

**Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, Македонија  
Факултет за природни и технички науки**

**University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia  
Faculty of Natural and Technical Sciences**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

# **Природни ресурси и технологии Natural resources and technology**

Број 9  
No 9

Година IX  
Volume IX

Ноември 2015  
November 2105

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

UDC 622:55:574:658

ISSN 185-6966



**Природни ресурси и технологии  
Natural resources and technology**

**ноември 2015  
november 2015**

**ГОДИНА 9  
БРОЈ 9**

**VOLUME IX  
NO 9**

---

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

## ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

### За издавачот:

Проф. д-р Зоран Десподов

#### Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Проф. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Кимет Фетаху  
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

#### Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D  
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

#### Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Проф. д-р Дејан Мираковски

#### Editorial staff

Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

#### Главен и одговорен уредник

Проф. д-р Мирјана Голомеова

#### Managing & Editor in chief

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

#### Јазично уредување

Даница Гавриловска-Атанасовска  
(македонски јазик)

#### Language editor

Danica Gavrilovska-Atanasovska  
(macedonian language)

#### Техничко уредување

Славе Димитров  
Благој Михов

#### Technical editor

Slave Dimitrov  
Blagoj Mihov

#### Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип  
Факултет за природни и технички науки  
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип  
Р. Македонија

#### Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip  
Faculty of Natural and Technical Sciences  
Goce Delcev 89, Stip  
R. Macedonia

## СОДРЖИНА

<b>Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски</b> ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН КАКО АЛТЕРНАТИВНА, ЕКОНОМИЧНА И ОСТВАРЛИВА ТЕХНОЛОГИЈА .....	7
<b>Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Ванчо Аџиски</b> ИСКОРИСТУВАЊЕ И ОСИРОМАШУВАЊЕ НА РУДАТА КАЈ РУДАРСКИТЕ ОТКОПНИ МЕТОДИ .....	19
<b>Ванчо Аџиски, Дејан Мираковски, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски</b> МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЖАРНИ СЦЕНАРИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА .....	29
<b>Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска</b> ОСКУЛТАЦИЈА НА ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ И СИСТЕМОТ НА ЦИКЛОНИРАЊЕ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕТО НА РУДНИК САСА - М. КАМЕНИЦА .....	49
<b>Ivan Boev, Blazo Boev</b> THE CRVEN DOL ARSENIC-THALIUM MINERALIZATION IN ALSAR DEPOST IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA .....	59
<b>Орце Спасовски, Даниел Спасовски</b> ПЕТРОГРАФСКО- МИНЕРАЛОШКИ И КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕРМЕРИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ЛЕКОВО .....	77
<b>Војо Мирчовски, Ѓорги Димов, Тена Шијакова Иванова, Благица Донева, Ласте Ивановски</b> ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ПОДЗЕМНА ВОДА ВО СЕЛО К'ШАЊЕ ОПШТИНА КУМАНОВО, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА .....	89
<b>Горан Славковски, Благој Делипетрев, Благица Донева, Зоран Тошиќ, Марјан Бошков</b> ГЕОФИЗИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ГЕОЛОШКИ КОМПЛЕКС СО МЕТОДА НА ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ .....	101

