost.

marjana.zajc@geo-zs.si