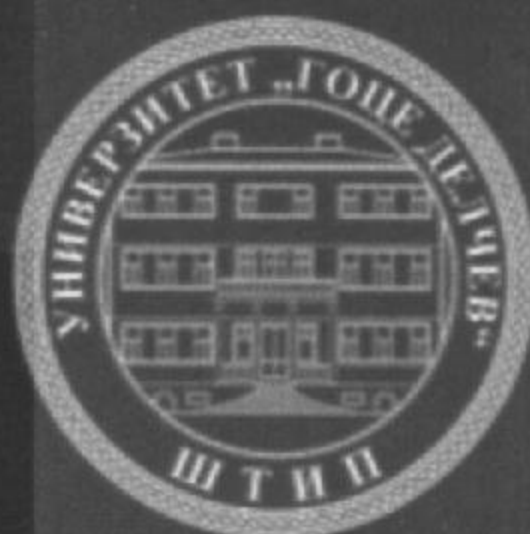


**VI стручно советување  
со меѓународно учество**

**ПОДЕКС-ПОВЕКС '12**



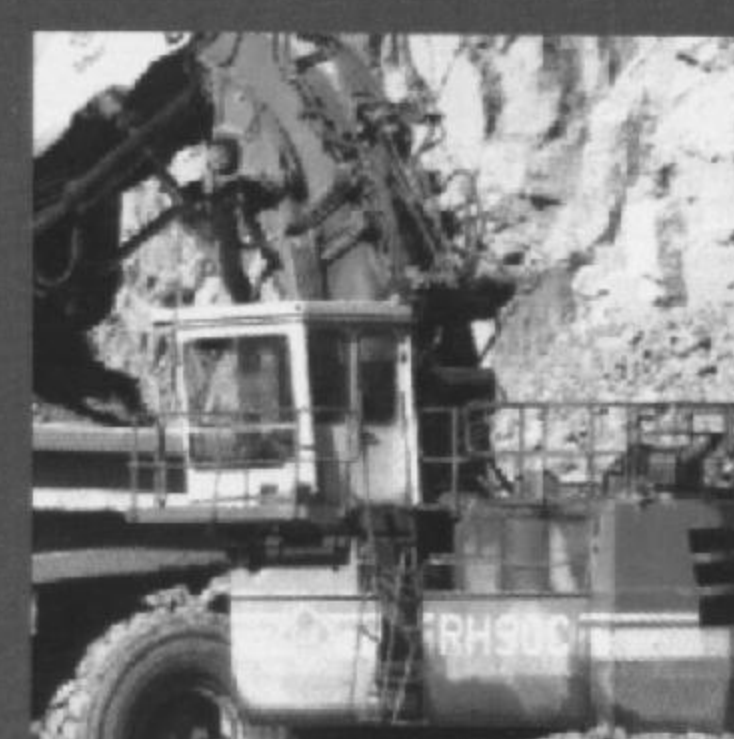
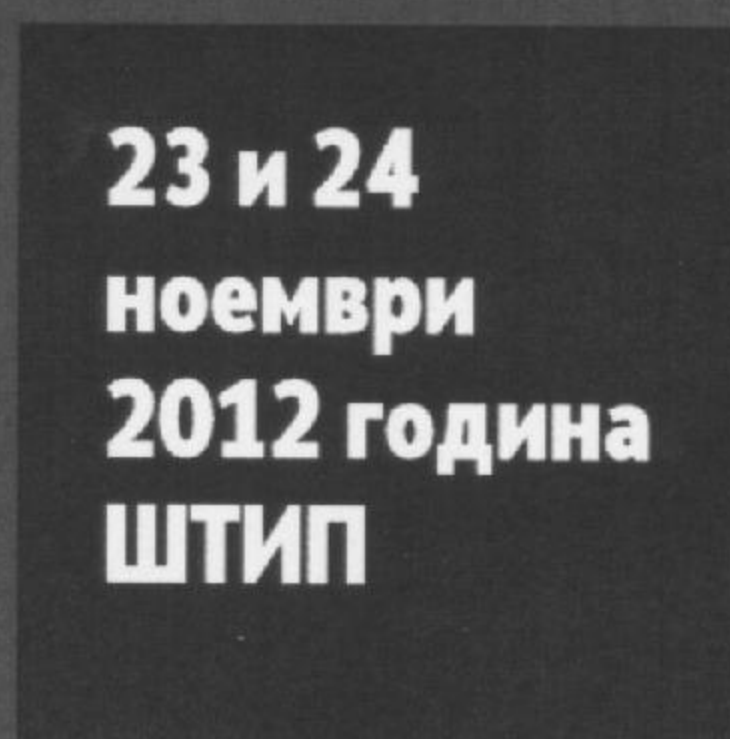
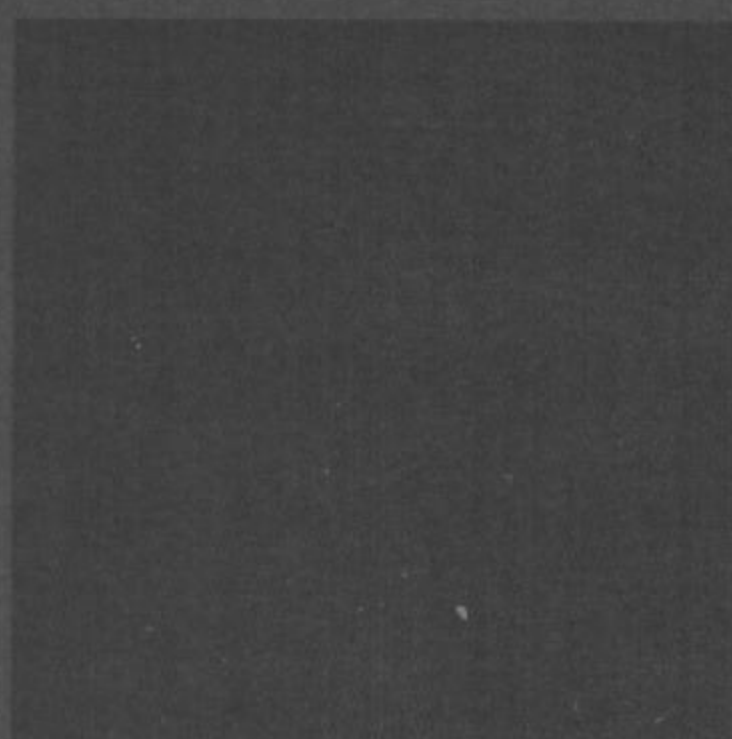