<b>Горан Алексовски, Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Горан Славковски, Зоран Тошиќ</b> ИСТРАЖУВАЊЕ СО МЕТОДА НА СЕИЗМИЧКА РЕФЛЕКСИЈА .....	113
<b>Зоран Тошиќ, Благој Делипетрев, Марјан Делипетрев, Марјан Бошков, Трајан Шолдов</b> КОМПЛЕКСНА ИНТЕРПРЕТАЦИЈА ПОМЕЃУ СЕИЗМИЧКА РЕФРАКЦИЈА И ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ .....	123
<b>Трајан Шолдов, Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Горан Славковски, Горан Алексовски</b> КОРЕЛАЦИЈА ПОМЕЃУ ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ И КАРТИРАЊЕ ПРИ ДЕФИНИРАЊЕ НА ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ .....	133
<b>Марјан Бошков, Крсто Блажев, Благој Делипетрев, Трајан Шолдов, Горан Алексовски</b> СЕИЗМИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ГЕОЛОШКА СРЕДИНА СО РЕФРАКЦИОНА МЕТОДА .....	143
<b>Благица Донева, Ѓорѓи Димов</b> СЕИЗМИЧНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА .....	155
<b>Tena Sijakova-Ivanova, Blazo Boev, Vesna Zajkova-Paneva, Vojo Mircovski</b> CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOME DRINKING WATERS FROM EASTERN AND SOUTH-EASTERN MACEDONIA .....	165
<b>Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов, Борис Крстев, Шабан Јакупи</b> ПРИМЕНА НА ОПАЛИЗИРАН ТУФ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД РАСТВОР .....	179
<b>Ivan Boev</b> SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF PARTICLES (PM-10) FROM THE TOWN OF KAVADARCI AND VILAGE VOZARCI , REPUBLIC OF MACEDONIA .....	187
<b>Лидија Атанасовска, Дејан Мираковски, Марија Хаџи- Николова, Николинка Донева, Стојне Стоиловски</b> ПЕРСОНАЛНА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ГАСОВИ НА ВРАБОТЕНИТЕ ВО МЕТАЛУРГИЈАТА .....	197

---

<b>Дејан Ангеловски, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова, Николинка Донева</b> ТЕХНИКИ НА МОНИТОРИНГ НА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ГАСОВИ НА ОТВОРЕН ПРОСТОР ВО УРБАНА СРЕДИНА.....	213
<b>Агрон Алили, Борис Крстев, Софче Трајкова, Зоран Стоилов, Александар Крстев, Горан Стаменов</b> ОТПАДНАТА БИОМАСА КАКО НОВ ИЗВОР ЗА ТОПЛИНСКА МОЌ – МОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВИ.....	233
<b>Анита Андреевска Митровска, Мирјана Голомеова</b> КОНТРОЛА НА МИРИЗБИ ОД ОТПАДНИ ВОДИ.....	245
<b>Анита Андреевска Митровска, Мирјана Голомеова, Даниела Нелепа</b> БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ ОД УПРАВУВАЊЕ СО КОНВЕНЦИОНАЛНА ПОСТРОЈКА ЗА ТРЕТМАН НА ОТПАДНИ ВОДИ, СОГЛАСНО ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ВО Р. МАКЕДОНИЈА .....	263
<b>Agron Alili, Boris Krstev, Aleksandar Krstev, Goran Stamenov, Zoran Stoilov</b> THE HAZARDOUS MEDICAL WASTE – TREATMENT TECHNOLOGIES, LOCATION AND ORIGIN.....	279
<b>Кире Колев</b> АНАЛИЗА И БЕНЕФИЦИИ ВО МЕНАЏМЕНТОТ НА СНАБДУВАЧКИ СИНЦИРИ ВО ИНДУСТРИЈАТА ЗА ТЕКСТИЛ.....	285
<b>Кире Колев, Мише Милановски</b> RFID ТАГИРАЊЕ НА ПРОДУКТИ ВО ТЕКСТИЛНАТА ИНДУСТРИЈА .....	293
<b>Мише Милановски, Марјан Ивановски, Александар Крстев</b> СЛЕДЕЊЕ НА ПРАТКИ СО RFID И GPS .....	301
<b>Марјан Ивановски, Зоран Десподов, Борис Крстев, Мише Милановски, Александар Крстев</b> ЛОГИСТИКА НА ПАТНИЦИ НА ДОМАШНИ АЕРОПРОМИ.....	313

