



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА  
УНИВЕРЗИТЕТ „Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“  
**ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ, СКОПЈЕ**

# ЗАВРШЕН ИЗВЕШТАЈ

ЗА

**ХИДРОЛОШКО - ТРАСЕРСКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ  
ВО СКОПСКАТА КОТЛИНА СО ПОСЕБЕН ОСВРТ НА ПОТЕГОТ ВЛИВ  
НА Р. ЛЕПЕНЕЦ ВО Р. ВАРДАР ДО ИЗВОР РАШЧЕ**

*Подготвен од*

*Проф. д-р инж. ТОДОР АНОВСКИ*

*и*

*ЕФТИМ МИЦЕВСКИ, дипл.инж.хидроgeолог*

**Скопје, Октомври - 2011 год.**



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА  
УНИВЕРЗИТЕТ „Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“

**ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ, СКОПЈЕ**

# ЗАВРШЕН ИЗВЕШТАЈ

ЗА

**ХИДРОЛОШКО - ТРАСЕРСКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ  
ВО СКОПСКАТА КОТЛИНА СО ПОСЕБЕН ОСВРТ НА ПОТЕГОТ ВЛИВ  
НА Р. ЛЕПЕНЕЦ ВО Р. ВАРДАР ДО ИЗВОР РАШЧЕ**

ДЕКАН

*Проф. Д-р Александар Димитров*

Скопје, Октомври - 2011 год.

*Во реализацијата на исражувањата, предмет на овој Извештај, активно учествуваат следниште соработници:*

*Проф.д-р Тодор Ановски, главен исражувач , ТМФ-Скопје*

*Дил.инж.хидро-геол. Ефим Мицевски, ГЕОХИДРОПРОЕКТ -Скопје*

*Д-р инж.геол. Гаврил Мираковски, ИЗИИС-Скопје*

*М-р инж. Елена Ановска-Јовчева, докторант, ТМФ- Скопје*

*Проф. д-р Ѓубомир Арсов, ТМФ-Скопје*

*Проф. д-р Александар Димијров, ТМФ-Скопје*

*Доц. д-р Ирена Мицкова, ТМФ-Скопје*

*Доц. д-р Дејан Димијровски, ТМФ-Скопје*

*М-р инж. Марин Арсов, докторант, ТМФ-Скопје*

*М-р инж. Сијефган Кувенчиев, докторант, ТМФ-Скопје*

*Проф. д-р Виктор Попов, консултант\**

---

\* Wessex Institute of Technology, Southampton, UK

## С О Д Р Ж И Н А

<b>1. РЕЗИМЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ВОВЕД .....</b>	<b>7</b>
<b>3. ГЕОЛОГИЈА НА СКОПСКАТА КОТЛИНА .....</b>	<b>10</b>
<b>4. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СКОПСКАТА КОТЛИНА.....</b>	<b>15</b>
<b>5. РЕАЛИЗИРАНИ АКТИВНОСТИ, ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА .....</b>	<b>18</b>
5.1. ХИДРОГЕОЛОШКИ АКТИВНОСТИ	
5.1.1. Рекогносцирање на теренот (евиденција на постојни, реактивирање на стари и лоцирање на нови пиезометри)	
5.1.2. Селекција на постојни и адаптација на стари пиезометри	
5.1.3. Дупчење и вградување на пиезометрски конструкции и пробно црпење	
5.1.4. Класификација на водите според нивниот хемизам	
5.1.5. Корелација на површински и локални подземни води	
5.1.6. Изготвување на хидрогеолшка карта во размер 1:25 000	
5.2. ТРАСИРАЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ	
5.2.1. Трасирање со помош на Природни изотопи	
5.2.2. Трасирање со помош на вештачки трасери	
5.3. БИЛАНС НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО СКОПСКА КОТЛИНА И НИВНА ЗАШТИТА	
<b>6. ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ .....</b>	<b>114</b>
<b>7. РЕЛЕВАНТНА ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>119</b>

## 1. РЕЗИМЕ

"Хидрогеолошко-трасерски истражувања на подземните води во скопската котлина, види Сл.1.1., со посебен осврт на потегот влив на Р. Лепенец во Р. Вардар до Извор Рашче", е Проект кој е изработен од страна на Технолошко-металуршкиот факултет-Скопје а за потребите на Град Скопје(финансиер на истражувањата).

Во овој Завршен Извештај по гореспоменатиот Проект, прикажани се реализираните истражувања во периодот Јануари, 2010-Септември, 2011 година.

Врз основа на проучување на геолошката и хидрогеолшка документација и рекогносцирање на теренот од скопската депресија и соседниот дел од Жеденскиот масив, реализирани се следните истражувања/активности:

- Хидрогеолшки, вклучувајќи и бушачки работи. Вградени се 4 пиеzометри во Скопската Депресија со вкупна должина од 200м.
- Извршена е инсталација на еден висински дождомер/тотализатор на Пл. Жеден.
- Извршена е анализа на хидролошките обсервации (protoци на Реките и нивоата на околните подземни води ).
- Извршена е Класификација на водите од интерес според нивниот хемизам
- Извршени се трасерски испитувања:
  - Со примена на природни изотопи како природни изотопски трасери преку определување на нивната дистрибуција во водите од интерес (врнежи, површински и подземни води) од локалниот хидролошки циклус.
  - Со примена на вештачки трасери (Na-флуоресцен и NaCl ).

Врз основа на изведените истражувања, добиените резултати и сознанија, укажано е на:

- ✓ Зоните на хранење на површинските и подземните води како и нивната меѓусебна корелација.
- ✓ Староста на подземните води (време на задржување на атмосферските врнежи/ преципитати во подземјето, значаен параметар за определување на ранливоста на водниот ресурс).
- ✓ Филтрациони карактеристики и порозност на подземниот аквиFER во испитуваната Скопска Депресија.
- ✓ Безбедноста на сегашните главни водоснабдителни објекти (Извор Рашче и Бунарите во с. Нерези).



Сл.1.1. Поглед на западниот дел од Скопската Котлина, на потошегот од влив на Р.Лејенец во Р. Вардар до Извор Раишче

## **2. ВОВЕД**

Проектот: "Хидрогеолошко-трасерски истражувања на подземните води во скопската котлина со посебен осврт на потегот влив на Р. Лепенец во Р. Вардар до Извор Рашче", е изработен од страна на соработници од Технолошко-металуршкиот факултет-Скопје (ТМФ) а за потребите на Град Скопје според Програмата, составен дел на Договорот, заведен под Бр. 08-2710 од 30.12.2009 год., од страна на факултетот и Број 08-5081/1 од 30.12.2009 год., заведен од страна на Град Скопје, како финансиер на реализираните истражувања, согласно Одлуката за избор на најповолна понуда бр. 08-2716/6 по спроведена Отворена постапка за доделување на договор за јавна набавка бр.на оглас 104/09 на Град Скопје.

Изворот "Рашче" како основен ресурс за водоснабдување на Скопје со приградските населби кој извира со проток  $2.7\text{-}7.7 \text{ m}^3/\text{s}$  (просечно  $5.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ), се храни од пукнатинско-карстниот издан формиран во масивот на Жеден. Секако, бунарите во месноста Нерези(Устие на Р. Лепенец во Р. Вардар), претставуваат неопходна дополнка на потребите за вода за пиење на населението на Градот Скопје, особено во летните месеци кога потрошувачката е поголема од издашноста на Изворот Рашче.

Со оглед на фактот што досегашните истражувања само делумно го дефинираат водохранењето од жеденскиот масив кон изворот "Рашче" и Скопската Котлина при што недоволно се проучени и документирани уделите на фреатскиот и артескиот издан формирани во западниот дел на Скопската депресија (на потегот од Р. Лепенец до Извор Рашче), потребата од предметните истражувања се јави како императив. При тоа, како посебен проблем се наметна "недостатокот на документирани сознанија за староста (време на задржување на атмосферските врнежи по нивното инфильтрирање во подземјето) и учеството на токот на подземните води (преку современиот алувијален нанос) во водохранењето од жеденскиот издан (изворот "Рашче") кон Скопската Котлина, сознанија кои даваат можност за стратешкото планирање на безбедноста на актуелните водоснабдителни објекти.

Хидрогеолошкиот скlop, водохранењето и потенцијалот на загадување на жеденскиот издан (изворот "Рашче") се обработени покрај другото и со користење на податоци од фундаменталните геолошки истражувања на РМ и од

истражувања изведени од Кекиќ, А. (1970-1986)<sup>1</sup>. Некои неопходни сознанија за понатамошните истражувања на водохранењето од жеденскиот издан (изворот "Рашче") кон Скопската Котлина на потегот од Р. Лепенец до Изворот Рашче, до кои ние дојдовме низ реализацијата на предметниот Проект, презентирани се во овој Звршен извештај.

Моделските траси на подземното течење, во многу помогнаа при планирањето и реализацијата на следните активности:

- Лоцирање на дополнителни истражни дупнатини во вкупна должина од 200 м
- Хидролошки обсервации (следење на осцилациите на протоците на реките и нивоата на околните подземни води).
- Избор на обсервациони објекти/точки од кои ќе се земаат водени примероци за понатамошни анализи.
- Трасирање на подземните води со употреба на природни и вештачки трасери и дополнителни рекогносцирања за определување на:
  - можни локации за узоркување на водени примероци за анализа на хемизмот и содржините на природните изотопски трасери.
  - Филтрационите карактеристики на водоносните слоеви во скопската депресија преку вршење на црпни тестови.
  - Порозност на водоносните слоеви во скопската депресија. За оваа цел, моделските траси на подземно течење помогнаа во селекцијата на пизометри за инектирање и набљудување на вештачки трасери, со кое се укажа на степенот на ефективната порозност на Подлабоките водоносни слоеви, носители на релативно постари подземни води на потегот од жеденскиот масив (изворот "Рашче") кон Скопската Котлина па се' до устието на Р. Лепенец во Р. Вардар.

Во текот на овој извештаен период, исто така беше:

- ✓ Инициран и прифатен од страна на МААЕ (Меѓународна Агенција за Атомска Енергија) меѓународен научно-истражувачки проект, верификација на применливоста на изотопско трасерската  $T - {}^3He$  (Тритиум - Хелиум-3) метода во хидролошките истражувања, во кој покрај работната група/тим од ТМФ

---

<sup>1</sup> Kekic A., Геологија и хидрогеологија на полошката котлина и потеклото на водата од изворот Рашче, 1986

учествуваат уште и неколку истакнати научно-истражувачки институции од САД, Велика Британија, Германија и др, вкупно 10.

- ✓ Земено е активно учество на Меѓународниот Симпозиум од областа на примената на изотопите во хидрологијата, морските еко-системи и климатските промени, кој се одржа во деновите од 27. Март до 1. Април, 2011 год., во Монако. Беше тоа една прилика на која можеа да се споредат научните периоди, методологиите на научните истражувања а воедно и да се продискутираат добиените резултати од веке изведени релевантни истражувања. На наше задоволство, беше потврден нашиот научен период кој е втемелен во севкупните истражувања, опфатени со Програмата, предмет на овој завршен извештај.

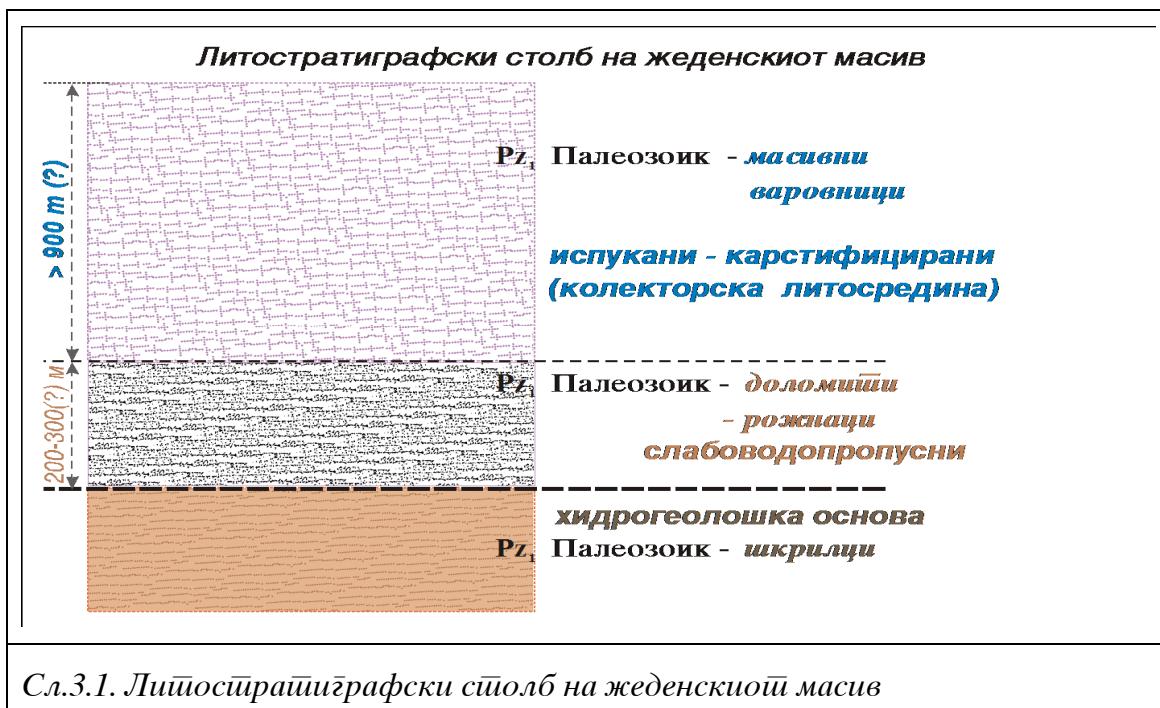
### 3. ГЕОЛОГИЈА НА СКОПСКАТА КОТЛИНА

/НА ПОТЕГОТ ВЛИВ НА Р.ЛЕПЕНЕЦ -ЖЕДЕНСКИ МАСИВ/

#### 3.1. СТРУКТУРНО-ТЕКТОНСКИ СКЛОП НА ЖЕДЕНСКИОТ МАСИВ

Жеденскиот масив е релативно издигната морфоструктурна единица меѓу полошката и скопската депресија, со максимална надморска висина од околу 1250m. Од запад, северозапад и исток е обиколен со токот на р.Вардар (во источниот дел е всечена Дерваенска Клисура). Изворот "Рашче" е формиран во завршниот дел на Дервенската Клисура, на кота 300 mNV.

Според ОГК-1 на РМ жеденскиот масив е изграден од тријаски карбонатни карпи-  $T_{2,3}$  (според Арсовски М., 1997, од старопалеозојска- Pz), со дебелина над 900m, види Сл.3.1. Седиментацијата започнува со варовници со рожнаци, преку нив се таложени доломити, а помладите околу 2/3 од комплексот се изградени од массивни мермерести варовници.



Примарниот скlop на жеденскиот масив е деформиран со раседнување и следователно блоковско делење и пукнатинско дискунтируирање, веројатно најинтензивно во неоген.

Массивните варовници се доста чисти калцитски варовници. Во врска со тоа се интензивно карстифицирани и изразено погодна хидрогелошка средина за формирање на пукнатинско-карстен издан со голема издашност.

Според склопот, во жеденскиот масив може да се формира пукнатинско-карстен издан во массивните варовници со дебелина до 900m.

Од доломитите, рожнаците и старопалеозојските карпи е формирана хидрогоеолошката основа на карстифицираните варовници, важна за релјефот, на базата на карстификација и за склопот на колекторската средина.

### 3.2. ГРАНИЧНИ МОРФОСТРУКТУРНИ ЕДИНИЦИ НА ЖЕДЕНСКИОТ МАСИВ

Жеденскиот масив се граничи со следните структурни единици, Сл.3.2.:

- Полошката депресија - од северозападната и западната страна;
- Скопската депресија - од југоисточната страна;

**Полошката депресија**, со должина од околу 40 км и со просечна ширина од околу 6.5км, зазема површина од околу 260 км<sup>2</sup>. Сливното подрачје на депресијата е проширено во масивите на Бистра, Шар Планина, Сува Гора и Жеден. Вардар до изворот "Рашче" има сливно подрачје од 1547 км<sup>2</sup>. Висинската разлика меѓу Јегуновце и Гостивар е над 100м (над 2.5 м/км), а меѓу Јегуновце и Вратница над 200м (над 30 м/км).

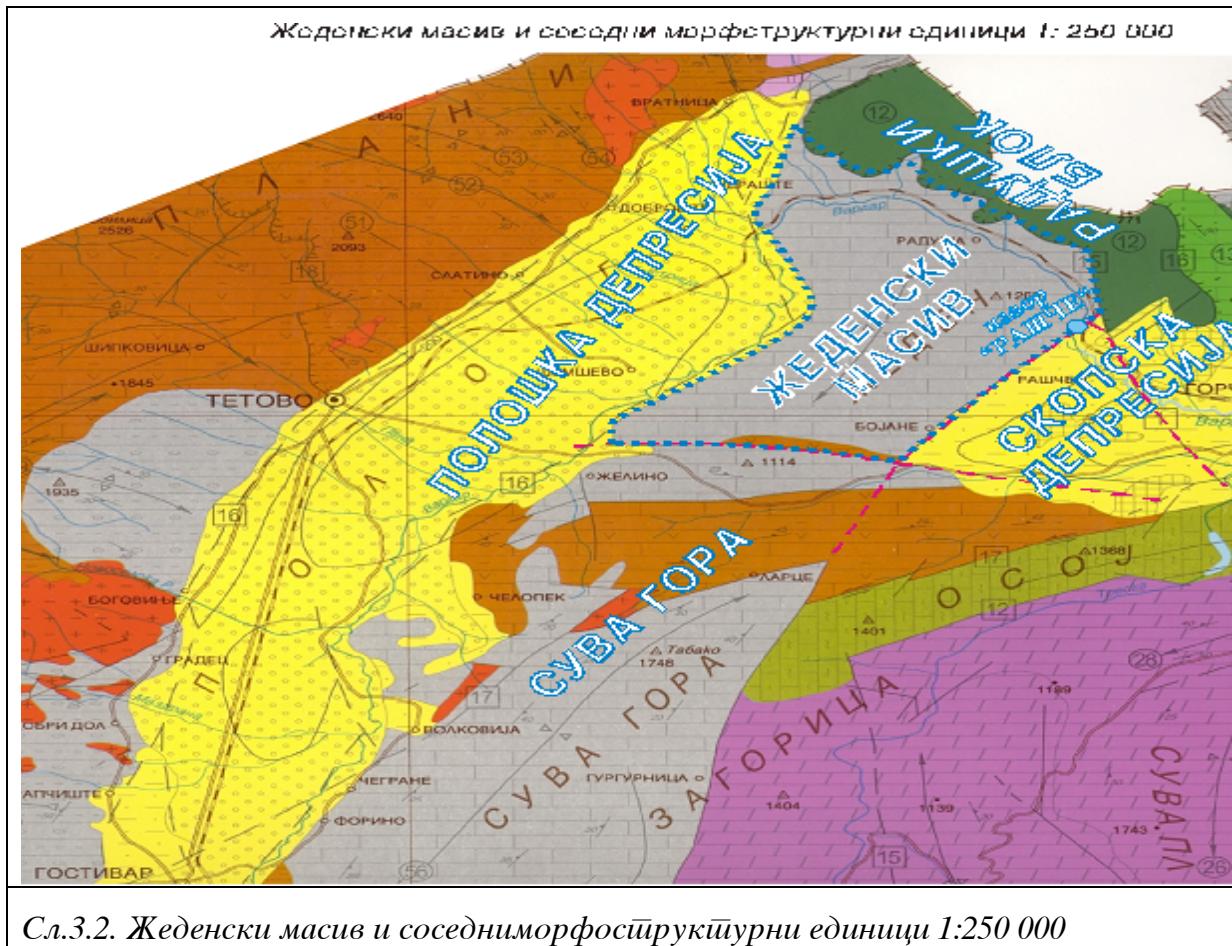
Максималната дебелина на седиментите во депресијата досега не е документирана, а се проценува дека изнесува околу 400м. Основата на седиментите е изградена од палеозојски шкрилци и карбонатни карпи.

Во полошката депресија е формиран сложен издан од фреатски издан во површинските седименти, повеќе артески нивои во неогените седименти и пукнатинско-карстни издани во основата на седиментите. Кон овој издан гравитираат и подземни води од издани во граничните планински масиви.

Во овој смисол, значајно е Водоприхранување на Артескиот издан во Долен Полог кое доаѓа од од Љуботенскиот Масив, што е од посебна важност и за самиот Извор "Рашче".

Страната на скопската депресија е изградена од горномиоценски слабо до водонепропусливи песочници, глинци и лапорци, за кои се претпоставува функција на хидрогоеолошка бариера на жеденскиот издан. Со досегашните

истражувања за други намени е документирана длабината на водонепропусливата палеозојска основа и на миоценските седименти (Геотермални истражувања на Скопска Котлина со изработка на длабока геотермална дупната од 2300м). Во контактната зона на жеденскиот масив со скопската депресија е формирана глинена завеса од црвеница со дробина. И покрај тоа, низводно од тектонската граница се појавува поголем број извори на подземна вода од изданот во Жеден.

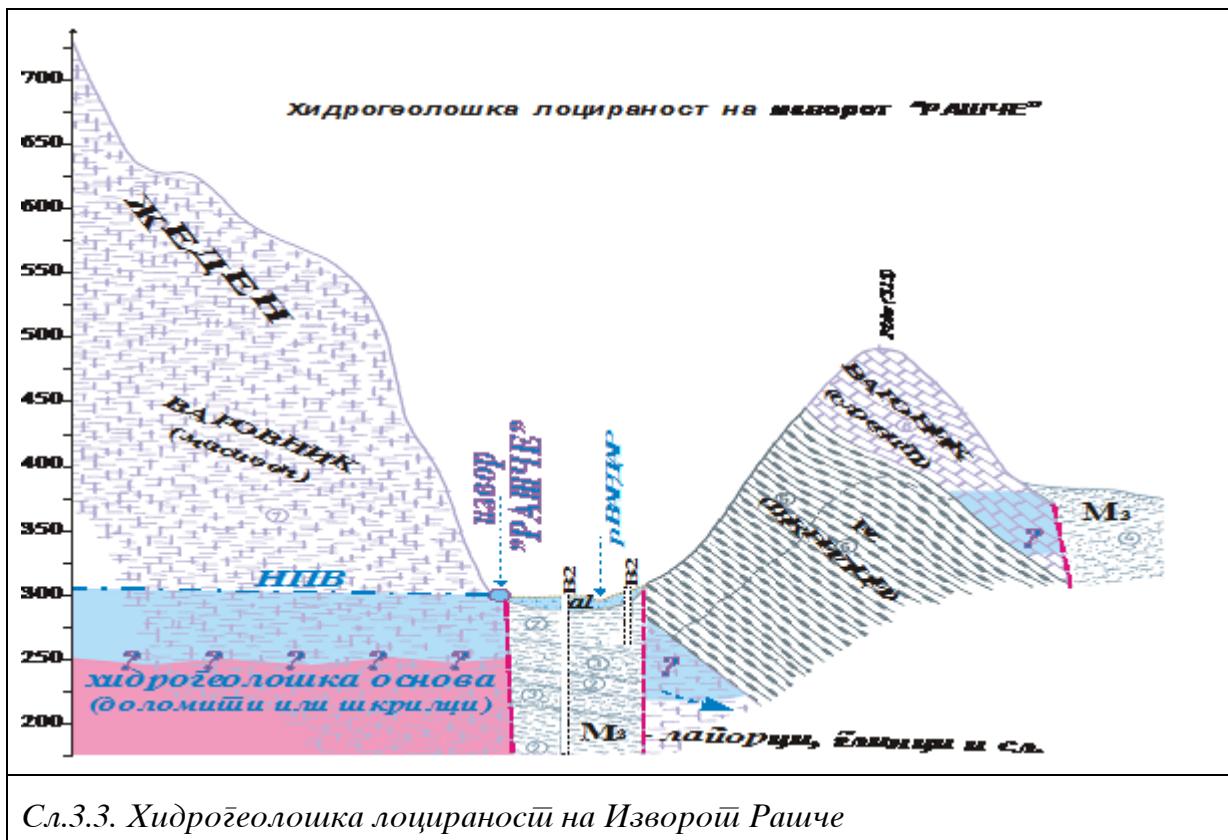


**Скопската депресија** е хипсометриски пониска од изворот Рашче (под 300 мНВ). Меѓу полошката и скопската котлина е формирана висинска разлика од над 80м. Жеденскиот масив и скопската депресија се разграничени тектонски.

### 3.3. МЕСТОПОЛОЖБА НА ИЗВОРОТ "РАШЧЕ"

Изворот Рашче е форморан на преминот на Дервенската Клисуре преку тектонската граница меѓу жеденскиот масив и скопската депресија - Сл. 3.3.

Од приложената хидрографска лоцираност, разбиралива е појавата на Изворот Рашч, на самиот контакт/раседна линија, од една страна на Жеденските варовници и шкрилците и лапорци од Скопската депресија, од друга.



### 3.4. ОД ТОКОТ НА Р. ВАРДАР

Вардар го обиколува жеденскиот масив од с. Желино и с. Палатица до изворот "Рашче". Со исклучување на токот преку доломитскиот блок и шкрилците во почетокот на Дервенската клисура (околу 2 км), миграцијата на вода од р. Вардар во жеденскиот издан може да се обработува преку следните две делници на токот:

- Од токот во Долен Полог, со должина околу 20км;
- Од токот низ Дервенската Клисура, со должина од околу 12 км

### 3.5. Празнење на жеденскиот издан и капацитет на изворот "Рашче"

Жеденскиот издан се празни преку,

- Изворот "Рашче" на кота 300 мНВ- главно празнење со проток 2.7-7.7  $\text{m}^3/\text{s}$  и просек од 5.15  $\text{m}^3/\text{s}$  (во 1971 год. со 3.70-6.42  $\text{m}^3/\text{s}$ , 1956-1964 со 3.28-7.58  $\text{m}^3/\text{s}$ );
- Извори кај с.Радуша со коти над 350 мНВ - со занемарлив проток и веројатно добивање на вода од северниот издигнат блок на масивот;
- Извори во низводниот терен од с.Рашче кон с.Бојане со коти над и под 300 мНВ - се хранат со филтрирана вода низ неогените седименти во граничниот појас со скопската котлина и се со мала и сезонски варијабилна издашност.

Протокот на изворот "Рашче" е сигурно над трипати поголем од потенцијалниот проток за негово хранење од жеденскиот масив. Поголем е и од потенцијалниот збирен проток за хранење на изворот од еколошки прифатливатите ресурси на вода (жеденскиот масив и артескиот издан во Долен Полог). Од тоа произлегува дека:

Постојните сознанија за потеклото на водата во жеденскиот издан и изворот "Рашче" се добиени со тестови со боење и радиоактивни трасери. Позначајни резултати се добиени со тестирање со природни и вештачки радиоактивни трасери реализирано од Кирков, Качурков, Ановски, и Толев (1970-1974)<sup>2</sup>, според кое: околу 70% од водата во изворот "Рашче" потекнува од артескиот издан во Долен Полог, околу 20% од алувионот на р.Вардар во Долен Полог и околу 10% од атмосферските талози на Жеден.

---

<sup>2</sup> Kirkov P., Kacurkov D. Anovski T. and Tolev M., " Determination the origin of water " IAEA-SM-182/23, Proc. of International Symposium on Isotope Techniques in Ground Water Hydrology, 11-15 March, 1974, Vienna,

## **4. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТКИ НА СКОПСКАТА КОТЛИНА**

### **4.1. ПРЕТХОДНИ СОЗНАНИЈА**

#### **Структурно-тектонски склоп**

Скопската депресија е издолжена морфоструктура во генерален правец ССЗ-ЈЛИ и се наоѓа во горниот слив на Р. Вардар. Има неправилен облик чија должина изнесува сsa 40 км и со широчина од 10 до 20 км, почнувајќи од Изворот Рашче па се до с. Катланово.

Во тектонски поглед, Скопската Котлина претставува Неотектонска вметната депресија која постанала и се формирала како последица на спуштањето на овој простор во неогено-квартарно време (според М. Арсовски)<sup>3</sup>. Но, бидејќи, неотектонските процеси се уште не се завршени, таа претставува сеизмичко активна зона со висока фреквенција на земјотресни појави.

Главен површински ток претставува Р. Вардар, која излегувајќи од Полошката Котлина и Клисурата Дервен,кај Изворот Рашче, влегува во Скопската Котлина. Узводно од Скопје Главни притоки на Р. Вардар се Р. Треска од десната и Р. Лепенец од левата страна. За разлика од Р. Треска, р. Лепенец е посиромашна со вода и претставува мирен ток, поготово од излезот на Качаничката клисура во Скопската Котлина.

#### **4.1.1. Геолошката градба**

Скопската Котлина е составена од стенски маси со различна геолошка старост , почнувајќи од прекамбриски до современи квартарни седименти.

**Прекамбриските најстари** откриени карпи на теренот припаѓаат на прекамбрискиот метаморфен комплекс претставен преку разни типови на гнајсеви, мермер и магматски карпи.

**Палеозојските творевини** се претставени со кристалести шкрилци со повеќе вариетети.

**Мезозојските творевини** покриваат голем дел од проучуваниот терен во северниот периферен дел опфатен во рамките на трасерките-хидролошки истражувања на подземните води во Скопската котлина.

---

<sup>3</sup> М.Арсовски (1964) ,Тектоника и сеизмичност на Македонија со посебен осврт на Скопската котлина

#### 4.1.2. Депонирани седименти во Скопската депресија

- Пролувиален нанос- формира контактна зона на седиментите во депресијата со граничните планински масиви, изразено водопропуслив нанос од посебна важност за понирање на површинска вода кон изданот во депресијата;
- Алувиален нанос - формиран од токовите на р.Вардар со притоките, составен главно од чакал и песок со дебелина до 40м и со голема водопропусливост;
- Неогени езерски седименти- составени од песок, парашина, чакал и глина- доминантен литочлен во седиментите на депресијата, со веројатна максимална дебелина од преку 600м (во Лепеничкиот ров и преку 1000 м). Во рамките на Неогените езерски седименти ,Миоценските седименти кои покриваат голем дел од истражуваниот терен се претставени со лапорци,лапровити глини ,песочници глини и базалтни конгломерати со светло сива боја

Максималната дебелина на седиментите во депресијата досега се документирани со поранешните испитувања на Скопската Котлина( 1964-85)<sup>4</sup>.Реинтерпретацијата на резултатите од сеизмичките испитувања извршени 1985 укажуваат дека најголемата длабина до палеорелефот може да изнесува околу 3000 м што го потврди и длабоката структурна дупната изработка за геотермални истражувања во реонот на хотелот Александар Палас (1989 год) .

Во западниот дел на Скопска котлина на потегот од вливот на реката Лепенец до изворот Рашче,најголемата длабина на терциерните седименти може да изнесуваат околу 1300 м,според резултатите од 1963 год.<sup>5</sup>Оваа депресија(западен гравиметриски минимум),ограничен е со масите на Жеден и Осоје,а кон исток со раседотс.Кучково-с.Крушопек. Се претпоставува дека длабината до палеорелефот во реонот окулу Гоче Петров може да изнесува околу 2000 м па и повеќе.

- Неогени езерски седименти- составени од песок, парашина, чакал и глина- доминантен литочлен во седиментите на депресијата, со веројатна максимална дебелина од преку 600м (во Лепеничкиот ров и преку 1000 м).

<sup>4</sup> П.Билибајкиć, Геофизичка испитивања у подручју Скопске котлине,Завод за геолошка и геофизичка истраживања -Београд(1963)

<sup>5</sup> Детален проект за геотермални истражувања во Скопска котлина ,Геолошки завод Скопје-ОООГеопроект (1986)

Максималната дебелина на седиментите во депресијата досега се документирани со поранешните испитувања на Скопската Котлина( 1964-65)<sup>6</sup>.

Основата на седиментите во Скопската Котлина е изградена од прекамбриски шкрилци и карбонатни карпи.

Во Скопската депресија е формиран сложен издан од фреатски издан во површинските седименти, повеќе артески нивои во неогените седименти и пукнатинско-карстни издани во основата на седиментите. Кон овој издан гравитираат и подземни води од издани во граничните планински масиви, вклучувајќи го највероватно и жеденскиот масив, чие уточнување беше предмет на нашите истражувања, предвидени со оваа Програма. Во Прилог на гореизнесеното во голема мера се и резултатите добиени со истражувањата реализирани во рамките на овој Проект.

