

1. ВОВЕД

Водоносникот Грдовски Орман претставува значајно и главно извориште на подземна вода за водоснабдување на градот Кочани како и на некои околни селски населби. Тој е формиран во алувијалните седименти на првата речна тераса на реката Брегалница изградени од песокливо чакалести седименти кои се карактеризираат со интергрануларна порозност. Водоносникот спаѓа во групата на отворени до полузатворени хидрогеолошки структури кои лесно се подложни на антропогени загадувања.

Прихранувањето на водоносникот во најголем дел се врши со водата на реката Брегалница со која е во директна хидраулична врска, а во помал дел се храни и со водите кои потекнуваат од атмосферските талози. Директната хидраулична врска на водоносникот со водата од реката Брегалница, плиткото ниво на подземните води кое се наоѓа на длабочина од 3-4 м, близината на водонските алувијални седименти до урбанизирана средина во која се наоѓаат поголем број на антропогени загадувачи, како и близината на околните обработливи земјоделски површини кои интензивно се обработуваат и третираат со хемиски препарати претставуваат потенцијална можност од загадување на подземните води на водоносникот Грдовски Орман.

Познавањето на хидрогеолошките карактеристики на водоносникот ќе овозможи пореално да се одреди неговата ранливост од загадување што е значајно за преземање на соодветни превентивни мерки за заштита на подземните води од овој водоносник од загадување.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА (ДОСЕГАШНИ ИСТРАЖУВАЊА)

Најстари геолошки и геоморфолошки податоци за поширокиот регион околу истражуваниот простор се среќаваат кај Цвијик Ј. (1906, 1911 и 1924). По тој период и други геолози Павловиќ П. (1902 и 1926) Космат Ф. (1918 -1924), Бончев Г. (1920), Томиќ Ј. (1929, 1932, 1938 и 1940.), Павловиќ М. (1939 и 1940), Мариќ Л. (1953), Измајлов Н. (1951, 1960, 1961 и 1963), Ивановски Т. и Иванов Т. (1955), Пенџерковски Ј. и Ѓузелковски Д. (1958), Кекиќ А. (1955), Страчков М. и Христов С. (1961) даваат геолошки, структурно тектонски, хидрогеолошки и други податоци за Осоговскиот блок, Плачковичкиот блок, како и за Кочанско-Виничката депресија.

Подетално геолошката градба на поширокиот регион е опишана во толкувачите при изработката на основната геолошка карта на Р. Македонија во размер од 1:100 000 на листовите Штип и Делчево (Ракичевиќ Т., и др., 1969 и Ковачевиќ, М. и др. 1973).

Од 1980 година па до денес во Кочанско-Виничката котлина изведени се повеќе хидрогеолошко - геотермални истражувања за пронаоѓање на геотермална вода. Во текот на 2008 година на локалитетот Долни Подлог се извршени геотермални истражувања со изработка на еден експлоатационен бунар D-1 со длабина од 600 m. Во 2009 година на локалитетот Тркање е изработена една истражна дупнатина 1D-2 со длабина од 570 m. Исто така во 2009 година изработена е и една дупнатина 3D-2 која треба да послужи за реинјектирање.

Во периодот од 1973 год. па до денес на локалитетот Грдовски Орман се извршени повеќе хидрогеолошки истражувања за водоснабдување на Кочани, со изработка на повеќе истражно експлоатациони бунари и една структурно истражна дупнатина (Ангелов, В. (1994), Ановски, Т. (1991), Пановски, Б. (1986), Лончар, И. и др., (1993), Максимов, Д., Сегменски, Л., Стамболиев, М., (2000), Максимов, Д., Ивановски, Л., (2002, 2003,), Петров, Д., (1995) и др.).

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Цел на истражувањето во овој магистерски труд е да се направи анализа на постојните геолошко - хидрогеолошки податоци за водоносникот Грдовски Орман, врз основа на кои треба да се дефинираат структурно - литолошките карактеристики и хидрогеолошките параметри на водоносникот и водоносните слоеви, а исто така и на нивните покривни седименти.

Според податоците кои се добиени од гранулометриските анализи како и податоците од пробните црпења на постојните бунарите се одредени филтрационите карактеристики на водоносните алувијални чакали и песоци и на нивните покривни седименти.

Врз основа на филтрационите параметри на водоносните слоеви и на нивните покривни седименти, како и местоположбата на водоносникот во однос на реката Брегалница и на околните потенцијални загадувачи ќе се даде толкување за степенот на ранливоста на водоносникот од загадување, како и предлог мерки за негова заштита..

4. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЧКА РАБОТА

Во текот на истражувањето беа користени теренски и лабораториски методи на истражување.

Во првата фаза од истражувањето беше проучена и анализирана целокупната постојна документација која се однесува на водоносникот Грдовски Орман и на неговата поблиска околина.

Во текот на теренските истражувања беше направена детална хидрогеолошка проспекција на водоносникот и на поширокиот простор околу него. При теренските истражувања беа замени примероци од покривните седименти на водоносникот и примероци на вода од експлоатационите бунари.

На примероците од покривните седименти во соработка со Градежниот институт Македонија во Скопје беше одредуван гранулометрискиот состав, врз основа на кој беше пресметан коефициентот на филтрација со помош на методата на USBR.

На примероците од вода кои беа земени од експлоатационите бунари беа направени хемиски анализи со кои беа одредени главните катјони и анјони и одреден број на микроелементи.

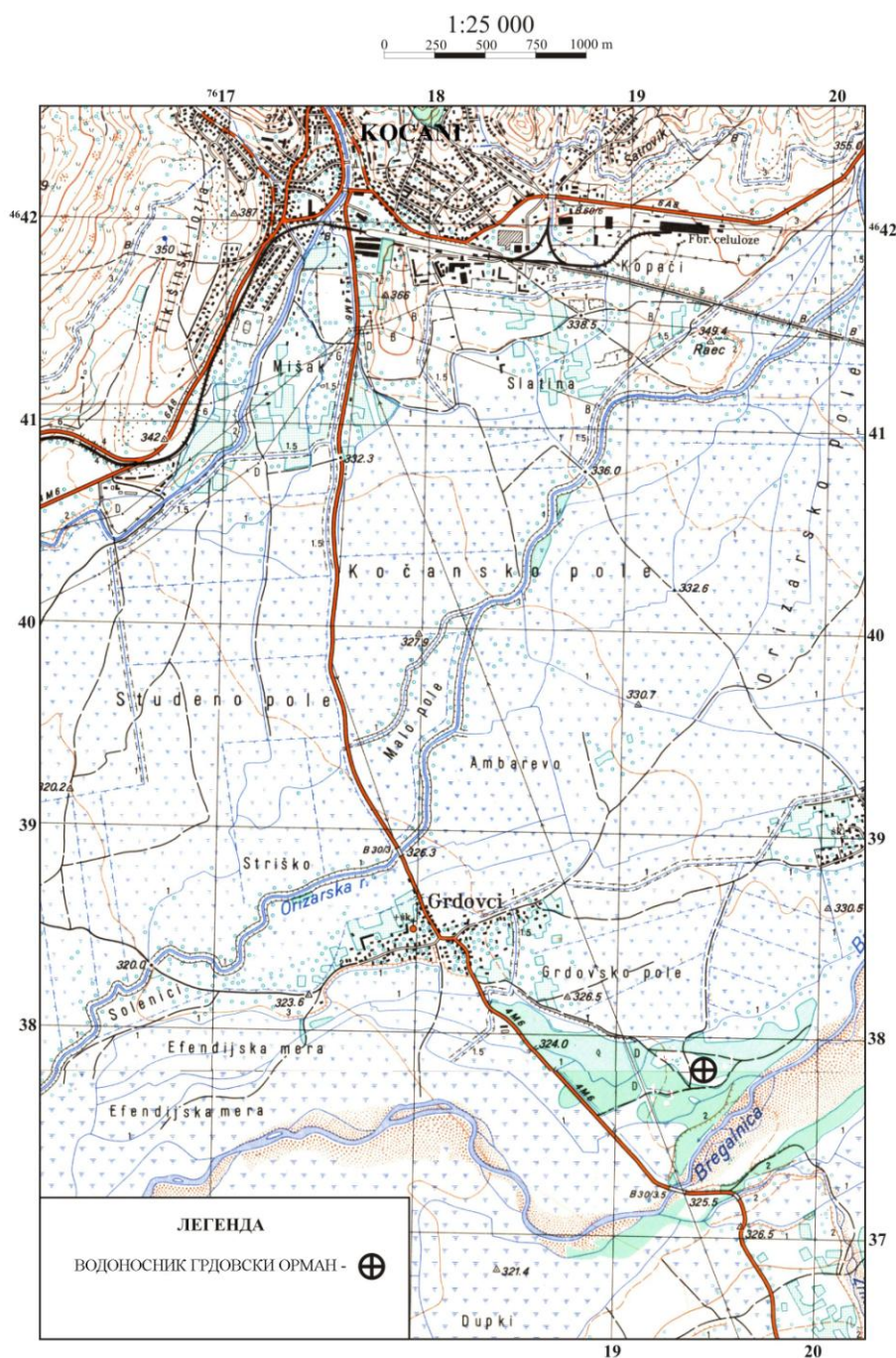
Хемиските анализи на водата беа работени на факултетот за Природни и технички науки при Универзитетот “Гоце Делчев” во Штип со помош на методата на Атомско емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма АЕС – ИСП, ICP-AES (Varian, Liberty 110) и со методите на спектрофотометрија, волуметрија со титрација и гравиметрија.

За исцртување на графичката документација беа користени компјутерски програми како што се Coral, Photoshop, Auto Cad и др.

5. ГЕОГРАФСКА ПОЛОЖБА НА ИСТРАЖУВАНИОТ ТЕРЕН

Кочанската котлина во која спаѓа и локалитетот Грдовски Орман географски се наоѓа во источниот дел на Р. Македонија помеѓу $41^{\circ} 51'$ и $41^{\circ} 56'$ северна географска ширина и $22^{\circ} 12'$ и $22^{\circ} 31'$ источна географска ширина.

Водоносникот Грдовски Орман се наоѓа на 4 km јужно од Кочани во непосредна близина на селото Грдовци (сл. 1).



Слика 1. Географска положба на истражуваниот терен

Figure 1. Geographic position of the investigated area

Котлината има неправилен облик и се протега по течението на реката Брегалница. На исток почнува од реката Осојница, а на запад завршува до с. Крупиште. Северно од котлината, теренот постепено се издига и преминува во јужните огранки на Осоговскиот планински масив, додека на југ стрмно се издигаат падините на планината Плачковица.

6. КЛИМАТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИСТРАЖУВАНИОТ ТЕРЕН

Климатските карактеристики имаат значајно влијание врз режимот на подземните води и тие пред се зависат од географската положба на некое подрачје. Врз климата на Кочанската котлина каде припаѓа и истражуваниот терен, влијаат поголем број на фактори. Таа лежи во средишниот дел на Балканскиот Полуостров и од три страни е заградна со високи планини. Од југ со Плачковица, која ја штити од директните воздушни влијанија, од исток со Голак и Обозна и од север со Осогово, со кое е заштитена од ладните северни воздушни маси. Единствено кон запад, преку ниски ридови, широко е отворена кон Овче Поле, од каде продираат континенталните влијанија и кон југозапад по долината на Брегалница по која котлината е изложена на изменетите медитерански влијанија. По речните долини кои се спуштаат од околните планини како што се: Злетовска река, Кочанска река, Зрновска Река и други, продираат планински климатски влијанија. Во Кочанската котлина се јавува комбинирано изменето медитеранско и умерено континентално климатско влијание, врз кое силни обележја даваат и локалните орографски услови.

6.1. Врнежи

Просечната годишна сума на врнежи во Кочанската котлина изнесува 522,5 mm. Помало количество на врнежи во Македонија имаат само Овче Поле, Скопската, Велешката и Тиквешката котлина. Во текот на годината се јавуваат два максимума и два минимума на врнежи. Главниот месечен максимум на врнежите е во мај (просечно 62,8 mm), а секундарниот во ноември (60,0 mm). Главниот минимум на врнежите е во септември (просечно 32,4 mm), а секундарниот во јануари (36,1 mm). Како сушни месеци се јавуваат јануари, февруари, март, април, јули, август, септември и декември, а релативно

врнежливи месеци се мај, јуни, октомври и ноември. Просечниот годишен број на врнежливи денови изнесува 103, од кои само 4% се повисока дневна количина еднаква или поголема од 20 mm.

Во Кочанската котлина врнежите се главно од дожд, а само 8 % од снег. Во годината просечно има 15 денови со снежен покривач, а снегот се јавува од ноември до април.

Кочанската котлина се карактеризира и со појава на сушни периоди. Тие се главно краткотрајни, но во поедини години забележани се суши со траење преку 80 дена.

Табела 1. Средна месечна и годишна сума на врнежи во mm, за 2008 год.

Table 1. Averaga montly and annual precipitation in mm for 2008 year.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год ср. врнежи
36.1	36.2	36.8	42.6	62.8	53.0	42.0	35.1	32.4	42.1	60.0	43.6	522.6

6.2. Температура

Температурата е еден од најбитните климатски елементи, бидејќи има влијание на другите битни климатски фактори и процеси, пред се на испарувањето.

Со просечна годишна температура на воздухот од 13,0 °C Кочанската котлина се вбројува во редот на топлите котлини во Македонија. Просечните месечни температури во ниеден месец во годината не се под нулата, што е одлика на медитеранската клима. Минималната средна месечна температура на воздухот во јануари е 1,6 °C, додека максималната е во месец јули и изнесува 23,5 °C.

Според тоа, годишното колебање на температурата е 21,9 °C.

Сите летни месеци во годината имаат температура над 20 °C, а средната летна температура изнесува 22,6 °C. Средната зимска температура исто така е висока и изнесува 3,0 °C. Средната температура во пролет е 12,8 °C, а во есен 13,5 °C. Меѓумесечната температурна разлика во пролетните и есенските месеци е доста нагласена, така што преодот од зимата кон летото и од летото

кон зимата не е бавен, што е карактеристично за подрачја кои се во одредена мера под континентално климатско влијание. Тоа влијание овде се изразува и преку појавата на ниски температури во зимските месеци. Така просечната годишна минимална температура изнесува 6,3°C, додека апсолутната минимална температура изнесува -25,4 °C, која е забележана на 25 јануари 1954 година. Апсолутно минималната температура по месеци е под 0 од септември до април. Најраниот датум со есенски мраз е 30 септември, додека најдоцниот датум на пролетниот мраз е 27 април, а просечниот годишен број на мразни денови изнесува 82.

Просечната годишна максимална температура изнесува 18,6 °C, додека апсолутно максималната изнесува 41,2 °C, забележана на 6 јули 1988 година. Голем е и бројот на летни денови, односно денови во кои температурата е повисока од 25 °C и тие изнесуваат 120 дена. Исто така се јавуваат и бројни тропски денови (со температура повисока од 30 °C) кои просечно изнесуваат 49 дена во годината. Вегетациониот период е 200 дена и трае од април од 20 октомври. Ветровите во Кочанско дуваат речиси од сите правци и во секое време од годината. Од вкупниот број на измерени случаи 692 ‰ е со ветрови од разни правци, а 308 ‰ е без ветер или со тишини. Сепак југозападниот ветер е со најголема зачестеност, просечно годишно со 169 ‰ и просечна годишна брзина од 2,5 m/s.

Табела 2. Средно месечни и годишни температури на воздухот во Кочанската котлина за 2008 год.

Table 2. Average montly and annual temperature and humidity in Kocani valley for 2008 year.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год. Т
1.6	4.0	8.0	12.9	17.6	21.3	23.5	23.2	18.9	13.7	7.9	3.3	13.0

7. ХИДРОГРАФСКИ И ХИДРОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Развиеноста на речната мрежа на еден терен воглавно е поврзана за неговите климатските карактеристики, рељефот и геологијата.

Реката Брегалница, која тече по средината на Кочанската котлина и минува во непосредна близина на истражуваниот терен е главниот воден реципиент во котлината. Во неа се влеваат сите речни текови од оваа подрачје и тоа десет од десната страна (од Осогово), и шест реки од левата страна (од Плачковица). Во Кочанската котлина реката Брегалница навлегува кај Истибања, тече кон југозапад и ја напушта кај Крупиште, каде на запад од него изградила плитка сатеска. Низ полето реката има рамнински карактер со просечен пад од 1,8 ‰. Коритото е плитко и непостојано, често затрупувано со наносите на притоците и пороите што предизвикува излевање на водата и поплавување на околното земјиште. Тоа и плитките водоносници се причината за образување на калливи површини околу коритото, речиси низ целиот нејзин тек во полето.

Поголеми притоки од десната страна се: Злетовска, Кочанска и Оризарска Река, а од левата-Осојница и Зрновска Река. Покрај нив во Котлината постојат и повеќе помали рекички и потоци.

Табела 3. Хидрографска мрежа во Кочанската котлина

Table 3. Hydrographic network in Kocani Valley

Име на реката	Површина на сливот во (km ²)	Должина во (km)	Просечен пад (‰)	Пошуменост во (%)
Кочанска Река	198,0	34,0	39,3	45
Оризарска Река	137,0	30,0	39,5	50
Волтиње	28,5	7,5		5
Врбичка Река	21,0	12,0		0
Злетовска Река	460,0	50,0		25
Зрновска Река	70,0	23,0	47,6	60
Мородвишка Река	7,0	6,0		90
Видовишка Река	5,0	6,0		85
Брегалница	4307,0	225,0	7,0	

Кочанска Река извира од јужната страна на Лопенско било на Осогово, во месноста Ретки буки на надморска височина од 1630 m, а во Брегалница се влева над село Чифлик на 295 m н.в. Има развиено извориште со широка долина, потоа се до Кочани долината е клисуреста. Од Кочани до вливот тече како рамничарска река. Во Брегалница ја носи водата од подрачје големо 198km². Во планинскиот дел прима поголем број притоки како што се: Лопенска, Рамнобрдска и Мала Река. Сите тие доаѓаат од десната страна, поради што Кочанска Река има разгранета, но асиметрична хидрографска мрежа. Има доста голем пад (39,3 ‰) што овозможило во нејзиното корито кај с. Д. Гратче да се изгради брана која, по селото го носи името Гратче.

8. ГЕОМОРФОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Во создавањето на релјефната структура на Кочанската котлина значајна улога имале тектонските, ерозивните и акумулативните процеси. Како резултат на овие процеси, денес во релјефот на котлината се јавуваат поголеми релјефни форми рамнина, ритчесто земјиште и планински дел и помали релјефни форми езерски или абразивни и речни или флувијални форми, поконкретно тераси.

Рамничарскиот релјеф во Кочанската котлина го чини теренот со надморска височина 290 до 500 m, кој зафаќа вкупно површина од 201,1 km².

Во релјефен поглед, дното на котлината е релативно рамно со извесна наведнатост од двете страни кон Брегалница, а заедно целото поле кон запад. Тое е голема релјефна погодност кое заедно со плодната почва и расположивата хидрографска мрежа овозможува природно движење на водата и дозволува житните култури, посебно оризот да егзистираат во изворедни природни услови.

Втората релјефна целина, ридското земјиште, зафаќа површина од 210,1km² и се простира околу рамното котлинско дно помеѓу 500 и 1000 m н.в. Специфично е што ридовите, заради различниот геолошки состав имаат различна форма и висина. Така овде се јавуваат три различни вида ридски терени: вулкански, карстни и серпентински ридови.

Вулканските ридови се првите ридски форми кои се издигаат по рамното котлинско дно одејќи на север кон Осогово. Тие се наредени јужно од патот Кочани-Пантелеј, а се протегаат од Кочани поточно од ниската Горица која е

краен изданок кон исток од Кратовско-Злетовската вулканска област па преку Драчевик, Алењак, Растомник, Граотина, Сламерник, Десовица, до Рајчански Рид и понатамо на запад. По форма се благо заоблени со постепен пад кон полето и стрмен пад кон север. Единствено од таа форма остапува Граотина која е права вулканска купа, со зарамнет врв и многу стрмни страни кон југ и исток, а нешто поблаги кон запад и север. Покриена е од валутаци вулкански камења, поради што и го добиле името. Тие се најкрупни, со тежина од по неколку тони на самиот врв, а колку се оди кон подножјето-нивната големина се намалува. Висината на вулканските ридови е различна. Се движи од 369 m на Горица преку 623 m на Граотина, 675 m на Десовица, до 869 m на Рајчански Рид.

Втората низа ридови се карстните. Тие се многу пониски од предходните и вушност претставуваат благи коси со правец на протегање главно север југ, се јавуваат северно од вулканските ридови и се простираат од Кочани до Трканска Река. Северниот дел секогаш е повисок, а јужниот понизок и потонува во вулканскиот терен. На нив варовничките карпи се јавуваат во вид на тенки пластови без присуство ниту на површински, ниту на подземни карстни форми како пештери, јами и сл. Покриени се само со тревна вегетација без дрвја, која во летниот период во потполност е исушена, а карпите се белеат. На нив лежи селото Бели поради што го добило името.

По варовничките ридови, одејќи кон Осогово следува третиот вид-серпентинските ридови. Тие во Кочанско започнуваат на исток со Попова Чука (697 m) и Козиник (562 m), источно од Оризари и се протегаат западно од Пантелеј. По форма се различни: Средни Рид на пример е долга коса, Војновица има заоблена форма, а Смрекова Глава претставува издигнување со доста шилест врв, кој високо се издигнува над околните ридови.