---

<b>Петар Намичев, Екатерина Намичева</b> ОБЛИКУВАЊЕ НА ЕНТЕРИЕРОТ НА ГРАДСКАТА КУЌА ОД 19 ВЕК ВО МАКЕДОНИЈА.....	329
<b>Петар Намичев, Екатерина Намичева</b> ДЕКОРАТИВНИ МОТИВИ ВО ЕНТЕРИЕРОТ НА ГРАДСКАТА КУЌА ОД 19 ВЕК ВО МАКЕДОНИЈА .....	343
<b>Васка Сандева, Катерина Деспот</b> БОЈАТА КАКО НОСИТЕЛ НА ЕМОЦИИ И КАКО ГРАДИВЕН ЕЛЕМЕНТ ВО ДИЗАЈНОТ .....	357
<b>Катерина Деспот, Васка Сандева</b> ИНДУСТРИСКИ ДИЗАЈН ВО СОВРЕМЕНО ДОМУВАЊЕ НА СКАНДИНАВСКИ МОДЕРНИЗАМ.....	367
<b>Стојне Стоиловски, Зоран Панов, Дејан Миравовски</b> ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА СТАНДАРДОТ ЗА БЕЗБЕДНОСТ И ЗДРАВЈЕ ПРИ РАБОТА ОН SAS 18001:2007 СО ПРЕСМЕТКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО РАКУВАЧ СО ДИЗЕЛ УТОВАРИВАЧ ВО ЈАМА ВО РУДНИК „САСА“ .....	377
<b>Борче Везенков, Благој Голомеов, Зоран Панов, Александар Ресавски</b> КАРАКТЕРИЗАЦИЈА НА ЦВРСТИОТ КОМУНАЛЕН ОТПАД.....	389
<b>Александар Ресавски, Благој Голомеов, Борче Везенков</b> МЕРКИ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА ЕМИСИИТЕ ОД СТАКЛЕНИЧКИ ГАСОВИ ВО МАКЕДОНИЈА ОД УПРАВУВАЊЕ СО КОМУНАЛЕН ОТПАД .....	401
<b>Блажо Боев</b> Project Proposal: Geological Heritage of the Republic of Macedonia as a Challenge for the Development of Geoparks .....	409

## СЕИЗМИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ГЕОЛОШКА СРЕДИНА СО РЕФРАКЦИОНА МЕТОДА

**Марјан Бошков<sup>1</sup>, Крсто Блажев<sup>1</sup>,  
Благој Делипетрев<sup>1</sup>, Трајан Шолдов<sup>1</sup>, Горан Алексовски<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Факултет за природни и технички науки,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип  
boskova.vesna@yahoo.com

### Апстракт

Во научниот труд се разработуваат примената и апликативноста на сеизмичките методи за геолошки испитани и релативно познати средини, со цел да се определи нивната прецизност и ефективност. Сеизмичките методи ја испитуваат потповршинската структура на истражниот простор преку определување на брзините на простирање на еластичните бранови низ геолошките структури.

Поради хоризонталната наслоеност (без појава на вертикални раседи) на геолошката струкура во истражниот простор, како и адекватните геомеханички карактеристики на геолошките средини (секој подлабок слој има поголема брзина на простирање на еластичните бранови од претходниот) во научниот труд е обработена постапката на примена и интерпретација на рефрактивната сеизмичка метода. Геолошкиот простор кој е истражуван претставува една профилна линија составена од вкупно две истражни дупнатини со вкупна должина од 60 m. Должината на рефрактивните профили, нивната бројка, како и начинот на преклопување на истражната средина зависи од наслоеноста на земјиштето, длабочината на испитување, како и геомеханичките карактеристики.

Длабочината на испитување зависи од оддалеченоста помеѓу изворот и рецепторот на еластичните бранови и е еднаква на една половина од тоа растојание. Истражниот простор се испитува до длабочина од 30 m, па според тоа рефрактивните профили се со должина од по 60 m. Со цел детално да се истражи истражниот простор се изработени вкупно три рефрактивни модели кои се преклопуваат на три четвртини од својата должина. Геомеханичките карактеристики на геолошките средини се добиени преку директни лабораториски испитувања, а преку нив за секоја геолошка средина се определува брзината на простирање



на лонгитудиналните Р и трансверзалните S еластични бранови. Поради недостаток на теренски испитувања, рефрактивните профили се изработени синтетички врз основа на геолошките и геомеханичките податоци. Преку интерпретацијата на рефрактивните методи се определува бројот на различни геолошки средини, брзината на простирање на еластичните бранови, а преку  $t_0$  методата и длабочината до секоја гранична површина која одделува две различни геолошки средини.