---

<sup>6</sup> Дебелина на седименти во Скопската депресија, Извештај на Геолошки завод, Скопје (1964-65)

## **5. РЕАЛИЗИРАНИ АКТИВНОСТИ, ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

### **5.1. ХИДРОГЕОЛОШКИ АКТИВНОСТИ**

#### **5.1.1. Рекогносцирање на теренот (евиденција на постојни, реактивирање на стари и лоцирање на нови пиезометри)**

Врз основа на реализираните теренски истражувања/рекогносцирања на теренот од интерес кој ја покрива Скопската депресија на потегот од Р. Лепенец до Изворот Рашче (Сл. 5.1.1.1. и Сл. 5.1.1.2, регистрираат дел од набљудувачките пиезометри со меѓународни ознаки од 63SK036 до 63SK045 односно со интерните ознаки од PS-1 до PS-10/, веќе изработени во рамките на тековните, релевантни истражувањата доверени на УХМР при Министерството за земјоделие, шумарство и водостопанство на Р Македонија ), како и расположивата геолошка и хидрогеолошка документација, беше извршена селекција од постојните и лоцирање на 4 нови пиезометри.



*Сл. 5.1.1.1. и Сл. 5.1.1.2: Од заедничкаата посета (со колегите од УХМР и од Градош Скојје-Сектор за заштита на животната средина) на новите пиезометри во Скојската Котлина (Јануари-2010)*

### **5.1.2. Селекција на постојни и адаптација на стари пиезометри**

#### **Селекција на постојни пиезометри**

Врз основа на проучување на геолошката и хидрогеолшка документација и рекогносцирање на теренот од Скопската Депресија и соседниот дел од жеденскиот масив, селектирани се "патеки на течење на подземната вода од жеденскиот издан кон скопската депресија погодни за апликација на трасерски истражувања на:

- Празнењето на изданот во жеденскиот масив во граничниот појас со скопската депресија нивно евентуално упатување кон бунарите за водоснабдување на Скопје во населбата Нерези.
- Подземното течење на водите од и кон Жеденскиот масив на потегот од Дворце до Радуша во Дервенската Клисура

За истражување на празнењето на жеденскиот издан кон скопската котлина, покрај веке постојните Пиезометри вградени (во текот на 2009 год.), од страна на Хидрометеоролошкиот завод од Скопје (види Таб. 5.1.2.1.), беа селектирани уште 4 локации, две во с.Љубин и две во Ѓорче Петров (една до новото фудбалско игралиште и една во паркот во централното градско подрачје), на кои беа избушени дупнатини и вградени соодветни пиезометри.

ТАБЕЛА - 5.1. 2.1. ПРЕГЛЕД НА КОРИСТЕНИ КОНТРОЛНИ ПИЕЗОМЕТРИ ВО СКОПСКА КОТЛИНА ОД ПРОГРАМАТА: "НЕРЕЗИ - ЛЕПЕНЕЦ" НА УХМР-СКОПЈЕ

Р б	Меѓунар. Ознака на пиезометар т	Локација на Пиезометар	Координати			$\Phi$ (мм)	Длабочини (см)		
			X	Y	Z(m) над морето		Буше но	25.12..20 10 (27.05.201 1) НПВ	Дно
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	63SK049	<b>Радуша</b> (Десно од Р.Вардар,двор на Решат Беџети)		42° 05' 09.2" 21° 12' 41.1"	323 м		2000	1500	1950
2	63SK051	<b>Радуша</b> (Десно од Р.Вардар,двор на Оsn.Училиште)	21° 13' 00.0"	42° 04' 52.5"	325 м		2000	(1568)	1950
3	63SK052	<b>Радуша</b> (Лев Брег на Р. Вардар,во двор Три куки)	E21° 12' 34.6"	42° 05' 16.9"	326 м		1596	1200 (1503)	1590
4	63SK053	<b>Радуша</b> (Лев Брег на Р. Вардар, Насел.)	21° 13' 20.5"	42° 04' 49.3"	325 м		1750	1371	17,5
5	63SK036	<b>Кондово</b> , лево од Р. Вардар (Во нива)	21°18'46"	42°00'30"	281	100	1200	274	1100
6	63SK037	<b>Сарај</b> ,лев од Р. Треска (Во нива)	21°20'10"	41°59'51"	273	100	1500	164	1449
7	63SK038	<b>Грчец</b> , десно од Р. Треска (Во нива)	21°20'15"	41°59'24"	282	140	1400	674	1383
8	63SK044	<b>Злокуќани</b> (Во двор)	21°23'08"	42°00'55"	269	140	2200	637	2204

ТАБЕЛА - 5.1. 2.1. ПРЕГЛЕД НА КОРИСТЕНИ КОНТРОЛНИ ПИЕЗОМЕТРИ ВО СКОПСКА КОТЛИНА ОД ПРОГРАМАТА: “НЕРЕЗИ - ЛЕПЕНЕЦ” НА УХМР-СКОПЈЕ, ( ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Р. 6.	Меѓунар. Ознака на пиезометар т	Локација на Пиезометар	Координати			Ф (мм)	Длабочини (см)		
			X	Y	Z(m) над морето		Бушено	Ниво	Дно
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	63SK045	<b>Нерези</b> (Во двор)	21°23'04"	42°00'08"	235	100	1450	452	1450
10	63SK062	<b>Нерези</b> (Бунар-4-круг на “ЈПК Водовод”)	21° 23 20	42° 00 33.6	252.06 m	600	6400	(250)	6300
11	63SK063	<b>Лепенец</b> (Бунар-1--круг на “ЈПК Водовод”)	21° 23 18	42° 00 30	252 m	600	7000	-	6900

### Адаптација на стари пиезометри

Дополнително, беше оценето дека информациите кои може да се добијат преку следењето на 3-те стари пиезометри во с.Дворце (користени за претходни истражувања поврзани со влијанието на Ф-ката Југохром од Јегуновце врз водата од Изворот Рашче), види Сл. 5.1.2.1., чији карактеристики се дадени во Таб.5.1.2.2., би можеле да придонесат кон утврдувањето на корелацијата помеѓу Жеднските подземни води и останатите површински и подземни води од непосредната околина во овој дел од Дервенската Клисура, па истите беа обновени и вклучени во истражувањата.



Сл. 5.1.2.1. Профил на йонизометри во с. Дворце

За истражување на притокот на вода на самата локација од резервните бунари во Нерези користени се самите Бунари од Б-1 до Б-7. Сите овие истражувања беа помогнати со изотопско-трасерските анализи како и од извршените *In – situ* и лабораториски определувања на некои основни физичко-хемиски параметри чији резултати се дадени и дискутирани во следните поглавја од овој Извештај.

**ТАБЕЛА- 5.1.1.2. ПРЕГЛЕД НА ОБНОВЕНИ КОНТРОЛНИ ПИЕЗОМЕТРИ  
ВО ДВОРЦЕ, КОРИСТЕНИ ВО ПРЕТХОДНИ ИСТРАЖУВАЊА ( ЗА  
ОПРЕДЕЛУВАЊЕТО НА ВЛИЈАНИЕТО НА ФАБРИКАТА ЈУГОХРОМ  
ВРЗ ВОДИТЕ ОД ИЗВОРОТ РАШЧЕ, 1989 ГОД.)**

Р б	Меѓународн а Ознака на пиезометар от	Локација на Пиезомета р	Координати			$\Phi$ (мм)	Длабочини (см)		
			Y	X	Z(m) nad moreto		Буше но	Ниво 26.05.2011 (абсолутна кота во м)	Дн о
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	63SK046  (стара ознака: No. 40/1)	<b>Дворце,</b> Десно од Р.. Вардар (Bo. нива)	42°06'4.66"  (7 514 949,27)	21°07'22.0"  (4 662 026,05)	342,41±0,03	100	1000  (338,11 ±0,03)	460	945
2	63SK047  (стара ознака: No. 41/1)	<b>Дворце,</b> Десно од Р.. Вардар (Bo. нива)	42°06'08.4 9"  (7 514 938)	21°10'30.7"  (4 662 047,59)	342,55±0,03	100	1000  (338,7±0,03 )	522	908
3	63SK048  (стара ознака: No. 42/1)	<b>Дворце,</b> Лево од Р.. Вардар (Bo. нива)	42°06'10,6 3"  (7 514 913,49)	21°10'30.59 "  (4 662 097,24)	342,90±0,03	100	1000  (339,7±0,03 )	390	800

### *5.1.3. Ду́жење и вгра́дување на пиеゾометрски консрукции и пробно црење*

Дупчењето на 4-ите нови истражни дупнатини (2 во Љубин и 2 во Горче Петров ) беше изведено со бушачка гарнитура **СКБ-4**, види Сл.5.1.3.1.

Основните технички карактеристики на нововградените пиезометри (меѓународни ознаки, координати на нивните локации, дијаметар на вградените цевки и длабочини) дадени се во Таб. 5.1.3.1.



Сл.5.1.3.1. Една од користените Бушачки гарнитури ( гарнитура **СКБ-4**) за време на изработка на пиезометрите **63SK057** и **63SK058** во с.Љубин

ТАБЕЛА - 5.1.3.1. ПРЕГЛЕД НА НОВО ИНСТАЛИРАНИ КОНТРОЛНИ ПИЕЗОМЕТРИ ВО СКОПСКАТА КОТЛИНА ЗА ПОТРЕБИТЕ НА ОВОЈ ПРОЕКТ

Р. б.	Меѓунар. Ознака на пиезометарот	Локација на Пиезометар		Координати		Ф ( мм)	Длабочини (см)		
			Y	X	Z(m) над морето (мерено на уста од цевка)		Буш ено	Ниво на вода од уста на цевка (27-30 .05..201 1)	Дно
1	2	3	5	4	6	7	8	9	10
1	63SK057	<b>Љубин,</b> Десно од Р.. Вардар (Бо. нива)	42°00'15,8" (7 525 898,51)	21°18'26,2" (4 651 197,8) <sup>7</sup>	275,53± 0,02 <sup>8</sup>	140	3200	208	3100
2	63SK058	<b>Љубин,</b> Десно од Р.. Вардар (Бо. нива)	42°00'15,4" (7 525 932,74)	21°18'27,8" (4 651 187,96)	274,95±0 ,02	140	8350	150	8200
3	63SK059	<b>Ѓорче Петров</b> (Лево од Р.. Вардар, до новото фудбал. игралиште)	42°00'08" (7 530 586,12)	21°23'04" (4 650 932)	261,32± 0,03	140	7350	245	7200
4	63SK060	<b>Ѓорче Петров</b> (Бо Паркот, центар на Градот)	42°00'30" (7 530 562,92)	21°21'50,1" (4 651 649,50)	263,54± 0,02	140	1150	690	1100

<sup>7</sup> Во заграда дадени се Гаус -Кригерови координати

<sup>8</sup> Геодетските мерења се направени од Р.И.-ГТФ ДОО Скопје Друштво со лиценца за геодетски работи од областа на катастарот со грешка <2cm

## **Изведба и тестирање на истражен пиезометар 63SK 057**

Од извршената теренска просекција и анализа на расположивата документација за овој дел од теренот, како и податоците добиени од проучената фондовска документација изведенитеот пиезометар 63SK057 е лоциран во терен изграден од квартарни творевини претставени со алувијални-пролувијални наслаги од песокливо-чакалести седименти со различна големина.

Истражно- пиезометарскиот бунар 63SK 057 во рамките на проектот е изведен по следниот редослед :

- Дупчењето е изведено со пречник на дупчење ф-220 mm до длабина од 0,0–32,0 m' со ротациона метода на дупчење и со примена на соодветен флуид заради одржување на стабилноста на зидовите на дунатината во тек на дупчењето;
- Пратење и картирање на извадениот материјал од истражно пиезометарскиот бунар 63 SK 057 е со цел соодветно поставување на конструкција на бунарот во рамките на проектот со единствена цел да се добијат соодветните хидрогеолошки параметри за согледување на хидрогеолошките карактеристики во реонот на потезот бунари Нерези - извор Рашче во реонот на с. Љубин, Општина Сарај;
- Зацевувањето на пиезометарот е изведено со конструкција од (полиетиленски ПВЦ цевки), пречник ф-140 mm кои во изданскиот дел се перфорирани;
- Вграден филтерски гранулат во меѓупросторот меѓу вградената конструкција и зидот на бунарот од речен сепариран песок со пречник (4–8 mm), со цел создавање на обратен филтер во зоната меѓу зидот на конструкцијата и зидот на дунатина;
- Вградување на глинен тампон во меѓу просторот меѓу вградената конструкција и зидот на бунарот во интервал од 0,0–5,0 m'. Вграден е глинен тампон, со цел обезбедување на вградената бунарска конструкција и самиот бунар од продори на загадени површински и приповршински подземни води во водоносните средини;
- Проочистување и разработка на дунатината, изведено е по метода на аерлифт т.е. со примена на компримиран воздух. Проочистувањето е изведено со уфрутување на компримиран воздух во средините надолу во интервал на секој 0,5 m, и излезно нагоре т.е. до добивање на чиста вода;
- Опремување на устието на бунарот со поклопец и катанец со цел заштита на истиот од загадување и уништување;
- Тестирање на истражниот бунар направено е со цел дефинирање на хидрогеолошките параметри на воодносните средини и одредување на капацитет на истиот и пропишување на соодветен режим на хидрогеолошко

наблудување. За оваа намена направено е поединечно црпење на истражниот бунар со 2 различити капацитети на црпење во времетраење од по 24 часа за 1 црпење или вкупно 72 часа црпење и постигнување на 2 хидродинамички нивоа на снижување на подземните води, и пратење на дотокот на водата по прекинот на црпењето во времетраење од 12 часа;

- Земањето на примерок од подземната вода во завршната фаза од тестирањето е со цел испитување на физичко хемиските карактеристики (квалитетот на подземната вода). Примероците од водата се земени во завршната фаза од тестирањето на дупнатината т.е. пред прекинот на црпењето.
- Конструкцијата на истражно-пиезометарски бунар 63 SK 057 прикажана е на Сл.5.1.3.2. Пиезометарот со ознака 63SK057, е издупчен со  $\phi = 220/140$  mm до длабочина од 32m. Перфорацијата на ПВЦ од 15 % вградена е од вторит метар надоле па се до 28.m. Од прикажаниот профил се гледа доминација на чакалес песок во горниот дел до 10m и лапоровити глини,лапорции песочници од неогена старост до 32 m.

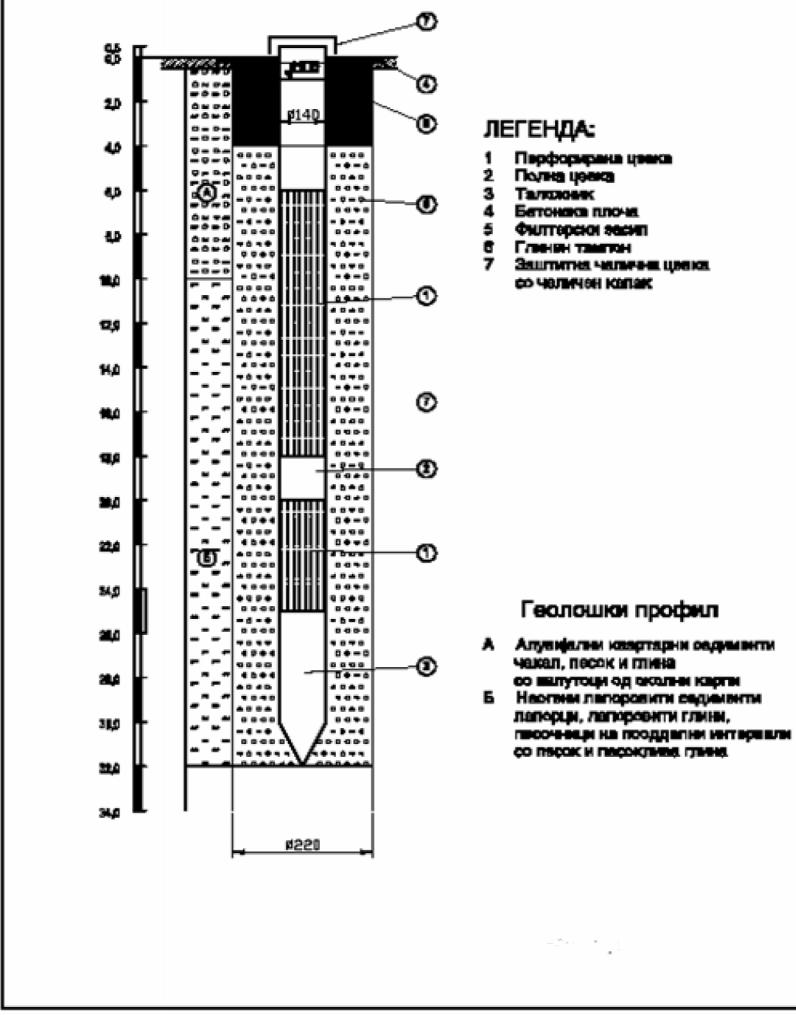
### **Литолошки опис на бунарот 63 SK 057**

Во текот на дупчењето перманентно се вршеше картирање на извадениот материјал на примероци кои беа земани на различни интервали. Литолошкиот столб на дупнатината е составен на база на податоците кои се добиени со картирањето на извадениот материјал од дупнатината.

Литолошкиот состав на издупчениот материјал е следниот:

-од 0.00-10 м. квартарни седименти,чакал, песок со прослоји на глина;  
- 10-32,00 м,лапорци,лапровита глина,песочници,на поедини интервали    песок и песоклива глина( неогени лапровити седименти).

## Конструкција и геолошки профил на пиеzометар бр. 63 СК 057 (с.Лъубин-Сарај)



Сл. 5.1.3.2. Конструкција и геолошки профил на пиеzометар 63SK057, Љубин

### Пробно тестирање на истражниот пиеzометар 63 SK 057.

Пробното тестирање на пиеzометарот 63 SK057 е извршено со длабинска потопна пумпа со три(3) динамички нивоа со вкупно време траење од 24 часа. Во текот на црпењето систематски е следена издашноста на бунарот ( $Q$ ) и соодветното снижување( $S$ ) на нивото на подземната вода,односно пратење на функционалната зависност  $Q=f(s)$ .

После прекинот на црпењето мерен е дотокот на НПВ до постигнување на статичкото ниво.

Опитот на пробното тестирање на пиезометарот 63 SK057 и наблудувањата беа направени на 20.02.2011 год. Тестирањето на пиезометарот е вршено со три различни капацитети во време-траење поединечно за секој капацитет од 8 часа а вкупно времетраење за трите пробни црпења од 24 часа. Резултатите од секое поединечно тестирање се прикажани во дневниците од извршеното пробно црпење на вода од пиезометарот 63 SK057 .

При тестирањето е мерено снижувањето на нивото на подземната вода во добиените податоци се прикажани во Таб.5.1.3.2. и Сл. 5.1.3.3.

**ТАБЕЛА-5.1.3.2. СНИЖУВАЊЕ НА НИВОТО НА ПОДЗЕМНАТА ВОДА ВО ПИЕЗОМЕТАРОТ ЗА ВРЕМЕ НА ЦРПНИОТ ТЕСТ**

Бунар	статичко ниво (НПВ) m	динамичко ниво (m)	издашност $Q [l/s]$	снижување $S [m]$	специфична издашност $q/l/s/m$	време T(час)	
ИЕДБ-1	- 2,50	I	6,75	1,0	6,75	0.15	8
		II	12,00	1,5	12,00	0.12	8
		III	18,30	2,0	18,30	0.10	8

$S [m]$	$Q [l/s]$	$q/l/s/m$
6.75	1.0	0.15
12.00	1.5	0.12
18.30	2.0	0.10

### ***Коефициент на филтрација***

Овој хидрогеолшки параметер го определивме од податоците добиени со пробното црпење за случај кога бунарот се наоѓа во издан со слободно статичко

ниво по образецот на *Бабушкин-Гирински*, кога филтерот е потопен и е во средишниот дел:

$$K = \frac{0.366 \cdot Q}{LS} \cdot \log \frac{0.66L}{r}$$

$$b = \frac{Q_3 - Q_2}{\log S_3 - \log S_2} =$$

$$a = Q_2 - b \cdot \lg S_2 =$$

### ***Прво динамичко ниво:***

Q- издашност на бунарот при пробно црпење ( $Q = 86,4 \text{ m}^3/\text{den}$ ),

S – динамичко ниво-снижување на црпењето ( $S=6,75 \text{ 4,50 m}$ ),

L – должина на филтерскиот дел од конструкцијата  $L/f = 24 \text{ m}$ ,

r - полупречник на бунарот ( $r = D/2 = 0,068 \text{ m}$ ),

**I ниво:**  $K_1 = 0,657 \text{ m/den} = 7,61 \times 10^{-4} \text{ sm/sek.}$

### ***Второ динамичко ниво:***

Q- издашност на бунарот при пробно црпење ( $Q = 129,6 \text{ m}^3/\text{den}$ ),

S – динамичко ниво-снижување на црпењето ( $S=12,0 \text{ 8,0 m}$ ),

L – должина на филтерскиот дел од конструкцијата  $L/f = 24 \text{ m}$ ,

r - полупречник на бунарот ( $r = D/2 = 0,068 \text{ m}$ ),

**II ниво:**  $K_2 = 0,377 \text{ m/den} = 4,36 \times 10^{-4} \text{ sm/sek}$

### **Трејто динамичко ниво:**

Q- издашност на бунарот при пробно црпење (  $Q = 172,8 \text{ m}^3/\text{den}$ ),

S – динамичко ниво-снижување на црпењето ( $S=18,30 \text{ m}$ ),

L – должина на филтерскиот дел од конструкцијата  $L/f = 24 \text{ m}$ ,

r - полупречник на бунарот ( $r = D/2 = 0,068 \text{ m}$ ),

**III ниво:  $K_3=0,341 \text{ m/den} = 3,94 \times 10^{-4} \text{ sm/sek.}$**

### **Коефициент на водопропусност**

Коефициентот на водопроводноста во теренски услови е пресметан преку дијаграмот  $S = f(\log t)$ , Сл.5.1.3.4. и следната формула:

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{S_2 - S_1} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$$T = \frac{0,183 \cdot 0,002}{12,00 - 6,75} \cdot \log \frac{1000}{100}$$

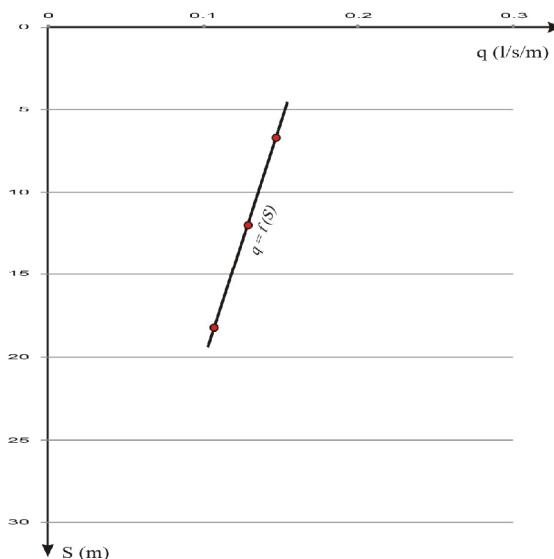
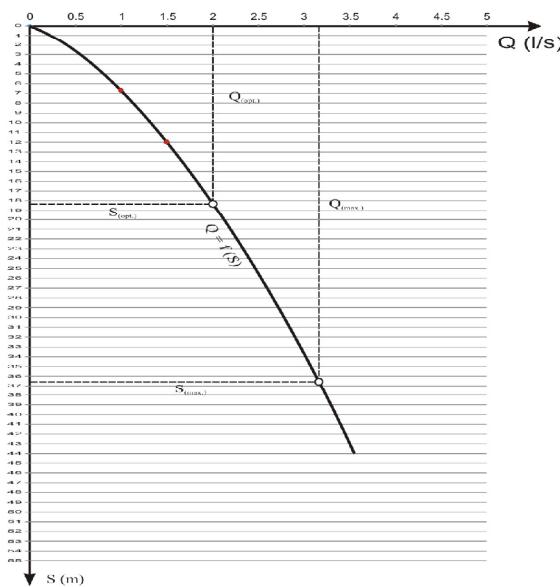
$$T = 0.000135 \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$T = 1.35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

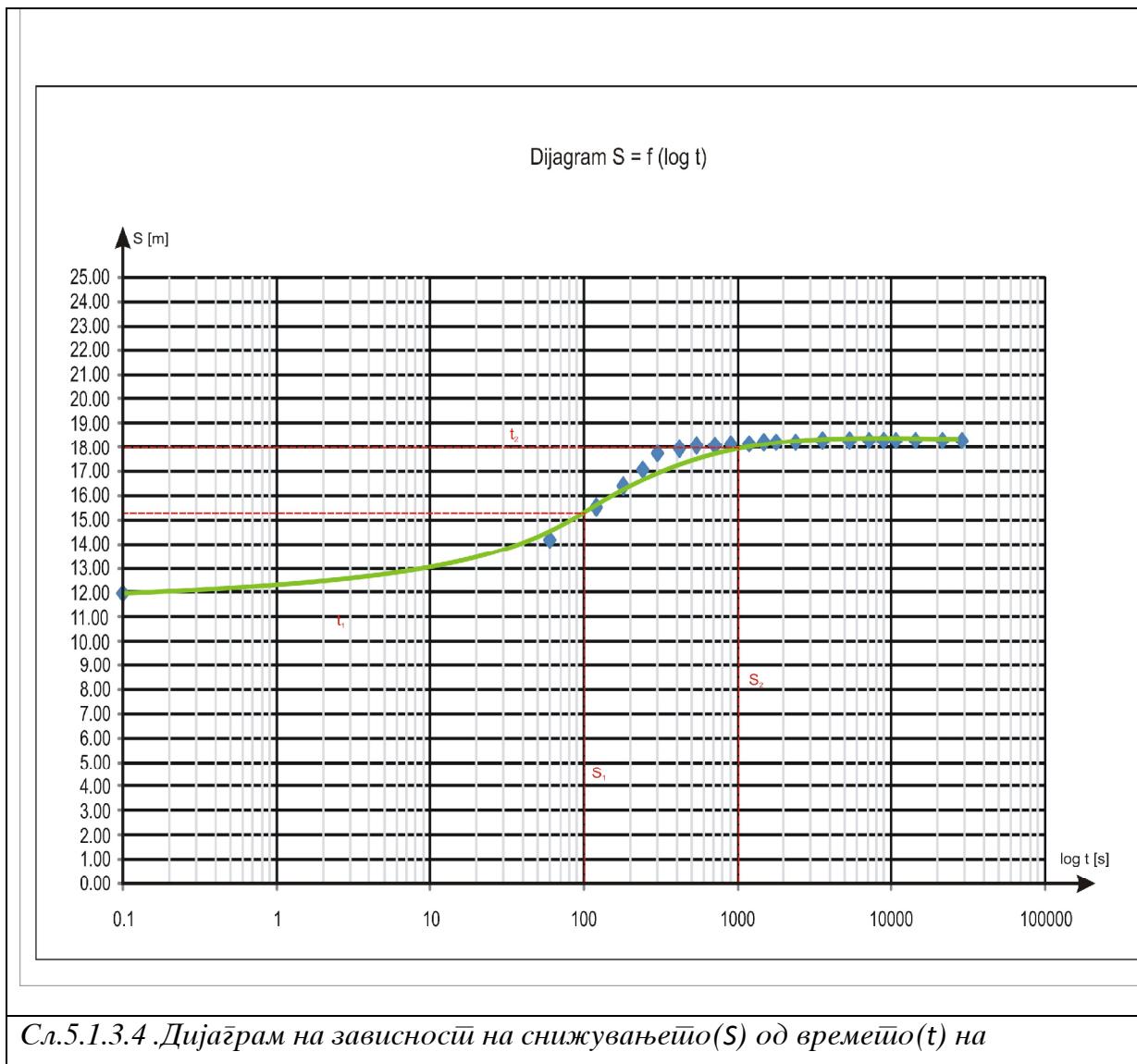
$$T = 11.664 \text{ m}^2 / \text{den}$$

Dijagram  $Q = f(S)$

$S [m]$	$Q [l/s]$	$q [l/s/m]$
6.75	1.00	0.15
12.00	1.50	0.12
18.30	2.00	0.10



Сл.5.1.3.3. Дијаѓрам на зависноста на издашноста ( $Q$ ) и специфичната издашност ( $q$ ) од снижувањето ( $S$ ) на пизометарот 63SK057, локалитетот с. Љубин



Сл.5.1.3.4 .Дијаграм на зависноста на снижувањето( $S$ ) од времето( $t$ ) на пиезометарот 63 SK 057,локацијата с.Љубин - Сарај, Скопска котлина

### Изведба и тестирањена истражен пиезометар 63СК 058

Самата изведба на конструкцијата како и определувањето на основните хидрогеолошки параметри како кај овој така и кај другите останати пиезометри, вршена е по иста методологија како и кај претходниот пиезометар 63SK 057.

Така, Пиезометарот со ознака 63SK058, е со  $\phi = 240/140$  mm и длабочина од 83,5m. Перфорацијата од 15 % е започнува од 12.m надоле па се до 78.m. Неговиот геолошки профил е како на Сл. 5.1.3.5 Од прикажаниот профил се гледа доминација на алувијален чакал и песок во горниот дел до 10m апотоа следи наизменично сменување на лапорци ,пешчари и лапоровити глини до 83.5m.На

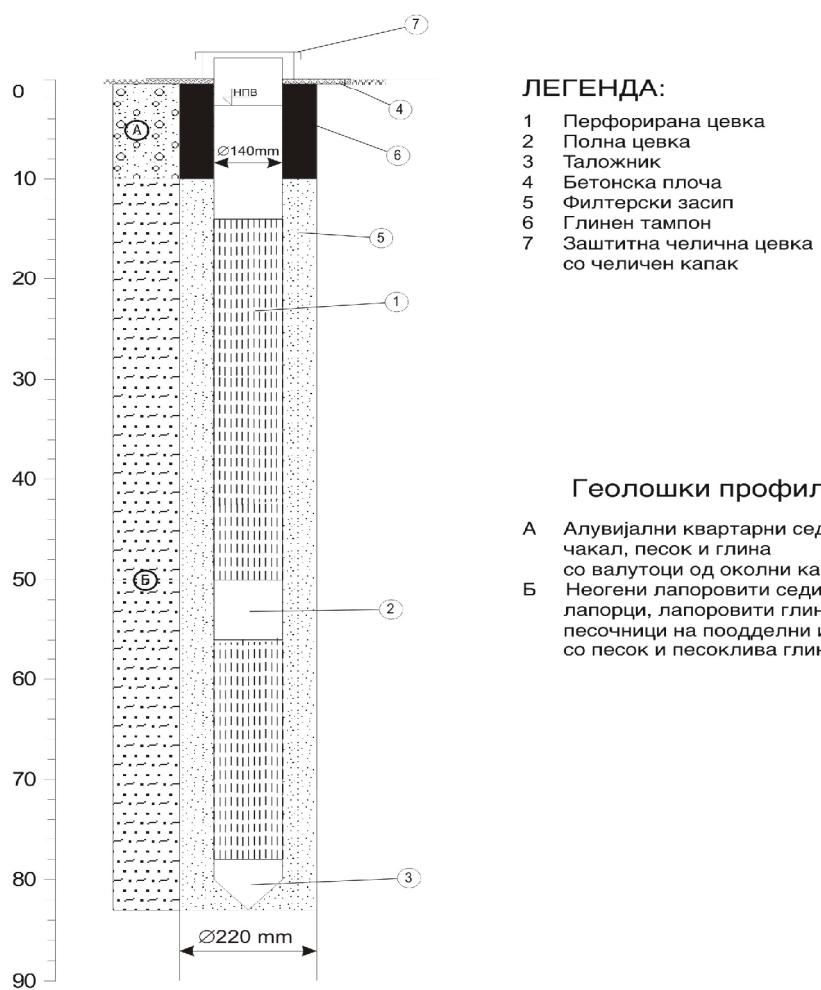
основа резултатите добиени од тестирањето на пиезометарот и пробното црпење од два нивоа добиени се следните коефициенти на филтрација:

I ниво:  $K_1=0,99\text{m/den} = 11,48 \times 10^{-4} \text{sm/sek.}$  и

II ниво:  $K_2=1,250\text{m/den} = 125\text{sm/den}=0,00145\text{sm/den}=14,5 \times 10^{-4} \text{sm/s}$

### Конструкција и геолошки профил на пиезометар бр. 63 SK 058 (с. Љубин - Сарај)

M = 1:500



Сл.5.1.3.5. Конструкција и геолошки профил на пиезометарот 63 SK 058

## **Изведба и тестирањена истражен пиезометар 63СК 059**

Пиезометарот со ознака 63SK059, е со  $\phi = 140$  mm и длабочина од 73,5m. Перфорацијата од 15 % е започнува од 18. метар надоле па се до 40.m. и од 60m до 68m. Неговиот геолошки профил е како на Сл. 5.1.3.6. Од прикажаниот профил се гледа доминација на шљунков песок во горниот дел до 6 m, потоа до 25 m преовладуваат песоклива глина, песочници и лапорци а од 25m до крајната длабина од 73,50m преовладуваат лапоровити седименти со прослојци на песочници и глини до 73,5 m.