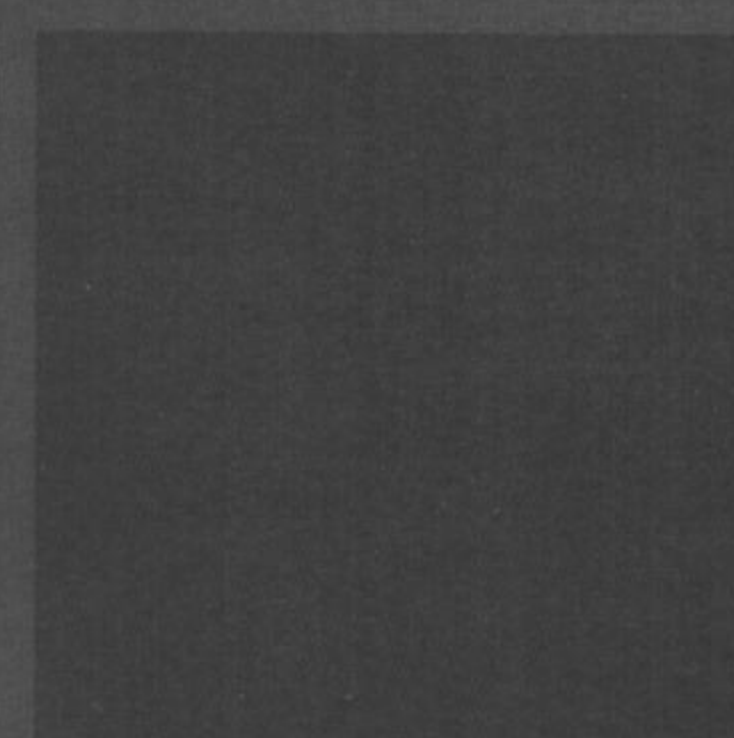
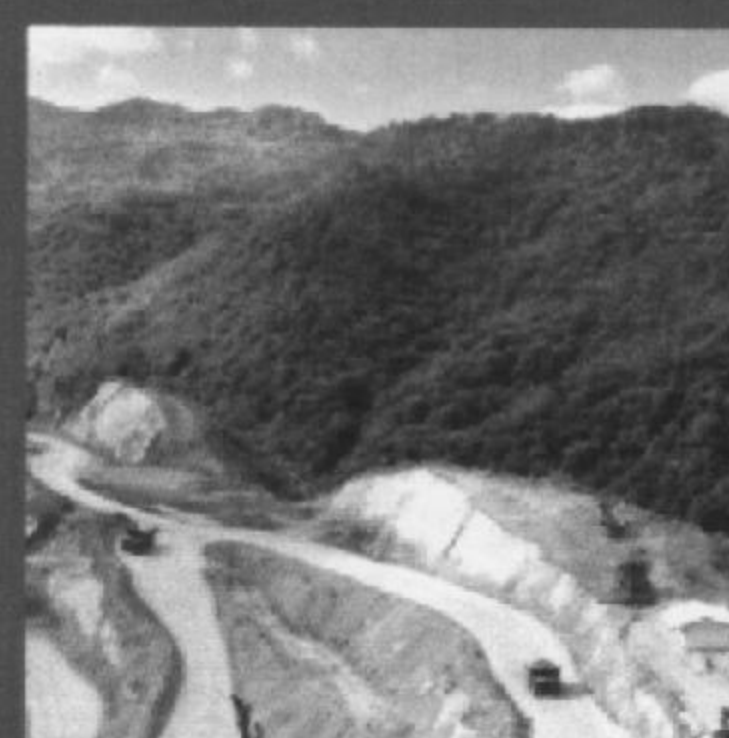
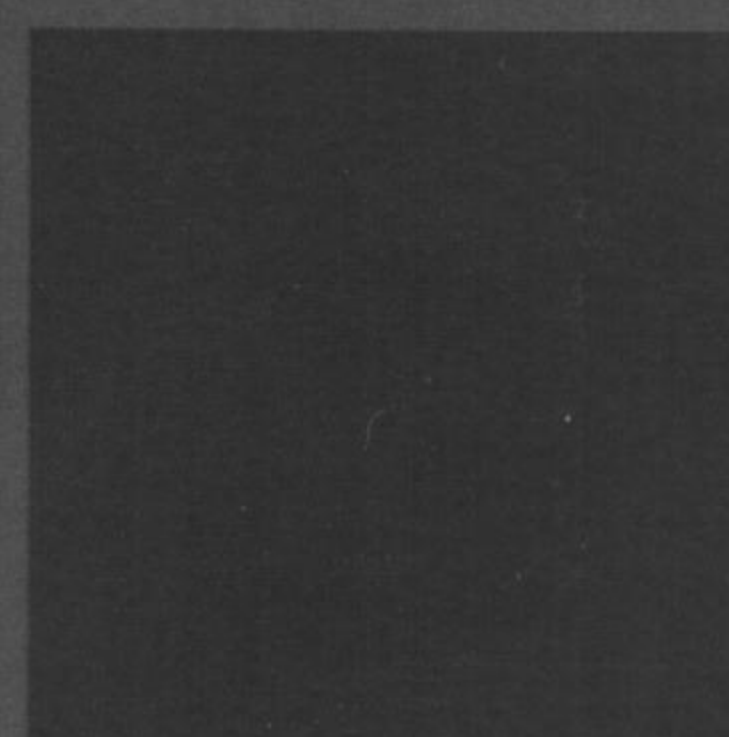
**ЗРГИМ**  
Здружение на рударски и геолошки  
инженери на Република Македонија