За разлика од најнискиот дел на котлината полето, кое релјефно е монотono, ридестиот терен е расчленет, планинскиот дел е нај атрактивен. Кочанско се простира на дел од планините Осогово и Плачковица, зафаќа вкупна површина од 166,4 km², а се протега на надморска височина од 1000-2252m. Осогово е највисоката планина во источниот дел на Македонија на која врвот Руен достигнува височина 2252 m. Меѓутоа, нејзината атрактивност покрај висината ја чини и свездастата релјефна структура, составена од голем број била и врвови. Така, југозападно од Руен се издига Султан Тепе (2085 m) - срцето на Осогово. Од него како од раскрсница се издвојуваат четири долги

била: кон југозапад Лопенското Било, кон југ Д'лги Дел, кон југоисток Китка и кон северозапад Калинкаменското Било.

Плачковица се простира во правец исток-југоисток кон север-северозапад. Со тектонски движења во минатото формирани се две била со повеќе врвови од кои највисоки се: Лисец, Туртел, Џамија, Бел Камен и Јаска кои геотектонски припаѓаат на Родопската маса.

Сите досегашни испитувачи, кои се интересирале за постанокот на Кочанската котлина, се сложуваат со констатацијата дека таа настанала по тектонски пат. Пресудно значење за денешната форма и релјефна структура на котлината одиграле тектонските движења што се случиле пред средниот олигоцен. Тогаш дошло до спуштање на земјиштето меѓу две раседни линии и тоа една од северната, Осоговската и друга од јужната Плачковичката страна. При крајот на миоцен и во почетокот на плиоцен, котлината е поплавена од слатководно езеро кое заедно со другите соседни езера го создава познато во геоморфолошката литература Средновардарско Езеро.

Кочанското Езеро во релјефот на котлината оставило траги во вид на езерски тераси и езерски подови.

Подоцна со ерозијата овие форми биле значајно уништени така што до денес малку се сочувани и тоа само во западниот и југоисточниот котлински дел. Од езерските тераси најважна е терасата Патилаво која се наоѓа источно од Зрновци, на северната падина на Плачковица на надморска височина од 820 m. Втората езерска тераса се наоѓа западно од село Мородвис и југоисточно од село Теранци и е на 620 m надморска височина.

9. ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА

Геолошката градба на пошироката околина на истражуваниот локалитет е прикажана според податоците од ОГК 1:100 000 лист Делчево и лист Штип, **(прилог – 1)** Ракичевиќ Т. и др. (1967) Ковачевиќ М. и др. (1973).

Во геолошката градба учествуваат карпи од прекамбриска, палеозоијска, мезозоиска (јурска), терциерна и квартерна старост.

9.1. ПРЕКАМБРИСКИ КАРПИ

9.1.1. Лискунски тракасти гнајсеви (Gmb)

Овие гнајсеви се најраспространети вариетети на прекамбриските творевини и заземаат најголемо пространство во однос на останатите членови од овој комплекс. Поради тоа може да се смета дека претставуваат основни карпи на висометаморфниот комплекс на даденото подрачје, а останатите метаморфити од прекамбриска старост се само помали фаџијални преоди.

По својот макро изглед тие се среднозрни, ситнозрни и локално едрозрни сиви, светлосиви до темносиво обоени карпи со често изразена тракаста и ретко масивна текстура, со секогаш изразена шкрилавост.

Структурата на овие карпи е лепидогранобластична, со среднозрна до ситнозрна градба. Изградени се од кварц, плагиоклас, биотит, мусковит, а поретко епидот и гранат. Споредни се титаномagnetит, сфен и апатит.

9.1.2. Микашисти (Sm)

Микашистите на целото пространство покажуваат исти карактеристики. Се карактеризираат со јако изразена шкриљавост и со жолтокафеава боја. По шкрилавоста често се издвојуваат леќи и траки од кварц. Некогаш се сретнуваат и како мали леќи во дволискунските тракасти гнајсеви. Структурата им е најчесто лепидогрнблaстична до лепидобластична, со реликти од бластопсамитска.

Главни состојки се кварц, биотит, мусковит, а секундарен е хлорит. Од споредните минерали застапени се редовно гранати, а локално турмалин и опаки минерали.

9.1.3. Мусковитски гнајсеви (Gm)

Овие гнајсеви се јавуваат во вид на конкордантни траки со правец на протегање СЗ-ЈИ и паден агол од 15° и тие постепено преминуваат во микашисти и лептинолити.

По боја тие се светлосиви, а се ситно до среднозрнести, со јасно шкриљава текстура и лепидогранобластична структура. Изградени се од кварц,

мусковит, плагиокласи (албит-олигоклас), а поретко од ортоклас и микроклин, како битни состојки. Споредно се јавуваат биотит, гранат и магнетит.

9.1.4. Гнајсеви, амфиболити и микашисти (GSm)

Гнајсеви, микашисти и амфиболити се издвоени како траки во склопот на Српско - македонскиот масив.

На Осогово, се изградени од тракасти дволискунски гнајсеви, амфиболити и амфоболски шкрилци и претставуваат постепен преод меѓу микашистите и чистите дволискунски тракасти гнајсеви.

Амфиболитите водат магматско потекло и остро се ограничени од гнајсевите и микашистите. По боја се темно зелени, ситно до среднозрнести со шкриљава текстура и нематобластична структура. Се состојат од зелена хорбленда, послабо од серицитизирани плагиокласи, титанит, епидот, циосит и хлорит.

9.1.5. Лептинолити и микашисти (SmG)

Во овие карпи чести се фации на дволискунски тракасти гнајсеви во вид на траки и леќи со кои покажуваат постепен премин. Карактеристично е што овие карпи секогаш се наоѓаат во подината на тракастите дволискунски гнајсеви. Исто така овие карпи се карактеризираат со интензивна набраност, што е јасно откриено во долината на реката Брегалница.

Структурата на овие карпи е лепидогранобластична со реликти на бластопсамитска и плисирана текстура.

Минералниот состав е доста едноставен и е изграден од кварц во најчести случаи, мусковит и биотит, а фелдспатот варира од 0 - 25%.

9.1.6. Метаморфисани кварцпорфири (Sn)

Кварцпорфирите се јавуваат во вид на жилни појави кои ги пробиваат микашистите и лептинолитите.

Тоа се ситноизрнести карпи по боја сиво бели со крупни порфирски зрна со големина до 4 mm. Текстурата им е масивна до шкриљава, а структурата порфирска.

Изградени се претежно од микрогранитска кварцнофелдспатска основна маса, со релативно ретки фенокристали на микроклин пертит, албит и кварц. Споредно се јавуваат и биотит, мусковит, епидот и магнетит.

9.2. СТАРО ПАЛЕОЗОИСКИ КАРПИ

9.2.1. Кварц - хлорит - серицитски шкрилци (Sco)

Овие карпи се карактеризираат со филитчен изглед, сивозеленкаста боја, совршена ушкриленост и со доста голема дебелина. Структурата им е лепидогранобластична, наместа нематобластична до лепидобластична. Во подолните делови на овие шкрилци се забележуваат хлоритски шкрилци со кои наместа одат метаморфозирани дијабази и дијабазни туфови, поретко албитизирани шкрилци. Локално во овие шкрилци се забележува натрупување на кварцот. Како битни состојки се серицит, кварц, хлорит, епидот, цоисит и лимонитска материја.

9.2.2. Албит - кварц - мусковит - хлоритски шкрилци (Sab)

Албит - кварц - мусковит - хлоритските шкрилци се сиво кафеави зелени, средно до ситнозрнести, слабо шкриљави карпи, со уочливи бобици на албит кои достигнуваат до 2 mm. Текстурата им е шкриљава, а структурата порфиروبластична - појкилобластична.

Се состојат од следните главни минерали: албит, серицит, мусковит, хлорит и кварц. Акцесорно во поедини примероци се јавуваат биотит, титанит, гранат, турмалин, рутил, магнетит и пирит.

9.2.3. Епидот - кварц - серицит - хлоритски шкрилци (Sep)

Епидот - кварц - серицит - хлоритските шкрилци совршено се ушкрилени, сивозеленкасто обоени со филитичен изглед. Текстура имаат листеста шкриљава, а структура лепидобластична.

Се состојат воглавно од серицит, хлорит, епидот - цоисит и кварц, чие присуство е променливо. Акцесорно се јавуваат пирит и магнетит.

9.2.4. Амфиболско габро (vam)

Се јавува на подрачјето на Осогово во една трака со правец на протегање северозапад-југоисток, опкружено од метаморфисани метадијабази.

Овие карпи се крупнозрнести, темнозелени со порфиرويدни столбчиња на хорнбленда големи до 2 см. Се состојат од базични плагиокласи и зелена хорнбленда, зафатени со силна сосиритизација.

9.2.5. Амфибол - хлорит - серицитски шкрилци (Samco)

Амфибол - хлорит - серицитските шкрилци се јавуваат внатре во серицит - епидот - кварц - хлоритските шкрилци и односот со нив е постепен. Тоа се зелени до сиво - зелени карпи со шкриљава текстура и нематолепидобластична структура. Се состојат од хлорит, серицит, амфибол и епидот. Послабо во нив се јавуваат кварц и распаднати плагиокласи.

9.2.6. Графитични шкрилци и филити (Fgr)

Овие карпи конкордантно лежат преку хоризонтот од мермерите. Оваа зона не е хомогена и таа е поделена на два дела. Долниот дел е претставен со аргилофилити и филити а горниот со графитични шкрилци во кои во помали траки се јавуваат и карбонатни шкрилци и циполини.

Аргилофилитите и графитичните шкрилци се со сива и темно сива, скоро црна боја, шкриљави се и плочести, а местимично и микронабрани. Структурата им е пелитска до микролепидобластична. Изградени се претежно од графитски

прав, кој е рамномерно распореден во карпата, хлорит, серицит и мусковит, со доста глиновита материја. Содржат и крупен пирит со големина до 1 см.

9.2.7. Мермери и карбонатни шкрилци (M')

Овие карпи лежат нормално во серијата на метапесочниците и филитите. Мермерите се шкриљави, тракасти, и слоевити. По боја се сиви, сиво-бели, но доминираат сиво сини. Најчесто се јавуваат во вид на дебели траки од неколку десетини до неколку стотини метри. Според минералниот состав мермерите се калцитски.

9.2.8. Хлорит-амфиболски шкрилци (S_{oam})

Овој хоризонт претставува највисоко ниво на старопалеозоискиот комплекс. По боја овие карпи се светло до темно зелени со шкриљава, а местимично и со масивна текстура.

Изградени се од фелдспат, хлорит, актинолит, епидот, цоисит и поретко кварц. Фелдспатот е претставен со албит и сосиритизиран базичен плагиоклас. Хлоритот гради концентрации, додека епидотот, кварцот, а понекогаш и албитот градат млазеви и леќи.

Во овие шкрилци се присутни и метаморфисани дијабази, дијабазни туфови и десмозитски карпи. Во дијабазите се забележуваат реликти на офитска структура.

9.2.9. Кварцно-графитични шкрилци и филити (S_{gr})

Кварцно-графитичните шкрилци покажуваат поголем степен на прекристалисаност од филитите. Бојата им е темно сивкаста до црна, хабитусот им е плочест со големи кристали од пирит до 1 см. Графитската материја се јавува во паралелени зони и се сменува со ситни паралелени ориентирани зрна на кварц. Содржат доста серицит и мусковит. Структурата им е пелитска до микролепидобластична.