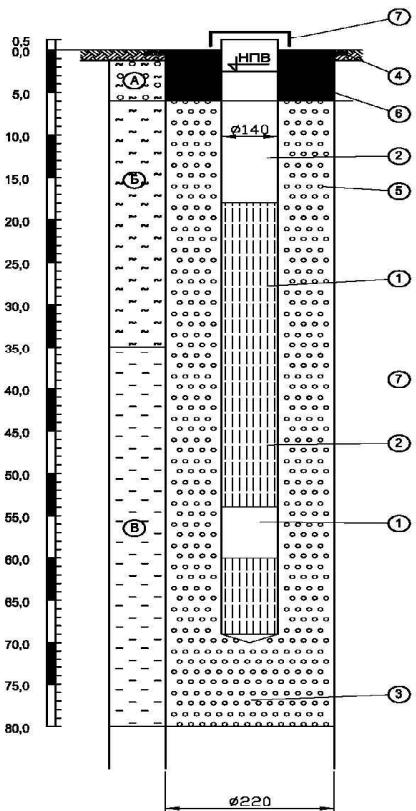
Врз основа на резултатите добиени од тестирањето на пиезометарот и хидрогелошките карактеристики на литолошките членови, се одредени и хидрогелошките карактеристики на просторот околу фудбалското игралиште во Горче Петров.

Од податоците добиени со пробното црпење со три динамички нива со доволна точност преку дијаграмот на зависност  $Q=f(\lg S)$  и целокупната аналитичка пресметка за определување на коефициентот на филтрација на пиезометарот 63СК059(по принципот како што е прикажано трстирањето на пиезометар 63СК057 во с.Љубин - Сарај) е добиен следниот коефициент на филтрација:

$$Kf = 1.174 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}, \text{ односно}$$

$$Kf = 1.015 \text{ m/den}$$

**Конструкција и геолошки профил  
на пиезометар бр. 63 СК 059  
локалитет : игралиште Ѓорче Петров  
M = 1 : 500**



**ЛЕГЕНДА:**

- 1 Перфорирана цевка
- 2 Полна цевка
- 3 Таложник
- 4 Бетонска плоча
- 5 Филтерски засип ( 4 - 8 mm )
- 6 Глинен тампон
- 7 Защитна челична цевка со Ø 150 mm

**Геолошки профил**

- A Литолошки членови од 0,00 - 6,00 м мешавина од чакал, песок и глина со валутоци (алувијални седименти )
- Б песоклива глина,  
песочници и лапорци
- В лапоровити седименти,  
песочници со прослојци на  
песок и песоклива глина

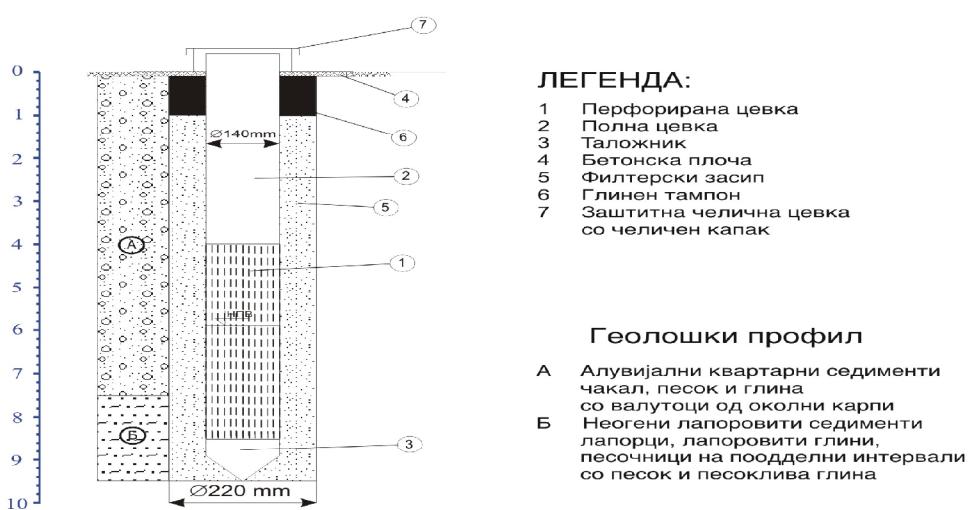
*Сл. 5.1.3.6. Конструкција и геолошки профил на пиезометарот 063 СК 059*

## Изведба и тестирањена истражен пиезометар 63СК 060

Пиезометарот со ознака 63SK060, е со  $\phi = 140$  mm и длабочина од 11,50м. Перфорацијата од 15 % е започнува од 4.м надоле се до 8,50.м. Од 8,50 до 11,50 м е полна не перфорирана ПВЦ цевка. Неговата конструкција и геолошки профил прикажан е на Сл. 5.1.3.7. Од прикажаниот профил се гледа доминација на чакал и чакалест песок до 7,50м. Од 7,50 до крајната длабина преовладуваат негените седименти како што е прикажано на самата слика. Коефициентот на филтрација на овој пиезометар изнесува  $K_f = 1 \times 10^{-2}$  до  $11 \times 10^{-3}$  см/сек.

### Конструкција и геолошки профил на пиезометар бр. 63 SK 060 локалитет: Парк Гарче Петров

M = 1:100



Сл. 5.1.3.7. Конструкција и геолошки профил на пиезометар 63 SK 060

#### *5.1.4. Класификација на водите според нивниот хемизам*

Според О.А. Аљекин<sup>9</sup>, согласно анјонот кој преовладува, сите природни води би можело да се поделат во три класи: хидрокарбонатни (и карбонатни), сулфатни и хлоридни. Согласно катјонот кој преовладува ( калциум, магнезиум, натриум/калиум/ ) во секоја вода од една те иста класа можна е понатамошната поделба на секоја од овие класи на по три групи. Нивната понатамошна диференцијација оди согласно меѓусебните односи на присатните катјони и анјони.

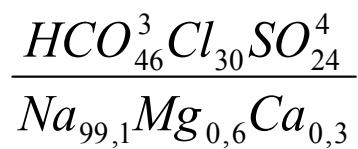
Во зависност од содржината на шесте основни компоненти на подземните води ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) истите според хемискиот состав се делат на дво, тро, четири и повеќе компонентни.

Во двокомпонентни спаѓаат оние води кај што два катјона и два анјона се присатни во количини  $< 20 \pm 3 \text{ mg.ekv.\%}$ .

Во трокомпонентни спаѓаат оние води кај кои содржината на три од вкупно шест основни компоненти е  $< 20 \pm 3 \text{ mg.ekv.\%}$ ., при што еден од нив мора да биде катјон или анјон а останатите два соодветни катјони или анјони и т.н.

Со цел да се подвлече доминатното присаство на еден од катјоните или анјони, самиот назив на подземната вода започнува со таа компонента.

На пример водата со долунаведениот состав,



би го имала следниот назив: натриумско-хидрокарбонатно-хлоридно-сулфатна

Резултатите од извршените класификации на површинските и подземни води, според нивниот хемиски состав ( дел од прикажаните резултати од извршените физичко-хемиски анализи вршени се на Технолошко-металуршкиот факултет а дел во Републичкиот хидрометеоролошки завод, односно во Републичкиот завод за здравствена заштита, сите од Скопје ), дадени се во Таб. 5.1.4.1-5.1.4.21.

<sup>9</sup> Алекин О. А. Основи гидрохемии. Гидрометиздат, 1953

**ТАБЕЛА-5.1.4.1.ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ АНАЛИЗИ НА НЕКОИ ОД ИСПИТУВАНИТЕ ВОДИ**

Меѓунар ознака	Дата	N	E	Z	Длабочина	НПВ од уста на џевка	Вид	Локација	Temp°C	pH
63SK047	26.05.2011	42° 06' 8.49"	21°10.0' 30.7"	342,55±0,03	10	5,22	Подз.вода	Дворце (Д)	13	7,45
63SK048	26.05.2011	42° 06' 10.03"	21°10.0' 30.6"	342,90±0,03	10	3,90	Подз.вода	Дворце (Л)	13	7,35
63SK050	25.03.2010	42° 05' 10.0"	21°23.06' 4.0"	243			Површ.вода	ХС Радуша	9.0	7.8
63SK051	27.05.2011	42° 05' 10.0"	21°13.0'19"	328	20,11	15,68	Подз.вода	Радуша(ОУ)	14,5	7,00
63SK052	25.02.2010	42° 04' 51.0"	21° 12' 34.6"	326	15.96	13.92	Подз.вода	Радуша(ЛЗК)	10.6	7.2
63SK054	31.03.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	300		Извор	Рашче 01	13.3	7.2
63SK054	23.07.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	300		Извор	Рашче 01	13.2	7.0
63SK055	23.07.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	300		Извор	Рашче 02	13.2	7.1
63SK055	31.03.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	300		Извор	Рашче 02	13.3	7.1
63SK057	27.05.2011	42°00'15,8"	21°18'26,2"	275,53± 0,02	32	2,08	Подз.вода	Љубин	13.0	7,34
63SK058	27.05.2011	42°00'15,4"	21°18'27,8"	274,95±0,02	83,5	1,5	Подз.вода	Љубин	14,2	7,59
63SK059	30.05.2011	42°00'08"	21°23'04"	261,32±0,03	73,5	2,45	Подз.вода	Ѓ.Петров	13,8	8,04
63SK060	30.05.2011	42°00'30"	21°21'50,1"	263,54±0,02	11,5	6,9	Подз.вода	Ѓ.Петров	13,6	6,87
63SK037	03.05.2010	41° 59' 51.0"	21° 20' 10.0"	273	15	1.57	.Подз.вода	Сарај	15.2	7.0
63SK038	02.03.2010	41° 59' 25.5"	41° 59' 25.5"	282	13.6	6.55	Подз.вода	Грчец	13.4	7.1
63SK066	26.03.2010	42° 00' 33.60"	21° 12' 41.5"	320			Површ.вода	Скопје ХС УХМР	12.0	7,82
63SK062	16.11.2006	42° 00' 33.6"	21° 23' 06.4"	250	80		.Подз.вода	НЕРЕЗИ, Б-3		7.2
63SK063	16.11.2006	42° 00' 33.6"	21° 23' 06.4"	250	70		.Подз.вода	Лепенец-Б-1		7.4
63SK064	26.03.2010	42° 00' 33.6"	21° 23' 06.4"	250	21.3	6.2	Површ.вода	Р Лепен. Злокук.	11.8	8.0

ТАБЕЛА-5.1.4.1. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ АНАЛИЗИ НА НЕКОИ ОД ИСПИТУВАНИТЕ ВОДИ (ПРОДОЛЖУВА)

Меѓунар ознака	Дата	Ел.спровод. μS	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	HCO3 mg/l	SO4 mg/l	Disol O	
									mg/l	mg/l
63SK047	26 05.2011	276	64.71	9.5	5.06	1.41	216.6	16.1	11.82	6,29
63SK048	26.05.2011	285	67.84	11.4	5.58	1.44	228.8	26.84	8.65	9,3
63S 050	25.03.2010	221.0	40.3	2.5	6.3	0.6	145.4	37.1	.7	
63SK051	27.05.2 11	432	85.58	27.23	10.6	1.14	360	37.05	6.75	8,5
63SK052	25.02.2010	397.0	69.3	9.7	1.1	1.3	271.5	34.9	2.9	
63SK054	31.03.2010	326.0	109.5	12.5	8.8	0.9	387.5	35.7	7.7	
63SK054	23.07.2010	518.0	100.2	12.4	8.2	1.6	369.2	31.8	6.2	
63SK055	23.07.2010	542.0	107.0	11.8	8.5	1.1	372.2	33.7	6.2	
63SK055	31.03.2010	544.0	121.9	8.8	10.7	0.9	390.5	36.1	7.5	
63SK057	27.05.2011	755.0	81.41	91.83	18.69	3.95	674.1	44.16	18.57	2,2
63SK058	27.05.2011	602.0	41.75	79.79	23.60	2.95	524.6	37.31	11.82	1,69
63SK059	30.05.2011	465	12.52	17.1	104.03	2.66	317.2	20.24	13.5	1,67
63SK060	30.05.2011	593	108.54	32.93	23.7	4.61	463.6	43	23.42	6,99
63SK037	03.05.2010	924.0	139.1	32.9	31.0	10.8	506.4	66.9	40.9	
63SK038	02.03.2010	635.0	97.2	28.6	15.3	3.0	390.5	38.8	16.4	
63SK066	26.03.2010	282.0	48.6	7.5	7.5	2.1	134.2	47.2	6.6	
63SK062	16.11.2006	1233.0	136.3	37.1	64.2	2.6	667.3	41.7	58.3	
63SK063	16.11.2006	885.0	17.0	4.2	5.6	0.3	483.1	33.6	26.7	
63SK064	26.03.2010	276.0	48.6	5.6	7.3	1.9	137.3	38.2	5.9	

ТАБЕЛА-5.1.4.1. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ АНАЛИЗИ НА НЕКОИ ОД ИСПИТУВАНите ВОДИ (ПРОДОЛЖУВА)

Меѓунар ознака	Дата	Rastv,			
		O <sub>2</sub> mg/l	Cr+6 mg/l	NO <sub>3</sub> m /l	NO <sub>2</sub> mg/l
63SK047	26.0 .2011	6,29	<0,02	1,056	0,00 9
63SK048	26.05.2011	9,3	<0,02	0,596	0,0005
63SK050	25.03.2010		2.9		
63SK051	27.05.2011	8,5	<0,01	8,515	0,001
63SK052	25.02.2010				
63SK054	31.03.2010				
63SK054	23.07.2010				
63SK055	23.07.2010				
63SK055	31.03.2010				
63SK057	27.05.2011	2,2	0,00	0,538	0,0009
63SK058	27.05.2011	1,69	<0,01	0,005	0,001
63SK059	30.05.2011	1,67	<0,01	0,024	0,0016
63SK060	30.05.2011	6,99	<0,01	7,225	0,0019
63SK037	03.05.2010				
63SK038	02.03.2010				
63SK066	26.03.2010		3.3		

ТАБЕЛА- 5.1.4.2. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДИТЕ ОД СКОПСКАТА КОТЛИНА

Врста на примерокот: Подземна вода	Дата на узоркувње.	НПВ (m) Nivo na podzemna voda	Анализиран јадраметар													
			t (°C)	p-H (Ω⁻¹ cm⁻¹)	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasvoren kislorod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
<b>Ознака:</b> 63SK047						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l
<b>Локација:</b> с. Дворце (Стара ознака -41 ), десен брег од Р. Вардар						mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/l 1	mekv/ 1	mekv/ 1				
<b>Длабочина на бушотина:</b> 10 м	26.05.2011	5,22	13	7,4 5	276	64.71	9.5	5.06	1.41	216.6	16.1	11.82	6,29	<0.02	1,056	0.0009
Koordinati: N 42о 06'8,49" E 21о 10' 30,7" Z 342,55 m	Класификација на водата според О.А. Аљекин е:  <b>Хидрокарбонашна-калијско-магнезиумска</b>			$\frac{HCO_3_{8,97} Ca_{7,99} SO_4_{8,05}}{Na_{5,61} Mg_{18,36} Ca_{75,17}}$												

ТАБЕЛА- 5.1.4.3. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДИТЕ ОД СКОПСКАТА КОТЛИНА

Врста на примерокот: Подземна вода	Дата на узоркувње	НПВ (m)	Анализиран јадрамешар													
			t ( <sup>o</sup> C)	p-H ( $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ )	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasvoren kislorod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Ознака: 63SK048		Nivo na podzemna voda				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Локација:с. <b>Дворце</b> (Стара ознака -42 ),лев брег од Р. Вардар					mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/l	mekv/ 1	mekv/ 1					
Длабочина на бу-шотина: 10м	26.05.2011	3,90	13	7,3 5	285	67.84	11.4	5.58	1.44	228.8	26.84	8.65	9,3	<0.02	0,596	0,0005
Проток (м3/с): <b>Координати:</b> N 42° 06' 10,03'' E 21° 10' 30,59'' Z 342,9 m	Класификација на водата според О.А.				$\frac{HCO_3^{3-}_{8,16} A_{5,41} SO_4^{4-}_{12,43}}{Na_{5,73} Mg_{20,42} Ca_{73,04}}$											
Аљекин е: <b>Хидрокарбонашна-калијско-магнезиумска</b>																

ТАБЕЛА- 5.1.4.4. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДИТЕ ОД СКОПСКАТА КОТЛИНА

Врста на примерокот :Површ., Р. Вардар			Анализиран јадрамејтар																
			НПВ (m)	t ( °C)	p-H	κ ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr - вкупен H	Cr <sup>+6</sup>				
<b>Ознака:</b> 63SK050  <b>Лок.:</b> XC Радуша	Дата на узоркување						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10-3	mg/l x10-3				
							mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l						
							%	%	%	%	%	%	%						
							40.29	2.51	6.33	0.62	145.4	37.06	4.69	3.83	2.94				
Длаб. на Буштина во (m): Protok (m <sup>3</sup> /s): Koordinati: N 4660243 E 7517933 Z 321 m a.s.l.	25.03..2010	/		9	7.79	221	1.98	0.21	0.30	0.02	2.38	0.78	0.13						
Класификација на водата според О.А. Аљекин е: <b>Калицијско-хидрокарбонашно-сулфашна</b>							$\frac{HCO_{72,2}^3 Cl_{4,06} SO_{23,73}^4}{Na_{11,88} Mg_{8,21} Ca_{79,26}}$												

ТАБЕЛА- 5.1.4.5. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДИТЕ ОД СКОПСКАТА КОТЛИНА

Vrsta na pri merokot: Подземна вода	Oznaka: 63SK051	Lokaci ja:c. Радуша, школо Нико Фојница, десен брд од Р. Вардар	НПВ (m)	Дата на узорк ув.	Анализиран јаремејтар												
					t ( $^{\circ}\text{C}$ )	p-H ( $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ )	κ	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasv oren kisl orod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>--</sup>
Dl abo-i na na bu- { otina: 20,11м	27.05.201 1	15,68	14, 5	7,0	432	85.58	27.23	10.6	1.14	360	37.05	6.75	8,5	<0.01	8,515	0,001 0	
						4.22	2.23	0.50	0.03	5.90	0.78	0.19					
						60.44	32.00	7.14	0.42	85.81	11.39	2.80					
Protok (m <sup>3</sup> /s): Koordinati: N 42° 04' 51" E 21° 13' 19" Z 328 m	Класификација на водата според О.А. Аљекин е: <b>Хидрокарбонатна-калијуско-магнезиумска</b>				$\frac{HCO_3^{3-} Cl_{2,80} SO_4^{4-}}{Na_{7,14} Mg_{32,00} Ca_{60,44}}$												

ТАБЕЛА- 5.1.4.6. ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДИТЕ ОД СКОПСКАТА КОТЛИНА

Vrsta na primerokot :Подземна вода	Oznaka: 63SK052	Локација: Raduča, lev, три ку}и Длабочина(m) 15,96	НПВ (m)	Дата на узоркување	Анализиран параметар											
					t ( °C)	р-H	κ ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr - вкупен	Cr <sup>+6</sup>
								mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10 <sup>-3</sup>	mg/l x10 <sup>-3</sup>
								mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		
								%	%	%	%	%	%	%		
Protok (m <sup>3</sup> /s):	25.02.2010	Koordinat:	13.92	10.6	7.23	397	69.3	9.66	1.09	1.27	271.5	34.85	2.86	1.27	/	
Kласификација на водата според О.А. Афекине:							3.41	0.79	0.05	0.03	4.45	0.74	0.08			
							79.59	18.46	1.19	0.76	84.47	13.98	1.55			
Идентификација на водата според О.А. Афекине:					$\frac{HCO_3^{3-} Cl_{1,55} SO_4^{4-}}{Na_{1,2} Mg_{18,5} Ca_{79,6}}$											
<b>Нидрокарбонатно- Калцијско-Магнезијска</b>																

TABELA- 5.1.4.7. FI ZI ^KO-HEMI JSKI KARAKTERI STI KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

TABELA- 5.1.4.8. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODITE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na primerokot: izvorska voda	Data na uzorkuv.	NPV (m)	t (oC)	p-H (Ω-1cm-1)	κ	Ca++	Mg++	Na+	K+	HCO3-	SO4--	Cl-	Cr -	Cr <sup>+6</sup>
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l x10-3
Račine -1 Oznaka: 63SK054 Lokacija: S. Račine, Kapta' a I		Nivo na podzemna voda				mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	
						%	%	%	%	%	%	%		
						100.2	12.4	8.15	.61	369.2	31.79	6.18		
Dlабочина на вода буфотина:	23/07/2010	/	13.2	7	518	4.94	1.02	0.38	0.04	6.05	0.67	0.18		
						77.40	15.94	6.01	0.65	87.70	9.74	2.56		
Koordinati : N 4655085 E 7520723 Z 300 m	Klasifikacija na vodata spored O.A. Aqekine:					$\frac{HCO_{87,7}^3 Cl_{2,6} SO_{9,7}^4}{Na_6 Mg_{15,9} Ca_{77,4}}$								

TABELA- 5.1.4.9. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODITE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na prime rokot: I zvorka voda  Oznaka: 63SK055  Lokacija: S. Ra{ -e, Kapta' a II  Dl abo~i na na bu-{ oti na:  Protok (m <sup>3</sup> /s):	Data na uzorku v.	Nivona podzemn a voda  NPV (m)	<i>Анализиран параметар</i>									
			t ( °C)	p-H	κ (Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
			mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mg/l x10-3
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Koordinati : N 4654507 E 7520954 Z 301 m	7/23/2010	/	13.2	7.1	542	107.01	11.81	8.5	1.07	372.2	33.74	6.18
						5.27	0.97	0.40	0.03	6.10	0.71	0.18
						79.07	14.52	5.99	0.41	87.27	10.20	2.53
Klasifikacija na vodata spored O.A.Aqekine: <b>Хидокарбонашно калициска</b>					$\frac{HCO_{87,3}^{3}Cl_{2,5}SO_{10,2}^{4}}{Na_6Mg_{14,5}Ca_{79,1}}$							

TABELA- 5.1.4.10. FI ZI ^KO-HEMI JSKI KARAKTERI STI KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

TABELA- 5.1.4.11. FI ZI ^KO-HEMI JSKI KARAKTERI STI KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na pri merokot na voda: pl i tka, podzemna voda	Data na uzorku v. (m)	NPV	<i>Анализиран юарамејар</i>											
			t ( °C)	p-H ( $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr -	Cr <sup>+6</sup>	
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
					mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	x10-3
					%	%	%	%	%	%	%			
Oznaka: 63SK036	03.05..2010	14	14.6	7.66	965	154.39	50.25	28.51	13.44	594.92	97.54	27.23		
Lokaci ja: S. Kondovo Lev breg na Vardar						7.61	4.12	1.34	0.34	9.75	2.06	0.78		
Di abo-i na na bu{ otina: 14 m						56.72	30.72	10.00	2.57	77.45	16.38	6.18		
Protok (m <sup>3</sup> /s):	Klasi f i kaci ja na vodata spored O.A. Aqekin e: <b>Нидрокарбонашна-калцијско- магнезиумска</b>				$\frac{HCO_{77,4}^3 Cl_{6,2} SO_{16,4}^4}{Na_{10} Mg_{30,7} Ca_{56,7}}$									
Koordinati : N 42° 00' 32,3" E 21° 18' 27,1" Z 289 m														

TABELA- 5.1.4.12. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na primerokot: podzemna voda	Data na uzorkuv.	NPV (m)	Анализирана параметар											
			t	p-H	κ ( $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr -	Cr <sup>+6</sup>
P2 SP Oznaka: 63SK038					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
Lokacija: GR^EC Dvor na Beliuri . Desen breg na Treska					mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	x10-3
Длабочина на бу{ от.:13,6 (m)	2.03.2010	6.55	13.4	7.05	635	97.19	28.58	15.33	3	390.51	38.75	16.4		
						4.79	2.34	0.72	0.08	6.40	0.82	0.47		
						60.39	29.55	9.09	0.97	83.25	10.65	6.09		
Protok (m <sup>3</sup> /s): Koordinati:														
N 41° 59' 25,5" E 21° 19' 56,4" Z 289 m	Класификација на водата според О.А. Азеќине: <b>Нидрокарбонашна-калијско- магнезиумска</b>					$\frac{HCO_{83,2}^3 Cl_{6,1} SO_{10,7}^4}{Na_{9,1} Mg_{29,55} Ca_{60,4}}$								

TABELA- 5.1.4.13. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na primerokot : podzemna voda	Data na uzorkuv.	NPV (m)	Анализиран параметар											
			t (°C)	p-H	κ ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr -	Cr <sup>+6</sup>
Oznaka: 63SK037						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
Lokacija: SARAJ, lev breg na Treska						mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	
						%	%	%	%	%	%	%		
Длабочина на бурова точка 15 m	03.05..2010	1.57	15.2	6.95	924	139.05 6.85 60.73	32.88 2.70 23.90	30.99 1.46 12.92	10.78 0.28 2.45	506.44 8.30 76.27	66.9 1.41 12.99	40.93 1.17 10.74		
Protok (m <sup>3</sup> /s):	Класификација на водата според О.А. Азеќине:													
Koordinati : N 41° 59' 51.0" E 21° 20' 10.0" Z 273 m	Нидрокарбонашна-калијско-магнезиумска													
	$\frac{HCO_{76,3}^3 Cl_{10,8} SO_{13}^4}{Na_{12,9} Mg_{23,9} Ca_{60,8}}$													

TABELA- 5.1.4.14. FI ZI ^KO-HEMI JSKI KARAKTERI STI KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

TABELA- 5.1.4.15. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na pri merokot :Podzemna voda	Oznaka: 63SK058	Lokacija: s. Qubin Dolabotina: 83,5m	Data na uzorkuv.	NPV (m) Nivo na podzemna voda	<i>Анализиран јаремејар</i>																
					t (°C)	p-H (Ω⁻¹ cm⁻¹)	κ	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasvoren kisl orod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	N O <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>--</sup>			
								mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l			
								mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		mekv/l	mekv/l	mekv/l			
					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	5	0,001			
Protok (m <sup>3</sup> /s):	27.05..2011	1,5	14, 2	7,5 9	602	41.75	79.79	23.60	2.95	524.6	37.31	11.82	1,69	<0.0	0,00	0,00	0,001				
						2.06	6.54	1.11	0.08	8.60	0.79	0.34									
						21.02	66.86	11.34	0.77	88.42	8.11	3.47									
Kordinati : N 42° 00'14,1'' E 21° 18'46,9'' Z 274,95 m	Klasi fikaci ja na vodata spored O.A. Aqekine:					$\frac{HCO_3^{3-} Cl_{3,47} SO_4^{4-}}{Na_{11,34} Mg_{66,86} Ca_{21,02}}$															
	<i>Хидрокарбонашна-магнезиумско-калијска</i>																				

TABELA- 5.1.4.16. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTI^KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na pri merokot: Dl aboka podzemna voda  Oznaka: 63SK059	Data na uzorku vwe.  Lokacija: \. Petrov, do Fudbal skoto i gral i te	NPV  Nivo na podzemna voda	Анализиран параметар													
			t (°C)	p-H	κ (Ω⁻¹ cm⁻¹)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasvoren kislorod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>--</sup>
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l
						mekv/ 1	mek v/l	mek v/l	mek v/l	mek v/l	mek v/l	mek v/l		mg/l	mg/l	mg/l
Dl abo~i na na bu- { otina: 73,5m	30.05.2011	2,45	13,8	8,04	465	12.52	17.1	104. 03	2.66	317. 2	20.2	13.5	1,67	<0.01	0,024	0.0016
Protok (m <sup>3</sup> /s):  Kordinati : N 42° 00' 5,2" E 21° 22' 9,4" Z 261,32 m	Klasifikacija na vodata spored O.A. Aqekine:  <b>Хидрокарбонашна-наシリјумско-магнезиумска</b>													$\frac{HCO_{86,47}^3 Cl_{6,41} SO_{7,12}^4}{Na_{70,10} Mg_{20,09} Ca_{8,84}}$		

**TABELA- 5.1.4.17. Fizi -ko-hemijski karakteristiki na vodi te od Skopskata Kotlina**

Vrsta na pri merokot na voda: PI i tka podzemna voda	Data na uzork uv.	NPV (m)	<i>Анализиран параметар</i>													
			t (°C)	p-H	κ (Ω⁻¹ cm⁻¹)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Rasvo ren kislo rod (mg/l)	Cr <sup>+6</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Oznaka: 63SK060	Lokacija: \. Petrov, Gradski park(centar)	Nivo na podzemna voda	30.05.2011	6,9	13,6	6,87	593	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Debljina na voda: 11,5m					mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	mekv/ 1	<0.01	7,225	0.0019
Protok (m <sup>3</sup> /s):					108.5 4	32.93	23.7	4.61	463.6	43	23.42					
Koordinati : N 42° 00'28,4" E 21° 22'8,4" Z 263,548 m	Klasifikacija na vodata spored O.A. Aqekine:	Klasi fikaci ja na vodata spored O.A. Aqekine: <b>Хидрокарбонатна-калијумско-магнезиумска</b>			5.35	2.70	1.11	0.12	7.60	0.91	0.67					
					57.63	29.09	12.01	1.27	82.80	9.90	7.29					

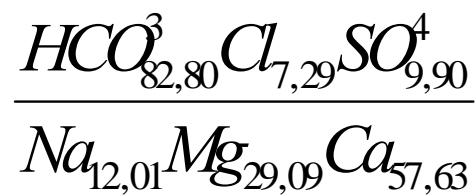


TABELA- 5.1.4.18. FI ZI ^KO-HEMI JSKI KARAKTERI STI KI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na primerok: Povr{inska voda Oznaka: 63SK064	Анализиран јареметар													
	Data na uzorkuvawe (m)	NPV	t ( °C)	p-H	κ ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr <sup>-</sup>	Cr <sup>+6</sup>
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10-3	µg/l
Lokacija: R Lepenec ZI okуани Protok (m <sup>3</sup> /s):						mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		
Koordinati : N 42° 00'46,65'' E 21° 22'55,5'' Z 252 m	26.03.2010	11.8	7.96	276	48.55	5.64	7.29	1.92	137.3	38.19	5.89			
					2.39	0.46	0.34	0.05	2.25	0.81	0.17			
					73.68	14.24	10.56	1.52	69.76	25.02	5.22			
Klasi fikacija na vodata spored O.A. Aqeki n e: <b>Калцијско- хидрокарбонатна-сулфатна</b>	$\begin{array}{c} HCO_{69,8}^3 Cl_{5,21} SO_{25}^4 \\ Na_{10,5} Mg_{14,2} Ca_{73,68} \end{array}$													

TABELA- 5.1.4.19. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTICI NA VODITE OD SKOPSKATA KOTLA NA

Vrsta na pri merokot :Povr{ „R. Vardar	Data na uzorku vawe (m)	NPV	<i>Анализирана параметар</i>																										
			t	p-H	$\kappa$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$K^+$	$HCO_3^-$	$SO_4^{--}$	$Cl^-$	$vkupe n Cr^{+6}$	$Cr^{+6}$ rastvoren															
			( °C)	( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10-3	mg/l x10-3															
			mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l																	
Protok ( $m^3/s$ ):	Koordinati : N 42° 00'45,8'' E 21° 23'58,9'' Z 250 m	26.03.2010	/	12	7,82	282	48.55	7.52	7.52	2.10	134.2	47.2	6.6	6	3.28														
Klasifikacija na vodata spored O.A. Aqekine:				$\frac{HCO_3^{3-} Cl_{5,57} SO_4^{4-}}{Na_{10,35} Mg_{18,05} Ca_{70,02}}$																									
<b>Калијско-хидрокарбонатно-сулфатна</b>																													

TABELA- 5.1.4.20. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODITE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na pri merokot Podzemna voda	Data na uzorkuvanje (m)	NPV	t ( °C)	p-H	κ ( $\Omega^{-1}cm^{-1}$ )	Анализиран параметар								
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr - vкупен	Cr <sup>+6</sup>
Oznaka:63SK062						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10-3	mg/l x10-3
Lokacija: NEREZI , B-3						mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		
Длабочина на Буфотина (м): 80						%	%	%	%	%	%	%		
Protok (m <sup>3</sup> /s):						136.3	37.1	64.2	2.6	667.34	41.7	58.3	3	
Koordinati:						6.71	3.04	3.02	0.07	10.94	0.88	1.67		
N 42° 00'45,8" E 21° 23'58,9" Z 251 m						52.29	23.68	23.51	0.52	81.11	6.54	12.35		
Клиничкија на водата според О.А. Азеќине:						$\frac{HCO_3^{3-} Ca_{12,35} SO_4^{4-}}{Na_{23,51} Mg_{23,68} Ca_{52,29}}$								
<b>Хидрокарбонатно-калијска-магнезијско-наријска</b>														

TABELA- 5.1.4.21. FIZI^KO-HEMIJSKI KARAKTERISTIKI NA VODI TE OD SKOPSKATA KOTLI NA

Vrsta na pri merokot Podzemna voda Ozn.: 63SK063 Lokacija: Lepenec-B-1 Dl abo~i na na Bu{ oti . (m): 70 Protok (m <sup>3</sup> /s): Koordinati : N 42° 00' 33,6" E 21° 23' 06,4" Z 251 m	Data na uzorkuvawe (m) 29.05.2006	NPV	t ( <sup>°</sup> C)	p-H	κ (Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Анализиран параметар								
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr - vkupen	Cr <sup>+6</sup>
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l x10-3	mg/l x10-3
						mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l	mekv/l		
						%	%	%	%	%	%	%		
						17.04	4.16	5.59	0.25	483.12	33.58	26.72		
						0.84	0.34	0.26	0.01	7.92	0.71	0.76		
						57.91	23.52	18.13	0.44	84.31	7.56	8.13		
						Klasifikacija na vodata spored O.A. Aqekine: Хидрокарбонатно-калијска-магнезијско-наштијска								
						$\frac{HCO_{84,31}^3 Cl_{8,13} SO_{7,56}^4}{Na_{18,13} Mg_{23,52} Ca_{57,9}}$								

Za razlika od Reki te Vardar, Profili s. Radu{ a so oznaka 63SK050 i R. Lepenec so oznaka 63SK063, koi poka' uvaat karakteristiki na Kalcijsko-hidrokarbonatno-sulfatni vodi, Podzemni te vodi na profiliite Dvorce i Radu{ a so oznaka 63SK047, 63SK048 odnosno 63SK051 i 63SK052, poka' uva identiteti-en sostav (Hidrokarbonatno-kalcijsko-Magnezijска). I majki ja predvid nasokata na ovi e podzemni vodi, koj se odreduva od soodvetni te hidrauli~ni gradianti (vidi nivni absolutni koti, dadeni vo Tab.5.1.2.2.), projizlguva deka ovi e podzemni vodi go hranat 'edenski ot masiv za vreme na Prolet (visoki vodostoi), dodeka za vreme na na niski vodostoi, 'edenski ot masiv gi hrani podzemni te vodi dol' Rekata Vardar.