**Клучни зборови:** *сеизмичко истражување, еластични бранови, сеизмичка рефракција.*

## SEISMIC INVESTIGATIONS OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT WITH REFRACTIVE METHOD

**Marjan Boskov<sup>1</sup>, Krsto Blazev<sup>1</sup>, Blagoj Delipetrev<sup>1</sup>,  
Trajan Sholdov<sup>1</sup>, Goran Aleksovski<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences,  
Goce Delcev University, Stip, Macedonia  
boskova.vesna@yahoo.com

### **Abstract**

In this paper is elaborated the usage and application of the seismic methods applied for geologically examined and relatively known environments, in order to determine their precision and efficiency. The seismic methods are used for researching the geological structure under the surface of the examined area, by determining the traveling speeds of the elastic waves through the different geological structures.

Because of the horizontally layered geological structure (without presence of vertical faults) of the examined environment as well as the adequate geo – mechanical characteristics of the geological environments (each deeper layer has higher speed of propagation of the elastic waves than the upper one) in this paper is elaborated the procedure of applying and interpretation of the refractive seismic method. The examined geological environment is presented as one profile line composed from two exploratory boreholes with a total length of 60m. The length of the refractive profiles, their number as well as the way of overlapping on the examined area depends of the geological structure, the depth of examination as well as the geo – mechanical characteristics.

The depth of examination depends on the distance between the source and the receptor of the elastic waves and equals to one half of that length. The investigated area is examined with maximal depth of 30m, therefore the length of the refractive profiles reaches value of 60m. A total of four refractive profiles are made in order to cover the full length of the investigated area. The refractive profiles are overlapping on every  $\frac{3}{4}$  of their length on the investigated area. The geo – mechanical characteristics of the geological structures are obtained with laboratory trials and through them for each geological structure is determined the speed of propagation of P and S elastic waves. Due to a lack of field trials the refractive profiles are made synthetically based on the geological and geo – mechanical data. Through the process of interpretation on the refractive profiles is determined the number of different geological structures, the speed of propagation of the elastic waves, and with the  $t_0$  method the depth to each boundary surface that separates two geologically different environments.

**Keywords:** *Seismic research, elastic waves, seismic refraction.*

## 1. Вовед

Основните принципи на сеизмичките испитувања се базираат на генерирање на еластични бранови во познат временски интервал, што резултира со простирање на сеизмичките бранови низ потповршинската структура на истражниот простор каде што преку процес на рефракција и рефлексија, повратните сигнали се регистрираат на површината на теренот на определено и познато растојание. Изминатото време регистрирано од генерирањето на еластичните бранови па сè до првата регистрација на различните еластични бранови може да се искористи за определување на природата и геомеханичките карактеристики на потповршинските геолошки средини. Преку познавање на физичките и геомеханичките карактеристики на геолошкиот материјал во испитуваната средина, со податоците добиени при сеизмичките испитувања се овозможува моделирање на потповршинската структура во испитуваната средина.

Во овој труд е изработена процедурата на применување и користење на рефрактивната сеизмичка метода. Рефрактивните методи на испитувања претставуваат геофизички методи кои се користат во корелација со геолошки и лабораториски испитувања. Имено за една средина да може да биде испитана преку метода на рефракција потребно е испитуваниот простор до одредена длабочина да биде геолошки испитан најчесто преку истражни дупнатини. Преку геолошките испитувања се определуваат геолошките средини кои се застапени во испитуваната средина, нивната наслоеност како и присуството на раседи.

Секој примерок земен како репрезентација за различните геолошки средини се испитува во лабораториски услови со цел да се утврдат адекватните параметри. Од причина што истражниот простор во овој труд се моделира со апликација на сеизмички методи преку лабораториските испитувања се определуваат геомеханичките карактеристики на геолошките средини. Врз основа на податоците добиени од геолошките и геомеханичките испитувања се определува и проценува ефективноста на најадекватната геофизичка метода.