Филитите се со понизок степен на прекристализација со многу поголемо присуство на глиновита и органска материја. Овие карпи се силно шкриљави а

на места е многу изразен кливажот. Изградени се од серицит, кварц, хлорит. Серицитот преовладува над хлоритот додека ситнолистестиот биотит е спореден минерал.

9.3. МЕЗОЗОИСКИ КАРПИ

9.3.1. Јура

9.3.1.1. Габрови (ν)

Габровите ги пробиваат хлоритско-серицитските и кварцно-графитичните шкрилци од палеозоикот. По боја се сиво зелени со масивна текстура, со големи кристали од обоени состојки. Често пати се искршени и изменети и местимично уралитизирани, лимонитизирани и каолинизирани. Структурата им е хипидиоморно зрнеста. Составени се од базични плагиокласи, кои се делумно и потполно претворени во епидот-цоисит. Но се забележуваат и реликти од примарни кристали на моноклиничен пироксен (дијалаг). Во помала мера е застапен и оливин кој е претежно серпентинизиран. Акцесорни минерали се леукоксен, поретко апатит и тремолит.

9.3.1.2. Аплитоидни гранити (γ)

Тоа се ситнозрнести карпи, со светлорозева до жолтеникаво розева боја, цврсти се, но доста се механички здробени. Често по пукнатините се застапени скрами од Fe и Mn - оксиди. Структурата на овие карпи е хиподиоморфнозрнеста до аплитска. Изградени се од кварц, ортоклас, микроклин, поретко плагиоклас, додека боени минерали изостануваат или се ретки.

9.4. ТЕРЦИЕРНИ КАРПИ

9.4.1. Палеоген

9.4.1.1. Базална серија (1E_3)

Базалната серија е претставена со песочници, кои се сменуваат со конгломерати, како и глиновити и карбонатни слоеви. Карбонатните членови се застапени со варовници и лапорци. Варовниците се најмалку застапени во оваа

серија. Карактеристично за целата серија е смената на појако со послабо црвени слоеви, поради присуството на поголеми или помали количини на лимонитска материја. Поцрвените делови одговараат на песочничките и глиновити членови, а послабо црвените на карбонатните.

Во оваа серија се јавуваат и конгломерати во најгорниот дел со смена во песочници и квргави варовници.

Дебелината на базалната серија изнесува околу 350 m.

9.4.1.2. Горна зона на флишот (⁴E₃)

Од овие седименти на горен еоцен најголемо пространство заземаат глиниците, песочниците и правите флишни седименти. Седиментите од горната зона на флишот се карактеризираат со исклучиво сива боја, со поголемо присуство на глинци над песочниците.

Песокливите глинци на горната зона на флишот се најзастапени членови. Се јавуваат во вид на поголеми банци од 3-4 m, а може и подебели.

Песочниците се изградени од кварц, лискун, помалку фелдспат, потоа парчиња од кварцити, рожнаци, песокливи глинци и лискуновити шкрилци. Обично се плочести ретко банковити.

Во горната зона на флишот се јавуваат и алевролити и лапорци.

Внатре во флишната серија се забележуваат варовници, лапорци, и глинци, со поретки појави на песочници.

9.4.2. Неоген

9.4.2.1. Глини, суглини и песоци (P1)

Во серијата се застапени сивозелени, слабо песокливи глини, потоа разнобојни каолинизирани глини со прослојки од битумени и глини, јагленовити глини, лапоровити глини и песоци. Сите овие наброени литолошки членови се сменуваат наизменично во хоризонтален и вертикален правец.

9.4.2.2. Андезитски туф (θ)

Туфовите се најмногу застапени на теренот и ја претставуваат основата на младиот ефузивен комплекс. Лежат преку миоценските седименти, а под вулканските бречи, плиоценските седименти и други вулкански карпи. Содржат доста висок процент на териген материјал и се смета дека се таложени во водена средина. Во долните нивоа е таложен најгрубозрнест материјал, додека во горните делови се ситнозрнести до пелитски.

Бојата им е разновидна: сива, сивожолтеникава, розеникава и зелена. Многу се распаднати, каолинисани, лимонитисани, дури и силификувани. Последните се компактни, цврсти, плочести карпи и се извонреден градежен материјал.

9.4.2.3. Хорнбленда - аугит - биотит андезити ($\alpha\eta b$)

Овие андезити се јавуваат на повеќе места на теренот исклучиво во најдлабоко откриените профили со речна ерозија, каде лежат директно преку туфовите. Воглавно се покриени со вулкански бречи, а поретко со помладите ефузивни карпи. Имаат карактер на преливни плочи и маси.

Андезитите се цврсти карпи, со сиво зеленикава до темно зеленикава боја, зависно од степенот на алтерација на боените состојки. Структурата им е холокристалеста порфирска. Во основната маса се забележуваат идиоморфни фенокристали на плагиоклас, хорнбленда аугит и лимонитисан биотит. Дебелината им се движи помеѓу 10 и 100 м.

9.4.2.4. Андезитски бречи (ω)

Лежат преку туфовите, хорблендата, аугит - биотит андезитите или директно преку постарите седиментни и метаморфни карпи. Покриени се со аугит - хотбленда - биотит андезити, игнимбрита од андезитски состав и хорбленда - аугит андезити. Во составот на бречите влегуваат необработени парчиња од андезити, цементираны со туфен материјал. Поситнозрнестите делови покажуваат кристалокластична и бречеста структура. Основната маса е

составена од фрагменти на фелдспат и алтерисани плагиокласи. Хорблендата е исто така алтерисана, додека биотитот е релативно свеж. Како акцесорни состојки се јавуваат магнетит, апатит и циркон. Бречите се воглавно добро стратифицирани. Дебелината им се движи околу 200 m.

9.4.2.5. Аугит - хорнбленда - биотит андезити (αah)

Се јавуваат во андезитските бречи во вид на плочи, сливови и маси. На повеќе места лежат преку хорнбленда-аугит-биотит андезитите или поретко ги пробиваат постарите карпи.

Овие андезити имаат холокристалеста структура. Во основната маса се застапени фенокристали на зонарни плагиокласи - олигоклас -андезин со 30-32 %, како и хипидиоморфни и алотриоморфни зрна на пироксен - аугит. Покрај нив содржи и призматична хорнбленда и биотит. Сите состојки се зафатени со алтерација, при што се формирани секундарен кварц, серицит, калцит, хлорит, лимонит и др. Акцесорни минерали се апатит, сфен, магнетит и циркон.

Основната маса е изградена од ситни призматични зрна на плагиоклас, алтерисан заедно со другите состојки.

9.5. КВАРТЕРНИ КАРПИ

9.5.1. Стари речни тераси (t_3)

Овие тераси во најголем дел се ерозионо - акумулациони и лежат преку палеогените и неогените седименти. Составени се воглавно од валутоци од андезити, поретко од кварц и гнајсеви. Дебелината им варира од 10 - 15 метри.

9.5.2. Пролувиум (pr)

Пролувијалните седименти се среќаваат по ободните делови на котлината, особено по нејзините јужни делови. Претставени се со слабо обработени и необработени парчиња на магматски и метаморфни карпи придружени со чакали, суглини и песоци.

9.5.3. Пониска речна тераса (t₁)

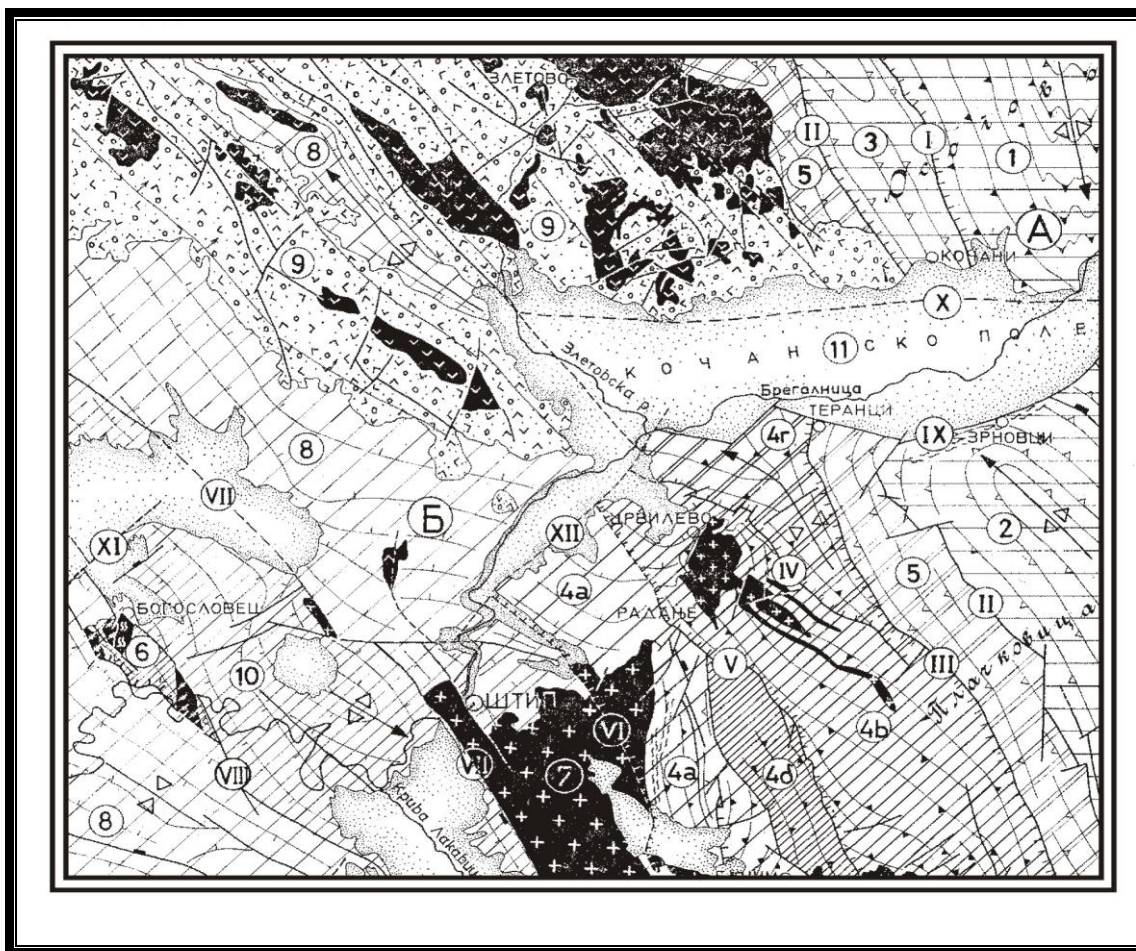
Покрај речните токови се наоѓаат пониски речни тераси на височина од 5 - 10 метра од речното корито. Претставени се во најголем дел од глини, суглини, супесоци и чакали.