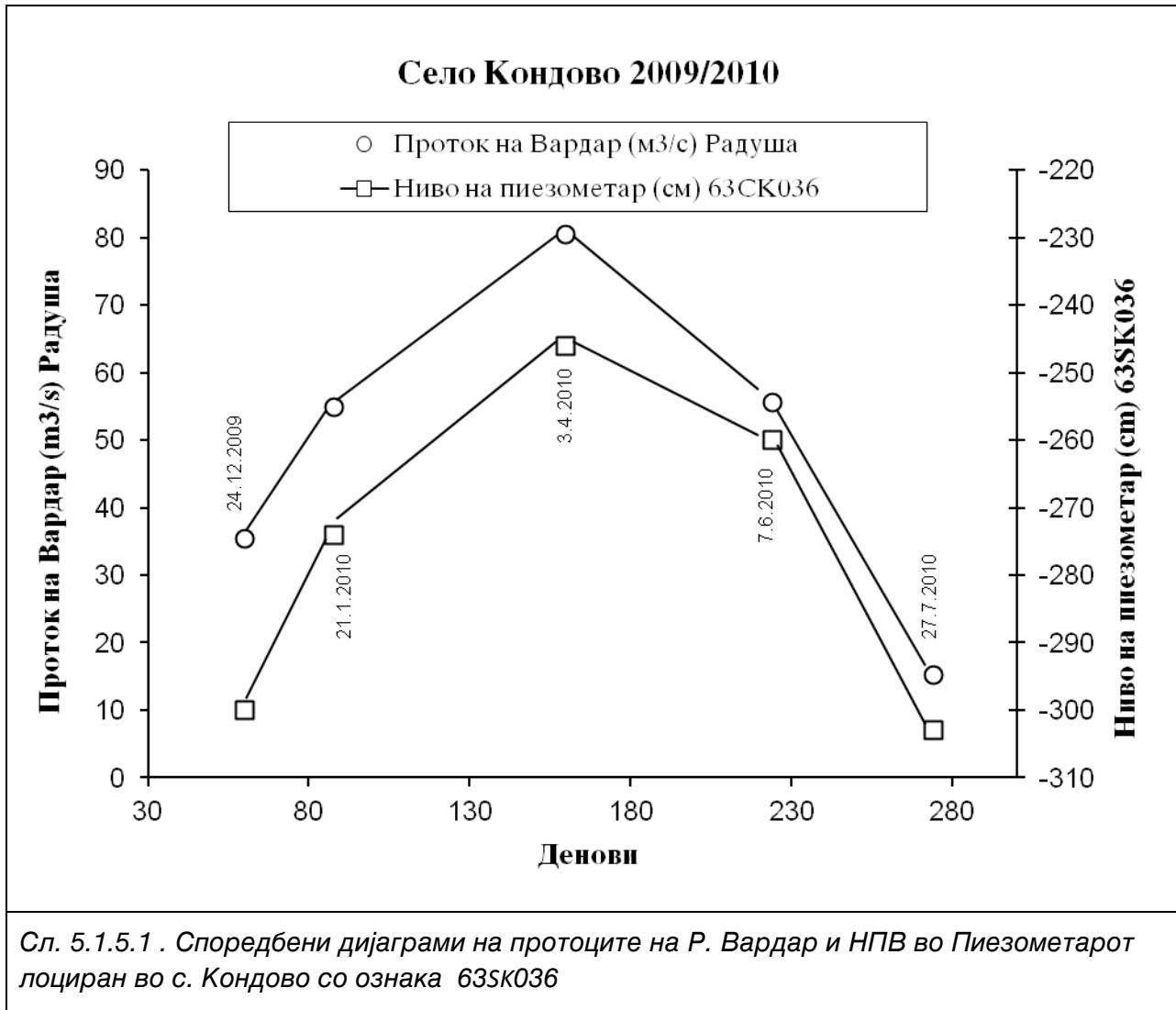
Pojavata na zgol emena sodr' i na na magnezi umot (Mg) i na Natrijumot (Na) vo vodi te od Bunarot kaj Nerezi so oznaka 63SK062, i Bunarot kaj Lepenec so oznaka 63SK063, upatuva so golema verovatnost na faktot da nivnoto poteklo e slisivo so ona na Polotki te podzemni vodi (vidi hemizam na podzemna voda со ознака 63PO016, лоцирана на левата обала од Р. Вардар, с. Raotince, prika'ana vo *Времениот извештај-4, за хидролошко-тарасерски истражувања на подземниите води во Јадовската котлина со посебен осврт врз Жеденскиот масив и изворот "раиче"*<sup>10</sup>, koi prodiraat po rasedni te zoni kaj s.Raotince i se pojavuvaat vo Skopskata Kotlina pri hranuvajki gi lokalni te neogeni sedimenti.

Analogno na ova, i mame sostojba i so dilaboki te podzemni vodi kaj Qubin, so mo' nost na nivna direktna komunikaci ja so podzemni vodi uzvodno od Izvorot Ra{e, po dolinata na Rekata Vardar, (vidi pogore spomnati profili kaj Dvorce i Radu{a), koi poni raat po rasedni te zoni po severoisto-nata strana na @edenski ot masiv i se pojavuvaat povtorno vo Skopskata Kotlina pri hranuvajki gi lokalni te neogeni sedimenti. Vo prilog na ovaa konstatacija zboruva i prisastvoto na zgol emena sodr' i na na Magnezi umot i vo podzemni te vodi od Kondovo so oznaka 63SK036, Saraj, so oznaka 63SK037 i Gr{ec, so oznaka 63SK038 i sekako Qubin so oznaka 63SK058.

<sup>10</sup> *Времен извештај-4, за хидролошко-тарасерски истражувања на подземниите води во Јадовската котлина со посебен осврт врз Жеденскиот масив и изворот "раиче", Технолошко-металуршки факултет, Скопје, Мај-2011.*

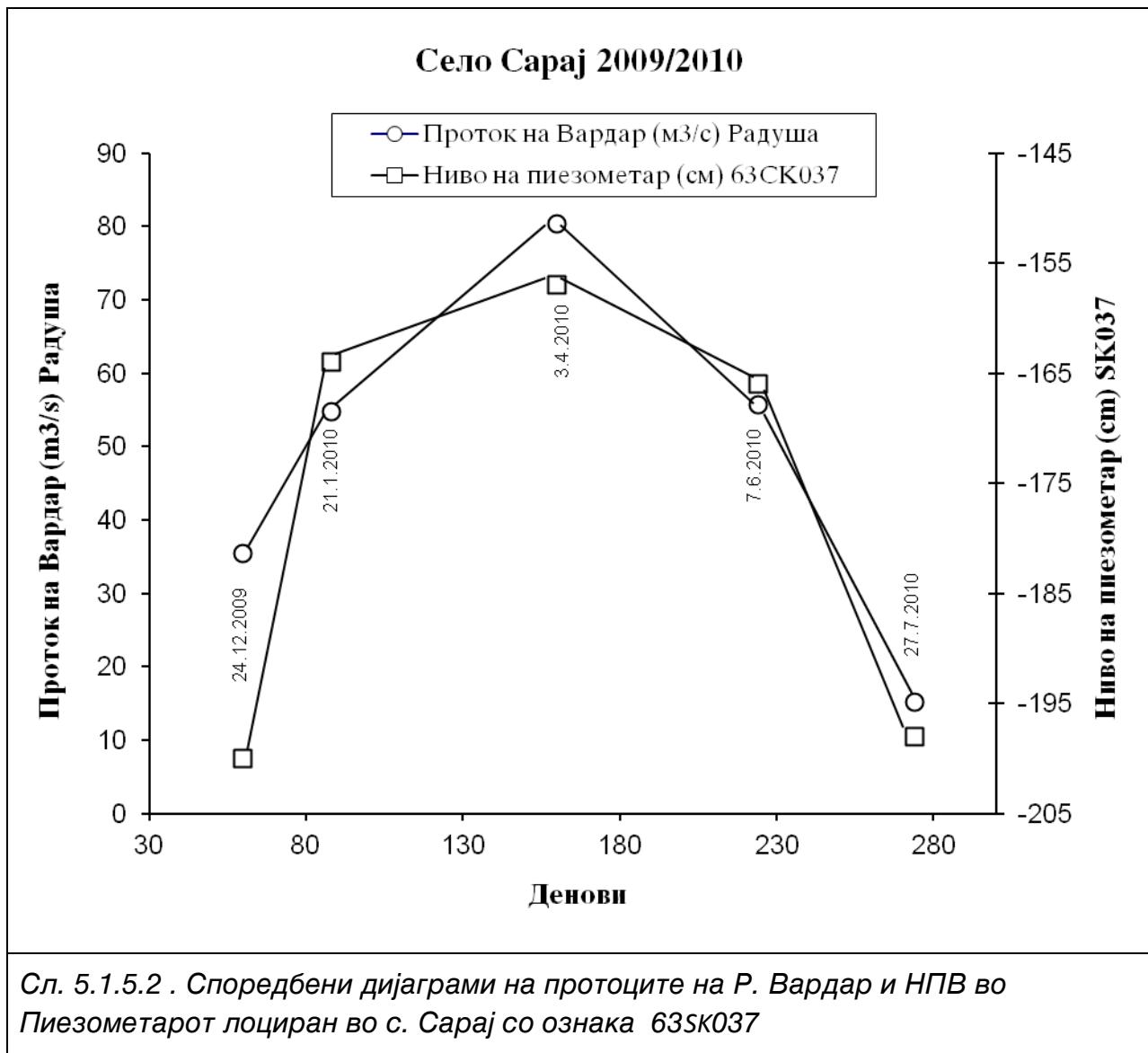
### *5.1.5. Корелација на површински и локални подземни води*

Со цел да се оцени моќноста за постоење на хидролошки корелиации помеѓу површински и локални подземни води, прикааните споредбени дијаграми на протоците на Реките и нивоата на околните (во и внатрешните) подземни води, СИ. 5.1.5.1 - 5.1.5.6.

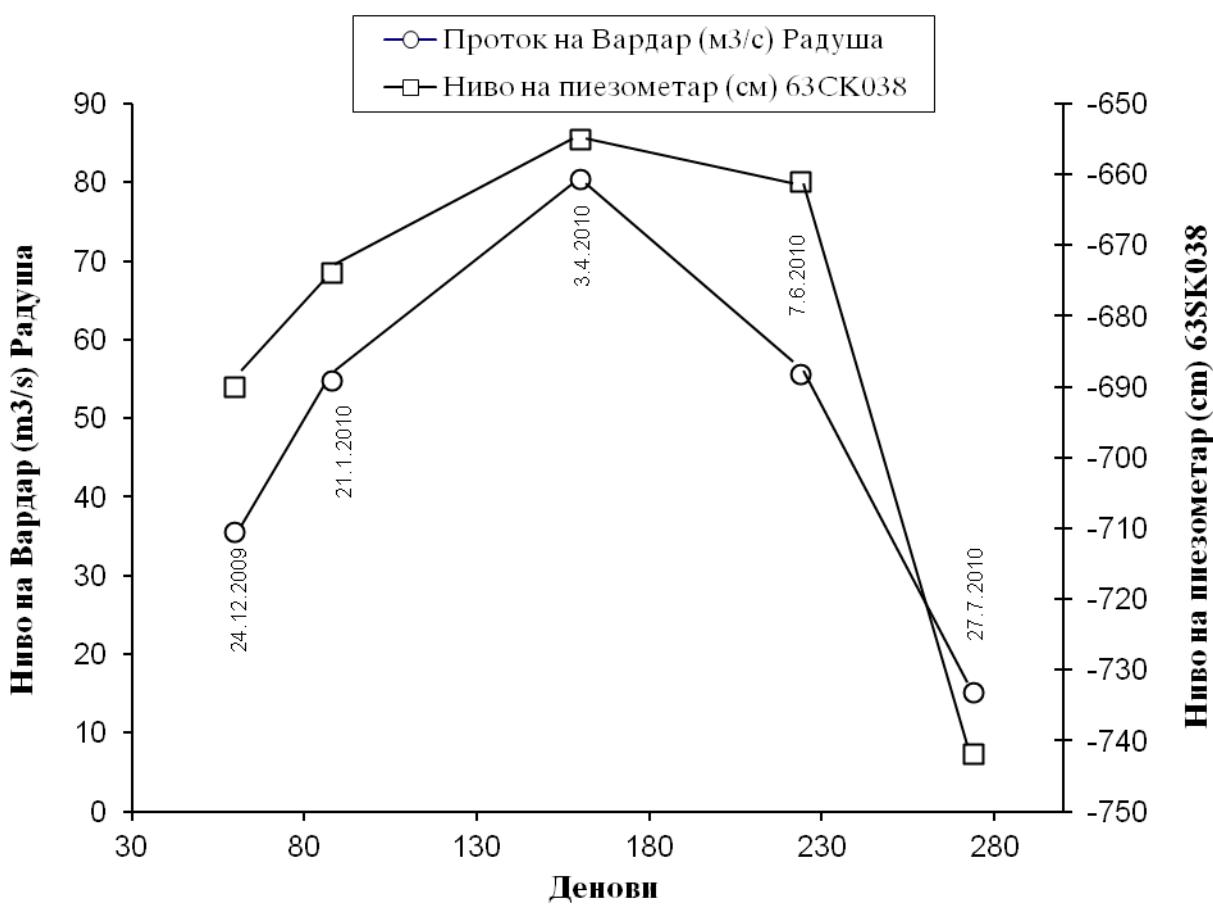


Иако хемизмот на Реката Вардар и водата во Пиезометарот лоциран во с. Кондово со ознака 63SK036, се разликуваат, сепак, во хидролошка смисла тие покажуваат извесна меѓусебна корелација. При високи водостои на Р. Вардар

бележиме и повисоко НПВ односно помали растојанија од устата на пиеzометриската цевка до нивото на подземната вода.

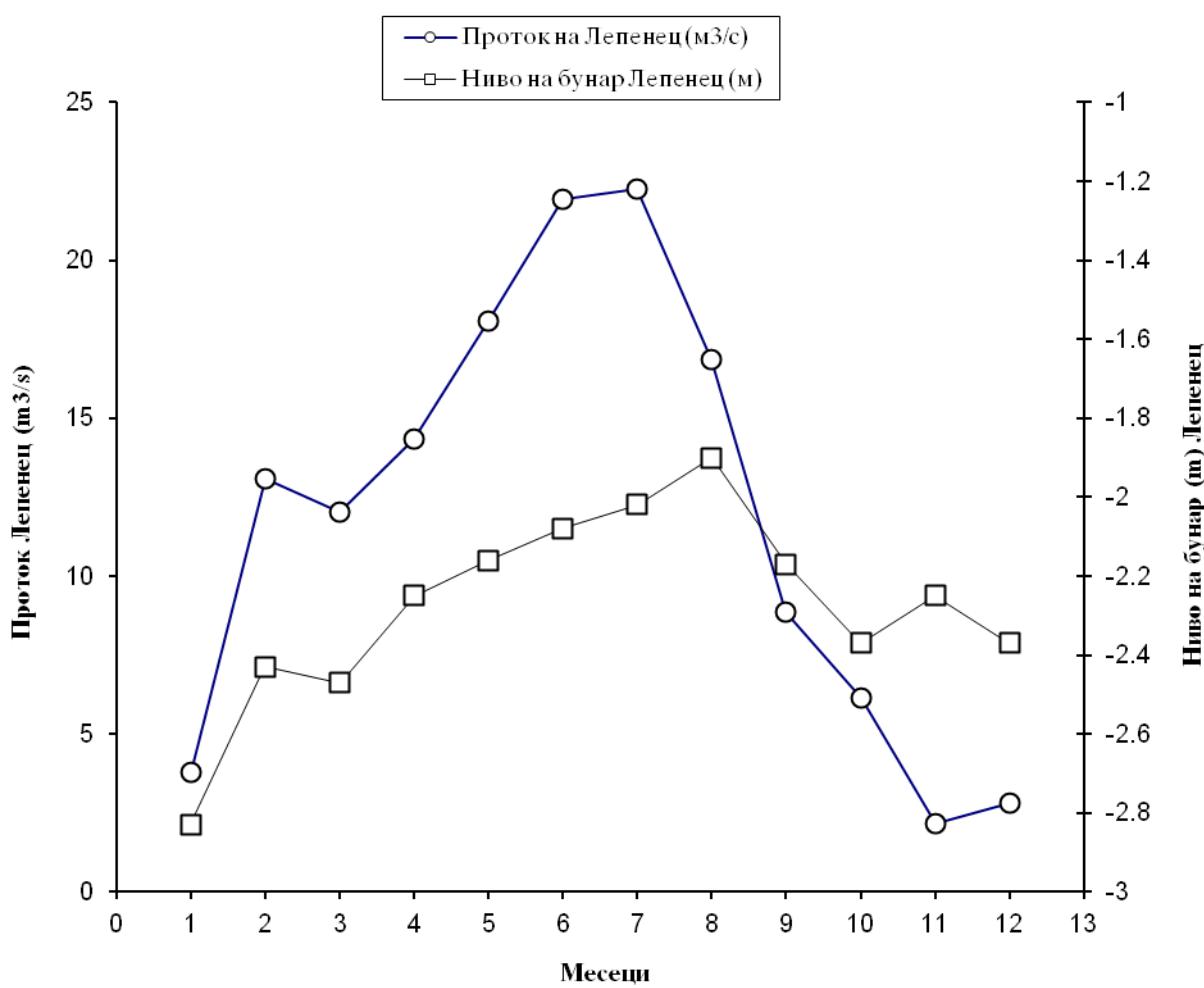


### Село Грчец 2009/2010



Сл. 5.1.5.3 . Споредбени дијаграми наprotoците на Р. Вардар и НПВ во  
Пиезометарот лоциран во с. Грчец со ознака 63SK038

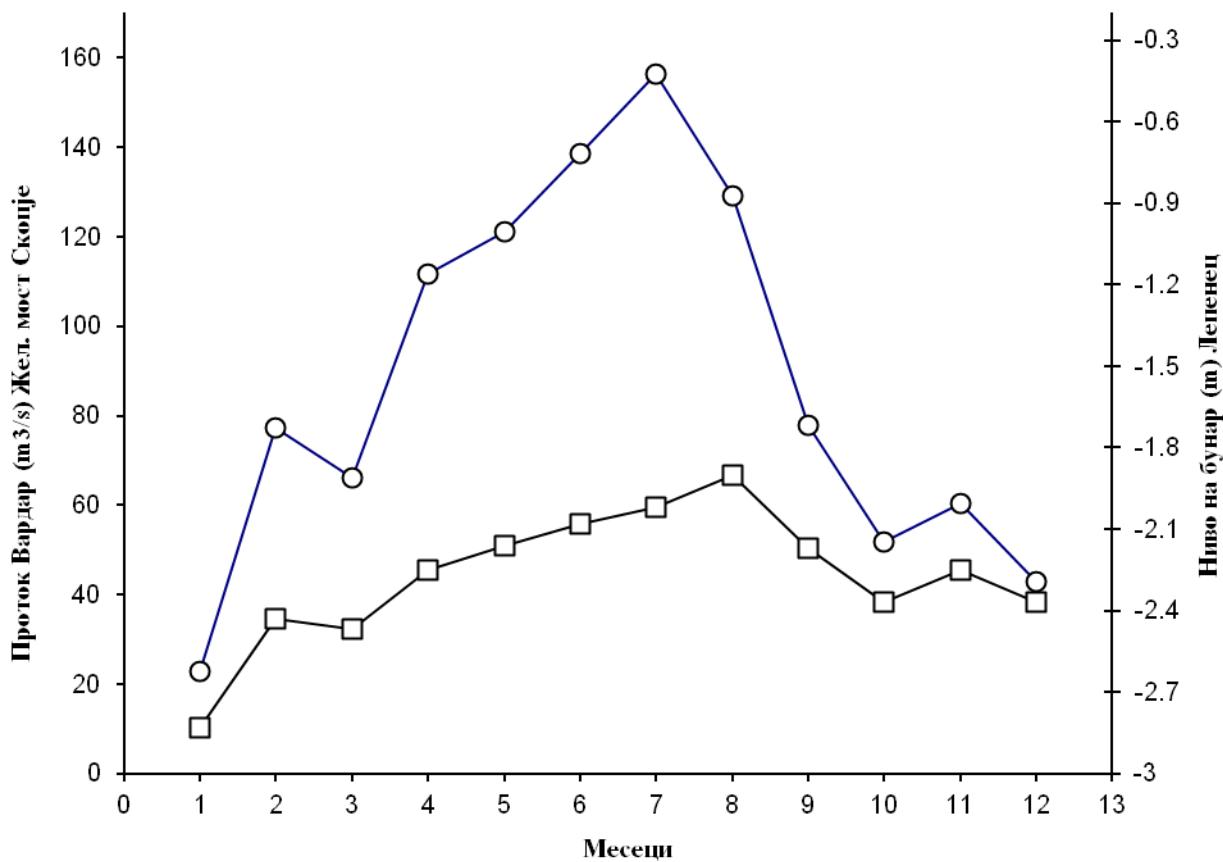
**Проток Лепенец - Ниво на бунар Лепенец Октомври 2009/  
Октомври 2010**



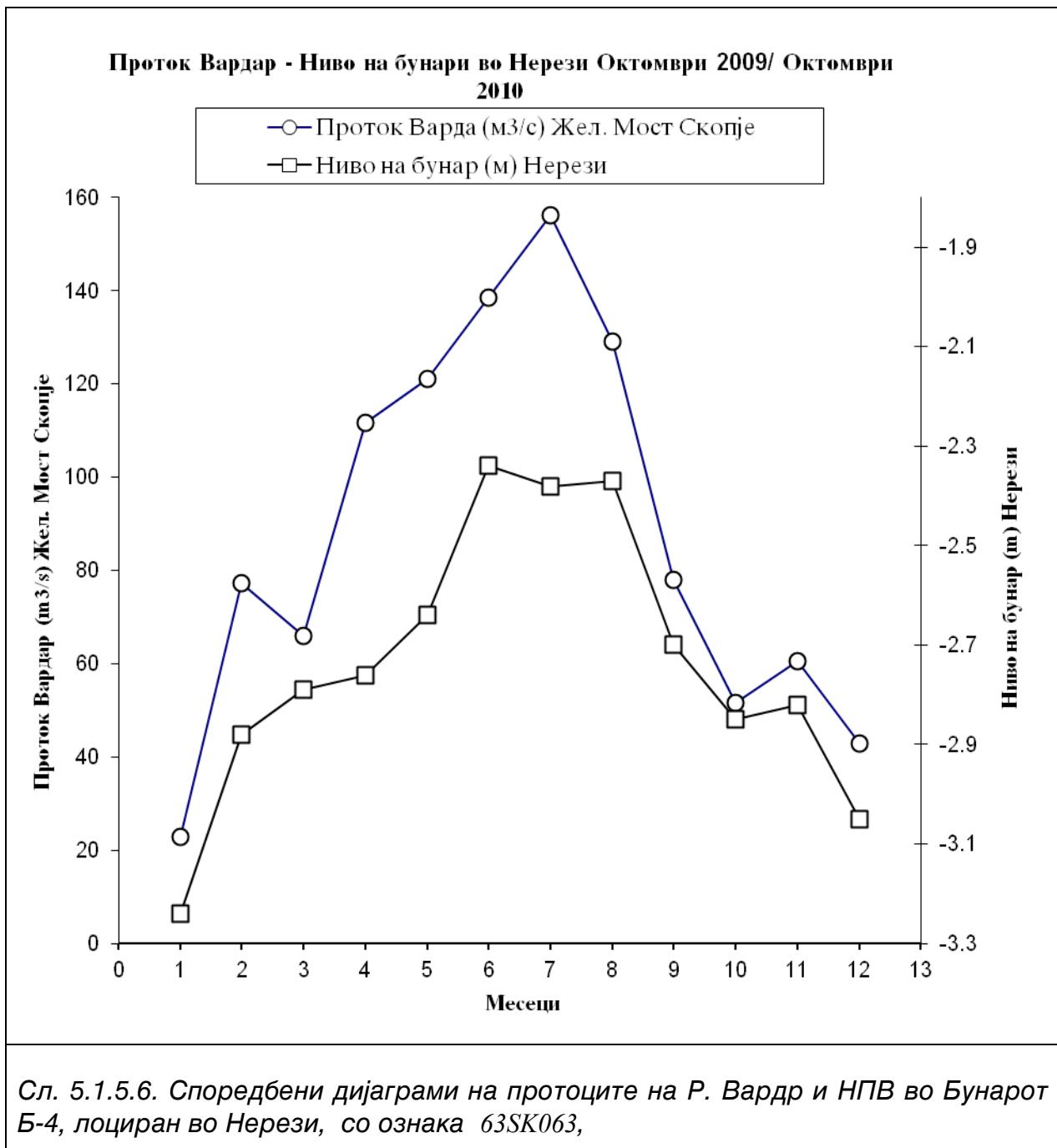
Сл. 5.1.5.4. Споредбени дијаграми на протоците на Р. Лепенец и НПВ во Бунарот Б-1, Лепенец, лоциран во Нерези, со ознака 63SK063,

**Проток на Вардар - ниво на бунар Лепенец Октомври 2009/ Октомври 2010**

—○— Проток Вардар (м<sup>3</sup>/с) Жел мост Скопје  
—□— Ниво на бунар (м) Лепенец



Сл. 5.1.5.5. Споредбени дијаграми на протоците на Р. Вардар и НПВ во Бунарот Б-1, Лепенец, лоциран во Нерези, со ознака 63SK063,



Сл. 5.1.5.6. Споредбени дијаграми на протоците на Р. Вардар и НПВ во Бунарот Б-4, лоциран во Нерези, со ознака 63SK063,

Prika'ani te sostojbi vogl avno uka' uvaat na oscilaci i na ni voi te na podzemni te vodi soglasno promeni te na protoci kaj povr{inski te vodi .

Posebno interesni se podatoci te za oscilaci i te na ni voata na vodi te vo pi ezometriiski ot profili kaj s. Dvorce, Tab.5.1.5.1. Evidentni se hidrauli-ni te gradieni koi upatuvaaat na reverzi bi lnost na nasokata na dvi'ewe na podzemni te vodi vo reonot pomegu pi ezometri te so oznaka 63SK046 i 63SK047. Taka za vreme na

vi soki te vodostoi na Prolet, i mame dvi 'ewe na podzemni te vodi od Ilevi ot bok na Rekata Vardar vo nasoka kon 'edenski ot masi v i obratna (od 'edenski ot i radu{ ki masi v kon Rekata Vardar) za vreme na ni ski te vodostoi .

**TABELA- 5.1.5.1. OSCI LACI I NA NI VOTO NA PODZEMNI TE VODI VO PI EZOMETRI TE OD PROFI LOT VO S. DVORCE**

Р б	Меѓународна Ознака на пиезометаро т	Локација на Пиезометар	Координати Y X Z(m)	НИВО НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ од уста на цевка (м)		
				Ниво на 25.12..2010 (абсолутна кота во м)	Ниво на 26.05.2011 (абсолутна кота во м)	Ниво на 12.10..2011 (абсолутна кота во м)
1	63SK046 (stara oznaka: No. 40/1)	<b>Дворце,</b> Десно од Р.. Вардар (Бо. нива)	42°06'4.66" 21°07'22.0" (4 662 026,05)* (7 514 949,27) Z 342,41±0,03	6,15 (337,16±0,03)	4,60 (338,11 ±0,03)	6,30 (337,01 ±0,03)
2	63SK047 (stara oznaka: No. 41/1)	<b>Дворце,</b> Десно од Р.. Вардар (Бо. нива)	42°06'08.49" 21°10'30.7" (4 662 047,59) (7 514 938) Z 342,55±0,03	6,80 (337,12±0,03)	522 (338,7±0,03 )	7,05 (336,87±0,03 )
3	63SK048 (staraoznaka: No. 42/1)	<b>Дворце,</b> Лево од Р.. Вардар (Бо. нива)	42°06'10,63" 21°10'30.59" (4 662 097,24) (7 514 913,49) Z 342,90±0,03	6,05 (337,55±0,03)	3,90 (339,7±0,03 )	6,27 (337,330,03 )

5.1.6. Izgотувуване на Hi drogeo{ ka karta na Skopskata Kotli na 1: 25 000

Хидрогоеолошката карта на Скопската котлина на потегот од вливот на реката Лепенец во Вардр до изворот Рашче во  $M=1:25.000$ , изработена е само за равничарскиот дел на регионот со непосредниот обод на котлината опфа ајки ја планината .

Prema dobi eni te rezul tati od sega{ ni te prou-uvawa na hi drogeol o{ ki te karakteri sti ki na sedi menti te so koi e i spol neta Skopskata kotl i na, uka' uvaat deka pri sustvoto na gol ema kol i ~ina na voda vo i stat a e vo tesna zavi snost od hi drogeol o{ ki te karakteri sti ki na karpi te koi se zastapeni na nejzi ni ot peri feren del . Toa, posebno se odnesuva na zapadni ot peri feren del , kade { to se zastapeni karstni te tereni . Me|utoa, koga se vo pra{ awe podl aboki te del ovi na ezerski te sedi menti vo Skopskata kotl i na, vli jani eto od peri ferni te del ovi bez somneni e e mnoqu zna~ajna.