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**  
Факултет за природни и технички науки  
Универзитет „Гоце Делчев“ -Штип

**ЗБОРНИК  
НА ТРУДОВИ**

# **ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**





Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА  
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Зоран Десподов**

За издавачот:

**Љупчо Трајковски, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Асс. м-р Стојанче Мијалковски**

**Доц. д-р Николинка Донева**

**Асс. м-р Благица Донева**

Изработка на насловна страна:

**Дејан Николовски**

Печатница:

**Графо Продукт, Скопје**

Година:

**2012**

Тираж:

**120 примероци**

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 (6 ; 2012 ; Штип)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини : зборник на трудови / VI-то стручно советување на тема "Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини" со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'12 23-24.11.2012 година Штип ; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов]. - [Скопје]:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2012. - 268 стр. : илустр. ; 30 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-2921-8-7

а) Рударство - Подземна експлоатација - Минерални сировини -

Собири

COBISS.MK-ID 92669450

**Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографирен без дозвола на авторите и издавачот.**





## ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

## ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

### **Претседател:**

Љупчо Трајковски, ЗРГИМ-Скопје

### **Потпретседатели:**

Проф. д-р Зоран Десподов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Ристо Дамбов, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип

### **Извршен секретар:**

Асс. м-р Стојанче Мијалковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

### **Членови:**

Доц. д-р Дејан Мираковски, Институт за рударство, ФПТН, УГД-Штип;

Проф. д-р Орце Спасовски, Институт за геологија, ФПТН, УГД-Штип;

Борче Гоцевски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Мише Кацарски, ИММ Рудници ЗЛЕТОВО, Пробиштип;

Благоја Георгиевски, РЕК Битола, Битола

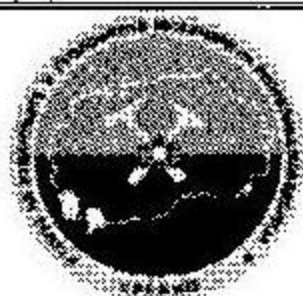
Драган Насевски, ГИМ, Скопје;

Чедо Ристовски, Рудник САСА ДОО, Македонска Каменица;

Миле Пејчиновски, ИММ Рудник ТОРАНИЦА, Крива Паланка;

Зоран Костоски, МАРМО БЈАНКО, Прилеп.





**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

**VI<sup>TO</sup> СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

Штип  
23 – 24. 11. 2012 год.

## **ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ И СЕИЗМИЧКИ МЕТОДИ КАКО МОЖНОСТ ЗА ДЕФИНИРАЊЕ НА ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИТЕ ОСОБИНИ НА КАРПИТЕ**

### **GEOELECTRICAL AND SEISMIC METHODS AS POSSIBILITY FOR DEFINING PHYSICAL AND MECHANICAL FEATURES OF THE ROCKS**

**Благица Донева<sup>1</sup>, Марјан Делипетрев<sup>1</sup>, Ѓорги Димов<sup>1</sup>, Тодор Делипетров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Институт  
за геологија, Штип, Р. Македонија

**Апстракт:** Геофизичките истражувања претставуваат мерење на физичките величини со цел запознавање со структурата и литолошките карактеристики на карпестите маси. Рефракционите и рефлективните сеизмички испитувања се базираат на одредување на брзината на сеизмичките бранови. Постои директна врска помеѓу  $V_p$  и  $V_s$  и лоцирањето на раздробените зони во карпестите маси.