9.5.4. Алувиум (al)

Алувијалните седименти се среќаваат по долината на реката Брегалница, као и вдоль помалите водни токови. Изградени се од чакали и песоци, кои водат потекло од карпите низ кои течат водите од сливот на оваа река. Тие се често измешани и несортирани при што во горните токови на реките преовладуваат делумно обработени материјали, а во долните токови обработен и поситен материјал

10. ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Геотектонските и структурните карактеристики на пошироката околина на истражуваниот простор се прикажани на геотектонската карта (сл. 2.)



Слика 2. Геотектонска карта на пошироката околина на истражуваниот терен

Figure 2. Geotectonic map of the wider region of the investigated area

А-Српско-Македонски масив: 1-Осоговска антиклинала; 2- Зрновска антиклинала; 3- Кочанска моноклинала; I-Лушпа Пониква -Кочани.

Б-Вардарска зона: 4-Бучимски блок (4а,4б,4в,4г); 5-Радовишко - Теранско-Нивичански грабен; 6-Хорст Богословец; 7-Штипски блок; 8-Овчеполски блок; 9-Кратовско-Злетовски блок; 10-Криволакавички грабен; II-Ратковичко-Плачковичка дислокација; III-Теранско-Радовишка лушпа; IV-Аргуличка лушпа; V-Раданска лушпа; VI-Мочарничка лушпа; VII-VIII- Поважни раседи.

На истражуваното подрачје се издвојуваат две крупни геотектонски единици и тоа Српско-македонски масив и Вардарска зона. Овие две единици се

разделени со раседна структура од регионален карактер, која на СЗ се губи во Кратовско-Злетовската вулканска област, а на ЈИ во Кочанската котлина.

Формирањето на склопот на теренот, односно структурните форми е условено со тектонските движења кои се случиле за време на претпалеозоиските, херцинската и алпската орогенеза.

По својот структурно-морфолошки облик Кочанско-Виничката котлина на чиј простор се наоѓа и истражуваниот локалитет преставува типичен тектонски грабен, продукт на неотектонските процеси во касната Алпска орогенеза. Оваа структура има протегање исток-запад, а попреку ја сече структурата на Вардарската зона од запад и Српско-Македонскиот масив од исток, односно се наоѓа на самиот контакт од овие геотектонски единици. Контактот на овие две единици се карактеризира со длабока интензивна тектоника со присуство на плутонити и вулканити, т.е. со релативно млада магматска активност која можеме да ја сметаме за зона на терциерно магматска реактивизација (Кратовско-Злетовски вулканизам).

Петролошките и структурните елементи на овој структурен облик јасно укажуваат дека Кочанско-Виничкиот грабен по својата историја на создавање е поврзан за предпалеогените движења, за конечниот облик да го добие во кварталот. Самата структура е одбележана со маркантни раседи како од јужната така и од северната страна, што условуваат оваа подрачје да биде сеизмички активно со потенцијалност од 8° – 9° по Меркалиевата скала.

11. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА

Хидрогеолошката градба на пошироката околина на локалитетот Грдовски Орман е прикажана на хидрогеолошката карта во размер од 1:100 000 (**прилог – 2**). Хидрогеолошката карта е изработена според податоците од ОГК 1:100 000 на Р.М лист Делчево и лист Штип и хидрогеолошката карта за Р.М во размер од 1: 200 000 Ѓузелковски Д. и Котевски Ѓ.(1977), како и врз основа на податоците добиени од досегашните регионални хидрогеолошки истражувања.

Според структурниот тип на порозност кој се јавува во карпите можат да се издвојат:

- **збиен тип на водоносници**
- **пукнатински тип на водоносници и**
- **карстно-пукнатински тип на водоносници**

11.1. ЗБИЕН ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Збиениот тип на водоносници е формиран во карпите од неоген - квартерна старост во кои е присутна интергрануларната порозност. Овие карпи се претставени со: алувијални, пролувијални, речно терасни и плиоценски седименти, кои се изградени од песокливо-глиновито чакалести наслаги.

Според издашноста на теренот по податоците од хидрогеолошката карта на РМ 1:200 000 Ѓузелковски Д. и Котевски Ѓ.(1977) во рамките на збиениот тип на водоносници се издвоени:

- **Мошне издашни терени** (претежно) преку 10 l/s и $K_f = > 10^{-2}$ cm/s
- **Добро издашни терени** (претежно) од 1-10 l/s и $K_f = 10^2 - 10^3$ cm/s
- **Слабо издашни терени** (претежно) од 0.1-1 l/s и $K_f = < 10^{-3}$ cm/s

Мошне издашните терени се изградени од алувијалните седименти кои се наоѓаат околу реката Брегалница.

Добро издашните терени на истражуваниот простор заземаат поголем простор и тие се претставени со седиментите изградени од старите речни тераси.

Слабо издашните терени се наоѓаат на теренот кој е изграден од пролувијални наслаги кои се наоѓаат по ободните делови на Кочанската котлина.

11.2. КАРСТНО-ПУКНАТИНСКИ ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Карстно-пукнатинскиот тип на водоносници се јавува во палеозоиските мермери и карбонатни шкрилци. Мермерите и карбонатните шкрилци се јавуваат во вид на дебели траки од неколку десетини до неколку стотини метри на јужната страна од Кочанската котлина на падините на планината Плачковица. Овој тип на водоносници се карактеризира со мошне променлива издашност.

11.3. ПУКНАТИНСКИ ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Пукнатинскиот тип на водоносници е формиран во цврстите метаморфни магматски и седиментни карпи од прекамбриска, палеозоиска, мезозоиски и

кенозоиска старост во кои има развиено пукнатински тип на порозност. Во површинските делови во овие карпи има развиено пукнатини и прслини со различни димензии и правци на протегање кои настанале како резултат на тектонските движења. Овие карпи во плитките делови претставуваат слабоводопропустлива средина и немаат можности за акумулирање на поголеми количини на подземна вода. Карпите во кои е формиран пукнатинскиот тип на водоносници спаѓаат во групата на слабо издашни терени со извори чија издашност претежно е $Q < 1 \text{ l/s}$.

11.4. ВОДОНОСНИЦИ СО СЛОБОДНО НИВО И АРТЕСКИ ТИП НА ВОДОНОСНИЦИ

Според хидродинамичките карактеристики на нивото на водоносниците во пошироката околина на истражуваниот простор се застапени водоносници со слободно ниво и артески тип на водоносници.

Водоносниците со слободно ниво се застапени во алувијалните седименти изградени од чакали и песоци, потоа во пролувијалните седименти исто така изградени од песок и чакал со облупоци од разни фракции, речно терасните седименти изградени од песоци и чакали, како и во плиоценските чакалести и песокливи седименти.

Најважен локалитет со подземна вода од овој тип на водоносници е локалитетот Грдовски Орман, кој е и предмет на истражување во овој магистерски труд.

Нивото на слободните подземни води во дадениот терен за време на пролетните и есенските дождови се искачува до површината на теренот, додека за време на сушните периоди се спушта на 5-6 m испод земјината површина.

Хранењето на овие водоносници воглавно се врши од речните токови на Брегалница и нејзините притоки и со инфилтрација од атмосферските талози.

Артескиот тип на водоносници е формиран во карпите со кавернозно пукнатинска порозност, односно во карбонатната формација која се наоѓа под вулканогено седиментната формација наталожена во котлината, а која во дадениот случај претставува повлатен хидроизолатар на артеските водоносници. Длабочината на артеските водоносници е различна и според податоците од дупнатините на локалитетот Долни Подлог таа се движи од

240 – 329, 370 - 603, 663 – 702 m. Значајно е да се спомене што од артескиот тип на водоносници се добиваат геотермални води со температура од околу 50° C до 74° C.

12. ЛИТОЛОШКО-ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДОНОСНИКОТ ГРДОВСКИ ОРМАН

Водоносникот Грдовски Орман е лоциран на првата алувијална речна тераса на реката Брегалница во близина на селото Грдовци. Тој се наоѓа на растојание од околу 150 метри од самата река а зафаќа површина од околу 20 хектари.

За искористување на подземните води од овој локалитет за водоснабдување на градот Кочани и другите селски населби од овој регион во периодот од 1973, година па до денес се изработени поголем број на структурно истражни дупнатини, пиезометри и експлоатациони бунари.

Литолошко - хидрогеолошките карактеристики на овој водоносник ќе бидат прикажани врз основа на податоците кои се добиени со изработката на бунарите Б15-1, Б16-2, Б18-4, Б19-5 и Б21-7 и од реперната истражно хидрогеолошка дупнатина СХД-2.

Податоците се искористени од постојните извештаи кои се наоѓаат во архивата на КЈП „Водовод“ од Кочани, а кои ни беа достапни при изработката на овој магистерски труд.

12.1. ЛИТОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДОНОСНИКОТ ГРДОВСКИ ОРМАН

Како што беше споменато, литолошките карактеристики на седиментите од водоносникот Грдовски Орман ќе бидат прикажани врз база на податоците кои се добиени со деталните картирања кои се вршени при изработката на бунарите Б15-1, Б16-2, Б18-4, Б19-5, Б21-7 и од реперната истражно хидрогеолошка дупнатина СХД-2.

Локацијата на овие бунари како и другите постојни бунари се прикажани на картата во размер од 1 : 2500 на **прилог - 3**.

Бунарот Б15-1 е изработен во 1993 година со пречник од 400 mm и со длабочина од 50 m. Литолошкиот профил на бунарот е прикажан на **прилог - 4**. Според податоците добиени од овој бунар теренот на овој дел од водоносникот е изграден од следните литолошки единици:

0,00-3,00 m - чакал песоклив со ретки фракции на зрна од 60 mm, слабо прашиност (добро водопрпусни);

3,00-5,60 m - чакал, добро гранулиран, слабо прашиност, со ретки фракции поголеми од 60 mm (добро водопрпусни);

5,60-8,00 m - сиво зеленкаст мил (добро водопрпусен);

8,00-10,00 m - сив среднозрн песок со фракции на ситнозрн чакал и прослој на мил (добро водопрпусни);

10,00-12,00 m - песоклив чакал, добро збиен со присуство на прашина, жолтеникава боја (добро водопрпусни);

12,00-22,20 m - чакал ситно до среднозрн, песоклив водоносен хоризонт (добро водопрпусни);

22,20-29,00 m чакал ситно до крупнозрн, песоклив со доста присуство на прашина (добро водопрпусни);

29,00-37,20 m - чакал ситно до крупнозрн, песоклив и слабо прашиност - водоносен хоризонт (добро водопрпусни);

37,20-38,20 m - песок среднозрн со фракции на чакал добро збиен и прашиност (добро водопрпусни);

38,20-44,0 m - чакал ситно до крупнозрн, песоклив и слабо прашиност - водоносен хоризонт (добро водопрпусни);

44,0-50,0 m - прашиност песок и прашина, добро збиен и слабо заглинет - водонепропусна подина (добро водопрпусни).