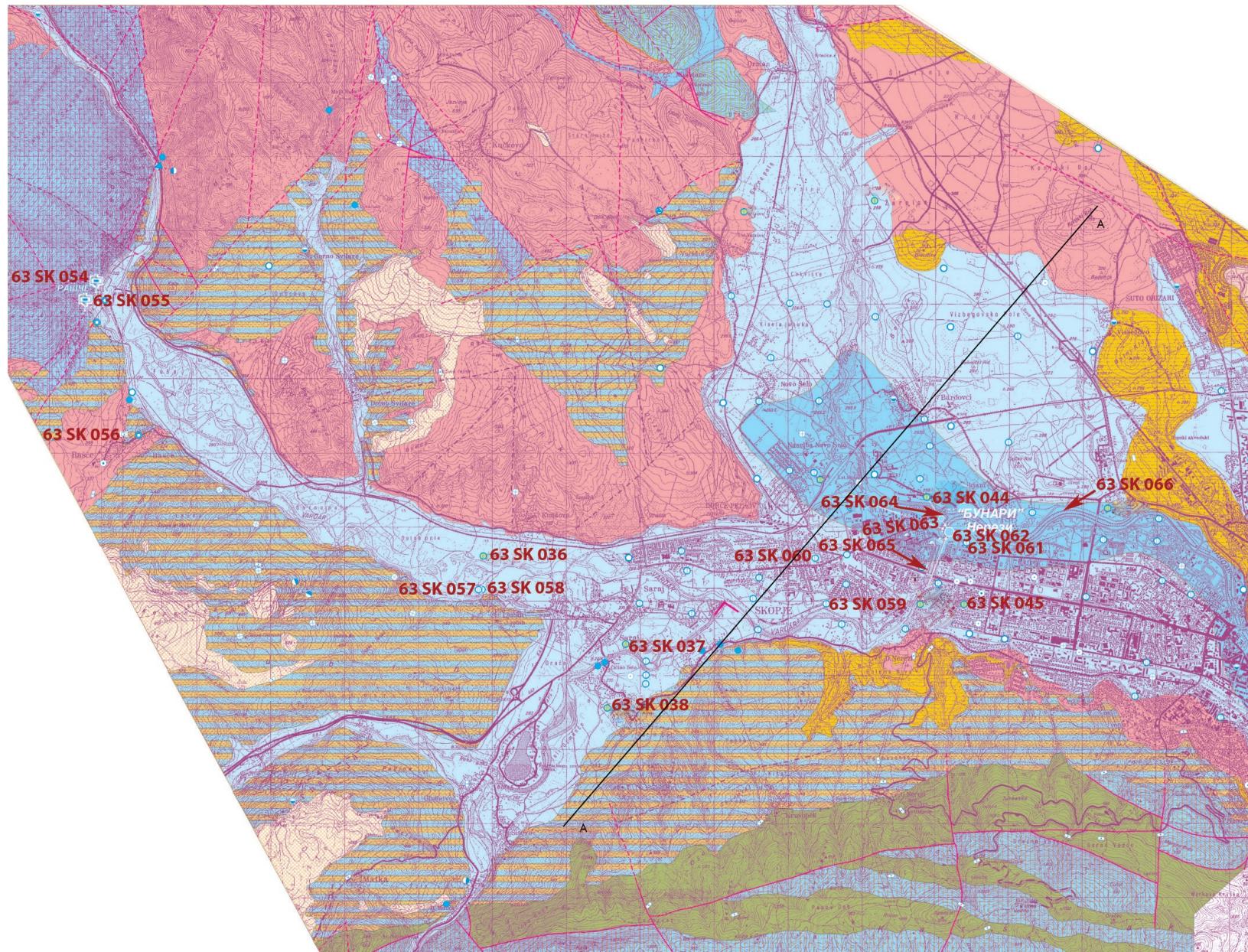
Reooni zaci ja na terenot po ti povi na i zdani i i zda{ nost

Spored

.5.1.6.1. e vo razmer 1:25 000.  
i pri dru' ena so legenda soglasno i zvr{ enata reoni zaci ja po ti povi na i zdani, . Profil ot vo pravec na R. Treska-R. Lepenec, daden e na SI. 5.1.6.2. Dopol na na dadenata legenda od Hi drogeol o{ kata karta pri ka' ana e na Tab. 5.1.6.1.

**ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА  
СКОПСКАТА КОТЛINA**

1:25000



Сл. 5.1.6.1. Хидрогеолшка карта на скопската котлина 1: 25 000



Reoni zaci jata na Skopskataa kotlina po t'i povi na i zdani e i zvr{ ena vrz baza na strukturata na poroznosta na karpesti te masi vo koi t'i e se formirani. Sprema toa, terenot e reoni ran na:

- Терени со збиен таји на издани, формирани во седиментни маси со интаргрануларна йорозносит;
  - Терени со јукнатаински таји на издани формирани во карбеситиште маси со јукнатаинска йорозносит;
  - Терени со карстен таји на издани формирани во карбеситиште маси со кавернозна йорозносит;
  - Терени со карстно-јукнатаински таји на издани, формирани во карбеситиште маси со комбинирана карстно-јукнатаинска йорозносит;
  - Условно безводни, односно мошне слабоводоносни терени.

Na priloženata hidrogeološka karta (sl. 5.1.6.1.), spominati te tipovi na izdani se označeni so tri osnovni boji, koji spremaju vodooblast na terenot, upotrebeni se različni ni jansi od istite. Zbieni te tipovi na izdani se označeni so tri ni jansi na si na boja, puknati nski ot tip so dve ni jansi na zelenata boja, dodeka karstni ot tip na izdani označene so dve ni jansi na 'olata boja.

Karpesti te masi kaj koi vo pogol ema mera preovl aduvaat i zol atorski te hi drogeol o{ ki osobi ni , odnosno bezvodni te tereni , se ozna~eni so kafeava boja.

**TABELA-5.1.6.1. REONI ZACI JA NA TERENOT POTI POVI NA I ZDANI I KOEFICI ENTI NA FI LTRACI JA**

<b>ZBI ENTI P NA I ZDANI СО ПОТТИПОВИ</b>	
	Močne i zdačni tereni preku 10 l/s. (Kf. $10^{-2}$ cm/s.)
	Dobro i zdačni tereni od 1-10 l/s. (Kf. $=10^{-2} - 10^{-3}$ cm/s.)
	Slabot i zdačni tereni od 0.1-1 l/s. (Kf. $10^{-3}$ cm/s.)
<b>РУКНАТИ НСКИ TI P NA I ZDANI СО ПОТТИПОВИ</b>	
	Dobro i zdačni tereni od 1-10 l/s. (Kf. $=10^{-2} - 10^{-3}$ cm/s.)
	Slabot i zdačni tereni od 0.1-1 l/s. (Kf. $10^{-3}$ cm/s.)
<b>КАРСТЕН ТИП НА ИЗДАНИ СО ПОТТИПОВИ</b>	
	Močne i zdačni tereni do slabot i zdačni tereni $Q > 100$ l/s
	Dobro i zdačni tereni $Q < 10$ l/s
	<b>БЕЗВОДНИ ТЕРЕНИ ИЗВОРИ СО ПРОТОК <math>Q &lt; 0,1</math> l/s</b>

Zbi eni ti povi na i zdani

*издан со слобоно ниво*

Ovi e i zdani se formirani vo so močne i zrazena intergranularna poroznost. Zafaaat gol em prostor vdol' te-eni eto na r. Vardar, ni z nejzi nata re-na dolina, kako i vdol' te-eni eto na nejzi ni te pri toki Treska Lepenec, Ovi e tereni na prika' anata karta se označeni so temna si na boja. Ti e

zafajaat golemo horizontalno prostranstvo. Vodonosni te karpesti masi, pretstavuvaat al uvijalni naslagi sostaveni od različno granulirani -akali i pesok so mal procent na glij novi i pesok, vo koi preovlađuva krupnata frakcija.

Spored vodopropustli vosta i izdajnosta (tegost), vo Skopskata kotlina mo'at da se i zdvojat različni reoni. Najgolemi rezervi na podzemni vodi vo zbieni te izdani, akumulirani se vo al uvijalno-terasni te naslagi na r. Vardar. Lepenec.

Al uvi onot na r. Vardar, i toloko{ki e pretstaven so -akali i pesoci, na mesta so glijni so promenli i va debeli na. Najgolema e debeli nata

. Vsu{nost toa e neogena mi krodepresija zapolneta so spomenati te naslagi ~i j koeficient na fizički traci ja  $KF = 10^{-1} - 10^{-2}$  / ,

$KF = 14,5 \cdot 10^{-4} \text{ sm/sekolja}$  izdani te od ovojtip, voglavno gi pratat re~ni te tekovi kako {to se Vardar . Karpesti te masi od koi se sostaveni i astra' uvani te lokali teti, dozvoluvuvaat poni rawe na pogoljemi kolici na atmosferska voda i voda od podelni te reki, koi na mesta na terenot imaat uloga na hrani tel i na podzemni te izdani .

### **Мошне издашни збиени издани**

Mo{ne izdajnosti izdani se formirani vo dolinata na r. Vardar, potoa vo dolinata na dolniot tek na r. Treska, pri nejzini usti na Vardar, kako i pri usti eto na r. Lepenec i drugi lokalni teti na Skopskata kotlina, koi mo'at da se vidat na prilozetna hidrogeolo{ka karta (sl. 5.1.6.1.). Na si te nivima goljem broj na bunari ~ija voda e od postojan karakter. So istra'ni te raboti koi se izvedeni na Skopskata kotlina vo grupata **на мошне издашни хидро{геолошки колек{тори-резервоари** se staveni karpesti te masi so izrazi i intergranularna poroznost, koi po svojata prostorna poljba imaat uslovi da formiraat (akumulirati) mo{ne izdajnosti izdani so silobodno ni vo. Taka na primery vo reonot na Karpo{ -Taftali xe debeli nata na kolекторot i znesuva 3-7 m. Vo reonot na me|ure-jeto Vardar-Treska do ~or{e Petrov, potoa Lepenec-Bardovci - Novo Selo, kako i vo eden del vo potesni ot centar na , odnosni ot kolектор i znesuva do 20 m debeli na (vodonosen stolb).

Treba da se napomene deka toa se prvi te (pri povr{inski) vodonosni horizonti. Vo podlабокото подземје во овие lokalni teti, spored postoe{ki te podatoci, postoi mo{na podzemna izdanja od zbieni tip, ~ija debeli na i znesuva i preku 50 m, a se na{ja na dlaboko{na od 100-150 m. Takvi lokalni teti me|u drugi te se reonot na ~or{e Petrov (-, i dr.

Toa e zna~ajna akumulaci ja na podzemni vodi koja mo' e da bi de i zvor od pogol ema va' nost za vodosnabduvawe na nasel eni te mesta vo ovoj reon.

Druga sl i ~na akumulaci ja se nao|a vo central ni ot del na Skopskata neodepresija, i sto~no i JI od gradot i toa na 180 m, dl abi na so debel i na pove}e od 50 m. Ovaakumulaci ja na sl obodni podzemni vodi posebno e zna~ajna za cel okupni ot stopanski razvoj na Skopskata kotli na. Od nea mo' at da se dobi jat zna~ajni kol i ~ni na voda za snabduvawe na industrijata i nasel bi te so voda za pi ewe i industriski cel i , kako i za navodnuvawe na plodni te povr{ i ni . Treba da se i stakne deka skoro si te hi drotehni -ki re{ eni ja vo Skopskata kotli na mora da vodat smetka za racionalno i pravilno koristewe na vodi te od ovi e kolektori od zbi en tip. [ to zna~i , treba da se vodi smetka za pravilnoto tro{ ewe na spomenati te vodi , odnosno za regulirawe na re' i mot na ovi e prostorni i zdani . Potrebno e pri idni te hi drotehni -ki re{ eni ja da se vodi smetka za da ne dojde do poremetuvawe na re' i mot na spomenati te i zdani koi se formi rani vo al uvjoni te vo Skopskata kotli na.

Treba da se napomne deka so regulaci jata na kori toto na r. Vardar, zabel e'ano e op{ to spu{ tawe na ni voto na podzemnata voda vo Skopskata kotli na . no toa ne smeta za ponatamo{ nata ekspl oataci ja na i stata od podl abokata i zdan.

Po svojata polo' ba vo reljefot, prostorni ot raspored, odnosot so reka Vardar i utvrdeni te filtri traci oni karakteristi ki , ovi e tereni pretstavuvaat najva' ni kolektori -rezervoari na podzemnata voda vo regionot. Postaveni te vodozafati na ovoj i zdan, poka' uvaat na mo' ne zna~ajna ekspl otaci ona i zda{ nost na i sti te. Grani ci te na ovoj i zdan na povr{ i na vogl avno go sl edat tekot na reka Vardar na dol ' i na od 5-10 km, so razli~na { i ro~i na od nekolku stotici metri . Debel i nata na nasl agi te vo ovoj tip na zbi en i zdan e razli~na i se dvi ' i od 5-10 m vo gradskoto podra~je, a do 100 m vo mi kroneodepresi i te Lepenec Vardar

Vo podl aboki te neogeni -ezerski sedimenti ,koj zapolnuvaat kotli nata ,postojat pove}e sl oevi i so-i va na pesokli i vo ~akal esti sedimenti , po karaker kolektori na podzemnata voda.Vo ti e materijal i se formiraat i sto tak a zbi en tip na i zdani pod pri tisok t.n. **аршеска издан**. Karakteristika na ovaa i zdan e nejznata zatvorenost ,mo' ne spora vodozamena i za{ ti tenost od nadvore{ ni zagaduva~i .

### **Добро издаини тщерени**

Nosi tel i na ovoj i zdan od zbi en tip se prol uvi jal ni te sedimenti , potoa ~akal esto-pesokli i vi sedimenti , so proslojci na glini , suglini i dr. karpesti masi so zna~i tel no zgol emeno u~estvo na si tnozrnesta frakcija, so odraz na smaleni

filtracioni vrednosti. Nivnata i zda{nost naj~esto se dvi' i od 3-5 l/s, no vo i skl u-i telni okolnosti, i zda{nosta vo ni v dosti gnuva i do 10 l/s.

Ovi e izdani neposredno gi obikoluvaaat predhodno opisani te i istite gi pretstavuvaat sovremenite aluvijalni naslagi vo gornite tekovi na reki te vo regi onot, kako i terasni te naslagi na reka Vardar, Treska,i Lepenec..

Za razlika od predhodno opisani grupa, vo ovaa se zastapeni sedimenti, kako od kvarterna, taka i od neogena starost, so {to do i zvesna mera se uslovi nuvaat i hidrogeolo{ki te karakteristi{ki .Debelina na naslagi te vo koi ti e se formirani , vogl avno se dvi' i od 10-20 m.

### ***Слабо издашни шарени***

Pilotki te aluvijalni , deluvijalni i proluvijalni naslagi , koi se rasprostraneti vo dolnite padinski delovi na neposrednata perioderija na kotlinata, kako i vo pesokli vo--akal estite sloevi , vo neogenski ot ezerski kompleks svrsteni se vo ovaa grupa na tereni . Vo spomenati te naslagi naj~esto se formirani lokalni izdani , vo koi postoi bavno i periodi ~no prihranuvawe so voda, vogl avno od atmosferski te vrne' i . Vo kvarterni te naslagi se formirani zbieni izdani , so slobodno nivo, a vo neogenite postojat i izdani pod periodi sok .Spomenati izdani se formirani vo severni ot del od kotlinata, Debelina na ovi e sedimenti e mo{ne promenli i va i se dvi' i od nekolku metri , duri do 80 vo pooddelni mikroneodepresi , {to e konstatiran so dup~ewa pod aluvijalni kompleksi kako {to e reonot vo Nor~e petrov registri ran so pi ezometarot 63 SK059,l evo od rekata Vardar do novoto fudbal sko i grali {te. So ogl ed na raznoli{kosta vo genezata, postojat razliki i vo litologii{ki ot sostav na tereni te vo ovaa grupa. Vo aluvioni ot i povisoki te terasni otseci , naj~esto se zastapeni pesoci , glini i ~akal , vo razli~en soodnos i mineralni ko-petrolni ki sostav. Deluvijalni te nanosi , pretstavuvaat produkt na rasparawe na stari te karpesti masi i pomladite pliocenski naslagi , koi nezna{i telno se dvi' at niz padini te do poni{ki te delovi . Naj~esto toa se glinoviti pesoci , ~akali , i par{i wa od razli~en sostav. Filtracionite karakteristi{ki vo ovi e naslagi se dosta poslabi , vo odnos na dvete predhodni grupi .

### ***Шукнаштински шар на издани***

Ovoj tip na izdani se formirani vo karpesti te masi so puknatinска poroznost. Nosi telni na ovi e vodi se kristal estite {kristali od visoki ni zok kristalinitet, koj se zastapeni vo periodi te delovi od Skopskata kotlina. Tuka

se staveni kredni te konglomerati i pesonici, peri doti ti te, serpenti ni ti te, pi rokseni ti te i drugi karpesti masi, ~ija poroznost e slabo izrazena. Rasprostraneti se S-SZ delovi od terenot. Zaedni ~ki karakteristiki na ovi e karpesti masi, e nivnata intenzi vna i spukanost-i zdel enost so pojava na pravi i ni puknati nski sistemi, koi vsu{ nost predstavuvaat pravci i prostori za dvi' ewe i akumul i rawe na podzemni vodi.

Vrz baza na intenzi tetot na i spukanosta, pojavata na izvori i ocenkata na prirodna ovodnetost, ovi e karpi, nosi tel i na puknati nski tip na izdani (razbieni), se podeleni na dve podgrupi: *добро издании јерени и слабо издании јерени*.

### ***Добро издании јерени***

Vo ovaa podrazje se uvrsteni tereni te kade se zastapeni serpenti nski karpesti masi (Radu{ ki masi v). Lokalno i vo drugi te karpesti vrsti postojat zoni so pojntenzi vna ovodnenost, posebno vdol' golemi te rasedni zoni i puknati ni.

Serpenti ni tot se javuva vo vid na pogolemi tela, mo{ ne zdrobeni i u{ kriileni, bi dej}i se nao|aat na pravci te na najintenzi vni te deluvawa na tektonski te pri ti soci, { to pokraj drugoto stvaraat povolni uslovi za dvi' ewe i akumulaci ja na podzemnata voda.

Povr{inskata grana na ovi e izdani, se poklopava so i toloto kata, vo reoni te kade { to serpenti ni ti te kontakti raat so bezvodni te i i slabo izdati te tereni (fili{), a na kontaktot so karsti fikuvani te mermeri (@eden) i aluvioni te na reki te taa e prividna bidje}i postoi me|usebna vrska na ovi e izdani. Vertikalni te grani ci, se sovpjaat so dlabi nata na i spukanosta na karpesti te masi i odi od nekolku desetici do pove}estoci metri.

I intenzi tetot na i spukanosta e osnova za ocenkata na filtri traci oni te karakteristiki, pa i mame mo{ ne { i roki ramki na ovoj parametar, od maksimalni te do relativno niski vrednosti za koeficientot na filtracija. Prirodni te izvori vo ovi e tereni naj~esto se so izdati nasto od 3-5 l/s. Vrz osnova na nabqduvawata na oscilaci i te vo izdati nasto na izvori te i sporedni te ni vogrami, pome|ju izdati nasto na izvori te i intenzi tetot na vrne' i te vo istra' uvani ot reon, o-i gl edna e neposrednata vrska na re' i mot na izdanot i peri odi te na intenzi vni te vrne' i.

Vo ramki te na ovaa izdan i toa na kontaktot so karsnata izdan na @eden, kaj Radu{ a, sre}avame i izvori od mineralni vodi, koi iako poznati i koristeni od lokalnoto naselenie seu{ te se nedosti stra'eni. Genezata na ovi e izvori so mineralni vodi se vrzuva za rasednata tektonika a mineralni zaci jata sekako za poznatoto rudno naojal i { ten a hrom vo peri doti tski ot-duni tski masi v.

## **Слабо издадини терени**

Ovi e tereni se i zgradeni od najstari te gnajsno-mi ka{ i stni karpi , kako i od razli~ni staropal eozoi ski { kri lci i poodel ni neogeni sedimenti , i maat zaedni ~ka crta, vo odnos na razvieni ot puknati nski sistem, so pomal i intenzi tet, odnosno koeficient na i spukanost, na masi vi te koi se osetno pomali od kolku kaj serpenti ni ti te. Na mestata na prirodni te i stekuvawa, na podzemni te vodi , koi cirkuliraat vo masi vi te, se zabel e' uvaat i zvori so i zda{ nost koja obi~no e pomala od 1l/s. Opi { ani te tereni po svojot sostav, tektonski te karakteristi ki i pol o' bata na reljefot, pretstavuvaat podra~ja na koi e intenzi vno povr{ i nskoto i stekuvawe. Infiltracijata e svedena na rasedni te pravci i sistemot na puknati te, taka { to vo ovi e masi vi , general no gl edano postojat razbieni i zdani , koi sprema rasprostranetosta na karpi te, nosi tel i na podzemni vodi , se pomali i sprema koeficientot na poroznosta, rezervite na podzemni te vodi se ralati vno mal i . Ova uka' uva deka stanuva zbor za formirani edinstveni i zdani , samo vo ramki te na prostorot na i spukanosta, a vertikalno do dlaboko~na koja e opfadena so procesot na i spukanosta i rasednatosta.

## **Tereni so karstino-~tuknainski tip na izdani**

Kako { to e poznato, osven geologiki te, tektonski te, geomorfologi te i hidrogeologi te ~ini tel i , za formiraweto na karstot golemo zna~ewe i maat i litogenetski te osobenosti na karbonatni te karpi , karakterot i stepenot na nivnata tektonска о{ tetenost, prostornata i hipsometri ska pol o' ba vo reljefot, nivnata geologika starost, kako i stepenot na rastvorili vosta na karpi te, pod dejstvoto na povr{ i nski te i podzemni te vodi .

Bi dejji , karbonatni te karpi , vo ramki te na istra' uvani ot prostor, se mo{ ne stari (prekambriiski i paleozoiiski), a tektonski dosta izrasednati i i spukani , seto toa doprinelo vo niv i zrazi to da se razvije karstifikaci jata. Karbonatni te masi se odlikuvaat so karakteristi~na puknatinisko-kaveronozna poroznost, na mesta crevasta i sungerasta (karstna poroznost).

So dosega{ ni te istra' uva i zvр{ eni na @edenSKI OT KARST, osobeno istra' uvawata od strana na Keki } (1986), prema perioderijata na Polo{ kata kotli na, toa vo celost e potvrdeno.

Kako { to se gleda od prilo{ enata hidrogeologika karta (sl . 5.1.6.) i pretstaveni ot hidrogeologici profili vo periodite delovi na Skopskata kotli na, karstni te tereni , najgolemo rasprostranuvawe i maat vo zapadni ot del od kotli nata, odnosno na terenot koj ja zafaja planata @eden.

Vrz osnova na konstati rani te i zda{ nosti na i zvori i vrel a kako i vrz baza na i intenzi tetot na i spukanosta vo karbonatni te karpesti masi na ovoj del od regi onot i zdvoeni se dva osnovna podti pa na i zdani :

- mo{ ne i zda{ ni tereni so  $Q > 100 \text{ l/s}$ ;
- dobro do sl abo i zda{ ni tereni so  $Q = 1-10 \text{ l/s}$

### **Жеденска карситен издан**

Plani nata @eden pretstavuva horst i zdi gnat nad 1200 m, ograni ~en so rekata Vardar, kako epi genetska probajni ca i Radu{ ki ot peri doti tski masi v na severnata i severoi sto~nata strana; so neogeni sedi menti na Pol o{ kata kotl i na na zapad; so neogeni te sedi menti na Skopskata kotl i na na jugoi stok i grani ~nata masa (zona) na metamorfni di jabazi i zeleni { kri lci na jug.

@edenski te mermeri bi l e zafateni so procesot na dl aboka karsti f i kaci ja mnogu porano od ezerskata faza na tal o' ewe na neogeni te sedi menti , kako vo Pol o{ kata, taka i vo Skopskata kotl i na.Dl abokata karsti f i kaci ja na @edenski te mermeri i mnogu povol ni te hi drogeol o{ ki karakteristi ki na ezerski te sedi menti na Pol o{ kata kotl i na ovozmo' uva podzemno pretekuvawe od Pol o{ ki te i zdani vo sosedni te, hi psometri ski poni ski , @edenski karstni i zdani .Vo pri hranuvaweto na @edenski ot karsten i zdan so podzemna voda od Pol o{ kata kotl i na, pred ve}e utvrdenoto prel i wawe na freatski te i zdani , i stra' uvawata poka' aa akti vno u~estvo na arteski te i zdani . Poradi prel i waweto na ovi e vodi arteski ot pri ti sok vo bl i zi na na @eden pomi nuva vo subarteski .

Rezul tati te od i stra' uvawata programi rani preku Proektot uka' uvaat deka i stekuvaweto na vodata preku vrel oto Ra{ ~e, vo gol em del podzemno i stekuva vo Skopskata kotl i na po i sto~ni ot peri feren del na @edenski ot karsten masi v. Ovaa voda peri ferni te del ovi ne mo' at da ja pri fatat cel osno poradi relati vno mal i ot koeficient na filtracija na neogeni te sedi menti na Skopskata kotl i na, kako i na Radu{ ki ot peri doti tski masi v. Konstatacijata deka gol em procent na podzemna voda se vleva vo Skopskata kotl i na go potvrdija i hi drogeol o{ ki te dup~ewa preku i zrabeteni te piezometri vo s.Qubin i Nor~e Petrovkade se regi stri raa i zda{ nosti na podzemna voda preku 3 l/s kako { toe sl u~ajot so pi ezometarot 63 SK0 58 vo s.Qubin.

I stra' uvawata vo vrska so potekl oto na vodata vo vrel oto Ra{ ~e poka' a deka @edenski ot karsten i zdan e mo{ ne karakteristi ~en od pove}e pri ~i ni . Pred se, po kol i ~inta na voda koja varira od 2,8 do 8,5  $\text{m}^3/\text{s}$ , kol ku { to i znesuva i zda{ nosta na spomenatoto vrel o vo tekot na godi nata. Prema rezul tati te od dosega{ ni te i stra' uvawa se konstati ra deka @edenskata karsna i zdan treba da se treti ra kako kol ekto-rezervoar pod kotata 300, { to zna~i do nadmorska vi si na

koja odgovara na zonata na i stekuvaweto preku vrel oto Ra{ ~e. Vo toj sl u~aj osnovnata karakteri si tka na i zdanot vo ' edenski te mermeli e intenzi vno me{ awe na vodi te, koi se formi raat vo sami te karstni i zdani od neposredni te vrne' i , kako i od podzemni te vodi vo Pol o{ kata kotl i na, i Vardarski te vodi , koi poni raat, bi l o vo Pol o{ kata kotl i na i l i vo Dervenskata kl i sura.

## 5.2. TRASI RAWE NA PODZEMNI TE VODI

### 5.2.1. Трасирање со помош на Природни изотопи

#### **Специфични изотопи, односите на $^2\text{H}/^1\text{H}$ ( $\delta ^2\text{H}$ ) и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ( $\delta ^{18}\text{O}$ )**

Odnosi te na pote{ ki te i pol esni I zotopsi na mol ekul ata na vodata kako nejzi ni i deal ni traseri vo nejzi ni ot hi drol o{ ki ci kl u s obi ~no se pri ka' uvaat kako del ta (  $\delta$  ) vrednosti v) promi li ( %0), sogl asno sl edni ot i zraz /1/,

$$\delta = ( R - R_{\text{SMOW}} / R_{\text{SMOW}} ) \cdot 10^3 \quad (1)$$

kade { to, R i  $R_{\text{SMOW}}$ , se izotopski odnosi ( D/H or  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  )na primerokot i na arbi trarno i zbran standard, V-SMOW, respekti vno. Kako rezultat na razli kata vo pri ti soci te na vodata vo atmosferata koja doa|a od razli ~ni speci i na vodata, pri satni se frakc ionaci oni procesi osobeno pri promenata na sostojbata na vodata. Taka vo vo sporedba so te-nata faza, vodenata parea e posis rom{ na so pote{ ki te izotopi .

Ova izotopsko osi rom{ uvawe, raste geograf skata i nadmorska vi so-i na. Od tamu, dobi eni te vrednosti kaj podzemni te vodi od interest bi mo' el e da uka' at na zoni te na ni vnoto hrane we<sup>11</sup>. Sezonski te vari jaci i na pote{ ki te izotopi so zgol emuvawe na ni vni te vrednosti , raste so poka~uvawe na temperaturata. Vo ova nasoka, vo letni te meseci bele' i me rne' i so pogol emi koncentraci i na pote{ ki te izotopi . Vrz osnova na mnogu meteorolo{ ki stani ci di sperti rani nasekade na na{ ata planeta od kade se sobi raat vrne' i poradi opredel uvawe na Tri ti umot i odnosite na  $^2\text{H}/^1\text{H}$  (  $\delta ^2\text{H}$  ) i  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (  $\delta ^{18}\text{O}$  ), dobi ena e funkci onal na zavisnost na  $\delta ^2\text{H}$  od  $\delta ^{18}\text{O}$  spored sl edni ot i zraz /2/,

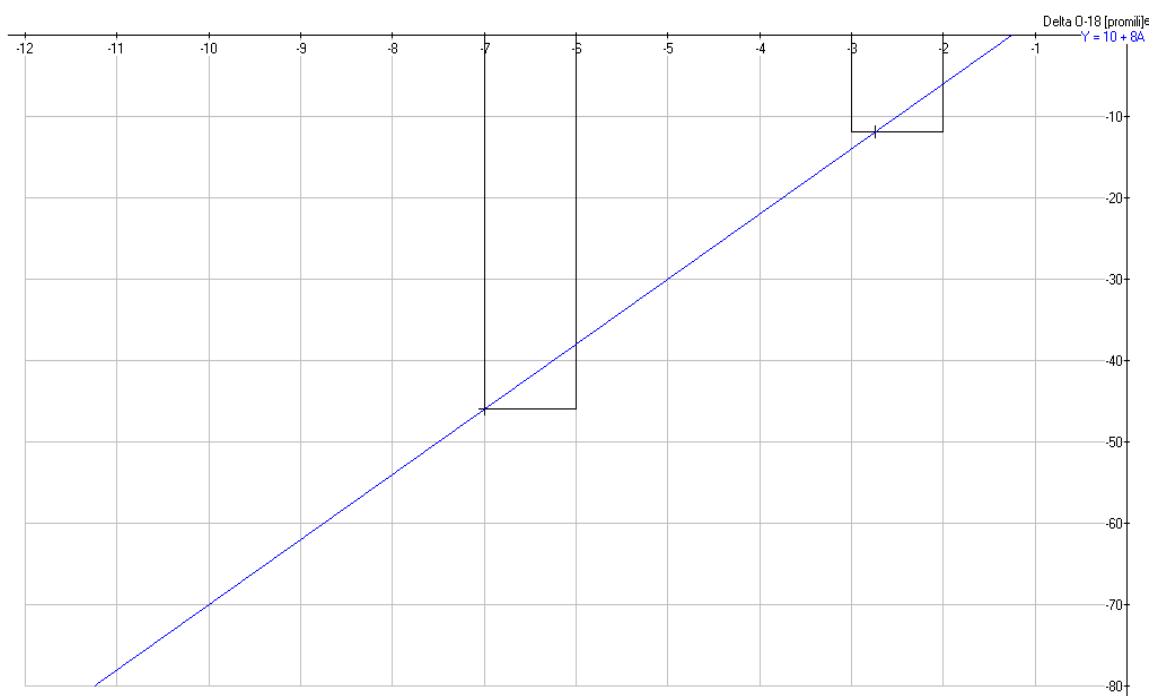
$$\delta ^2\text{H} = 8 * \delta ^{18}\text{O} + 10 \quad (2)$$

~ij graf i k e pri ka' an na SI . 5.2.1.1.. Sepak, i zvesni otstapuvawa od ovaa zavisnost e regi stri rana zavi sno od geograf skata { i ro-i na. { i rum svetot. Taka da vo medi teranski ot regi on, odse~okot na ordi natata popri ma vrednosti od ssa 22.

---

<sup>11</sup> T. Anovski, B. Andonovski,Lj. Arsov, N. Jovanovski, "The Application of Natural Isotopes in Hydrology ", Invited paper-Mass Spectrometry 1898-

1998, Journal for Chemistry, Chemical Engineering and Technology, Chemical Industry - HMIDA 8, Vol. 52 (12) 481-554, Beograd, 1998.



$$\delta^2H = 8 * \delta^{18}O + 10$$

$$\delta H^2 v-S$$

*Сл5.2.1.1. Планетарна функционална зависност на стабилниот изотопи  $\delta^2H=f(\delta^{18}O)$ , во врежиите*

### Radi oakti vni i zotopi (Tritium ${}^3\text{H}$ )

Radi oakti vni ot i zotop na Vodorodot  ${}^3\text{H}$  (Tritium ili T), ima  $E_{\beta_{\max}}=18$  kev i vreme na polurasjave od 12,430 godini (vreme potrebno da negovata akti vnost opadne na 1/2 od po-etsnata). Tritiumot e i zotop na Vodorodot so najgolema masa i razlika namasi pomeju i zotopite na eden te ist hemijski element. Toj se formira preku nuklearna reakcija /3/ pomeju atmosferski ot Azot i termalni te neutroni  ${}^{12}$ .




---

<sup>12</sup> Libby, W.F., 1953. The potential usefulness of natural tritium. Proc. Nat. Acad. Sci., 39: 245-247.

Po negovata oksi daci ja (povrzuwane so Ki sl orodot), preku vrne' i te se upatuva kon Zemjata, za da del od ovi e preci pi tati se infilttri raat vo podzemjeto so { to prestanuva i zmenata so atmosferata i po-nuva opa|awe na negovata koncentraci ja sogl asno zakonot za radi oakti vno raspa|awe/4/,

$$A = -dN/dt = \lambda N \quad (4)$$

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} \quad (5)$$

kade { to,

$dN/dt$  - број на распаднатаји јадра во единица време

$A_0$  - почетна активност

$A_t$  - активност по изминато време ( $t$ )

$\lambda$  - радиоактивна константа

се' do ni vnata pojava kako podzemni vodi vo nekoj I zvor i i observaciona bu{ otina.