Електричните методи, преку електричните својства на средината, индиректно даваат можност да се одвојат компактните од раздробените зони на карпестите комплекси. Постоеноста на разликата меѓу електричните својства на поединечните материјали и карпи, кои се наоѓаат на испитуваното подрачје, овозможуваат користење на геоелектричните методи со цел дефинирање на контактните зони помеѓу различните литолошки структури.

**Клучни зборови:** геофизички методи, рефракција, рефлексција, специфичен геоелектричен отпор.

## **1. ВОВЕД**

Геофизичките испитувања се покажале во праксата многу корисни, посебно ако теренот најпрво добро се лоцира и геолошки се искартира. Значи пред да се започне со мерењето, треба да се усвојат геофизички методи и да се дефинира распоредот на геофизичките профили прилагодени според локалните геолошки услови и целите на истражувањето. Исто така, при програмирањето на геофизичките испитувања треба да се води сметка за косината и длабочината на граничните рамнини кои ги раздвојуваат различните средини. Геоелектричното картирање и сондирање претставуваат две основни методи на геоелектрично истражување на земјината внатрешна градба. Од сеизмичките методи, рефлективните сеизмички истражувања имаат предност во однос на рефракционите сеизмички испитувања од причина што кај



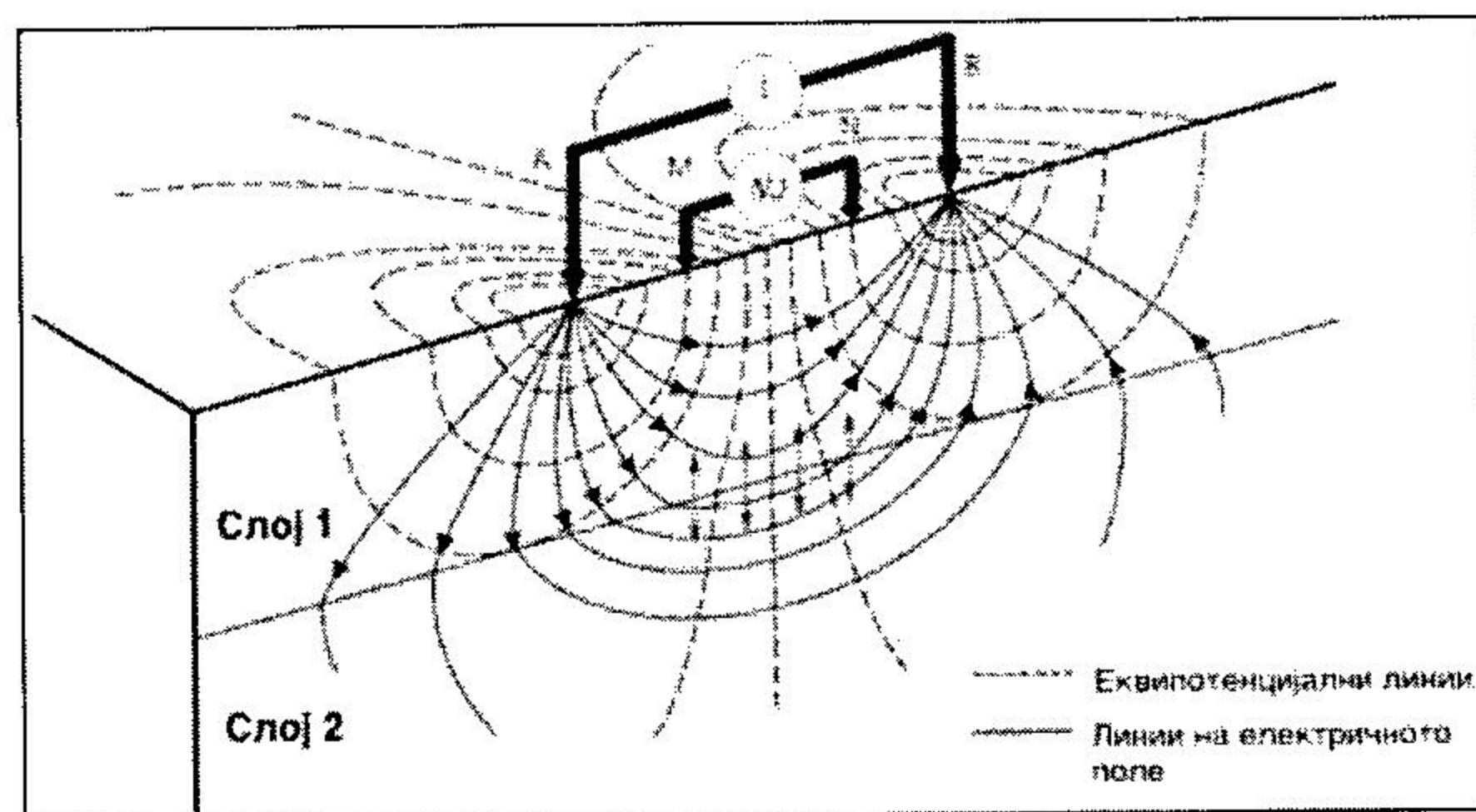
рефлективните испитувања не мора да биде исполнет условот секоја подлабока еластична средина да мора да има поголема брзина на простирање на брановите од брзината на слојот кој е пред таа средина.