Бунарот Б16-2 е изработен во 1993 година со пречник од 400 mm и со длабочина од 48 m. Литолошкиот профил на бунарот е прикажан на **прилог - 5**. Според податоците добиени од овој бунар теренот на овој дел од водоносникот е изграден од следните литолошки единици:

0,00-8,00 m - ситнозрни прашиности песоци, по длабочина делимично чакалести (добро водопрпусни)

8,00-11,00 m - ситно зеленкаст мил

11,00-20,00 m - ситнозрни до крупнозрн песок-чакалест (алувијална тераса-водоносен хоризонт) (добро водопрпусни)

20,00-32,00 m - заглинети ситно-песокливи чакали доста врзани со присуство на самци (средно водопрпусни)

32,00-39,5 m - ситнозрни песоци и чакали (водоносен хоризонт) (добро водопрпусни)

39,5-48,0 m - ситен песок и чакал доста заглинет-врзан (добро водопрпусни)

Бунарот Б18-4 е изработен во 1995 година со пречник од 400 mm и со длабочина од 52 m. Литолошкиот профил на бунарот е прикажан на **прилог - 6**. Според податоците добиени од овој бунар теренот на овој дел од водоносникот е изграден од следните литолошки единици:

0,00-3,00 m - површински растресит покривач песоклив (добро водопрпусни)

3,00-5,00 m - песок (добро водопрпусни)

5,00-8,00 m - сива миловидна глина (водонепрпусни)

8,00-44,0 m - среднозрн до крупнозрн чакал со дијаметар на зрната 10-200 mm (добро водопрпусни)

44,0-52,0 m - глина (водонепрпусни)

Бунарот Б19-5 е изработен во 2000 година со пречник од 400 mm и со длабочина од 53.6 m. Литолошкиот профил на бунарот е прикажан на **прилог-7**. Според податоците добиени од овој бунар теренот на овој дел од водоносникот е изграден од следните литолошки единици:

0,00-2,00 m - ситнозрн до среднозрн песок со местимично присуство (прослојци) од среднозрн чакал (добро водопрпусни)

2,00-8,00 m - среднозрн до крупнозрн песок и ситнозрн чакал, на места заглинет (слабо водопрпусни)

8,00-10,00 m - среднозрн до крупнозрн чакал со разнозрн песок со слабо заоблени зрна (добро водопрпусни)

10,00-12,00 m - ситнозрн чакал и крупнозрн до среднозрн песок (добро водопрпусни)

12,00-13,00 m - крупнозрн чакал со присуство на самци и средно до крупнозрн песок (добро водопрпусни)

13,00-16,00 m - среднозрн песок со мало присуство на ситнозрн чакал (добро водопрпусни)

16,00-19,00 m - полиген песок, добро гранулиран со слабо заоблени зрна (добро водопрпусни)

19,00-20,80 m - крупнозрн песок со мало присуство на ситнозрн чакал полиген (добро водопрпусни)

20,80-25,00 m - среднозрн до крупнозрн чакал со самци и полиген песок и аглести зрна (добро водопрпусни)

25,00-27,50 m - среднозрн до крупнозрн кварцен песок со слабо заоблени зрна (добро водопрпусни)

27,50-34,80 m - среднозрн до крупнозрн чакал со присуство на самци и песок, заглинет (слабо водопрпусни)

34,80-39,00 m - ситно до среднозрн кварцен песок со мало присуство на ситнозрн чакал со заоблени зрна (добро водопрпусни)

39,00-46,00 m - среднозрн до ситнозрн чакал со присуство на добро гранулиран полиген песок (добро водопрпусни)

46,00-48,00 m - среднозрн до крупнозрн кварцен песок со слабо заоблени до заоблени зрна (добро водопрпусни)

48,00-48,30 m - пластична глина со светло кафеава до жолтеникава боја (водонепрпусна)

48,30-49,10 m - среднозрн до крупнозрн песок со аглести до полузаоблени зрна (добро водопрпусни)

49,10-53,60 m - песоклива глина со мало присуство на чакал, светлокафеава (водонепрпусна)

Бунарот Б21-7 е изработен во 2003 година со пречник од 400 mm и со длабочина од 57 m. Литолошкиот профил на бунарот е прикажан на **прилог - 8**. Според податоците добиени од овој бунар теренот на овој дел од водоносникот е изграден од следните литолошки единици:

0,00-0,40 m - хумусен материјал

0,40-4,00 m - миловити песокливи кафеаво жолтеникави глини (водонепропусни)

4,00-6,00 m - глиновити кафеави песоци (слабо водопрпусни)

6,00-8,00 m - ситнозрни заглинети жолто кафеави песоци (слабо водопрпусни)

8,00-10,00 m - ситно до среднозрни песоци (добро водопрпусни)

10,00-14,00 m - сиво кафеави песоци и чакали (добро водопрпусни)

14,00-16,00 m - песокливи глини (водонепропусни)

16,00-17,00 m - сиво кафеави чакали (добро водопрпусни)

17,00-18,00 m - ситно до среднозрни кафеавосиви песоци и чакали со појава на самци (добро водопрпусни)

18,00-21,00 m - миловите заглинети ситно до финозрни песоци (слабо водопрпусни)

21,00-23,00 m - сивокафеави ситнозрни песоци (слабо водопрпусни)

23,00-25,00 m - кафеави среднозрни песоци (добро водопрпусни)

25,00-29,00 m - ситно до среднозрни песоци и чакали со самци (добро водопрпусни)

29,00-31,00 m - жолти крупнозрни песоци и чакали со самци (добро водопрпусни)

31,00-33,00 m - песокливи глини (водонепропусни)

33,00-36,00 m - среднозрни песоци и чакали со самци (добро водопрпусни)

36,00-38,00 m - среднозрни жолто кафеави песоци (добро водопрпусни)

38,00-41,00 m - -жолтеникаво кафеави ситно до среднозрни слабо заглинети песоци (средно водопрпусни)

41,00-44,00 m - сиво кафеави песоци и чакали (добро водопрпусни)

44,00-48,00 m - крупнозрни жолтеникави песоци (добро водопрпусни)

48,00-51,00 m - ситно до среднозрни песоци и чакали (добро водопрпусни)

51,00-54,00 m - песолкиви глини со тенки прослојци од чакали (водонепропусни)

54,00-57,00 m - жолто-кафеави глиновити седименти - плиоценски (водонепропусни)

Во 1994 година на локалитетот Грдовски Орман е изработена една реперна истражно - хидрогеолошката **дупнатина СХД-2'** со длабочина од 100 m. Оваа дупнатина е изработена со цел да се дефинираат литолошките и хидрогеолошките карактеристики на водоносникот во длабина. Почетниот пречник на дупчење е ϕ 131 mm додека завршниот пречник е ϕ 76 mm. По целиот профил на дупнатината е вадено јадро на кое е вршено картирање. Литолошкиот профил на дупнатината е прикажан на **прилог – 9**.

Врз основа на изваденото јадро од дупнатината и неговото детално картирање вдоль профилот се одредени следните литолошки слоеви:

0 – 10.80 m - разно гранулирани чакали и песоци со присуство на груби зрна од кварц, со висок коефициент на филтрација

10.80–14.10 m - фино до ситнозрни муљевити песоци со низок коефициент на филтрација

12.00–32.00 m - крупни до грубо зрни чакали со многу висок коефициент на филтрација

32-44.00 m - слабо заглинети разногранулирани чакали со мал процент на финозрни песоци

44.00-100 m - заглинети до добро заглинети, фино до ситно зрни песоци со мал процент на разно гранулирани чакали, со доста низок коефициент на филтрација.

Со податоците кои се добиени со оваа дупнатина е утврдено дека во интервалот 0 до 44 m теренот на овој простор од водоносникот е изграден од квартерни алувијално терасни седименти изградени од разно гранулиран чакал и песок кои во одредени делови се слабо заглинети односно имаат мал процент на глина.

Во интервалот од 44 до 100 m под квартерните алувијално терасни - седименти се наоѓаат плиоценски езерски седименти чија точна дебелина не е утврдена. Овие седименти се изградени воглавно од глиновити седименти измешани со мал процент од песок и чакал.

12.2. ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДОНОСНИКОТ ГРДОВСКИ ОРМАН

Истражувањата за водоснабдување на градот Кочани со подземна вода од водоносникот Грдовски Орман започнуваат во 1973 година со изработката на првите бунари Б-6 и Б-7 кои и денес се во фаза на експлоатација. Од тогаш па до денес на овој локалитет се изработени поголем број на бунари и структурно – пиезометарски и истражни дупнатини. Денес во експлоатација се бунарите: Б-6, Б-7, Б-10, Б-12, Б-14, Б15-1, Б16-2, Б17-3, Б18-4, Б19-5, Б20-6, Б21-7 и Б22-8. Локацијата на бунарите кои се во експлоатација е прикажана на **прилог 3**.

Бидејќи не располагаме со податоци за сите бунари кои се во експлоатација, хидрогеолошките карактеристики на водоносникот ќе бидат прикажани, исто како и литолошките карактеристики, врз основа на податоците од бунарите Б15-1, Б16-2, Б18-4, Б19-5 и Б21-7 и од реперната истражно хидрогеолошка дупнатина СХД-2.

Бунарот Б15-1 (сл. 3) зафаќа водоносни слоеви на длабочина од 0 до 5.60 m и од 8 до 44 m. Каптираните водоносни слоеви се изградени од ситно до крупно зрнест песоклив чакал.



Слика 3. Водоносник Грдовски Орман бунар Б15-1

Figure 3. Aquifere Grdovski Orman Well Б15 – 1

Според резултатите добиени со тестирањето на бунарот проектиран е отимален капацитет на бунарот од $Q = 35$ l/s.

Нивото на подземната вода во бунарот мерено од површината на теренот изнесува 3.3 m.

Бунарот Б16-2 (сл. 4) зафаќа водоносни слоеви на длабочина од 0 до 8m и од 11 до 39.5 m. Каптираните водоносни слоеви се изградени од ситно зрнест песок и чакал.

Според резултатите добиени со тестирањето на бунарот проектиран е отимален капацитет на бунарот од $Q = 33$ l/s.

Нивото на подземната вода во бунарот мерено од површината на теренот изнесува 3 m.



Слика 4. Водоносник Грдовски Орман бунар Б16-2

Figure 4. Aquifere Grdovski Orman Well B16 – 2

Бунарот Б18-4 зафаќа водоносни слоеви на длабочина од 3 до 5 m и од 8 до 44 m. За разлика од бунарите Б-15-1 и Б-16-2 кај овој бунар од површината односно од 0 до 3 метри се јавуваат прашинести песоци кои се слабо водопрпусни. Првиот каптиран слој од 3-5 m е изграден од прашинести песоци, а вториот слој од 8-44 m е изграден од среднозрест до крупнозрнест чакал со дијаметар на зрната од 10 – 200 mm.

Според резултатите добиени со тестирањето на бунарот проектиран е отимален капацитет на бунарот од $Q = 40$ l/s.

Нивото на подземната вода во бунарот мерено од површината на теренот изнесува 3.8 m.

Бунарот Б19-5 (сл. 5) зафаќа три водоносни слоеви, првиот се наоѓа на длабочина од 8 до 27.5 m, вториот од 34.8 до 48 m и третиот од 48.3 до 49.1 m. Првиот каптиран слој е изграден од средно зрнест чакал и песок, вториот од ситно зрнест до средно зрнест чакал и песок и третиот од средно зрнест до крупнозрнест песок.