So i zotopsko-traserski te i spi tuwava ( Opredeluvave na koncentraci jata na radi oakti vni ot Tritium kako i odnosi te na stabili nite i zotopi na Ki sl orodot i Vodorodot ) bea opfateni vodi te od interes( vrne' i , povr{inski i podzemni ) od lokalni ot hidro{ki ciklus. Dobi eni te rezul tati pri ka' ani se vo Tab. 5.2.1.1.-5.2.1.2.

TABELA -5.2.1.1. PREGLED NA MESTA ZA UZORKUVAVANE NA  
 POVR[ I NSKI I PODZEMNI VODI PORADI ANALIZI NA  
 SODR@I NA NA PRI RODNI I ZOTOPI I IN-SITU OPREDELUVAWANA  
 NEKOI OSNOVNI FI ZI ^KO-HEMI JSKI PARAMETRI

Re d. Br .	ME\UNA RODEN KOD	KOORDINATI N E Z (m)	PRIRODA NA VODATA	ZABELE[ KA
1	-	N 42° 0,0' 54.7" E 20° 52' 25.1" Z 1872m	I ZVORSKA VODA	(I zvor nad Hotel Slavija, Popova { apka)
2	-	N 42° 0,0' 54.3" E 20° 52' 25.0" Z 1800m	VRNE@I (precipi tati)	(Popova { apka)
3	-	N 42° 0,0' 54.0" E 20° 52' 25.0" Z 396m	VRNE@I (precipi tati)	(s. Kopance)
4	-	N 42° 0,20' 52,8" E 21° 08' 13,1" Z 1083 m	VRNE@I	@eden (Na ovaa Planina za prv pat e Instalirana visinska do' domerna stanicu/ totalizator)
5	-	N 42° 0,0' 33.3" E 21° 23' 06.0" Z 230	VRNE@I	Skopje
6	<b>63SK046</b>	42°06'4.66" 21°07'22.0" (4 662 026,05)* (7 514 949,27) Z 342,41±0,03	PLI TKA PODZEMNA VODA	REAKTI VI RANA BU[ OTI NA, dlaboka ssa 10m. i e na desni ot breg na Rekata Vardar ,s. DVORCE, vo blizi na na mostot na Rekata, odnosno vo podno' ieto na @edenski ot masiv, vo niva (Bu{ otina br. 40, spored Izve{ tajot za izvrseni prethodni istra' uvawa od strana na Inst. „J. ^erni , od Bel grad, 1989god.)
7	<b>63SK047</b>	42°06'08.49" 21°10'30.7" (4 662 047,59) (7 514 938) Z 342,55±0,03	PLI TKA PODZEMNA VODA	REAKTI VI RANA BU[ OTI NA, dlaboka ssa 10m i e na desni ot breg na Rekata Vardar ,s. DVORCE, vo blizi na na mostot, vo niva (Bu{ otina br. 41, spored Inst. „J. ^erni „ 1989god.)
8	<b>63SK048</b>	42°06'10,63" 21°10'30.59" (4 662 097,24) (7 514 913,49) Z 342,90±0,03	PLI TKA PODZEMNA VODA	REAKTI VI RANA BU[ OTI NA, dlaboka ssa 10m i e na levi ot breg na Rekata Vardar ,s. DVORCE, vo blizi na na mostot, vo niva (Bu{ otina br. 42, spored Inst. „J. ^erni „ 1989god.)

9	<b>63SK049</b>	N 42° 05' 09.2" E 21° 12' 41.1" Z 323 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 20m. i e vo vo dvorot na ku}ata od Ref at Bexeti , na desni ot breg na Rekata Vardar,s. RADU[ A, vo bl i zi na,uzvodno od mostot na Rekata
10	<b>63SK050</b>	N 42° 05' 10.0" E 21° 12' 41.5" Z 320 m	POVR[ I NS KA VODA (R. VARDAR)	R. Vardar, s. RADU[ A, vo bl i zi na na Bu{ oti nata 63PO049
11	<b>63SK051</b>	N 42° 04' 52.5" E 21° 13' 00.0" Z 325 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 20 m. i evo dvorot na u~ili { teto FOJKO NI CA na desni ot breg na Rekata Vardar,s. Radu{ a
12	<b>63SK052</b>	N 42° 05' 16.9" E 21° 12' 34.6" Z 326 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 15,96 m. i evo dvorot na Hatip Abaz i sin Sabir, na levi ot breg na Rekata Vardar,s. RADU[ A . Mob: 070 449-889
13	<b>63SK053</b>	N 42° 04' 49.3" E 21° 13' 20.5" Z 325 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 17,50 m. i evo dvorot na....., na levi ot breg na Rekata Vardar ,Nasel ba -. RADU[ A .
14	<b>63SK054</b>	N 42° 02 33.0 E 21° 15 06.0 Z 300 m	I ZVORSKA VODA	Kapta' a-l zvorRa{ ~e- 1,
15	<b>63SK055</b>	N 42° 02 52.8 E 21° 15 13.1 Z 300 m	I ZVORSKA VODA	Kapta' a-l zvorRa{ ~e- 2,
16	<b>63SK056</b>	N 42° 01' 31.7" E 21° 14' 55.9" Z 328 m	I ZVORSKA VODA	I zvor /~e{ ma, pod di vata deponija vo S. Ra{ ~e
17	<b>63SK036</b>	N 42° 00' 32.3" E 21° 18' 27.1" Z 289 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 14,0 m. i evo ni va na levi ot breg na Rekata Vardar ,s. KONDOVO .
18	<b>63SK038</b>	N 41° 59' 25.5" E 21° 19' 56.4" Z 289 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 14,0m. i evo dvorot na Beluri na desni ot breg na Rekata Treska ,s. GR^EC .
19	<b>63SK037</b>	N 41° 59' 51.0" E 21° 20' 10.0" Z 273 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Bu{ oti nata e dl aboka ssa 15,0 m. i evo ni va na Bedri , na levi ot breg na Rekata Treska ,s. SARAJ .

20	<b>63SK044</b>	N 42° 00' 55.9" E 21° 23' 48.8" Z 260 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 22,0 m i evo dvorot na ..... na Ilevi ot breg na Rekata Lepenec ,s. ZLOKU] ANI .
21	<b>63SK045</b>	N 42° 00' 08" E 21° 23' 04" Z 260 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 15,0 m i evo ..... NEREZI .
22	<b>63SK057</b>	N 42°00'15,8" (7 525 898,5,1) E 21°18'26,2" (4 651 197,8) <sup>13</sup> Z 275,53± 0,02m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 32,0 m i evo bl i zi na na novoto fudbal sko i gral i { te, s. Qubi n .
23	<b>63SK058</b>	N 42°00'15,4" (7 525 932,74) E 21°18'27,8" (4 651 187,96) Z 274,95±0,02m	DLABOKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 83,5 m i evo bl i zi na na novoto fudbal sko i gral i { te, s. Qubi n .  Oddal e~ena 40m od <b>63SK057</b>
24	<b>63SK059</b>	N 42°00'08" (7 530 586,12) E 21°23'04" (4 650 932) Z 261,32± 0,03 m	DLABOKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 73,5 m i evo bl i zi na na novoto fudbal sko i gral i { te, \.Petrov .
25	<b>63SK060</b>	N 42°00'30" (7 530 562,92) E 21°21'50,1" (4 651649,50) Z 263,54±0,02 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka 11,5 m i evo parkot so Saatna kul a,centar, \.Petrov .
26	<b>63SK061</b>	N 42 00 33.6 E 21 23 06 4.0 Z 250 m	PLI TKA PODZEMNA VODA	Buć oti nata e dl aboka ..... m i evo bl i zi na do eden sol i ter, nedaleku od bunari te vo NEREZI
27	<b>63SK062</b>	N 42° 00 33.6 E 21° 23 06 4.0 Z 252,06 m	DLABOKA PODZEMNA VODA	BUNAROT e dl abok 64 m i evo bl okot na bunari vo NEREZI , so oznaka B-4,oddal e~en 115 m od R Vardar
28	<b>63SK063</b>	N 42° 00 33.6 E 21° 23 06 4.0 Z 250 m	DLABOKA PODZEMNA VODA	BUNAROT e dl abok ssa 70 m i evo bl okot na bunari kaj LEPENEC- NEREZI , so oznaka B-1, Lepenec
29	<b>63SK064</b>	N 42° 00 33.6 E 21° 23 06 4.0 Z 250 m	POVR[ I NS KA VODA (R. LEPENEC)	r. Lepenec pred vli vawovo R. Vardar

<sup>13</sup> Vo zagrada dadeni se Gaus -Kri gerovi koordinati

30	<b>63SK065</b>	N 42° 00' 33.6 E 21° 23' 90 Z 250 m	POVR[ I NS KA VODA (R. VARDAR)	R. Vardar pred vliv na R. Lepenec
31	<b>63SK066</b>	N 42° 00' 33.6 E 21° 23' 06.40 Z 243 m	POVR[ I NS KA VODA (R. VARDAR)	R. Vardar kaj HS UHMR

Dobi eni te rezultati od izotopske analizi, zaедно so rezultati te od in-situ opredeluvaweto na nekoi osnovni fiziko-hemiski parametri, prikaani se vo Tab. 5.2.1.2. i Tab. 5.2.1.3.

TABELA-5.2.1.2.. PREGLED NA DOBI ENI TE REZULTATI OD I ZVR[ ENI TE I ZOTOPSKO-TRASERSKI ANALI ZI  
ZAEDNO SO OPREDELENI TE IN-SITU OSNOVNI FI ZI ^KOHEMI SKI PARAMETRI NA  
PRI MEROCI OD VRNE@I KOI GRAVI TI RAAT KON SKOPSKATA KOTLI NA

Br.	Lab. Br.	Datum na zemawje na mostri	Lokacij a, me unar oden kod i dl ab.na pi ezom.	Vrsta na voden pri merok	Koordi nati i el evaci ja N E Z m a.s.l.	Temper atura (°C)	p-H	Sprovo dl i vos t $\kappa$ ( $\Omega^{-1}$ $cm^{-1}$ )	I zotopsko traserski sодр' i ni			
									N-3		$\delta O^{18}$ v.VSMOW %	$\delta H^2$ v.VSMOW %
									TE	$\pm \sigma$		
1	MK-1	19.06.2010	Popova { apka) (I zvor nad Hotel Sl avija,	I zvorska voda	N 42 <sup>0</sup> 00 54.7 E 20 <sup>0</sup> 52 25.1 Z 1872 m	7,2	6,4	138	5.5	$\pm 0.4$	-11,43	-75,3
2	MK-30	23.09.2010	Popova { apka (I zvor nad Hotel Sl avija,	I zvorska voda	N 42 <sup>0</sup> 00 54.7 E 20 <sup>0</sup> 52 25.1 Z 1872 m	7,0	6,79	180	5.2	$\pm 0.4$	-11,16	-75,5
3	MK-2	19.06.2010	(Popova { apka)	Vrne' i (preci pi t ati)	N 42 <sup>0</sup> 00 54.3 E 20 <sup>0</sup> 52 25.0 Z 1800 m	-	6,12	25	15.5	$\pm 0.7$	-6,99	-57,3
4	MK-38	25.09.2010	Popova	Vrne' i	N 42 <sup>0</sup> 00 54.3				5.9	$\pm 0.4$	-7,53	-45,7

			[ apka	(preci pi t ati )	E 20 <sup>0</sup> 52 25.0 Z 1800 m	-	6,29	42				
5	MK-41	22.12.2010 (21 i 22 Dekemvri)	Popova [ apka	Vrne' i , sneg	N 42 <sup>0</sup> 00 54.3 E 20 <sup>0</sup> 52 25.0 Z 1800 m	-	6,95	17	4.8	±0.3	-14,68	-103,4
6	MK-65	21.03.2011	P.[ apka	Vrne' i (preci pi t ati )	N 42 00 54.3 E 20 52 25.0 Z 1800 m	-	4,98	41	14.4	±0.7	-9.97	-64.7
7	MK-3	19.06.2010	s.Kopan ce	Vrne' i preci p.	N 42 <sup>0</sup> 00 54.0 E 200 52 25.0 Z 396 m	-	6,13	96	9.7	±0.5	-2,74	-11,1
8	MK-37	25.09.2010	s. Kopance	Vrne' i (preci pi t ati )	N 42 <sup>0</sup> 00 54.0 E 20 <sup>0</sup> 52 25.0 Z 396	-	6,15	258	7.2	±0.4	-4,59	-27,2
9	MK-45	23.12.2010	s. Kopance	Vrne' i (preci pi t ati )	N 42 <sup>0</sup> 00 54.0 E 20 <sup>0</sup> 52 25.0 Z 396 m	-	6,98	28	4.8	±0.4	-5,96	-29,
10	MK-29	(8 i 9Jul i )	@eden	Vrne' i	N 42 <sup>0</sup> 02 52.8			16.7	±0.8	-6,39	-40,7	

				(preci pi t ati)	E 21 <sup>0</sup> 08 13.1 Z 1083m	-	6,07	108				
11	MK-63	05.10.2010	@eden	Vrne' i (preci pi t ati) (precipitatio n)	N 42 02 52.8  E 21 08 13.1  Elev. 1083m	-	6,46	55	4.0	±0.3	-11.84	-86.4
12	MK-56	14.01.2011	@eden	Vrne' i (preci pi t ati)	N 42 02 52.8  E 21 08 13.1  Elev. 1083m	-	5,8	58	4.2	±0.4	-13.52	-90.2
13	MK-4	19.06.2010	(Skopje)	Vrne' i (preci pi t ati)	N 42 <sup>0</sup> 00 33.3 E 21 <sup>0</sup> 23 06.0 Z 230m	-	6,4	60	8.6	±0.5	-3,24	-19,2
14	MK-31	29.09.2010	Skopje	Vrne' i (preci pi t ati)	N 42 <sup>0</sup> 00 33.3 E 21 <sup>0</sup> 23 06.0 Z 230 m	-	6,67	53	4.0	±0.4	-2,80	-9,2
	MK-59	28.01.2011	Skopje (sneg)	Vrne' i (preci pi t ati)	N 42 00 33.3  E 21 23 06.0  Z 230 m	-	7,12	97	4.9	±0.4	-17.05	-123.0

TABELA 5.2.1.3.. PREGLEDA DOBI ENI TE REZULTATI OD I ZVR[ ENI TE I ZOTOPSKO-TRASERSKI ANALIZI ZAEDNO SO OPREDELENI TE IN-SITU OSNOVNI FI ZI ^KO HEMISKI PARAMETRI NA PRI MEROCI OD POVR[ I NSKI TE I PODZEMNI VODI VO SKOPSKATA KOTLI NA

Br.	Lab. Br.	Datum na zemawe na mostri	Lokaci ja, meunar oden kod i dl ab.na pi ezom.	Vrsta na voden pri merok	Koordi nati i el evaci ja N E Z m a.s.l.	Temper atura (°C)	p-H	Sprovo dl i vos t $\kappa$ ( $\Omega^{-1}$ $cm^{-1}$ )	I zotopsko traserski sодр' i ni		
									N-3		$\delta O^{18}$ v.VSMOW %
									TE	$\pm \sigma$	
1	MK-47	25.12.2010	63SK050 Radu{ a R.Vardar, desno	Povr{ i ns ka voda	N 42 <sup>0</sup> 05 10,0 E 21 <sup>0</sup> 12 46,93 Z 320m	8	6,52	202	6.5	$\pm 0.4$	-10,48
2	MK-46	25.12.2010	63SK049 Radu{ a, desno od R. Vardar (20 m)	Plitka podzemna voda	N 42 <sup>0</sup> 05 09,2 E 21 <sup>0</sup> 12 41,1 Z 319m	11	6.48	216	6.7	$\pm 0.4$	-11,03
3	MK-54	04.01.2011	63SK051 Radu{ a , U-ili{	Plitka podzemna voda	N 42 <sup>0</sup> 04' 52.5''	12	7,05	348	5.4	$\pm 0.4$	-9.82
											-65.7

			te Fojko Ni ca (20 m)	(Shallow ground water)	E 21° 13' 00.0" Z 303 m							
4	MK-48	25.12.2010	<b>63SK052</b> s. Radu{ a I evo od R.Varda r, (15,96 m)	Pi tka podzemna voda	N 42° 05 16,9 E 21° 12' 34,6 Z 326m	12	6,42	284	7.5	±0.4	-10,41	-70,3
5	MK-55	04.01.2011	<b>63SK053</b> Nas. Radu{ a, I ev breg na R Vardar (17,5 m)	Pi tka podzemna voda (Shallow ground water)	N 42° 04' 49.3" E 21° 13' 20.5" Z 325 m	12	7,35	507	5.9	±0.4	-9.08	-63.1
6	MK-24	30.06. 2010	63SK068 (Ki sel a voda na I ev breg od R. Vardar, na patot Radu{ a - Ra{ ~e)	I zvorska voda - Mi neral n a	N 42° 03 19.3 E 21° 15 15.4 Z 301m	13,5	6,2	4740	<0.5		-10,59	-78,7
7	MK-16	28.06. 2010	63PO054 Ra{ ~e -1 Kapta' a	I zvorska voda	N 42° 02 22,57 E 21° 14 42,25 Z 300m	12,8	6,57	450	5.6	±0.4	-10,43	-76,5

8	MK-27	07.09.2010	63PO054 Račine -1 Kapta' a	Izvorska voda	N 42° 02' 22,57" E 21° 14' 42,25" Z 300m	13,5	6,93	473	4.6	±0.4	-10,63
9	MK-17	28.06. 2010	63PO055 Račine -2 Kapta' a	Izvorska voda	N 42° 02' 52,8" E 21° 15' 13,1" Z 300m	12,5	6,67	494	4.8	±0.4	-10,61
10	MK-28	07.09.2010	63PO055 Račine -2 Kapta' a	Izvorska voda	N 42° 02' 52,8" E 21° 15' 13,1" Z 300m	13,5	6,73	460	5.2	±0.4	-10,58
11	MK-23	30.06. 2010	63PO056 Račine/ -e{ ma Di v. dep.	Izvorska voda	N 42° 02' 52,8" E 21° 15' 13,1" Z 330m	14,5	6,46	435	8.5	±0.5	-9,04
12	MK-57	14.01.2011	63PO056 Račine/ -e{ ma Di v. dep.	Izvorska voda (Spring water)	N 42° 01' 31.7'' E 21° 14' 55.9'' Z 328 m	12	6,81	238	7.5	±0.5	-8.94
13	MK-49	25.12.2010	<b>63SK036</b> Kondovo ni va, I evo od Vardar (14 m)	Pliška podzemna voda	N 42° 00' 32,3" E 21° 18' 27,1" Z 289m	14	6,79	577	6.7	±0.4	-10,05

14	MK-61	21.02.2011	<b>63SK057</b> Qubi n, (32m))	Pi tka podzemna voda (Shallow ground water)	N 42°00'15,8" (7 525 898,5,1) E 21°18'26,2" (4 651 197,8) <sup>14</sup> Z 275,53± 0,02m	10	7,3	835			
15	MK-60	21.02.2011	S. <b>63SK058</b> Qubi n, (83,5m)	Di aboka podzemna voda (Deep ground water)	N 42°00'15,4" (7 525 932,74) E 21°18'27,8" (4 651187,96) Z 274,95±0,02m	9,5	7,95	565	<0.5	-8.51	-61,1
16	MK-50	25.12.2010	<b>63SK038</b> Gr~ec,vo dvor, desno od R.Treska (14 m)	Pi tka podzemna voda	N 41° 59 25,5 E 21° 19 56,4 Z 294m	14	6,89	473	6.2	±0.4	-10,23
17	MK-51	25.12.2010	<b>63SK037</b> Saraj vo ni va, I evo od R.Treska (15 m)	Pi tka podzemna voda	N 41° 59 51 E 21° 20 10,0 Z 273m	12	7,09	672	7.2	±0.4	-9,72

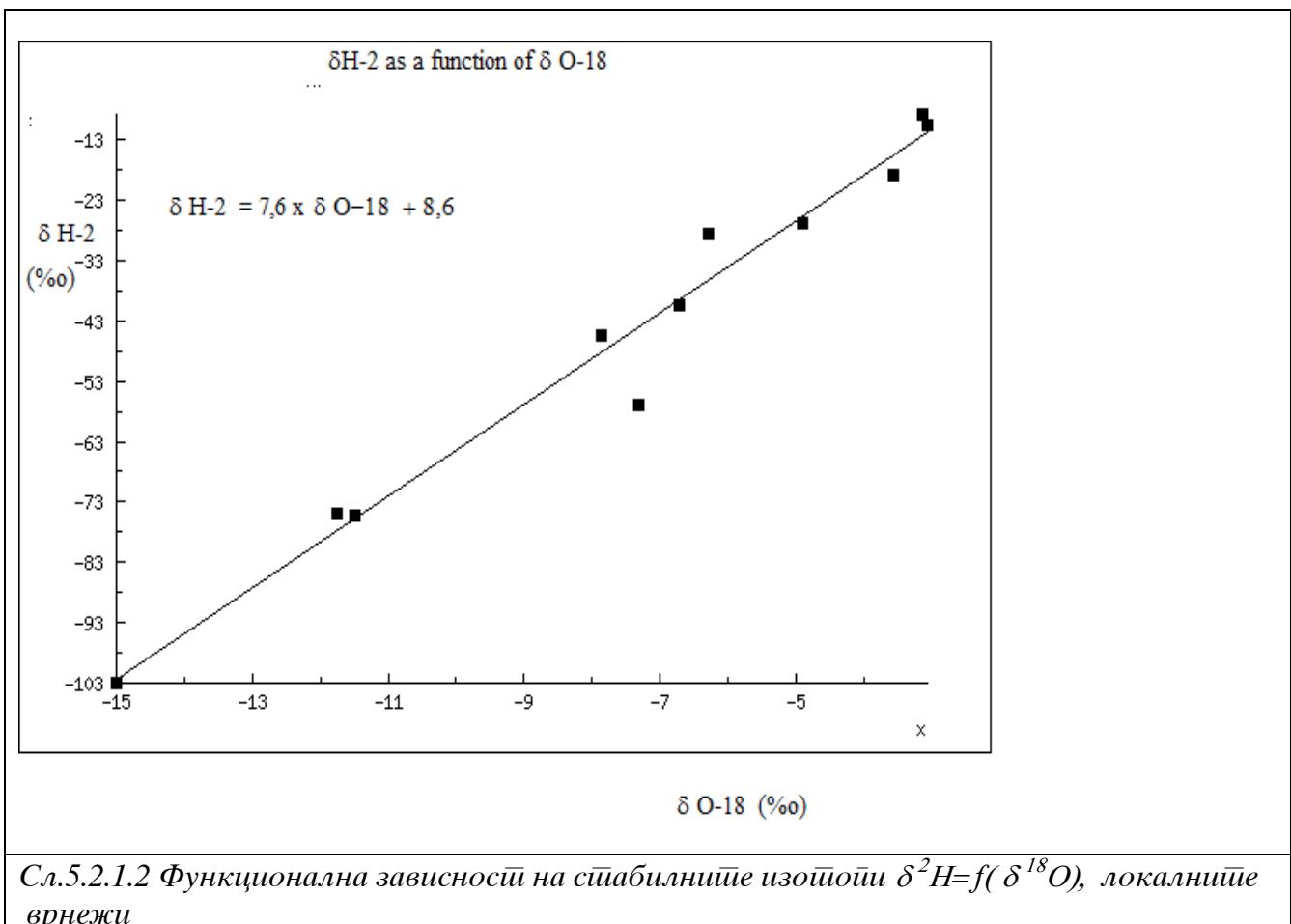
<sup>14</sup> Vo zagradu dадени се Gaus -Kri gerovi koordi nati

18	MK-53	28.12.2010	<b>63SK059</b> V.Petrov, fudb. I gral. (73,5 m)	Di aboka podzemna voda	N 42°00'08" (7 530 586,12) E 21°23'04" (4 650 932) Z 261,32± 0,03 m	12	6,82	545				-12.34	-88.9
19	MK-62	04.03.2010	<b>63SK060</b> V.Petrov, Park ( 12,5m )	Pli tka podzemna voda water))	N 42°00'30" (7 530 562,92) E 21°21'50,1" (4 651649,50) Z 263,54±0,02 m	12	7,45	409	6.3	±0.4	-10.35	-69.7	
20	MK-52	25.12.2010	<b>63SK044</b> Zl oku}ani Levo od Lepenec (22 m)	Pli tka podz. voda	N 42° 00 55,9 E 21° 23 48,8 Z 260m	15	7,12	371	7.7	±0.5	-10,3	-69,7	
21	MK-22	29.06. 2010	63SK065 R.Vardar pred vl i v na R. Lepenec	Povr{ ins ka voda	N 42° 0,0 21,71 E 21° 22 46,93 Z 250m	18	6,71	208	5.8	±0.4	-10,55	-74,6	
22	MK-21	29.06. 2010	63SK064 R. Lepe. pred vl i v vo R.Vardar	Povr{ ins ka voda	N 42° 00 46,65 E 21° 22 55,5 Z 250m	19	6.76	273	7.0	±0.4	-10,64	-75,5	

23	MK-18	29.06. 2010	63SK062 Bunar, B-4 Nerezi ,	DI aboka podzemna voda	N 42 <sup>0</sup> 00 33.6 E 21 <sup>0</sup> 23 06 4.0 Z 250m	17	7,2	905	3.5	±0.3	-9,88 -74,1
24	MK-20	29.06. 2010	63SK063 Bunar B-1 Lepenec,	DI aboka podzemna voda	N 42 <sup>0</sup> 00 41,73 E 21 <sup>0</sup> 22 55,32 4.0 Z 250m	14,8	6,35	499	5.4	±0.4	-10,49 -75,9
25	MK-19	29.06. 2010	63SK061 Nerezi , Piez.nad vor od sani tars a zona na, do zgrada)	Pi tka podzemna voda	N 42 <sup>0</sup> 0,0 33.6 E 21 <sup>0</sup> 23 6,4 Z 250m	15	6,4	260	5.5	±0.4	-10,10 -73,3

Od prika'ani te vrednosti za izotopski te soder'ini mo'eda se ka'e slednoto:

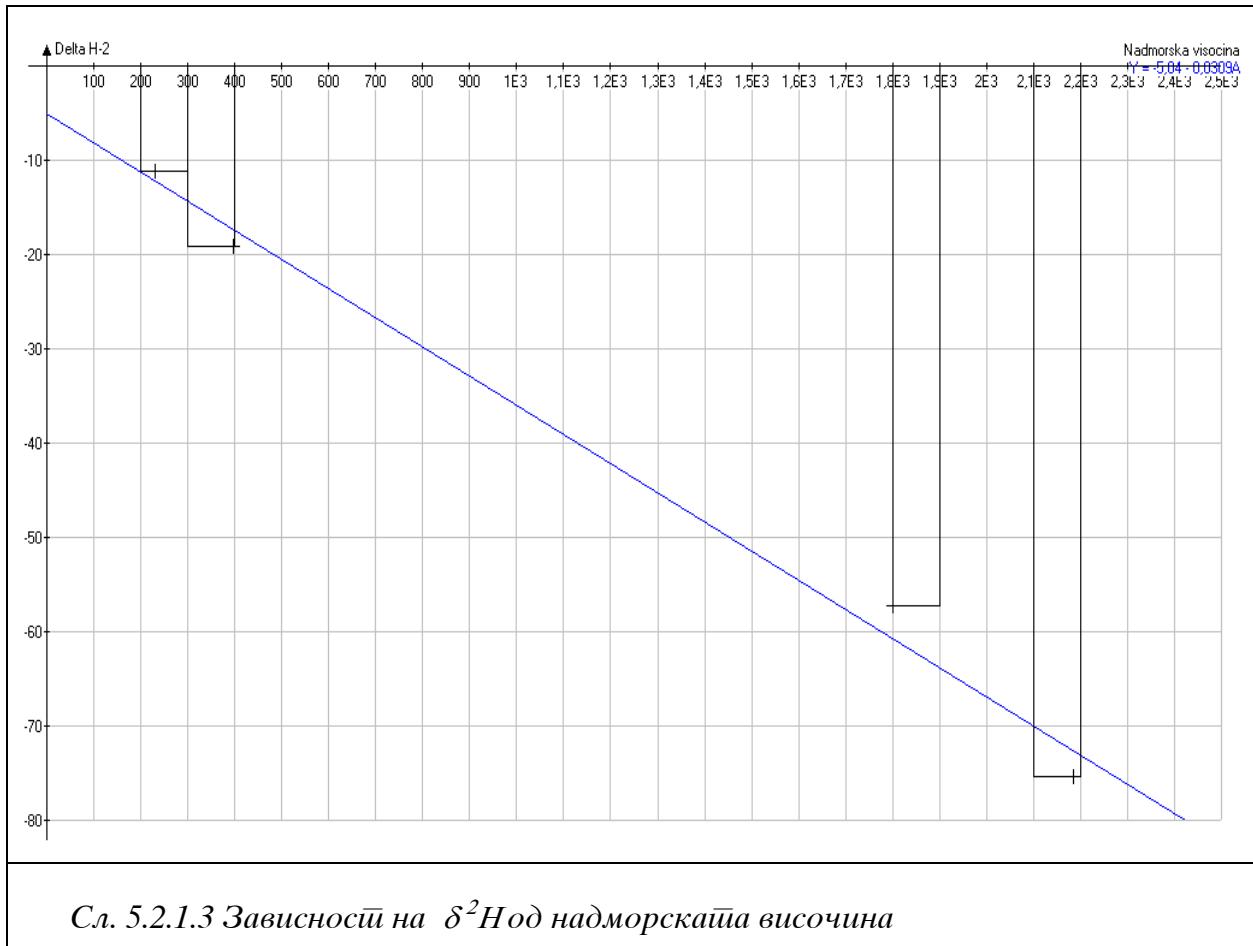
- Evidentna e funkcionalnata zavisnost na soder'ini te na izotopski te odnosi na pote{ki te i polensni izotopi na Kislorodot i Vodorodot, prieto e dobivena zavisnota,  $\delta^2H = 7,6 * \delta^{18}O + 8,6$ , vidи SI .5.2.1.2.



Сл.5.2.1.2 Функционална зависност на стабилниите изотооти  $\delta^2H=f(\delta^{18}O)$ , локалните врежи

Isto taka, zavisno od nadmorskata visina na koja se formiraat samite vrne'i, registrirane gradieni na opa|awe na soder'ina na pote{ki te izotopi na Kislorodot i Vodorodot. Taka na pr. za  $\delta^2H$  (Deuteriumot) dobivme gradient od - 3,06 %/100 m zgolемена nadmorska visina, види SI .5.2.1.3.,

koj voedno e i vo ramki te na o-ekuvani te (1-4 %) vrednosti<sup>15</sup>, { to od svoja strana dava mo' nosti za opredeluvave na zoni te na hranewe, zna~ajni za sevkupnata za{ ti ta na podzemni te vodi , vkl u-uvajki gi i izvori te od interest. Za poveketo



istra' uvani kako podzemni taka i povr{inski vodi , zoni te na hranewe bi mo' el o da se lociraat na nadmorska vi so-i na od 1500 do 2200m. I majki go predvid ovoj fakt, di ferenци raweto na mo' ni te komuni kaci i pome|u povr{inski te i podzemni te vodi

<sup>15</sup> Moser et al. Jahresbericht 1978. Inst. Fur Radiohydrometrie der Gesellschaft f. Strahlen und Umweltforschung mbH, Munchen: 99-103, 1972/72

mnogu poegzaktno bi mo' elo da se ostvari so pomoč na izvedeni te analizi na tri tiumski te sodr'ini, kako ni venu i dealen tarser.