## 2. ГЕОФИЗИЧКИ МЕТОДИ

### 2.1. Геоелектрични методи

Геоелектричните испитувања претставуваат една од основните методи во применетата геофизика. Голема примена имаат во инженерската геологија и хидрологија, но значајно се застапени во рударството при истражување на разни минерални сировини и градежен материјал, во геотехниката за дефинирање на разни состојби и својства на работните средини итн.

Примената на геоелектричните методи е овозможена од сознанието дека карпите кои ја сочинуваат геолошката формација поседуваат различни електрични својства. Поради тоа, составот и геолошката градба на теренот и различните природни процеси во земјата предизвикуваат електрични аномалии кој се манифестираат и на површината на теренот. Со регистрирање на тие електрични аномалии (на површината на теренот или во подземјените објекти) може да се донесе заклучок за геолошката градба во внатрешноста и да се дефинираат состојбата и својствата на карпите.



Слика 1. Геометрија на геоелектричната метода на истражување

Една од најупотребуваните геоелектрични методи е методата на сопствен електричен отпор (слика 1). При оваа метода се мери: јачината на струјата ( $I$ ) која се спроведува низ средината, разликата на потенцијалот ( $\Delta V$ ) помеѓу потенцијалните електроди (MN) и одалеченоста на електродите од центарот на мерниот диспозитив. Овие три величини се параметрите кои влегуваат во равенката преку која се дефинира привидната електрична отпорност на средината под централната мерна точка. Привидната електрична отпорност за каков и да било мерен распоред од две потенцијални и две струјни електроди поставени над полупросторот е дефинирана со изразот:

$$\rho_s = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} \frac{\Delta V}{I} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$



каде:  $\overline{AB} = r_1; \overline{AN} = r_2; \overline{BM} = r_3; \overline{BN} = r_4$

Големината на константата ( $K$ ) зависи од растојанието помеѓу електродите и се нарекува *фактор на распоред на електродите*. Горниот израз за  $\rho_s$  произлегува од распределбата на потенцијалот на хомоген полупростор. Значи, конкретен полупростор се третира како хомоген, но со таа распределба на потенцијалот која во него навистина постои, а  $\rho_s$  да одговара на електричната отпорност која би требала и ја има хомогниот полупростор за да предизвика разлика на потенцијали иста како и конкретната средина. Таквата електрична отпорност се нарекува *привидна ( $\rho_s$ ) електрична отпорност*.

Основни својства на карпестите маси се:

- електрохемиската активност
- електрична проводливост ( $\sigma$ ), односно реципрочна вредност, или специфична електрична отпорност ( $\rho$ )
- диелектрична константа ( $\epsilon$ )
- магнетна пермеабилност ( $\mu$ )
- поларизација на средината под влијание на надворешни електрични полиња.

Во табелите 1 и 2 се дадени специфичните електрични отпорности на некои минерали, односно карпи.

Табела 1. Специфична електрична отпорност на некои минерали

Минерал	SEO ( $\Omega m$ )	Минерал	SEO ( $\Omega m$ )
Камена сол	$10^{14} - 10^{17}$	Камен јаглен	$10^0 - 10^2$
Кварц	$10^{12} - 10^{14}$	Галенит	$10^{-5} - 10^{-3}$
Нафта	$10^9 - 10^{16}$	Пирит	$10^{-4} - 10^{-3}$
Калцит	$10^7 - 10^{12}$	Магнетит	$10^{-4} - 10^{-2}$
Хематит	$10^4 - 10^8$	Антрацит	$10^{-4} - 10^{-2}$