Според резултатите добиени со тестирањето на бунарот проектиран е оптимален капацитет на бунарот од $Q = 37$ l/s.

Нивото на подземната вода во бунарот мерено од површината на теренот изнесува 2.97 m.



Слика 5. Водоносник Грдовски Орман бунар Б19-5

Figure 5. Aquifere Grdovski Orman Well Б19 – 5

Бунарот Б21-7 (сл. 6) зафаќа четири водоносни слоеви првиот се наоѓа на длабочина од 8 до 14 m, вториот од 16 до 18 m, третиот од 21 до 31 m и четвртиот од 33 до 51 m. Кај овој бунар од површината на теренот до 8 m се јвуваат пращинести пескливи глини и глиновити песоци кои се слабо водопропусни. Сите четири каптирани слоеви се изградени од ситно до средно зрнест песок и чакал

Според резултатите добиени со тестирањето на бунарот проектиран е оптимален капацитет на бунарот од $Q = 35$ l/s.

Нивото на подземната вода во бунарот мерено од површината на теренот изнесува 3.6 м.



Слика 6. Водоносник Грдовски Орман бунар Б21-7

Figure 6. Aquifere Grdovski Orman Well Б21-7

СХД-2' - реперна истражно хидрогеолошка дупнатина. Со оваа дупнатина во водоносникот Грдовски Орман од хидрогеолошки аспект се издвоени две хидрогеолошки средини. Едната хидрогеолошка средина е во интервалот од 0-44 m и е изградена од квартерни алувијално терасни седименти претставени со разго гранулирани чакали и песоци кои во одредени делови се слабо заглинети односно содржат мал процент на глина. Втората хидрогеолошка средина се наоѓа во плиоценските езерски седименти изградени воглавно од глиновити седименти измешани со мал процент од песок и чакал. Оваа хидрогеолошка средина започнува на длабина од 44 m а нејзината крајна длабина не е точно дефинирана.

Од хидрогеолошки аспект попродуктивни, како носители на подземните води се квартерните алувијално – терасни седименти претставени со чакал и песок кои се одликуваат со поголем коефициент на филтрација кој изнесува 7.7×10^{-2} cm/s односно 66.5 m/ден (според гранулометриските анализи за хоризонтот од 13 – 44 m) и 3.6×10^{-2} cm/s односно 31 m/ден според податоците од тестирањето на дупнатината.

Езерските седименти кои се наоѓаат на длабина од 44 – 100 m кои се претставени со слабо збиени глиновити песоци и глини со мал процент на

разногранулиран чакал се карактеризираат со послаб коефициент на филтрација кој на база на гранулометриските анализи изнесува 2.3×10^{-5} cm/s, 6.7×10^{-4} cm/s, 4.6×10^{-4} cm/s за три гранулометриски анализи со среден коефициент на филтрација 3.8×10^{-4} cm/s (0.3 m/ден) односно се работи за седименти со понеповолни хидрогеолошки карактеристики.

Според резултатите добиени со тестирањето на дупнатината проектирана е прогнозна издашност со капацитет од $Q = 33$ l/s.

Нивото на подземната вода во дупнатината мерено од површината на теренот изнесува 3.75 m.

Врз база на извршените истражувања може да се каже дека водоносникот Грдовски Орман претставува водоносник со слободно ниво, формиран во колекторска средина од квартални алувијални седименти изградени од разногранулирани песоци и чакали кои се карактеризираат со интергрануларна порозност.

Водоносната средина се простира до длабочина од 44 до околу 50 m и таа не претставува единствен континуиран водоносен слој тука таа е претставена со водоносни слоеви чиј број се движи од 1 - 4. Под водоносната средина имаме изолаторска средина изградена од слабо збиени глиновити песоци и глини со мал процент на разногранулиран чакал. Карактеристичен хидрогеолошки профил од водносникот (I – II) конструиран по податоците од бунарите Б15-1 и Б16-2 е прикажан на прилог 10.

Прихранувањето на водоносникот со вода во најголем дел се врши со водата на реката Брегалница со која е во директна хидраулична врска, а во еден дел се храни и со водите кои потекнуваат од атмосферските талози и од околните водоносници кои се наоѓаат на повисоко хипсометриско ниво.

Дебелината на каптираните слоеви се движи во границите од 31 – 41.6 m.

Нивото на подземната вода во бунарите се движи од 2.97 – 3.75 m.

Издашноста на бунарите се движи од 15 – 40 l/s.

Заради прегледност во табелата-4 за бунарите кои се денес во експлоатација е прикажан проектираниот и мерениот капацитет во 2011 година.

Од табелата може да се види дека скоро кај сите бунари имаме помала издашност во однос на проектираната. Тоа најверојатно е поради запишувањето на перфорираните отвори кај бунариите со текот на времето поради зголементо присуство на Mn. На перфорираните отвори кај бунарите доаѓа до појава на

инкрустрација на Mn, односно до негово натрупување на отворите и нивно постепено затворање.

Табела 4. Бунари кои се во експлоатација со проектирана издашност и мерена издашност во 2011 година, податоци од ЈКП Водовод Кочани.

Table 4. Wells that are exploitation with projected capacity and measured capacity in 2011, data from JKP Vodovod Kocani.

Ознака за бунари	Пречник на бунар (mm)	Година на изработка	Проектиран капацитет (l/s)	Мерен капацитет во 2011 (l/s)
1. Б-6 цеваст	300	1975	15	7
2. Б-7 цеваст	300	1975	20	9
3.Б-10 прстенаст армирано бетонски	4000	1981	15	13.5
4.Б-12 прстенаст армирано бетонски	4000	1983	20	12
5.Б-14 прстенаст армирано бетонски	4000	1988	15	12
6. Б15-1 цеваст	400	1993	35	30
7. Б16-2 цеваст	400	1993	33	17
8. Б17-3 цеваст	400	1995	30	30
9. Б18-4 цеваст	400	1995	40	30
10. Б19-5 цеваст	400	2000	37	26.5
11. Б20-6 цеваст	400	2002	30	30
12. Б21-7 цеваст	400	2003	35	30
13. Б22-8 цеваст	400	2009	15	15
Вкупен капацитет			340	262

13. ФИЛТРАЦИОНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЛИТОЛОШКИТЕ ЧЛЕНОВИ НА ВОДНОСНИКОТ ГРДОВСКИ ОРМАН

13.1. ФИЛТРАЦИОНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ВОДНОСНИТЕ СЕДИМЕНТИ

Филтрационите карактеристики на водоносните седименти се прикажани според податоците кои се добиени со тестирањето на експлоатационите бунари и истражно – експлоатационите дупнатини. Во табелата 5 се прикажани вредностите на коефициентот на филтрацијата и другите хидрогеолошки параметри за бунарите Б15-1, Б16-2, Б18-4, Б19-5, Б21-7 и реперната истражно хидрогеолошка дупнатина СХД-2.

Табела 5. Хидрогеолошки параметри добиени со тестирањето на бунарите

Table 5. Hydrogeological parameters obtained with the test wells

	Б15-1,	Б16-2,	Б18-4,	Б19-5	Б21-7	СХД-2
Статичко ниво на бунарот (m) од теренот	3.3	3	3.8	2.97	3.6	3.75
Дебелина на каптирани слоеви (m)	41.6	36.5	36	33.5	36	31
Проектиран капацитет на бунарот (l/s)	35	33	40	37	35	33
Коефициент на филтрација (K_f) m/ден	75	68	244	55	306	31
Трансмисивност (T) m^2 /ден	1883	1201	12 441	3024	10710	1023

Од тебелата може да се види дека коефициентот на филтрација во водоносните седименти изградени од песок и чакал се движи во границите од

31–306 m/ден, што е во рамките на границите по литературните податоци според Tod (1980) 12 – 450 m/ден. Разликата која се јавува во коефициентот на филтрација најверојатно е резултат на разликата во гранулометрискиот состав на песокот и чакалот како и нивното онечистување со глина и прашина.

Средниот коефициент на филтрација за водоносните слоеви изнесува 95 m/ден. Во пресметката на средниот коефициент не е земена вредноста од 306 m/ден од бунарот Б21-7 која вредност е поголема од останатите и таа значително би ја зголемила вредноста на средниот коефициент на филтрација.

13.2. ФИЛТРАЦИОНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОКРИВНИТЕ СЕДИМЕНТИ

Филтрационите карактеристики на покривните седименти се значајни од аспект на нивната заштитна улога на подземните води.

За одредување на филтрационите карактеристики на покривните седименти на водоносникот Грдовски Орман се земени 10 проби од површината на теренот до длабочина од 0.5 m (сл. 7 и 8).

Локацијата на земените проби е прикажана на картата на **прилог - 3**. На сите земени пробите се изработени гранулометриски анализи во Градежниот институт Македонија и се пресметани коефициентите на филтрација кои се прикажани на тебелата 6. Коефициентот на филтрација на овие седименти е пресметуван по методата на USBR. Оваа метода е предложена од американските автори: Джастин, Хиндел и Кригер од Америчкото биро за почви, а се однесува за среднозрести песоци. Пресметувањето на коефициентот на филтрација (K_f) по оваа метода се врши според формулата:

$$K_f = 0.36x d_{20}^{2.3}$$

K_f – коефициент на филтрација (cm/s)

D_{20} – пречник на зрната (mm), со застапеност од 20 % на гранулометриската крива

Дијаграмите од гранулометрискиот состав на земените проби се прикажани на (сл. 9, 10, 11, 12 и 13).

Табела 6. Вредности на коефициентот на филтрација (Kf) добиен од гранулометриските анализи по методата на (USBR).