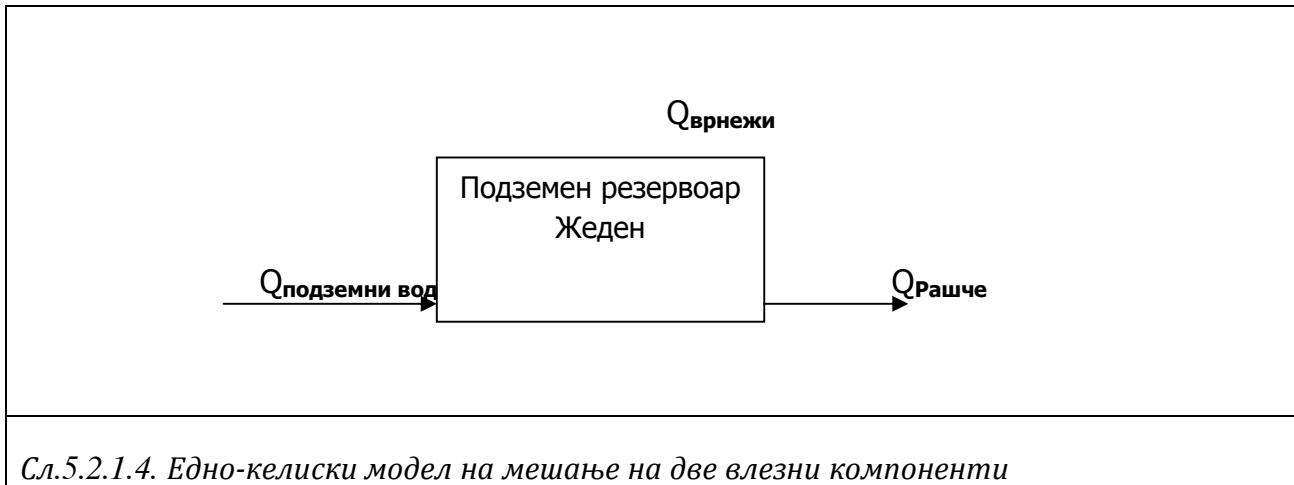
Spored sodr'ini te na tri tiumot vo ispituvani te vodi, istite bi mo'elo da gi podelime za sega vo tri grupi i toa: vo Grupa-1 se sve' i precipitati, površinski i podzemni vodi so koncentracii na tri tium vo prosek pogoljema od  $5 \pm 1$  T.E. Vo vtorata grupa se podzemni vodi koi poka' uvaat koncentracii  $< 5$  T.E., no vo isto vreme i  $> 0,5$  T.E., i tretata Grupa se podzemni vodi so koncentracii  $< 0,5$  T.E. Taka, za razlika od podzemni tevodi vo bunarskoto podraje Lepenec, (B-1-B-3) koi poka' uvaat koncentracii  $> 5$  T.E., i bliski na oni e registrirani vo površinski te vodi (R. Vardar i R. Lepenec) od koi najverovatno i se hranaat, bunari te vo Nerezi (B-1-B-4), poka' uvaat među na površinski vodi i dlaboki podzemni vodi koi najverovatno patuvaat od pravci te Qubi n i Kondovo kon. Petrov i Nerezi po dolinata na R. Vardar. Vo prilog na ovaa konstatacija e prisastvoto na dlabokite podzemni vodi vo Qubin (63SK058) i \.Petrov(63SK059), vključuvajki ja i mineralnata voda na levit breg od Rekata Vardar vo blizina na Izvorot Račne(63SK068), koi poka' uvaat relativno niski tri tiumski koncentracii  $< 0,5$  T.E., upatuvajki na faktot deka kaj ovi e vodi stanuva zbor za starost  $>$  od 50 godini, so što ja i sključuvat mo' nosta ovi e vodi da bi dat prihranuvani di rektno od lokalni te površinski vodi.

Interesni se vrednosti te za tri tiumski te koncentracii koi se registri rani vo vodi te od Izvori te na Račne -1 i 2. Spored nivni te vrednosti koi se dvi'at vo granci te od  $5 \pm 0,6$  T.E., ne naveduva na vodi so relativno mala starost od 1-3 godini.

Sepak, vrz osnova na geologiki te odnosi na terenot okolu Izvorot Račne, posmatrani te koncentracii na Tri tiumot vo vrne'ite (koristejki gi I storski te podatoci za dvi'eweto na tri tiumski te koncentracii vo vrne'ite teza posledni te 50 godini, izmereni kaj nas i vo Grac, Avstrija), dlabokite Polofiki arterski vodi i vodi te od Izvorot Račne, pretpostaven edno-ke model na dvokomponentno među, sljeden na onoj za Karstot na PI „Galichica“<sup>16</sup>, vo nači ovsluj, na dlabokite arterski vodi vo Polog i vrne'ite nad @eden, dojdovme do sosema drugi soznani ja. Nai me, so upotreba na spomenati ot model, vidim SI 5.2.1.4. podr' an so kompjuterski program koj dozvoljava

<sup>16</sup> E. Anovska Jovcheva, Application of the Boundary Element Method Multi-Domain Approach and Simulation of Tritium Concentration to Determining the Properties of the Galichica Mountain Aquifer, M.Sc.Thesis, University of Wales, UK, 2010

simulacija na procentnata participacija na poedenite vlezni komponenti, nivni te tri tumski koncentraciji, simulacija na različni vremena na transit (MRT) kako i izleznata tritumska koncentracija (se misli na vodite od Izvori Ra{~e-1 i 2, označeni, 63SK054 i 63SK055 respektivno), dobieni se navist na koncentraci mnogubliski na izmerenite kaj izvorski te vodi, videti Tab. 5.2.1.3. i Tab. 5.2.1.4.,



So simulacija na vaka dobieni ot model, kori stejki jaslednata rekurzivna ravenka:

$$S_n = \left( S_{n-1} + \sum_i BRF_i * CBRF_i - BOF * CBOF \right) * \alpha \quad (6)$$

kade { to,

$$S_n \quad - \quad , [TU]$$

$$S_{n-1} \quad , [TU]$$

$BRF_i$  - Boundary Recharge Fraction ( ),  
na pr. (30%) (70%)

$CBRF_i$  - Concentration of Boundary Recharge Fraction ( )

$BOF$  - Boundary Outlet Fraction ( )

*CBOF* - Concentration Boundary Outlet Fraction ( ), [TU]

$\alpha$  - k  
1 0.945

opredelen e odnosot na arteski te vodi i vrne' i te nad @eden (45% : 55%), srednoto tranzi tno vreme (MRT= 27 godi ni ) na zadr' uvawe na vodi te vo podzemni ot ' edenski akvi f'er kako i golemi nata na podzemni te rezervi na voda smesteni vo nego, koi se procenuvaat na ssa  $4,683 \times 10^9 \text{ m}^3$  i go hranat I zvort Ra{ ~e, kraj Skopje. Od tamu, so i zvedeni te i stra' uvawa se dojde do zna~ajni soznani ja ne samo za mehani zmot na hranewe na vodi te od i zvorot Ra{ ~e (gl aven vodosnabdi tel na gradot Skopje so pi tka voda) tuku i se dobi ja nasoki za negovata pocel osna za{ ti ta. I stovremeno poka' a deka pri menetata metodologija mo' e uspe{ no da se pri meni na drugi sl i ~ni hidro si stemi .

TAB. 5.2.1.4. VREDNOSTI ZA MRT, DOBI ENI SO SI MULACI JA ZA RAZLI ^EN SOODNOS NA VLEZNI TE KOMPONENTI (ARTESKI I VRNE@I ) SPOREDENI SO PRESMETANI TE SOODVETNI POEDI NE^NI I VKUPNI GRE[ KI

% na Arteski	% na Vrne` i	MRT	% na individualna gre{ ka (za 2010)	% na vkupna gre{ ka
85	15	6	71	48.5
80	20	6	65.5	32
75	25	8	58	20
70	30	10	50	15
60	40	17	28	10
55	45	20	19	6.56
50	50	24	8.5	5.28
45	55	27	0.85	4.25
40	60	30	9.5	4.72
30	70	37	24	7.15
20	80	43	36	9.28

Sekako, ovoj model bi trebalo da bide potvrden so pogolema statistika vo ponatamo{ ni te i stra' uvawa koi se predlagaat vo Pogl avjeto- 6 od ovoj I zve{ taj. Poveke detalji za pogore spomenatiot model na simulacija za prihranuvaweto na Izvori te na Ra{ ~e-1 i 2, ke bide dadeno vo I zve{ tajot za hidrolo{ko-traserski i stra' uvawa na podzemni te vodi vo Pol o{ kata Kotli na so poseben osvrt vrz @edenski ot masiv i izvorot "Ra{ ~e" , (izvedeni i stra' uvawa vo periodot, Januari , 2010- Oktomvri , 2011), ~i ja i zrabortka e vo tek.

### 5.2.2. Трасирање со юмоши на вештачки трасери

Za razlika od prirodni te traseri na vodata Stabilni te i radiaktivni i zotpi na Vodorodot i Kislorodot ( $^3\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^2\text{H}$ ) koi kako i dealni obeli uva-i (sostavni delovi na nejzini nata molkul a na vodata ) nao|aat golema pri mena pri regionalni te hidrolo{ki i stra' uvawa, ve{ta-ki te traseri (Na-fluorescein, NaCl, Sulforodamin i dr.) se koristat pri lokalni i stra' uvawa na mali ili vo isklu~i telni situaci i i na ne{to pogolemi rastojani ja, osobeno koga se raboti za podra~ja so izrazena karstifikacija (razviena mre' a na kaverni , tuneli , pe{teri i sl.). Potvrda za ova se mnogubrojni te eksperimenti izvedeni kaj nasi vo svetot<sup>17,18,19</sup>.

Pri hidrogeologici te i stra' uvawa izvedeni vo Skopskata Kotli na, vo ramki te na ovoj Proekt, se poka' a potrebata od opredeluvave na poroznosta na vodonosni te sl oevi vo Reonot na s. Qubin, kaj { to se potvrdi so bu{a-ki te raboti o-ekuvanata pojava i na podl aboki podzemni vodi . Na ovaa lokacija bea instalirani 2 pi ezometri so dlaboci ni 32 i 83,5m (za poveke detalji videti Pogl avje, 5.1.3 od ovoj I zve{ taj), se so cel da se izvedat

<sup>17</sup> Sokrat Amataj, Todor Anovski, Ralf Benischke, Romeo Eftimi, Laurence L. Gourcy, Liliana Kola, Ioannis Leontiadis, Alqiviadis Stamos & Jovan Zoto, "Tracer methods used to verify the hypothesis of Cvijic about the underground connection between prespa and ohrid lake" DOI 10.1007/s00254-006-0388-9, ENVIRON. GEOL. Vol. 51, No.5, January 2007.

<sup>18</sup> V. Popov, E. Anovska, M. Arsov, S. Amataj, M. Kolanevi, A. Stamos, L. Arsov, T. Anovski, E. Kiri & A. Gelaj, "Study of the Prespa-Ohrid Lake system using tracer experiments and lake's water balance", Water Resources Management V 75, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 125, © 2009 WIT Press, 2009

<sup>19</sup> D. Manakov: Traser Ekspertiment so Na-Flourescein na potegot Raotinice-Ra{ ~e, November, 1960, Poteklo na vodi te vo Izvorot Ra{ ~e, Di gi tal i zi rano izdani e, Editor: @arko Jovanovi }, 2010.

plani rani te traserski eksperimenti koi ke dadat osnova za opredeluvave na poroznosta na medij umotni z koj se vrati transport na podzemni te vodi, koi od svoja strana poka'aa prisastvo na dva horizonti, eden pobiisku do povrata (kaj pi ezometarot 63SK057) so mezi aviv na vo odnos 1:1, na sve' i i vodi postari od 50 godini, prisatni vo podl aboki ot vodonosen horizont (zafaten so pi ezometarot 63SK058).

So izvedeni te crpni Testovi vo gorespomenati te pi ezometri, se poka'aa postoeveto na nivnata me|usebna hidrolo{ka komunikaciya. Opredeleni te hidrauli~ni gradianti (vidi podatoci dadeni vo Tab. 5.1.3.1.) ja pomognaa postavenosta na traserski eksperiment. Majki go vo predvidi spolnuvave na osnovni te preduslovi za izveduvawe na planiraniot traserski eksperiment so koj bi se opredeli la poroznosta na podzemjeto vo ovoj del od Skopskata Kotli na (debelina na komunikaciiski ot vodonosen sloj od 20 m., koja e < od nivnoto me|usebno rastojanje koe iznesuva 40 m., i inkata na depresija koja se sozdava za vreme na i spumpuvaweto koja i sto taka bi trebaloda emala vo sporedba so volumenot na voda koja se i spumpuva, vo na{iot sluj, i mavme relativno malavisi na snisuvave na nivoto na podzemnata voda pri crepeweto od ssa 4m.), se pristapi kon izveduvawe na traserski eksperiment so upotreba na dva traseri i toa: NaCl i Na-fluorescein.

#### Osnovni podatoci za realizirani ot traserski eksperiment

Iako i dvata planirani traseri poka' uvaat siljana primeni vost, za upotreba najprvo na NaCl, a potoia na Na-fluorescein, se opredeli vme poradi mernata instrumentacija koja ja i mavme na raspolagawe. Nai me, siledeweto na NaCl kako traser, mo'evme da go vrati me na sami ot teren, neposredno po i nektraweto, so upotreba na mobilna instrumentacija za siledewe na eventualno zgoljmenata EI. sprovodili vost vo uzorkuvani te vodeni primeroci, dodeka za siledeweto na Na-fluorescein, koriste se staten laboratorijski instrument, fluorescenten spektrometar.

**Инекциона точка:** Pi ezometar so oznaka 63SK057, lociran vo Qubin, skopsko.

**Датा на инекција:** 30.09. 2011 год. Во 12,00 ~, бидејќи некти ране првично трасерот NaCl и 1,166h (еден час и десет минути) подоцна и трасерот Na-fluorescein

**Обсервациона точка:** Од Пизометарот со ознака 63SK058, кој е на растојаније од 40m од и некој отвор на земјата (и некој отвор на пизометар), земан и мерен на вода за анализа на пристапот на неките раните трасери.

**Кориситен трасер:** 5 кг на NaCl подготвен како 30% раствор, и 5 kg раствор на Na-fluorescein со концентрација од 20 gr/l.

**Дешекција:** - за мерење на ЕИ. Спроведи вост, користена е стандардна мобилна/теренска инструментација

- за Na-fluorescein, при мереније на анализы на земја во лабораторија на ТМФ со употреба на флуоресцентен спектрометар.

Аналiza на земјата при мереније на вода на содржината на неките раните трасери.

Трасер: **NaCl**

Добиени се резултати од извршени на анализы на земјата при мереније на вода на содржината на неките раните трасери - **NaCl**, при кои се види во Таб. 5.2.2.1.

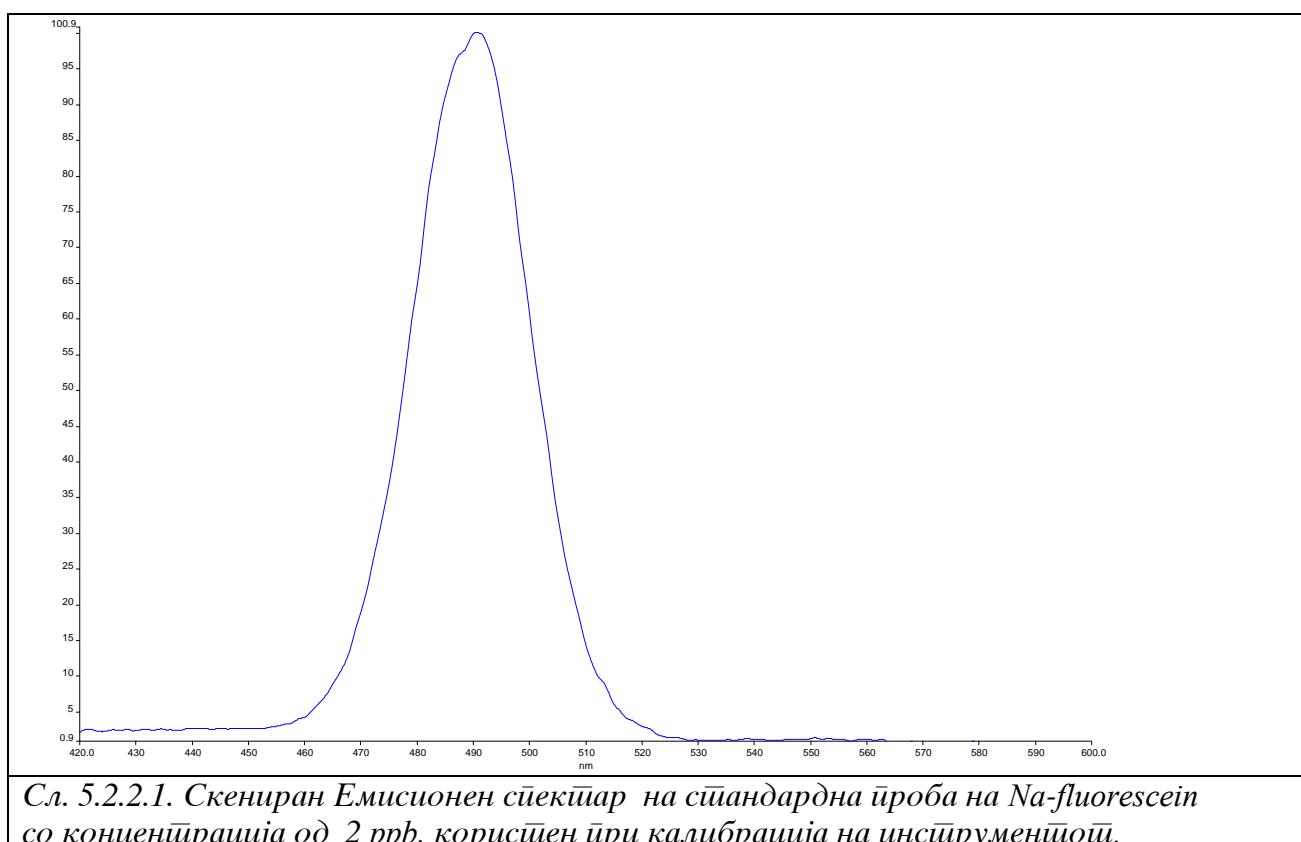
TABELA-5.2.2.1. SLEDEWE NA POJAVATA NA I NEKTI RANI OT TRASER - NaCl VO OBSERVACI ONATA TO^KA/PI EZOMETAR SO OZNAKA - 63SK058

Oznaka/broj Primerok	Peri odi pomeju 2 posledovatelni Uzorkuvawa po I nekti rawato (min)	Kumulativen Peri od po I nekti rawet (min)	$\kappa$ El. sprovod. ( $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ )	Zabeleka
0		0	507	30.09. 2011 god. vo 12,00 ~, (vreme na na i nekti rawe na traserot NaCl)
1	2	2	560	
2	5	7	484	
3	8	15	489	
4	10	25	536	
5	15	40	504	
6	15	55	547	
7	15	70	505	30.09. 2011 god. vo 13,20 h (vreme na na i nekti rawe na traserot Na-fluorescein)
8	20	90	507	
9	20	110	510	
10	20	130	487	
11	20	150	507	
12	20	170	492	
13	20	190	501	
14	20	210	532	
15	20	230	497	
16	30	260	501	
17	30	290	530	
18	30	320	494	
19	30	350	490	

Od dobieni te rezul tati za El. Sprovodl i vost na kol ekti rani te primeroci od observacionata to~ka/pi ezometar so oznaka - 63SK058, pri ka' ani vo Tab.5.2.2.1., vo otsastvo na zgol emena El. Sprovodl i vost, bi mo' elo da se zakl u~i deka i nekti rani ot traser- NaCl, ne se pojavi l.

## Traser: Na-fluorescein

Pred da se pri stapi kon anal i za na kol ekti rani te pri meroci od observaci onata to~ka, napravena e kal i braci ona kri va, bazi rana na razl i ~ni koncentraci i na Na-fluorescein( od 10 ppm do  $5 \times 10^{-6}$  ppm,odnosno do  $5 \times 10^{-3}$  ppb, koncentracija koja fakti ~ki e i dol na grani ca na detekcija na kori steni ot f luorescenten spektrometar-projektivodstvo na Perkin Elmer, model LS 55. Emisi oni ot spektar na standard na Na-fluorescein, pri ka' an e na SI .5.2.2.1. Od istiot se gleda deka pojavata na pikot (maksi mal en intenzi tet) e na branovata dol' i na od 491 nm.



Сл. 5.2.2.1. Скениран Емисионен спектар на стандардна проба на Na-fluorescein со концентрација од 2 ppb, користен при калибрација на инструментот.

## Fonski (Beckground) snimawa na vodeni pri meroci

So cel da se odredi fonot (pri sastvo na Na-f luorescein vo probi te od interest pred negovoto i nekti rawe), anal i zi rana e serija na primeroci, ~iji rezultati se pri ka' ani vo Tab. 5.2.2.2. Interesna e pojavata na Na-f luorescein, i ako vo mal i koncentraci i kaj probi te 63SK055 (Izvor Ra{ ~e-2) i 63SK058 (Dl aboka podzemna voda

vo Qubi n), koe bi mo' el o da se prepi { e na zaostanat traser od prethodno i zvedeni te trasi rawa na podzemni te vodi vo Pol og, vo peri odot od 1960-1963<sup>20,21</sup>.

**TABELA- 5.2.2. SODR@I NA NA NA-FLUORESCEI N KAKO FON (BACKGROUND) VO PRI MEROCI NA VODI OD I NTERES, KOLEKTI RANI VO SKOPSKA KOTLI NA ( VO DENOVI TE 26-27.05.2011GOD.)**

Measurement conditions										
Method:	C:\FLWINLAB\METHODS\calibration uranine-nov2007-1.mth									
Analyst:										
Comments:	Skopska Kotlina									
<hr/>										
Ex. wavelength (nm):	491									
Em. wavelength (nm):	512									
Ex. slit (nm):	10.0									
Em. slit (nm):	10.0									
Integration time (s):	10.00									
Em. filter:	350nm Cut-off									
<hr/>										
Reference sample results										
Std#	Conc*Fact (ppb)	Intens.	BG	Factor						
st 1	0.050	9.329	4.939	1.00						
st 2	0.100	19.587	4.939	1.00						
st 3	0.500	93.990	4.939	1.00						
st 4	1.000	186.385	4.939	1.00						
st 5	2.000	371.725	4.939	1.00						
<hr/>										
Fit equation:										
Y = 185.571 x + 0.736										
Correlation 1.0000										
<hr/>										
Sodrzina na Na-fluorescein kako fon (background) vo primeroci od Interes kolektirani vo Skopska Kotlina.										
Lab br.	Inter.kod	Conc* (ppb)	Intens.	BG	Factor Info					
MK-82	63SK047	0.004	1.470	3.151	1.00 PV Dvorce desno					
MK-83	63SK048	0.012	3.010	3.151	1.00 PV Dvorce levo					
MK-84	63SK051	-0.005	-0.175	3.151	1.00 PV Radu.OU Foj NIca					
MK-85	63SK050	-0.002	0.455	3.151	1.00 R. Vardar Radusa					
MK-86	63SK052	0.009	2.376	3.151	1.00 PV Rad.Lev					
MK-87	63SK055	0.016	3.646	3.151	1.00 Izvor Rasce-II					
MK-88	63SK054	-0.001	0.580	3.151	1.00 Izvor Rasce-I					
MK-89	63SK057	0.010	2.648	3.151	1.00 PV Ljubin (32)					

<sup>20</sup> Du{ an Manakovi }, *Поштекло на водата во врелото Раиче, Годишен Зборник на Природно-математичкиот факултет на Универзитетот во Скопје, ГЕОГРАФИЈА И ГЕОЛОГИЈА, Книга 13, Св.1, 1962*

<sup>21</sup> S.E Gajkovi } i @.Radosavljevi }, PRI MENA NA RADI OAKTI VNI I ZOTOPI PRI I SPI TUVAWE NA NEKOI HI DROGEOLOKI PROBLEMI NATERENOT OD SKOPJE, Prethoden I zve{ taj, (1963)

MK-90	63SK058	0.018	3.988	3.151	1.00	PV Ljubin (83,5)
MK-91	63SK067	-0.003	0.138	3.151	1.00	PV Ljubin (10)
MK-92	63SK059	0.009	2.408	3.151	1.00	PV Dj.Petrov (73,5)
MK-93	63SK060	-0.003	0.109	3.151	1.00	PV Dj.Petrov (11,5)

### SI edewe na i nekti rani ot traser na Na-f luorescein

Dobi eni te rezul tati od sl edeweto/anal i za na kol ekti rani te pri meroci na voda, na pri sastvo na Na-fluorescein, pri ka' ani se vo Tab.5.2.2.3. Od i sti te se gleda deka i ako ni vni te koncentraci i se i sto takabki skudni voto na fonot, sepak probata so oznaka br.15, zemena 160 min. po i nekti raweto, se i zdvojuva od drugite, upatuvaljki na relativno slaba pojava na i nekti rani ot traser. Iako na emi si oni ot spektar na ovaa proba koj e pri ka' an na SI . 5.2.2.2. ne e evidenti ran i zrazen pi k na o-ekuvanata branova dol' i na od 491 nm., regi stri ranata slaba pojava na i nekti rani ot traser od svoja strana, govori za mo' no negovo pri sastvo samo vo tragovi . Odtamu, i ovaa pojava na traserot Na-fluorescein, sepak bi trebal o da se zeme so rezerva..

**TABELA-5.2.2.2. SLEDEWE NA POJAVATA NA I NEKTI RANI OT TRASER -  
NA-FLUORESCEIN VO OBSERVACI ONATA TO-KA/PI EZOMETAR  
SO OZNAKA - 63SK058**

FI Concentration results  
Generated on 10-10-2011  
at time 12:22:50

\*\*\*\*\*  
Measurement conditions  
Method: C:\FLWINLAB\METHODS\calibration uranine-nov2007-1.mth  
Analyst:  
Comments: Ljubin, Skopska Kotlina

Ex. wavelength (nm): 491  
Em. wavelength (nm): 512  
Ex. slit (nm): 10.0  
Em. slit (nm): 10.0  
Integration time (s): 10.00  
Em. filter: 350nm Cut-off

\*\*\*\*\*  
Reference sample results

Std#	Conc*Fact (ppb)	Intens.	BG	Factor
st 1	0.050	9.329	4.939	1.00
st 2	0.100	19.587	4.939	1.00
st 3	0.500	93.990	4.939	1.00
st 4	1.000	186.385	4.939	1.00
st 5	2.000	371.725	4.939	1.00

Fit equation:

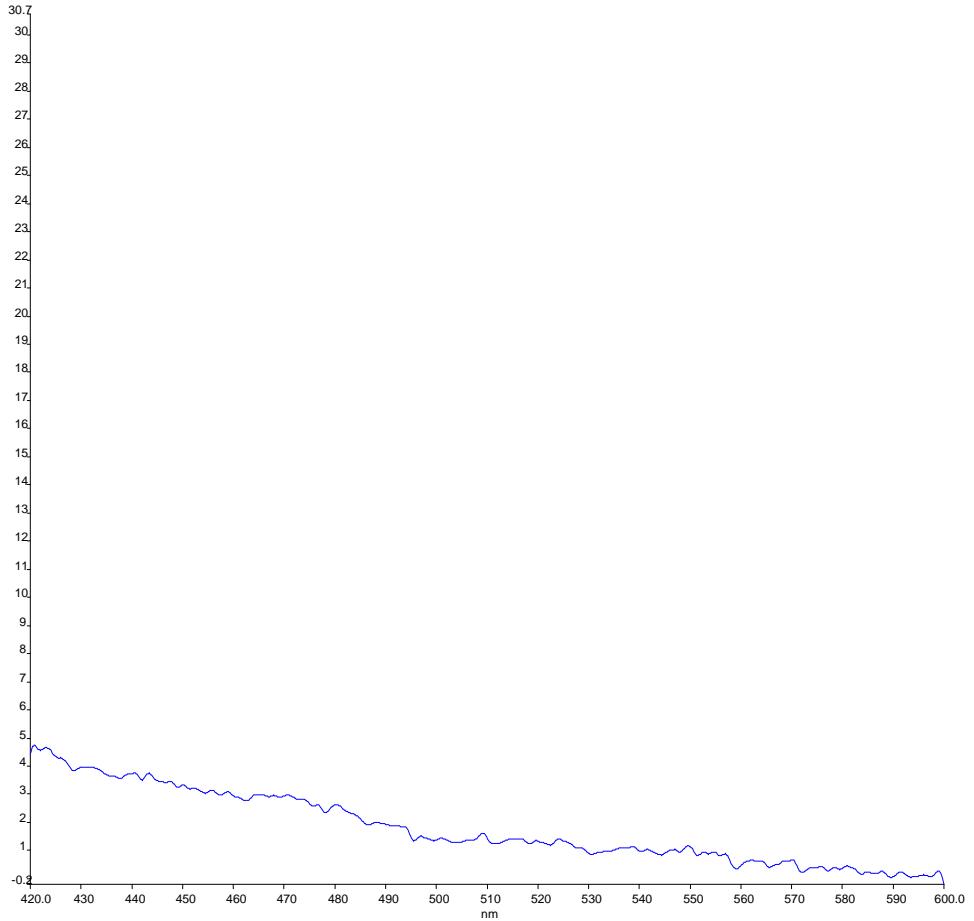
$$Y = 185.571 x + 0.736$$

Correlation 1.0000

\*\*\*\*\*  
Inektiran tracer Na-Fluorescein vo Piezometar 63SK057 na den 30 Sept.2011 vo 13,20h  
observacija na pojava na inektiraniot tracer vo Piezometar 63SK058

Oznaka  
Br. Primer. Conc\*  
(ppb) Intens. BG Factor Info

MK-71	0.005	1.678	1.891	1.00	BG 63PO038	
8	0.005	1.722	1.891	1.00	20 min po inekt.	Na fluorescein
9	0.011	2.773	1.891	1.00	40 min po inekt.	Na fluorescein
10	0.006	1.838	1.891	1.00	60 min po inekt.	Na fluorescein
11	0.007	2.055	1.891	1.00	80 min po inekt.	Na fluorescein
12	0.008	2.196	1.891	1.00	100 min po inekt.	Na fluorescein
13	0.006	1.758	1.891	1.00	120 min po inekt.	Na fluorescein
14	0.011	2.757	1.891	1.00	140 min po inekt	Na fluorescein
15	0.016	3.699	1.891	1.00	160 min po inekt.	Na fluorescein
16	0.010	2.625	1.891	1.00	190 min po inekt.	Na fluorescein
17	0.009	2.488	1.891	1.00	220 min po inekt.	Na fluorescein
18	0.013	3.226	1.891	1.00	250 min po inekt.	Na fluorescein
19	0.010	2.602	1.891	1.00	280 min po inekt.	Na fluorescein



Сл. 5.2.2.2. Скан на емисионен ситецитар на йримерокот на вода со ознака /бр.15, колектиран 160 мин. после инектирањето на йрасерот, Na-fluorescein.

### Пресметка на *порозноста на подземниот аквифер во Љубин, скойско*

Принципот<sup>22</sup> на одредувањето на порозноста во зоната на сатурација се базира на преближната еднаквост помеѓу порозитетот (празен простор/вкупен обем) и парцијалниот обем на водата  $s = \frac{\text{Обем на вода}}{\text{Вкупен обем}}$ . За оваа цел, потребни се две истражни дупнатини (пиезометри). Трасерот - се и некоја во една од нив, додека од другата која се наоѓа на растојанието  $r$ , се врти и спрепнува. Не зависи од дисперзијата на трасерот на неови от пат помеѓу двата пиезометри, неговата појава каде

<sup>22</sup> Havley, E.; Nir, A. 1962. Determination of aquifer parameters with the aid of radioactive tracers. J. Geophys. Res., vol.61, p. 2403-9.

observaci onata to-ka (vtori ot piezometar), upatuva na faktot deka volumenot na i spumpanata voda ,  $V$ , e

$$V = \pi r^2 b \mu$$

kade { to,

$b$  = дебелина на аквифера,  $r$  = расположение югометра между двумя пьезометрами, и  $\mu$  = эффективная проницаемость

Користејќи ги добиените податоци за време на изведување на прасерскиот експеримент,

- Поява на прасер после 160 мин. и
- Истуман волумен

дојдаме до вредноста за  $\mu$  која не би требало да е  $< 1 \times 10^{-4}$ , односно  $1 \times 10^{-2}$  и зразена во %.

### 5.3. БИЛАНС НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО СКОПСКА КОТЛИНА И НИВНА ЗАШТИТА

Pri izrabitkata na bi lansot na podzemni te vodi vo Skopskata kotlina so poseben osvrt na potegot vliiv na R. Lepenec vo R. Vardar do i zvorot Račne, cel ta be{e vrz baza na raspolo{vi te podatoci da se prika'at me|usebni te vli i jani ja na grani{ni te i zdani vo ramki te na prou{uvani ot teren za ,me|u ostanatoto i vrz baza na bi lansi rawe na pozemni te vodi na po{ i rokoto podra~je, se so cel da se uka'e na potekloto na vodata od i zvorot Račne.

Pri ka'ani te hi drogeolo{ki karakteristiki na terenot koj e opfaten so i zrabotenata hi drogeolo{ka karta vo M=1:25 000, po vidi na{in na koj se tretirani, bi trebal o{da prestatuvuvaat osnova za utvrduvawe na rezervi te na podzemnata voda.

Po op{to pri fatteni te hi drogeolo{ki standardi si te rezervi na podzemni te vodi mo' at da se podelat vo dve osnovni grupi ili kategorii:

- Статички резерви, и
- Динамички резерви

Статички резерви на подземната вода предstavuvaat postojni te koliki{ni na voda {to se zastapeni vo siste{ vodonosni sloevi, i{li ni vni delovi vo sekoe vreme, odnosno predstavuvaat rezervi vrzani za vekovni geolo{ki procesi.

Динамички резерви предstavuvaat oni e koliki{ni na voda vo i{zdano{t koi se popoluvaat vo tekot na godinata ili vo odreden vremenski period, odnosno ti e predstavuvaat prirodni protoci na podzemnata voda vo bilo{koj profill na podzemni otok.