Табела 2. Специфична електрична отпорност на карпите

Магматски и метаморфни карпи	SEO ( $\Omega m$ )	Седиментни карпи	SEO ( $\Omega m$ )
Базалт	$2 \times 10^6$	Алувиум и мил	$2,5 \times 10^3 - 1,5 \times 10^5$
Диајбаз	$2 \times 10^3 - 2 \times 10^6$	Глацијални седименти	$8 \times 10^2 - 9,5 \times 10^5$
Диорит	$5 \times 10^6$	Глина	$5 \times 10^2 - 1,5 \times 10^5$
Габро	$1 \times 10^4 - 1,5 \times 10^6$	Глина – глинци	$4 \times 10^2 - 9 \times 10^4$
Гнајс	$2 \times 10^4 - 3,4 \times 10^6$	Граувака	$8 \times 10^2 - 1 \times 10^6$
Гранит	$3 \times 10^4 - > 10^6$	Конгломерат	$2,5 \times 10^3 - 1,5 \times 10^6$
Кварцит	$1 \times 10^3 - 2 \times 10^6$	Варовник	$6 \times 10^3 - 5 \times 10^7$
Лава	$1,2 \times 10^4 - 5 \times 10^6$	Лапорци	$0,5 \times 10^2 - 7 \times 10^3$
Мермер	$1 \times 10^4 - 1 \times 10^7$	Песок	$9,5 \times 10^1 - 5 \times 10^5$
Порфир	$6 \times 10^3 - 1,5 \times 10^6$	Песочник	$3 \times 10^3 - 1 \times 10^7$
Шкрилец	$5 \times 10^2 - 1 \times 10^6$	Суглини	$1 \times 10^3 - 4,5 \times 10^4$
Серпентин	$2 \times 10^4 - 3 \times 10^5$		
Сиенит	$1 \times 10^4 - 10^7$		
Трахит	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^7$		



Проводливоста на карпата зависи и од: волуменот на порите, распоредот на порите и текстурата на средината, минерализацијата и хемискиот состав на подземните води, влажноста односно водозаситеноста, температурата. Карпите се порозни, испукани и исполнети со вода, односно со раствори од разни минерални соли што предизвикува подобра проводливост.

Неопходни услови за примена на геоелектричните методи се:

1. значајни разлики во електричните својства на геолошките средини;
2. поволната геолошко – структурна градба на теренот;
3. незначајно влијание на екранираниот слој;
4. што помало влијание на разни пречки при мерење.