Хоризонталната наслоеност на рудното тело во испитуваната средина без присуство на вертикални раседи и стрмно накосени гранични површини презентира поволни услови за примена на сеизмичките методи. Преку лабораториските испитувања се определуваат брзините на простирање на еластичните бранови низ геолошките средини. Со корелација на тие податоци и геолошките податоци се испитува дали е исполнет условот за примена на сеизмичката метода на рефракција (секоја подлабока геолошка средина да има поголема брзина на простирање на еластичните бранови од претходната).

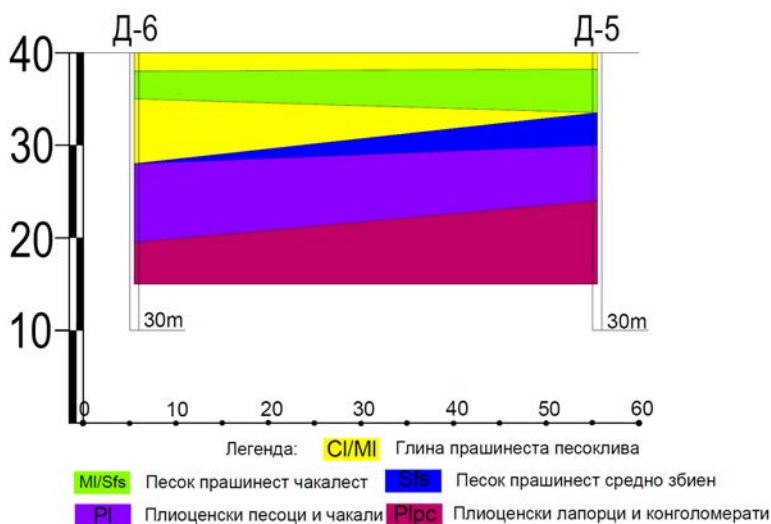
Истражниот простор е моделиран во една профилна линија со должина од 210 м преку вкупно четири дупли рефракции. Моделирањето на средината се изведува преку податоци добиени од директна анализа на рефрактивните криви.

## 2. Геолошки испитувања

Истражниот простор геолошки е испитан до длабочина од 25 m преку две истражни картирани дупнатини. Од картираните дупнатини се определуваат геолошките средини и според тие податоци можеме да констатираме дека истражниот простор е составен од четири геолошки формации и тоа:

- високопластична глина,
- прашинести и заглинети песоци и чакали,
- плиоценски песоци и чакали,
- плиоценски лапорци и конгломерати.

Геолошката структура добиена од геолошките испитувања е претставена со геолошкиот профил претставен на слика 1.



**Слика 1. Геолошки профил составен од две истражни дупнатини, испитан до длабочина од 25 m**  
**Figure 1. Geological profile composed from two exploratory boreholes, examined to a depth of 25 m**

### 3. Лабораториски испитувања

Лабораториските испитувања изработени во овој труд се однесуваат на определување на геомеханичките карактеристики на геолошките средини утврдени преку геолошките испитувања. Во принцип, сеизмичките бранови (кои се составени од пакети на еластична енергија) од сеизмичкиот извор се простираат со брзина определена преку еластичните модули и густината на геолошките средини низ кои поминуваат. Постојат два основни типа еластични бранови и тоа:

- P – бранови кои имаат најголемо значење во истражната сеизмологија, претставуваат лонгитудинални или примарни еластични бранови. Брзината на простирање на лонгитудиналните еластични бранови е претставена како  $V_p$ .
- S – бранови претставуваат трансверзални или секундарни еластични бранови. Брзината на простирање на трансверзалните бранови е претставена како  $V_s$ .