#### Статички резерви на подземни води во збиениот шифер на издан

Za presmetuvawe na statichki te rezervi na podzemni te vodi vo zbieni ot tip na i{zdani vo ramki te na Proektot se pri meni formulata na N.A. Plostni kov:

$Q = \mu \times V$ , kade { to se:

$Q$  – статични резерви ( $m^3$ )

$V = F \times h$  – обем на водоносни слоеви ( $m^3$ )

$\mu$  – коффициент на специфична издатност (эффективна порозност - 0,1-0,3), со кој се дефинира колку вода може да се испарува од водоносни слоеви. Статични резерви се одредени за стационарни теренот во рамките на површините кои се опфатени од вливот на Р. Лепенец во Р. Вардар до изворот Рафче. Сепак, врз основа на добиени резултати од извештајот кој ги откри неогените и археолошки докази за загадените места. Просторот кој е предмет на набљудување се поделува на 1/3 од површината на Скопската котлина, тогава статични резерви во збиената издана се слободно ниво затворена со хидроизолација карта во  $M=1:25\,000$ , и знесуваат:

- мокри издатни терени  $1,04 \times 10^8 m^3$

- средни издатни терени  $1,30 \times 10^8 m^3$

- слаби издатни терени  $0,74 \times 10^8 m^3$

$$\text{Вкупно } \Sigma = 3,08 \times 10^8 m^3$$

Добиени вредности директно се усвоени од распространетата површина, која каде { мокри издатни терени знесува  $16,6 \text{ km}^2$ , за разлика од средните издатни терени ( $64,3 \text{ km}^2$ ) и слаби издатни терени ( $123,3 \text{ km}^2$ ).

Динамични резерви на збиени от типиздани

Процентот на динамични резерви на подземни води во збиени от типиздани е извештаена по веб-сајтот на методологијата за пресметка на подземни води одреден период, со примена на следната формула:

$$Q = K \times H \times B \times I$$

каде { то се:

$Q$  – динамични резерви ( $m^3/\text{ден}$ );

$K$  – коффициент на фильтрација, средна вредност ( $m/\text{ден}$ )

$H$  – средна дебелина на водоносни наслаги (м)

$B$  – { ири на подземни води (м)

$I$  – средни градиент на падот на подземни води (%).

За оваа пресметка како карактеристични профили ги земавме профилите на устие на Р. Треска во Р. Вардар, и на вливот на Р. Лепенец во Р. Вардар.

So i zvr{ enata presmetka na ovi e profili i dobi eni se sl edni te vrednosti :

## **1. Усилувањо на реката Треска во Вардар**

$$K = 45 \text{ m/den}$$

$$H = 8 \text{ m}$$

$$B = 1875 \text{ m}$$

$$I = 0,0053 \%$$

$$Q = 3,575 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ден}$$

## **2. Долниот шек на реката Лейенец**

$$K = 45 \text{ m/den}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

$$B = 3000 \text{ m}$$

$$I = 0,0060 \%$$

$$Q = 3,24 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ден}$$

Anal i zi rajki go re' i mot i bi lansot na podzemni te vodi , treba da se potenci ra deka vo tekot na i stra' ni ot period se zabel e' ani razli ~ni oscilaci i na podzemni te vodi vo poodelni te nabludatelni objekti kako { to se i zrabeteni te pi ezometri , koi se locirani vo granci te na i stra' ni ot pros na Skopska kotlina. Oscilaci jata, odnosno vari raweto na vodata vo ovi e objekti , me|u drugoto e tesno povrzano i so i stekuvaweto i prei stekuvaweto na vodata vo eden i zdan, poradi { to logi ~no se vr{ i i spu{ tawe, kako i i zdi gawe na ni voto na vodata. Nabqduuvawata poka' aa deka ni voto na vodata skoro vo si te nabqduuvani objekti e minimalno na krajot od letoto i za vreme na esenta, a maski malno vo tekot na proletta, odnosno vo vremeto koga i zdano nazi ntenzi vno se hrani .

Vo nabqduuva~ki te pi ezometarski bunari se konstati rani oscilaci i na ni voto na vodata, vo pozitivna i negativna smisl a, i vo relativno kratki vremenski periodi . Vremenskoto rastojani e pome|u takvi te sporedni maksimumi i minimalumi se vo stroga zavisnost od kolik i nata na vodenite talazi , kako i od iitoloci{ ki ot sostav na nadizdanskata zona i od zonata na hraneveto. Vo zavisnost od ovi e faktori potrebno e pomalku i i pove}e vreme za pojavuvaweto na maksimalnoto ni vo vo i zdano, od denot na pojavata na maski malnata kolik i na na vodenite talazi i obratno.

[ to se odnesuva za vlijanieto na povr{inski te vodi vo promenata na ni voto na vodata na podzemni te izdani , mo' e da se ka'e deka toa zavi si od intergranularnata poroznost na karpestite masi koi se natalo' eni vo prostorot pome|u istra' uvani te izdani i proto-nite vodi od R.Vardar. Krupnata poroznost i blizinata na rekata dozvol uvaat na ovi e tereni brzo i pogoljemo oscilaci i rawe na podzemni te vodi .

### ***5.3.2. Защита на подземните води во скопска котлина***

Со оглед на фактот да вodosнабдувавето на Градот Скопје и околините на селата и места се спроведуваат од подземните води на Изворот Рајче и бунарите 1-7, а и оцирани во Нереци, потребно е permanentно да се води сметка за нивната зафтијата, особено водејќи сметка за нивните зони на прихрануваве.

→ Извор Рајче

Ако водите од Изворот Рајче се хранат од подземните води во Долен Полог и овие води потекнуваат од посебни роки во регионот на Марпланите (со просечна надморска висина на поголема од 1800) истите треба да бидат предмет на постојан физико-хемиски и изотопски мониторинг. Поради погрешката знатноста на участниците на вршени и наредени изследовани, на изворот Рајче, наведените манифести треба да се посветат и на скупните активности на сите изследовачи, кои имат најзначајно влијание на присъствието на многобройни карстни форми и појави).

→ Бунари во Нереци

Врз основа на изведените хидрогеолшки, хидрологички, физико-хемиски и изотопско-траески истражувања, се погрешките дејствија потекнуваат од водите коишто ги хранат бунарите во Нереци и тоа со директна хидролика на водите подземни води коишто водат на реките Вардар и Лепенец како и со директна хидролика на водите подземни води коишто водат на реките Кандово и Кубин со изразена старост > од 50 години. Одтаму, и во овој случај се налага потреба од постојана грижа за зачувување на квалитетот на повремените води преку координиран тretman на индустриски и комунални отпадни води, коишто за сега се воглавено, и тоа со споменатите водите, најверојатно без содветно промишлено стапување од една страна и мониторинг како на повремените води така и на подземните води, во посебни роки во регионот околу вodozahvatните објекти и особено во западниот дел на скопската котлина на потегот од Изворот Рајче до бунарите во Нереци, од друга.

## 6. ZAKLU^OK I PREPORAKI

1. Real i zi rani te i stra' uvawa koi vkl u~i ja, hi drogeol o{ ki , i zotopsko-traserski te i spi tuwawa na vodi te od i nteres, Kl asi f i kaci ja na vodi te spored ni vni ot hemi zam, kako i sporedbeni ot di jagramski pri kaz na hi drol o{ ki te observaci i za povr{ i nski te i podzemni vodi , davaat mo' nost za di ferenци rawe na i spi tuvani te vodi kako i ni vni te me|usebni korelaci i , { to e od posebno zna~ewe pri sekoe i stra' uvave i za{ ti tata na podzemni te vodi .

2. na 4-i te novi i stra' ni (2 vo Qubi n i 2 vo \or~e Petrov ) i zvedeno so bu{ a~ka garni tura SKB-4, съвни карактеристики ( меѓународни ознаки, координати на нивните локации, дијаметар на вградените цевки и длабочини) дадени во Таб.5.1.3.1. I uvi nanos - formiran na g.Vardar sostaveni se gl avno od ~akal i pesok so debel i na 5- 15m i so gol ema vodopropusl i vost  $1 \cdot 10^{-2}$   $1 \cdot 10^{-3}$  / , .

3. , ( )

63 057 63 058  
2-3 / .

4. Spored dobi eni te rezul tati od dosega{ ni te prou~uvawa na hi dro-geol o{ ki te karakteristi ki na sedimenti te so koi e i spolneta Skopskata kotl i na, =1:25 000 .5.1.6.1.

uka' uvaat deka pri sustvoto na gol ema kol i ~i na na voda vo i stata e vo tesna zavi snost od hi drogeol o{ ki te karakteristi ki na karpi te koi se zastapeni na nejzi ni ot peri feren del . Toa, posebno se odnesuva na zapadni ot peri feren del , kade { to se zastapeni karstni te tereni . Me|utoa, koga se vo pra{ awe podl aboki te delovi na ezerski te sedimenti vo Skopskata kotl i na, vli jani eto od peri ferni te delovi bez somneni e e mnogu zna~ajna. Reoni zaci jata na Skopskataa kotl i na po ti povi na i zdani e i zvr{ ena vrz baza na strukturata na poroznosta na karpesti te masi vo koi ti e se formi rani . Sprema toa, terenot e reoni ran na:

- Терени со збиењ тий на издани, формирани во седиментни маси со интаргруларна йорозносит;

- Терени со јукнайински тип на издани формирани во карбеситите маси со јукнайинска порозност;
- Терени со карбен тип на издани формирани во карбеситите маси со кавернозна порозност;
- Терени со карбино-јукнайински тип на издани, формирани во карбеситите маси со комбинирана карбино-јукнайинска порозност;
- Условно безводни, односно мошне слабоводоносни терени.

- Soglasno sporedbeni te di jagrami na protoci te na Reki te i ni voata na okolni te (vo nivna neposredna blizina) podzemni vodi, SI. 5.1.5.1 - 5.1.5.7, evidentni se sličnosti te vo oscilaciите, od edna strana na protoci te na površinski te vodi i na ni voata na lokalni te podzemni vodi od druga, {to upatluva na mo'ni direktni komunikaci. Sepak, deka ova ne e sekoga{ sluzaj potvrda e posmatrani ot profili kaj pi ezometarot vo Kondovo. Iako hemi zmot na Rekata Rardar i vodata vo Pinezometarot lociran vo Kondovo so oznaka 63SK036, se razlikuваат, sepak, vo hidrolo{ka smislata i poka' uvaat i zvesna me|usebna korelacija. Pri vi soki vodostoi na R. Vardar beleme i povi soko NPV odnosno pomali rastojani ja od ustata na pi ezometri skata cevka do ni voto na podzemnata voda.
- Spored hidraulični te gradi enti na podzemni te vodi kaj Profili ot vo Dvorce (formirani od 3-te pi ezometri: 63SK046, 63SK047, 63SK048), videti Tab. 5.1.1.2. i Tab. 5.1.5.1.), mo'eme da go zaključime slednoto: Za razliku ka od podzemni te vodi na levit bok od Rekata Vardar (Radu{ki masiv), koi postojano ja hrana Rekata, evidentna e reverzi bi lnosti vo komuni kaci jata pome|u podzemni te vodi na desni ot bok od Rekata Vardar i @edenski ot masiv, pri {to, za vreme na rana esen (relativno niski vodostoi na Rekata Vardar), @eden ja hrani Rekata, dodeka za vreme na vi soki vodostoi, Rekata Vardar go hrani @eden.
- Spored soder{ni te na Tri tipi umot vo ispituvani te vodi, i stitebi mo'el edagi podelime za sega vo tri grupi i toa: vo Grupa-1 se sve'i i precipitati, površinski i podzemni vodi so koncentracii na tri tipi um vo prosek pogoljema od  $5 \pm 1$  T.E. Vo vtorata grupa se podzemni vodi koi poka' uvaat koncentracii  $<5$  T.E., no vo isto vreme i  $>0,5$  T.E., i tretata Grupa se podzemni vodi so koncentracii  $<0,5$  T.E. Taka, za razliku od podzemni te vodi vo bunarskoto podrazje Lepenec, (B-1-B-3) koi poka' uvaat koncentracii  $>5$  T.E., i blizki na one registri rani vo površinski te vodi (R. Vardar i R. Lepenec) od koi najverovatno i se hrana, bunari te vo Nerezi (B-1-B-4), poka' uvaat me{avi na na površinski vodi i dlaboki podzemni vodi koi posezgleda deka patuvaat od pravci te Qubin i Kondovo kon \. Petrov i Nerezi po doljnata na R. Vardar.

Vo prilog na ovaa konstatacija e prisastvoto na dlabokite podzemni vodi vo Qubin (63SK058) i \.Petrov(63SK059), vkluvajki ja i mineralnata voda na leviot breg od Rekata Vardar vo blizina na Izvorot Račne(63SK068), koi poka' uvaat relativno niski tri tiumski koncentraciji < 0,5 T.E., upatuвајки на faktot deka kaj ovi e vodi stanuva zbor za starost > od 50 godini, so {to ja i sključuваат дека ови e vodi da bi dat prihranuvani direktно од lokalni te površinski vodi .

8. Interesni se vrednosti teza tri tiumski te koncentraciji koi se registri rani vo vodi te od Izvori te na Račne -1 i 2. Spored nivni te vrednosti koi se dvi' at vo grancite od  $5 \pm 0,6$  T.E., ne naveduva na vodi so relativno mala starost od 1-3 godini . Sepak, kori stejki gi Istoriskite podatoci za dvi' eweto na tri tiumski te koncentraciji vo vrne' i te(za posledni te 50 godini ), izmereni kaj nas i vo Grac, Avstrija, napraven e model , na dvokomponentno me{awe , vo nači ovsluj, na dlabokite arteski vodi vo Polog i vrne' i te nad @eden, so koj dojdovme do sosema drugi soznani ja. Nai me, so upotreba na spomenati ot model , podr' an so kompjuterski program koj dozvoljava simulacija na procentnata partiција na poedenite velzni komponenti , nivni te tri tiumski koncentraciji , simulacija na različni vremena na tranzit (MRT) kako i izleznata tri tiumska koncentracija (se misli na vodi te od Izvori te Račne-1 i 2, označeni , 63SK054 i 63SK055 respektivno), dobi eni se navisti na koncentraciji kako i izmereni te kaj izvorski te vodi , vi di Tab. 5.2.1.3. i Tab. 5.2.1.4. so koe fakti -ki opределен е односот на arteski te vodi i vrne' i te nad @eden (45% : 55%), nivnoto srednoto tranzitno vreme (MRT= 27 godini ) na zadr' uvave vo podzemni ot 'edenski akvifer kako i големата na podzemni te rezervi na voda smesteni vo nego, koi se procenuvaat na ssa  $4,683 \times 10^9 \text{ m}^3$  i go hranat Izvort Račne, kraj Skopje. Od tamu, so izvedeni te istra' uvava se dojde do značajni soznani ja ne samo za mehanizmot na hranewe na vodi te od Izvorot Račne (glaven vodosnabdi tel na gradot Skopje so pitka voda) tuku i se dobija nasoki za negovata pocelosna začita. I stovremeno poka' a deka primenетата методологија mo' e uspe{ no da se примени на други сложни hidrosistemi .

Sekako, ovoj model bi trebal o da bi de potvrden so pogol ema stati sti ka vo ponatamo{ ni te i stra' uvawa koi se predl agaat kako eden od zakqu~oci te na i zvedeni te i stra' uvawa, predmet na ovoj I zve{ taj.

9. Za razlika od ve{ ta~ki ot traser- NaCl, koj be{ e i nekti ran vo pi ezometarot 63SK057 i ne se pojavi , na posmatranoto mesto pi ezometarot (63SK057), vtori ot traser, Na-fluorescein i ako vo tragovi be{ e registri ran posle vreme od 160 minuti , vi di poglavje-5.2.2., { to od svoja strana, go ovozmo' i opredel uvawe na poroznosta na l okal ni ot akvi f er, pri { to se dobi vrednost od  $1 \times 10^{-2}\%$ . Sepak, poradi ni skata dtekti rana koncentracija, ovaa vrednost bi trebal o da se zeme so rezerva.
10. Pri izrabotkata na bilansot na podzemni te vodi vo Skopskata kotlina so poseben osvrt na potegot vli v na R. Lepenec vo R. Vardar do i zvorot Ra{ ~e, Stati~ki te rezervi se odredeni za si te tipovi na terenot vo ramki te na povr{ini te koji se opf ateni od vli vot na R.Lepenec vo R. Vardar do i zvorot Ra{ ~e. Sepak, vrz osnova na dobi eni te rezul tati od l okal ni te trasi rawa vo Qubin, za efektivnata poroznost se dobi vrednost so znatno namalena poroznost,  $1 \times 10^{-4}$  odnosno  $1 \times 10^{-2}\%$ , koe e razbireli vo so ogled da i stra' ni ot pi ezometar koj gi otkri neogenite i aprovti sedimenti dosta zaglineti. Prostorot koj e predmet na observacija so Projektot i znesuva okolu 1/3 od povr{ina na Skopskata kotlina, stati~ki te rezervi vo zbi enata i zdan so sl obodno ni vo zaf atena so hidrogeolo{ kата karta vo M=1:25 000 , i znesuваа kupn  $3,08 \times 10^8 \text{ m}^3$
- Procenkata na dinami~ki te rezervi na podzemni te vodi vo zbi eni ot tip na i zdani e i zvr{ena po voobi~aenata metodologija za presmetka na podzemni ot protok na odreden period, pri { to se dobi eni sl edni te vrednosti : *Усилуваа на реката Треска во Вардар*  $Q = 3,575 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ден}$ , *Долниот јак на реката Лепенец*  $Q = 3,24 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ден}$

11. Vrz osnova na izvedeni te istra' uvawa i pri toa dobi eni te rezul tati , predl agame :

- Da se prodol ' i so moni toring na izotopski te sodr' i ni vo hidro{ ki ot ci kl us na vodata od Pol o{ ko-Skopski or regi on, so ogl ed na faktot { to ovi e istra' uvawa do sega, bea najprodukti vni .
- Da se primeni novata metoda Tritium -Helium -3 ( $T-^3He$ ), koja se potvrduva kako nei zbe' na osobeno vo interpretaci jata na istori ski te tritiumski vrednosti (Meunaroden proekt podr' an od MAAE /Meunarodna Agencija za Atomska Energi ja /, koj e vo tek i vo ~ija real i zaci ja akti vno e vkl u~en i istra' uva~ki ot tim od Tehnolo{ko metal ur{ ki ot fakul tet - Skopje, nosi tel na istraa' uvawata, predmet na ovoj I zve{ taj).

## **7. РЕЛЕВАНТНА ЛИТЕРАТУРА**

Al eksi n, A. O., 1953: Osnovi gi druhemi i . Leni ngrad

Al eksi }, B., 1930: Katl anovska bawa i zna~aj wene l ekovi te vode. Skopje.

Andres, G. and Egger, R., 1985. A new tritium interface method for determining the recharge rate of deep groundwater in the Bavarian Molasse basin. J. Hydrol., 82:27-38.

Andrews, J.N., 1985. The isotopic composition of radiogenic helium and its use to study groundwater movement in confined aquifers. Chem. Geology, 49: 339-351.

Anovska-Jovcheva, E., Zoran Jovcev, Kosta Anovski, Irena Stojmenovska, Josif Milevski , Viktor Popov , Todor Anovski STUDY ON THE RELATIONSHIP BEETWEN THE WATER LEVEL OF THE PRESPA LAKE AND IT'S VOLUME, NATURA MONTENEGRINA, ISSN 1800-7155 on line edition, 2008

Anovska-Jovcheva, E., Application of the Boundary Element Method Multi-Domain Approach and Simulation of Tritium Concentration to Determining the Properties of the Galichica Mountain Aquifer, Thesis defended in accordance with the requirements of the University of Wales, UK, for the degree of Master of Philosophy, February, 2010

Anovski, T., et al. Progress in Study of Prespa Lake by Application of Isotope and other Relevant Techniques, Serries of Monographies, Faculty of Technology and Metallurgy, Univ.of SS Cyril &Methodius, Skopje, 2001

Anovski, T., J. Milevski, M. Arsov, P. Ristevski, E. Anovska, V. Popov, Z. Jovcev, Lj. Arsov"PROGRESS IN WATER BALANCE OF PRESPA LAKE, III Congress of Ecologists of Macedonia with International Participation, held in Struga from 6-9 October, 2007"

Anovski, T., Popov, V., Arsov, Lj. Et al. Sustanable Management of the Inter. Waters-Prespa Lake, Final Report on NATO - Project No: SfP 981116, March, 2010

Anovski, T., Arsov, Lj., Anovska-Jovcheva, E., et al. THE INFLUENCE OF VARDAR RIVER TO THE GROUND WATER RECHARGE OF RASHCE SPRING, 1<sup>st</sup> Research Coordination Meeting on CRP 1786, Estimation of Groundwater Recharge and Discharge by Using the Tritium-Helium-3 Dating Technique, 8-12 November, 2010,VIC-Vienna, Austria, 2010

Arsov, Lj., et al., Quality of Water of the Prespa Lake Region, Chapter 2 of the Progress in study of prespa lake using nuclear and related techniques, Monography Serries of the Faculty of Technology and Matallurgy, Univ. Ss Cyril &Methodius, Skopje, 2001

Arsov, Lj., et al., Water balance of Prespa Lake, 3<sup>rd</sup> Research Co-ordination Meeting on the Sustanable Management of the Inter. Waters-Prespa Lake, Pogradec, Albania, 2006

Arsovski , M., 1966: Op{ ta karakteristi ka na geol o{ kata gradba na teritorijata na SRM. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod, Skopje.

Arsovski , M., Petkovski , R., 1975: Neotektonika na SR Makedonija. I nsti tut za zemjotresno i n' enerstvo i i n' enerska sei zmoli ogi ja. Uni verzi tet "Sv. Ki rill i Metodi j" -Skopje.

Arsovski , M., Stojanov, R., 1995: Geotermalni pojavi povezani so neotektoni kata i magmati zmot na teritorija na R Makedoni ja. Zbornik na referati , Neu-en sobi r MANU-Skopje.

Balderer W. , 1993. Conclusions on the possible variations of chemical and isotopic composition of groundwater systems in response to changed hydrodynamic conditions. In: Isotopic and geochemical precursors of earthquakes and volcanic eruptions. IAEA/TECDOC-726, IAEA Vienna: 87- 107.

Balderer W. and Synal A. , 1995. Characterization of the groundwater circulation of tectonically active areas in western Turkey by the  $^{36}\text{Cl}$  method. In: Isotopes in Water Resources Management Vol. 2, IAEA Vienna: 164- 167.

Barnes, C.J. and Allison, G.B., 1983. The distribution of deuterium and oxygen-18 in dry soils: 1. Theory. J. Hydrol., 60: 141-156.

Beyerle, U., W. Aeschbach-Hertig, et al. (1999). "Infiltration of river water to a shallow aquifer investigated with  $^3\text{H}/^3\text{He}$ , noble gases and CFCs." Journal of Hydrology 220: 169-185.

Buzek, F., Kadlecova, R. and Zak, K., 1998. Nitrate pollution of a karstic groundwater system. In: Isotope Techniques in the Study of Environmental Change, IAEA Vienna: 453-464

Calf, G.E. and Habermehl, M.A. , 1984. Isotope hydrology and hydrochemistry of the Great Artesian Basin, Australia. In: Isotope Hydrology 1983, IAEA Vienna: 397-4 14.

Carmi, I. and Gat, J.R., 1992. Estimating the turnover time of groundwater reservoirs by the helium-3/tritium method in the era of declining atmospheric tritium levels: Opportunities and limit. in the time bracket 1990-2000. Israel J. Earth Sci. 43: 249-253.

Cvijić, J., 1911: Osnove geografije i geologije Makedonije i Stare Srbije, kw. I i II-Beograd.

Cvijić, J., 1926: Osnove geografije i geologije Makedonije i Stare Srbije, kw. III-Beograd.

Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus 16: 436-468.

Dincer, T., Al-Mugrabi, W. and Zimmermann, V., 1974. Study of the infiltration and recharge through the sand dunes in arid zones with special reference to the stable isotopes and thermo-nuclear tritium. J. Hydrol., 23: 79- 109.

Georgiev, D., 1985: Izveštaj za izvršenje hidrogeoloških istraživanja i razvedavanja geotermalne resurse na podzemnim vodama u jugohrvatskim Jagunovcima. Stručni fond na Geologiju i zavod-Skopje.

Georgieva, M., 1984: Projekt za izradu podzemnih voda vo rafinerijskoj Skopje - Skopje. Stručni fond na Geologiju i zavod - Skopje.

Georgieva, M., 1985: Izveštaj za izvršenje hidrogeoloških istraživanja i razvedavanja geotermalne resurse na podzemnim vodama u jugohrvatskim Jagunovcima. Stručni fond na Geologiju i zavod - Skopje.

Georgieva, M., Micevski, E., 1995: Prelimiarna ocena na geotermalni resursi na R Makedoni ja. Zbornik na referati , Naučen sobi r MANU - Skopje.

Georgieva, M., 1991: Podeljene pojave u Skopskoj kotli i njihovi prilogi u određivanju vrednosti geotermalne potencijalnosti. Magisterska teza, Beograd.

\uzel kovski , D., Kotevski , \., 1977: Hi drogeol o{ ka karta na SR Makedoni ja vo merka 1:200 000. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

\uzel kovski , D., 1987: Za{ ti ta na podzemni te vodi vo al uvi jal nata i zdan na rekata Vardar.

Fritz, P., Cherry J.A., Weyer R.V. and Sklash M.G., 1976. Runoff analyses using environmental isotopes and major ions. In: Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology, IAEA Vienna: 1 1 l- 130.

Geyh, M.A., 1992. The i4C time-scale of groundwater. Correction and linearity. In: Isotope Techniques in Water Resources Development 199 1, IAEA Vienna: 167- 177.

Fritz and J. Ch. Fontes (Editors), Handbook of Environmental Isotope Geochemistry Vol. II, Elsevier, Amsterdam: 36 l-425.

I zmai I ov, N., 1960: GI avne crte tektoni ke Makedoni je. Trudovi na Geol o{ ki zavod - Skopje. Sv. 7.

Keki }, A., 1976: I zve{ taj za hi drogeol o{ ki te i stra' uvawa kaj kapta' ata Ra{ ~e II. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Keki }, A., 1972: Hi drogeol ogi ja Pol o{ ke kotl i ne sa obodom i poreklo vode vrel a Ra{ ~e. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Keki }, A., 1973: Hi drogeol o{ ke odl i ke Pol o{ ke kotl i ne sa obodom (Doktorska di sertacija). Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Kotevski , \., 1979: Hodrogeol ogi ja na mi neral ni te, termal ni te i termomi neral ni te vodi na teritorijata na SR Makedoni ja (Doktorska doi sertacija). Rudarsko geol o{ ki fakultet - Bel grad.

Kotevski , \., 1979: Hi drogeol o{ ka karta na mi neral ni te, termal ni te i termomi neral ni te vodi na SR Makedoni ja vo merka 1:200 000. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Kotevski , \., 1976: Odnosot na dru{ tvoto prema za{ ti tata i kori stweto na podzemni te i povr{ i nski te vodi vo SRM. Zborni k radova Jugosl ovenskog si mpozi um o hi drogeol ogi ji i i n' enerskoj geol ogi ji - Skopje.

Kotevski , \., 1976: Hi drogeol o{ ki i stra' uvawa na mi neral ni te i termomi neral ni te vodi na teritorijata na SR Makedoni ja. Zavr{ en elaborat. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Kotevski , \., 1976: Tol kuva~ za hi drogeol o{ kata karta na I sto~na Makedoni ja vo merka 1:100 000. Stru-en fond na Geol o{ ki zavod - Skopje.

Kotevski , ] ., Gerasimov, V., 1984: Hi drogeol o{ ki i hi drogeotermal ni odl i ki na Skopski ot regi on, so poseben osvrt na termal ni te vodi vo reonot na s. Vol kovo. Hi drogeol o{ ki si mpozi um, Budva. Zborni k referata o hi drogeol ogi ji i i n' enerskoj geol ogi ji .

Libby, W.F., 1953. The potential usefulness of natural tritium. Proc. Nat. Acad. Sci., 39: 245-247.

Munnich, K.O., 1968. Isotopen-Datierung von Grundwasser. Naturwiss., 55: 158-163.

Nestorovski , I ., 1968: Kus pri kaz na tektoni kata na Makedoni ja. Zborni k na VIII kongres na geografi te na SFRJ. Stru-en fond na Pri rodno-matemati -ki fakul tet - Skopje.

Nenadovi }, P., 1933: Nauka o mi neral ni m vodama i mi neral ni m kupkama, Beograd.

Petkovi | Radomi r i dr ., I zve{ taj za geol o{ ko-hi drogeol o{ ki te karakteristi sti ki na i zvori { noto podra~je Dol no Nerezi , kako i za rezul tati te od testi raweto na ekspl oataci oni te bunari , Geol o{ ki zavod - Skopje, 1989.

Plotner, D. and Geyh, M.A., 1991.  $^{63}\text{Ar}$  values as tracer of artificial groundwater recharge downstream of a reservoir. Memoires XXII (Part 2), IAH, Lausanne: 533-539.

Plotni kov, I . N., 1966: Gasonosnost i hi drogeol ogi ja nektori h rudni j mestoro' deni j. Trudi i n-ga geol ogi ji , akad. nauk SSSR.

Plotni kov, P. N., Plotni kov, I . N., 1965: K vprosu podo~eta zapasov poputnovo gaza pri razvedke mestoro' deni j mi neral ni h vod. Trudi i n-ga geol ogi ji , akad. nauk. SSSR.

Popov, V., Anovski, T., Gospavic. R. Sustainable management of Prespa Lake."The Art of Resisting Extreme Natural Forces. ENGINEERING SCIENCES , volume 58, ISBN: 978-184564-086-6, 71-79. 2007

Popov, V., Anovska, E., M. Arsov, S. Amataj, M. Kolaneci, A. Stamos, Lj. Arsov, T. Anovski, E. Kiri & A. Gelaj, "Study of the Prespa-Ohrid Lake system using tracer experiments and lake's water balance", Water Resources Management V 75, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 125, © 2009 WIT Press, 2009

Rozanski, K., 1985. Deuterium and Oxygen-18 in European groundwaters - links to atmospheric circulation in the past. Chem. Geology (Isot. Geosci. Sect.), 52: 349-363.

Sokrat Amataj, Todor Anovski, Ralf Benischke, Romeo Eftimi, Laurence L. Gourcy, Liliana Kola, Ioannis Leontiadis, Alqiviadis Stamos & Jovan Zoto , " Tracer methods used to verify the hypothesis of cvijic about the underground connection between Prespa and Ohrid lake" DOI 10.1007/s00254-006-0388-9, ENVIRON. GEOL. Vol. 51, No.5, January 2007.

Stepanovi }, B., 1962: Pri nci pi op{ te hi drogeol ogi je. Beograd.

Stepanovi }, B., 1960: Metodi ka hi drogeol o{ ki h i stra' i vawa. Beograd.

, A., 1969: Katl anovska bawa (turi sti ~ko-geograf sko prou~uvawe). Geograf ski razgl edi , kn. 7. Skopje.

Stra~kov, M., i dr., 1964: Gol ogi ja na Skopskata kotl i na i nejzi ni ot obod. Trudovi na Geol o{ ki zavod - Skopje, Sv. 11.

Stojmi lov, A., 1969: Katl anovska bawa (turi sti ~ko-geograf sko prou~uvawe). Geograf ski razgl edi , kn. 7. Skopje.

Stra~kov, M., i dr., 1964: Gol ogi ja na Skopskata kotl i na i nejzi ni ot obod. Trudovi na Geol o{ ki zavod - Skopje, Sv. 11.

Stute, M., J. Déak, et al. (1997). "Tritium/3He dating of river infiltration: an example from the Danube in the Szigetkoz Area, Hungary." Ground Water 35(5): 905-911.

Temkova, V., 1964: Neogen vo Makedonija i goren eocen - Pri aboni en vo Makedonija. Stru~en Fond na Geol o{ki zavod - Skopje.

Verhagen, B.Th., Geyh, M.A., Frohlich, K. and Wirth, K., 1991. Isotope Hydrological Methods for the Quantitative Evaluation of Ground Water Resources in Arid and Semiarid Areas. Development of a Methodology, Ministry of Economic Cooperation, Bonn:164 pp.

## **Благодарносӣ**

*Истражувачкиот шим изразува ѝолема благодарносӣ до Цвејтанка Мартиновска и Лиле Ончевска од Сектор за заштита на животната средина и природата на Град Скопје за укажаната подришка во обезбедување на постrebни констатии со други установи и компании како и на податоци од преходни и тековни релевантни на нашите истражувања. Истовремено би сакале да изразиме ѝолема благодарносӣ и до Жарко Ивановски и колегите од Лабораторијата за квалитет на вода при ЈП "Водовод и канализација - Скопје, за несебичната подришка за време на целиот тек на истражувањето.*