Пречките кај геоелектричните мерења потекнуваат од: геолошките услови, постоење на околната индустрија, инструментите кој се користат, топографија (грешките поврзани со ориентацијата и должината на мерените линии) итн.

Од геолошките услови на мерење најмногу влијае длабочината на залегнување и обликот на телото кое се истражува. Така на пример, при геоелектричните испитувања со еднонасочни струи при испитување на стрмни и вертикални гранични површини, најпогодна е методата на картирање. Со истражување на хоризонтални и благо наклонети површини на различни длабочини најпогодна метода е вертикалното геоелектрично сондирање (VES).

На мерењата најмногу влијаат индустриските струи најчесто од 50 Hz, јаки електрични заземјувања, трамваите, електрифицирани железници, радары итн.

## 2.2. Сеизмички методи

Во рефлективната и рефракционата сеизмика се изучува простирањето на еластичните бранови кои се одбиваат и прекршуваат од различни еластични граници во средината. Во современото инженерство, инженерска геологија, геотехника, механика на тлото, механика на карпите, хидрогеологија се користи рефракционата сеизмичка метода.

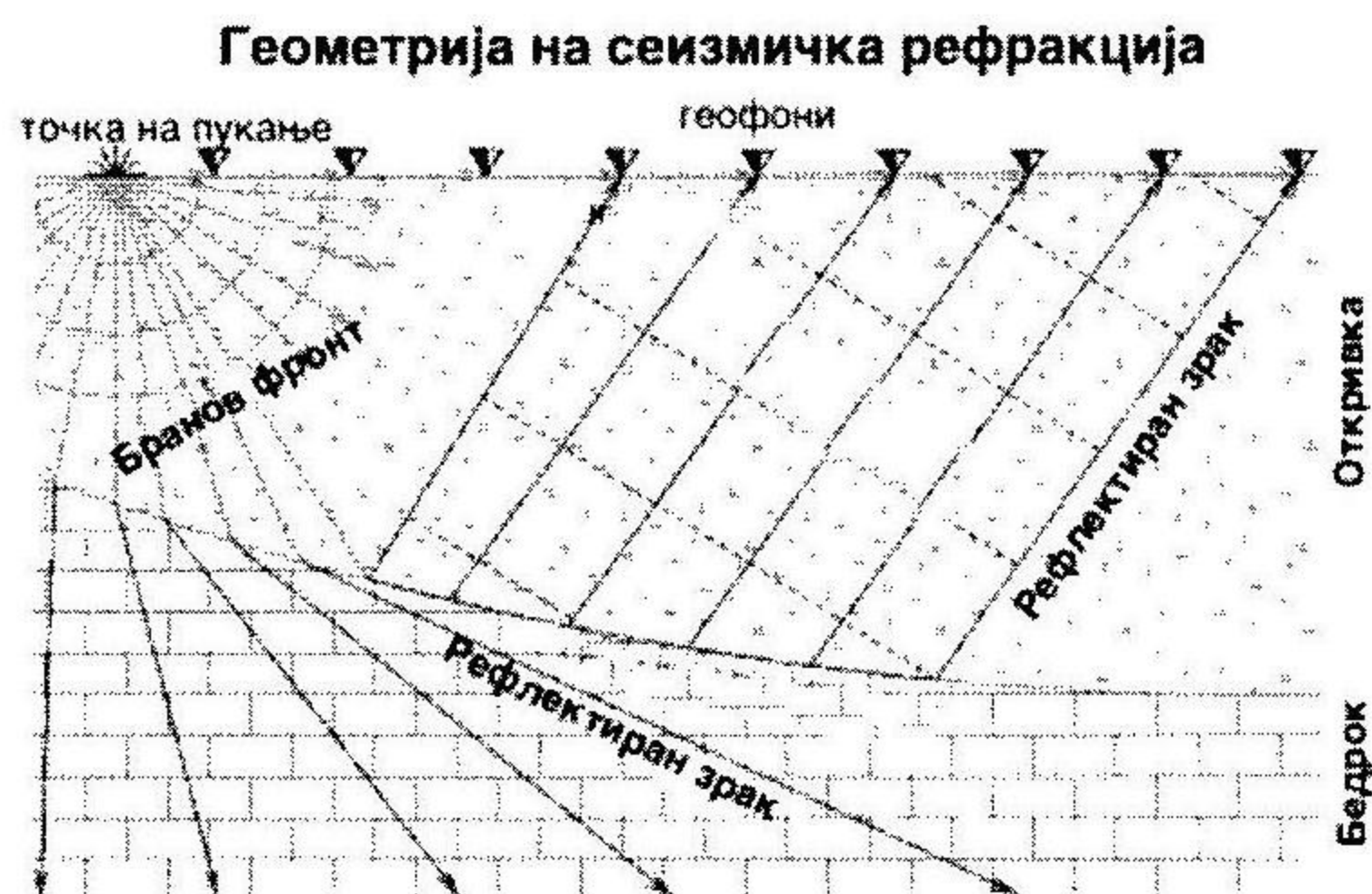
Рефракционата сеизмичка метода (слика 2) се темели на рефракцијата на еластичните сеизмички бранови на контактот на две средини чии сеизмички карактеристики го задоволуваат условот  $V_2 > V_1$ . Еластичен бран се генерира на површината и почнува да се шири со брзина на горната површинска зона. Таа брзина е контролирана од сетот на физичките константни кои ги карактеризираат материјалите и се познати како модули на еластичност. За оваа метода пресудна е важноста да бранот кој поминува низ горната површинска зона стигне до границата на дисконтинуитет. Тој понатаму се движи со брзина на долната средина и се враќа на површината, каде неговото доаѓање се регистрира со геофони.