Еластичните модули кои ги карактеризираат брзините на простирање на лонгитудиналните и трансверзалните еластични бранови се: Поасоновитиот коефициент  $\mu_{\text{din}}$ , модулот на еластичност  $E_{\text{din}}$ , модулот на смолкнување  $G_{\text{din}}$  и волуменскиот модел  $K_{\text{din}}$ . Зависноста на брзината на простирање на лонгитудиналните и трансверзалните бранови преку модулите на еластичност е претставена преку следните равенства [3]:

$$Vp = \sqrt{\frac{K+4G/3}{\rho}} = \sqrt{\frac{(1-\mu)E}{(1+\mu)(1-2\mu)\rho}}$$

$$Vs = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho \cdot 2 \cdot (1+\mu)}}$$

Модулите на еластичност за геолошките средини се добиени преку лабораториски испитувања и врз основа на добиените податоци, користејќи ги наведените формули се пресметуваат брзините на простирање на еластичните бранови за секоја средина. Во табела 1 се претставени физичките и геомеханичките карактеристики на геолошките средини.

**Табела 1. Геомеханички параметри на геолошките средини**  
**Table 1. Geo – mechanical parameters of the geological environments**

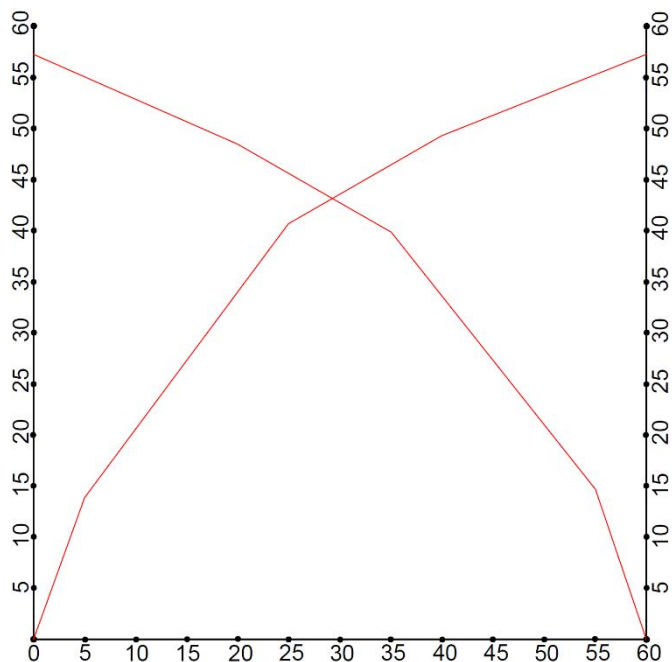
Параметар	Глина високо пластична, пролувијални седименти (Q <sub>2</sub> prsk)	Песоци и чакали прашиности и заглинети, пролувијални седименти (Q <sub>2</sub> prsk)	Песоци, чакали, песоклива прашина заглинети, пролувијални седименти (Q <sub>2</sub> prsk)	Песоци и чакали и глиновити, песочници, лапорци и конгломерати, плиоценски седименти (PL)
H (m)	1-3	2-5	8-12	25-60
Vp (m/s)	340-450	400-550	910-1360	1750-2750
Vs (m/s)	125-180	180-250	400-570	650-1100
γ (kN/m <sup>3</sup> )	15-16	17-18	19-20	21-23
$\mu_{\text{din}}$	0.42-0.40	0.38-0.37	0.38-0.39	0.42-0.40
E <sub>din</sub> (MPa)	68-148	165-315	855-1840	2570-7950
G <sub>din</sub> (MPa)	25-55	60-115	375-660	905-2840
K <sub>din</sub> (MPa)	142-247	230-405	1100-2790	5350-13250

#### 4. Рефрактивна сеизмичка метода

Рефрактивната сеизмичка метода се базира на основните сеизмички принципи и е составена од извор и приемник на еластични бранови. Преку временската разлика која се појавува помеѓу генерирањето и регистрирањето на еластичните бранови се определува брзината на простирање на еластичните бранови, додека пак преку растојанието помеѓу изворот и приемникот длабочината до која се простираат еластичните бранови низ под површинската структура која е еднаква на една половина од тоа растојание. Рефракцијата претставува процес на прекршување на еластичните бранови кога истите преминуваат од средина со помала во средина со поголема брзина на простирање. Аголот на прекршување директно зависи од брзините на простирање во двете средини и е дефиниран преку равенството:

$$\sin i_n = \frac{V_n}{V_{n+1}}$$

Рефрактивните модели кои се обработени во научниот труд се со максимална должина од 60 m, па според претходно наведените основи максималната длабочина на моделирање на испитуваниот простор изнесува 30 m. Изработени се вкупно три рефрактивни модели кои го моделираат истражниот простор низ четири мерни точки. Според тоа, едниот рефрактивен модел е дупли и го моделира истражниот простор во двете насоки на профилната линија и преку истражниот простор се моделира низ две мерни точки позиционирани на почетокот и крајот на профилната линија [1]. Преостанатите две рефракции се единечни и тие додатно го моделираат истражниот простор на секои 15 m. Поради обемноста на испитувањата и во интерес на практичноста на трудот во елаборатот е претставен еден рефрактивен модел.



**Слика 2. Модел на рефракција претставен преку две ходохрони**  
**Figure 2. Model of refraction presented through two curves**

**5. Интерпретација на рефрактивна сеизмичка метода**

Интерпретацијата на рефрактивните профили опфаќа неколку фази и процесот на интерпретација е постапен и поединечен за рефрактивното мерење изведено нанапред и рефрактивното мерење изведено наназад долж мерната површина. Најпрво се определуваат точките на прекршување на ходохроната, а преку тоа и гранките на простирање. Секое прекршување на ходохроната означува различна геолошка средина, а преку диференцијалот на должината  $\Delta x_n$  и времето  $\Delta t_n$  се пресметува брзината на простирање на еластичните бранови во испитуваната геолошка средина преку равенката [2]:

$$Vn = \frac{\Delta x_n}{\Delta t_n} (m/s)$$

Определувањето на длабочината до граничните површини кои ги одделуваат различните геолошки средини е изведено преку  $t_0$  методата односно преку пронаоѓање на интерсептот на времето за секоја гранка на прекршување на ходохороната. Длабочината до граничните површини се определува преку равенството:

$$z_n = \frac{1}{2} \frac{V_n * t_{0n}}{\cos i_n}$$

Каде што:

$z_n$  – длабочина до n гранична површина;

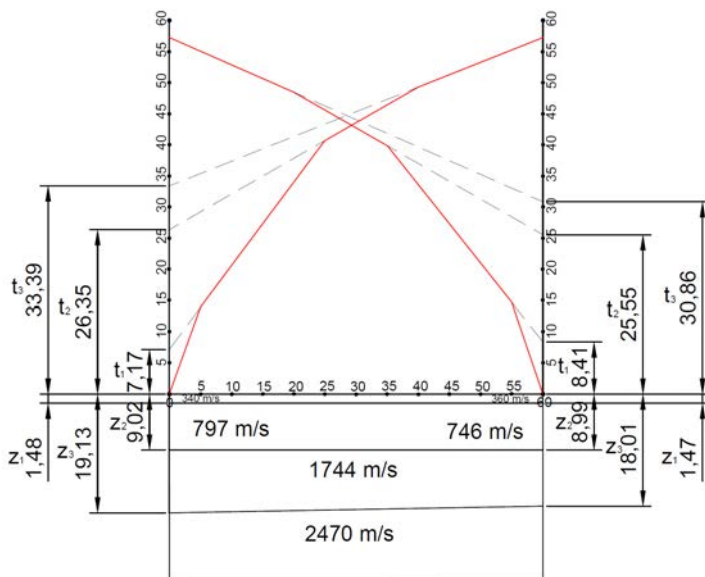
$V_n$  – брзина на простирање од површината на теренот до граничната површина;

$t_{0n}$  – интерсепт на времето  $t$  за n геолошката средина;

$\cos i_n$  – агол на прекршување на рефрактираниот еластичен бран.

На слика 3 е претставен интерпретиран сеизмички модел кој преку интерсептот на времето  $t_0$  за секоја геолошка средина го моделира истражниот простор преку определување на различните геолошките средини според брзината на простирање на еластичните бранови и длабочините до граничните површини. Од сликата можеме да заклучиме дека  $t_0$  времињата за секое прекршување се претставени со испрекинати линии, а преку димензионирањата се претставени и вредностите на интерсептите на времето (ms), како и пресметаните длабочини до граничните површини претставени во m. Различните геолошки средини определени преку интерпретацијата се идентификувани и претставени преку брзините на простирање на еластичните бранови.

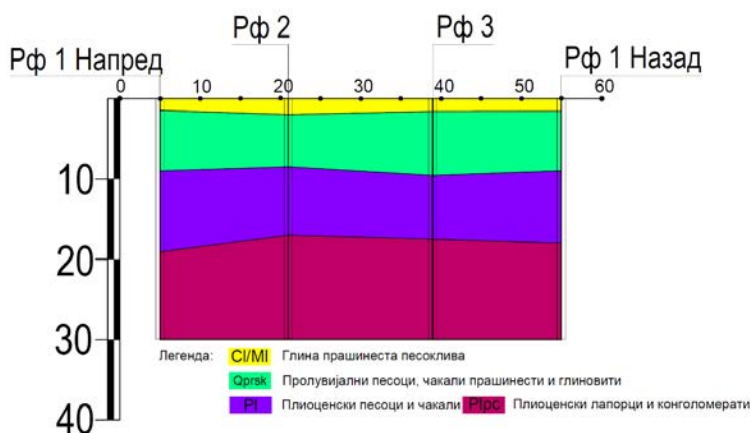




**Слика 3. Интерпретиран рефрактивен модел**  
**Figure 3. Interpreted refractive model**

### 6. Рефрактивен сеизмички профил

Рефрактивниот сеизмички профил се моделира со преклопување на рефрактивните модели долж испитуваната средина. При преклопувањето на моделите се добиваат одредени разлики во добиените податоците кои преку процес на интерполација ја моделираат конечната форма на потповршинската структура добиена исклучиво преку сеизмички испитувања изведени со рефрактивната метода. Рефрактивниот профил е со иста должина, како и геолошкиот профил. При нивна споредба можеме да заклучиме дека постојат одредени геолошки средини со слични геомеханички карактеристики кои се губат односно не можат да се детектираат при сеизмичките испитувања. Овие геолошки средини врз основа на нивните физички карактеристики можат да се идентификуваат со примена на додатни геофизички испитувања базирани на други методи (геомагнетизам, геоелектрика, гравиметрија итн.) преку процес на комплексна интерпретација на геофизичките модели.



**Слика 4. Рефрактивен профил составен од четири рефракции**  
**Figure 4. Refractive profile composed from four refractions**

### Заклучок

Од податоците и моделите обработени во научниот труд можеме да заклучиме дека примената на сеизмичките методи при испитувањето на потповршинската структура резултира со добивање на веродостојни и прецизни податоци при дефинирањето на различните геолошки средини. Битно е да се напомени дека процесот на примена и интерпретација на сеизмичките методи не е самостоен, односно е комплементарен процес на геолошките и геомеханичките испитувања. Високата прецизност на добиените податоци заклучена преку директна анализа на сеизмичкиот и геолошкиот профил ја потврдува ефикасноста на сеизмичките испитувања. Мрежата на рефрактивни модели обработени во научниот труд е релативно ретка односно моделира приближно ист број на податоци, колку што се моделираат и со истражните дупнатини, но битно е да се напомени дека испитувањата се изведени со цел да се утврди прецизноста и ефективноста на сеизмичките методи преку корелација на добиените податоци со геолошките испитувања. Со изработување на погуста мрежа истражниот простор може да се моделира во многу повеќе точки на површината на теренот и преку тој процес се определува вистинската вредност на геофизичките испитувања, конкретно на сеизмичките методи. Примената на геофизичките испитувања значително ги намалува трошоците и времето за изработување на подетални геолошки профили со многу повеќе податоци во однос на геолошките испитувања изведени со изработување на истражни дупнатини.

**Користена литература**

- [1]. Tihomir Dragašević - Seizmička istraživanja, Geofizički institut, Beograd 1983
- [2]. John M. Reynolds – An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Reynolds Geo – Sciences Ltd, UK 1997
- [3]. Prem V. Sharma – Environmental and engineering geophysics, Emeritus Professor, Niels Bohr Institute University of Copenhagen, 1997