За успешна примена на методата на сеизмичка рефракција потребно е брзината на слоевите со длабочината да расте. Во случај овој услов да не е исполнет оваа метода е неприменлива. Поради условот да наредниот слој има поголема брзина од претходниот неопходно е потребно рефракционите истражувања да се корелираат со паралелни рефлективни истражувања за кои овој услов не важи.

Теренските работи кај сеизмичките методи вообичарено се вршат по профили, иако денес современите компјутерски програми и моќните сеизмички апарати дават можност за површински распоред на геофоните и наместо 2D модели



автоматско добивање на 3D модели за истржуваниот простор. Во основа теренската апаратура се состои од систем за побуда, еластичниот бран, геофони за прием на бранот и централна единица за процесирање на податоците, како и кабли кои сето тоа го поврзуват.



Слика 2. Геометрија на сеизмичка рефракција

Зависно од проблемот кој треба да се реши, се користат постапките наведени во табела 3.

Табела 3. Постапки на мерење при рефракционите сеизмички испитувања

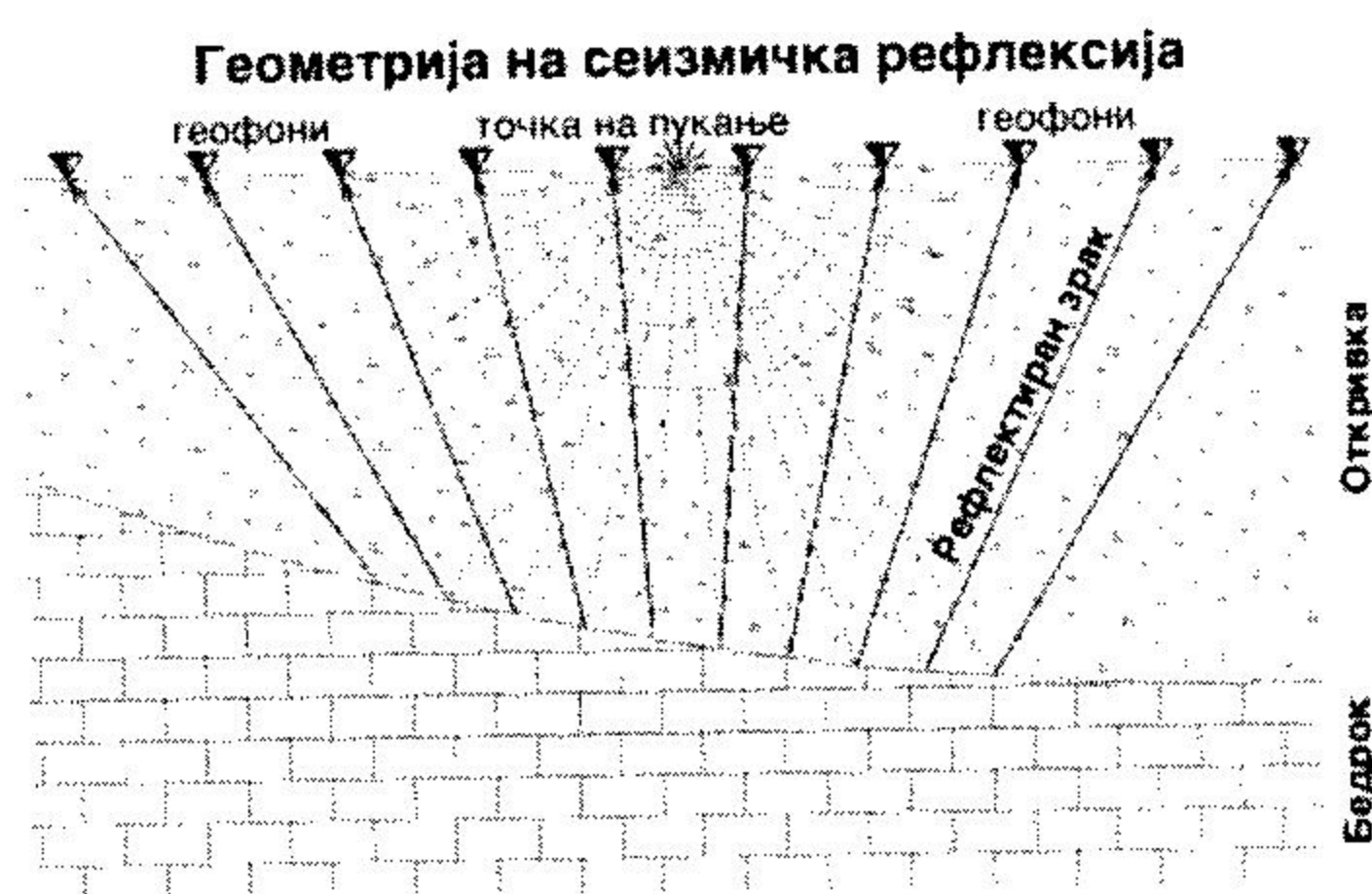
На површина на теренот	Во подземни работилишта
1. Континуирано надолжно профилирање	1. Континуирано надолжно профилирање
2. Континуирано профилирање со бочно палење	2. Сеизмичко сондирање
3. Надолжно профилирање по мрежен профил	3. Вертикално сеизмичко профилирање
4. Сеизмичко сондирање	4. Сеизмички каротаж на дупнатина
5. Кружно сеизмичко сондирање	5. Прозвучување
6. Сеизмичко картирање	
7. Лепезесто палење	

Со рефлективната сеизмичка метода (слика 3) се определува длабочината и нагибот на граничната рамнина која ги разделува различните еластични средини. Проблеми при рефлективните сеизмички испитувања произлегуваат од сложеноста на градбата на подземјето (стрмни гранични рамнини, раседи, латерално менување на различни фази и др.) и при дешифрирањето на рефлексивната поради површинските влијанија, повеќекратното рефлектирање и др. До изработката на финални рефлективни сеизмички секции (временски секции) мерните податоци се мултипликмираат, деконволуираат, филтрираат, трпат статички корекции, се анализира брзината на простирање на брановите, се воведува динамичка корекција, дел од снимките се бришат, се применуваат временски променливи филтри и др. Секоја наведена фаза е неопходна во



текот на обработката и прави посебна целина во комплексот на интерпретација.

Геолошки структури во реални услови често се со многу сложен облик. Такви проблеми можат да се решат единствено со 3D сеизмичките испитувања со многу густа мрежа на рефлективни подповршински бранови. Голема резолуција на времето долж вертикалната оска може да се оствари само кога хоризонталната резолуција е адекватно квалитетна. Распоредот на геофоните и точките на побудување се планира според топологијата на теренот, геолошката градба и поставената цел на истржување.



Слика 3. Геометрија на сеизмичка рефлексија

### 3. ЗАКЛУЧОК

Геофизичките методи се неодминлив дел во истржувањата на карпестите комплекси во длабочината на Земјата. Сеизмичките методи директно се поврзани со еластичните својства на карпите и од аспект на геомеханичките особини на карпите имаат приоритет во однос на другите методи. Електричните методи се доминантни во однос на дефинирање на нивото на подземни води и примена во истржувањето на минералните сировини. Геофизичките истражувања секогаш се потпираат на геолошките истражувања на теренот, од посебен интерес е компаративна примена на повеќе геофизички методи се со цел да се дефинира реалниот геолошки модел на средината на истражуваниот простор.

### КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Делипетров, Т.: *Основи на геофизика*, учебник, Рударско - геолошки факултет, Штип, 2003;
- [2] Донева, Б.: *Корелација помеѓу реалната геолошка средина и геоелектричниот модел*, магистерски труд, Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Штип, 2009;
- [3] Jakosky J.J.: *Geofizicka istrazivanja*, Subotica, 1960;
- [4] Slimak, S.: *Inzenjerska geofizika*, Beograd, 1996.