Table 6. Values of filtration coefficient (Kf) obtained from granulometric analysis by the method (USBR)

Проба во близна на бунар	Коефициент на филтрација (Kf) (m/ден)
Б-6	80
Б19-5	45
Б-14	70
Б15-1	27
Б17-3	38
Б20-6	390
Б16-2	0.24
Б-7	0.23
Б21-7	0.33
Б22-8	0.89



Слика 7. Земање на проба од покривни седименти за гранулометриска анализа од водоносникот Грдовски Орман

Figure 7. Taking a sample of the overlay sediments for granulometric analyse of the aquifere Grdovski Orman

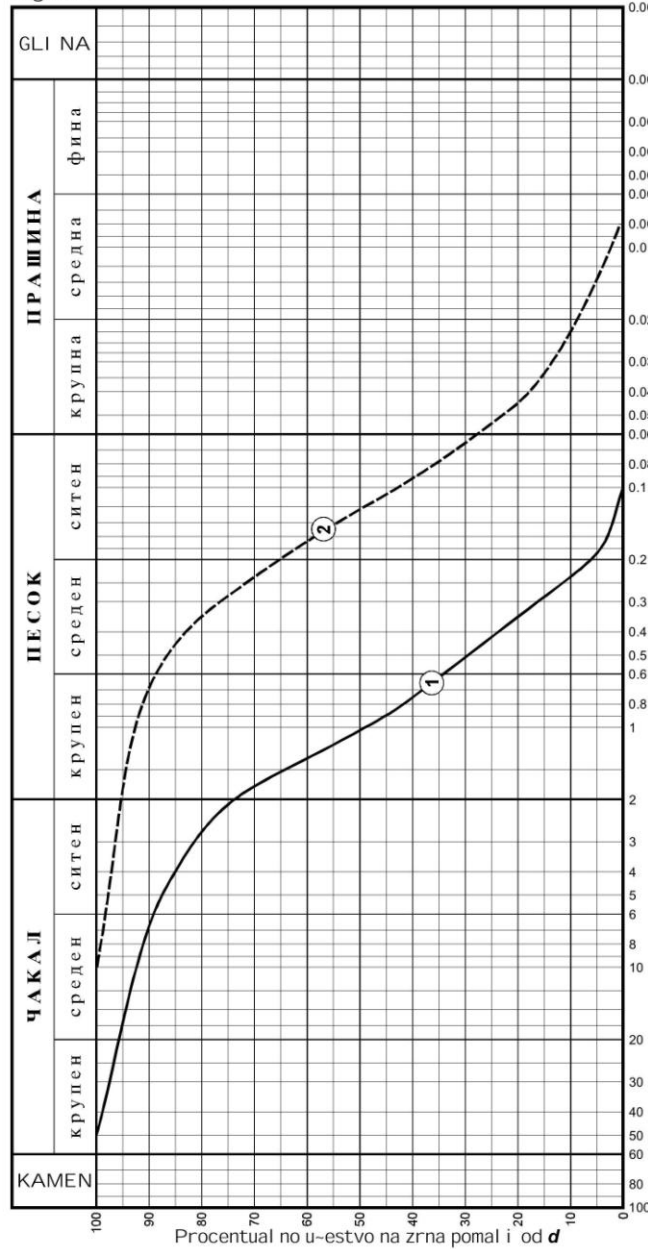


Слика 8. Земање на проба од покривни седименти за гранулометриска анализа од локалитетот Грдовски Орман

Figure 8. Taking a sample of the overlay sediments for granulometric analyse of the aquifere Grdovski Orman



Objekt: Грдовски Орман - Кочани Проби земени во близина на бунар Б-15 и Б-16



Дијаметар на зрното d [mm]

- коеф. на униформност
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
- коеф. на закривеност
 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$

Крива	1	2	3
D_{60}	0.1555	1.3413	
D_{30}	0.0598	0.4370	
D_{10}	0.0202	0.2292	
C_u	7.69	5.85	
C_c	1.14	0.62	

Легенда:

- ① Б - 15 (/); $w = 5.44\%$
- ② Б - 16 (/); $w = 3.93\%$

k_f (USBR) [cm/s]

3.15×10^{-2}
 2.81×10^{-4}

ODGOVOREN PROJEKTANT:
DRAGAN ANGELOV
di.pl.in@geoteh.

Ispi tal : \ur-i novska
Pregl edal : D. Angel ov

FAZA NA PROEKTI RAWE:
GEOTEHNI KA

Gt

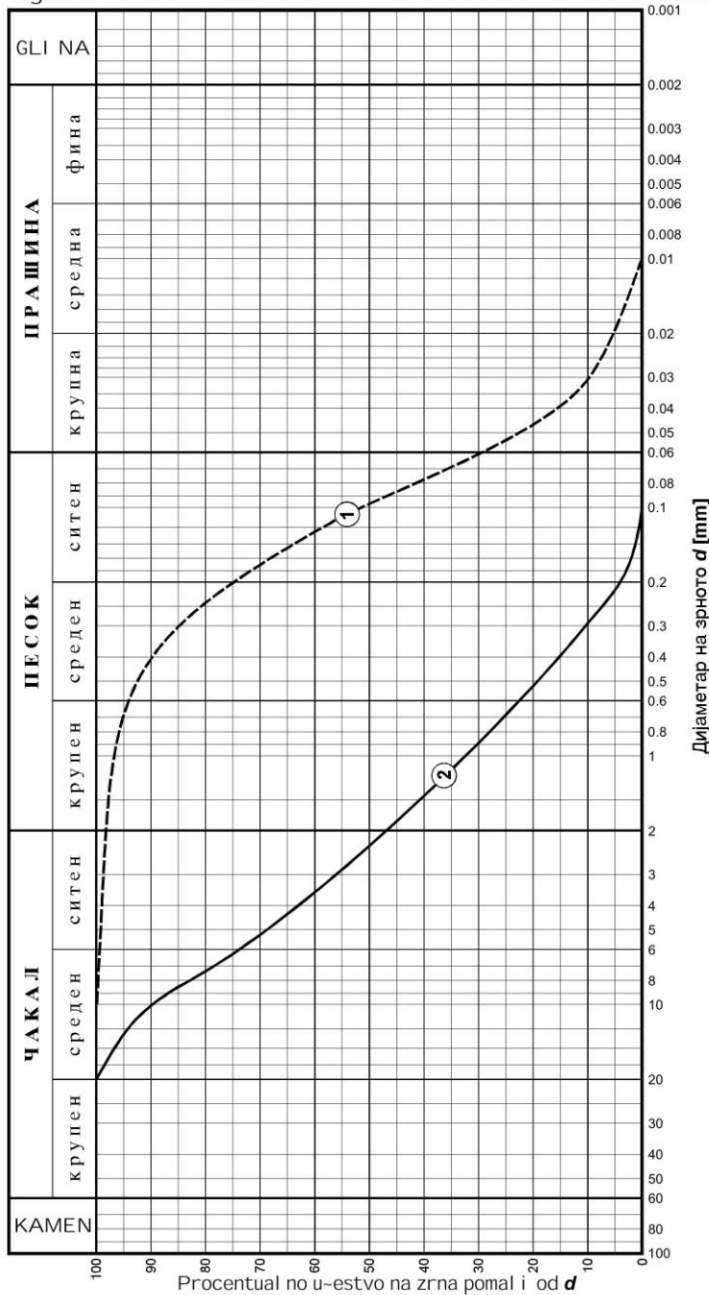
DATUM:
MART 2012
ПРИЛОГ-10

Слика 9. Дијаграм на гранулометриски состав од проби земени во близина на бунар Б15 -1 и Б16 – 2

Figure 9. Diagram of the granulometric composition of the samples taken in the near of wells B15 -1 and B16 - 2



Objekt: Грдовски Орман - Кочани Проби земени во близина на бунар Б-7 и Б-14



• коэф. на униформност
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

• коэф. на закривеност
 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$

Крива	1	2	3
D_{60}	0.1158	4.6106	
D_{30}	0.0548	0.8362	
D_{10}	0.0272	0.2724	
C_u	4.26	16.92	
C_c	0.96	0.56	

Легенда:

① Б - 7 (/); $w = 18.67\%$

② Б - 14 (/); $w = 3.93\%$

k_f (USBR) [cm/s]

3.10 x 10⁻⁴
8.10 x 10⁻²

ODGOVOREN PROJEKTANT:
DRAGAN ANGELOV
di.pl.in@geotekh.

Ispi tal : \ur-i novska
Pregledal : D. Angelov

FAZA NA PROJEKTIRANJE:
GEOTEHNIKA

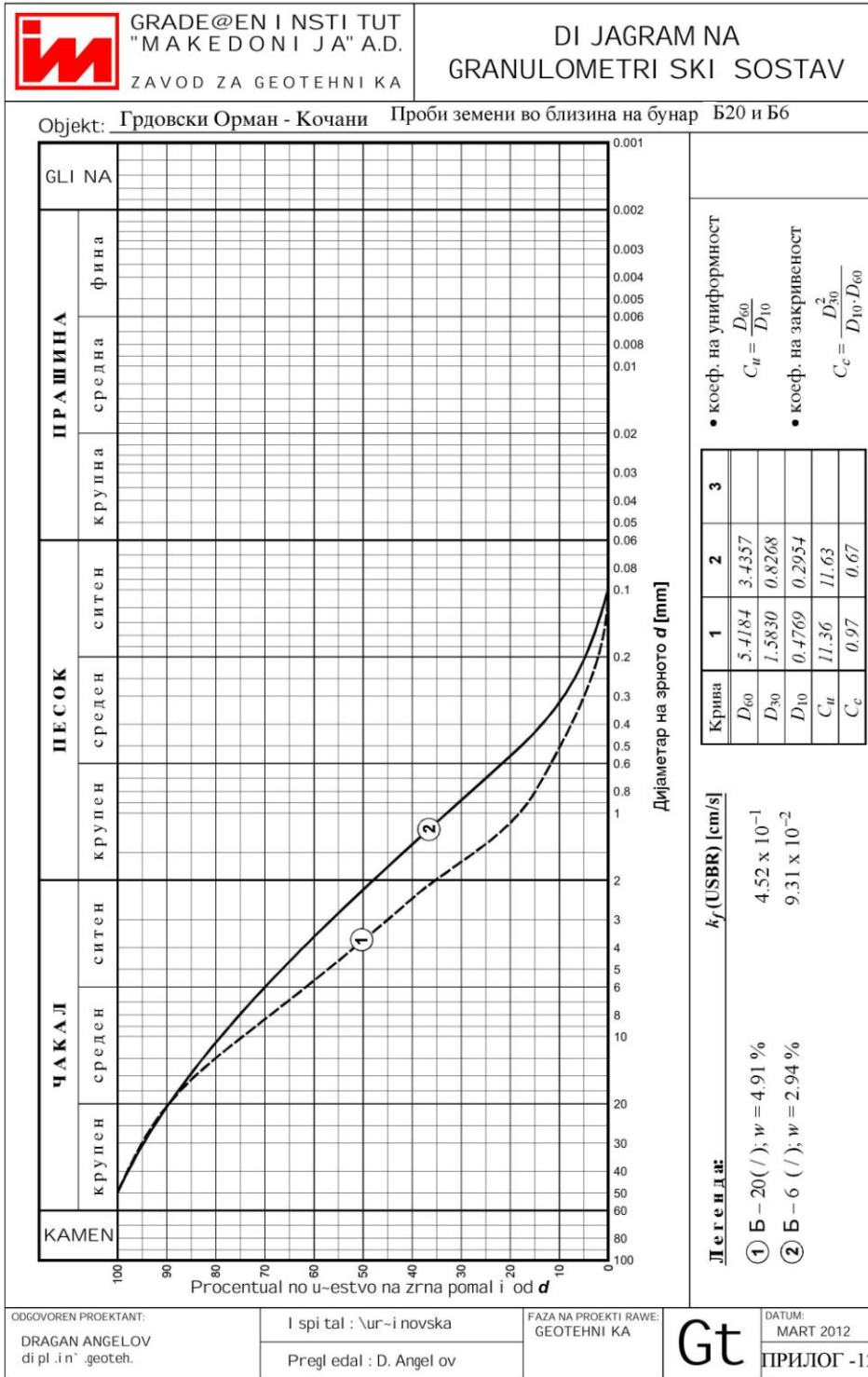
Gt

DATUM:
MART 2012

ПРИЛОГ-11

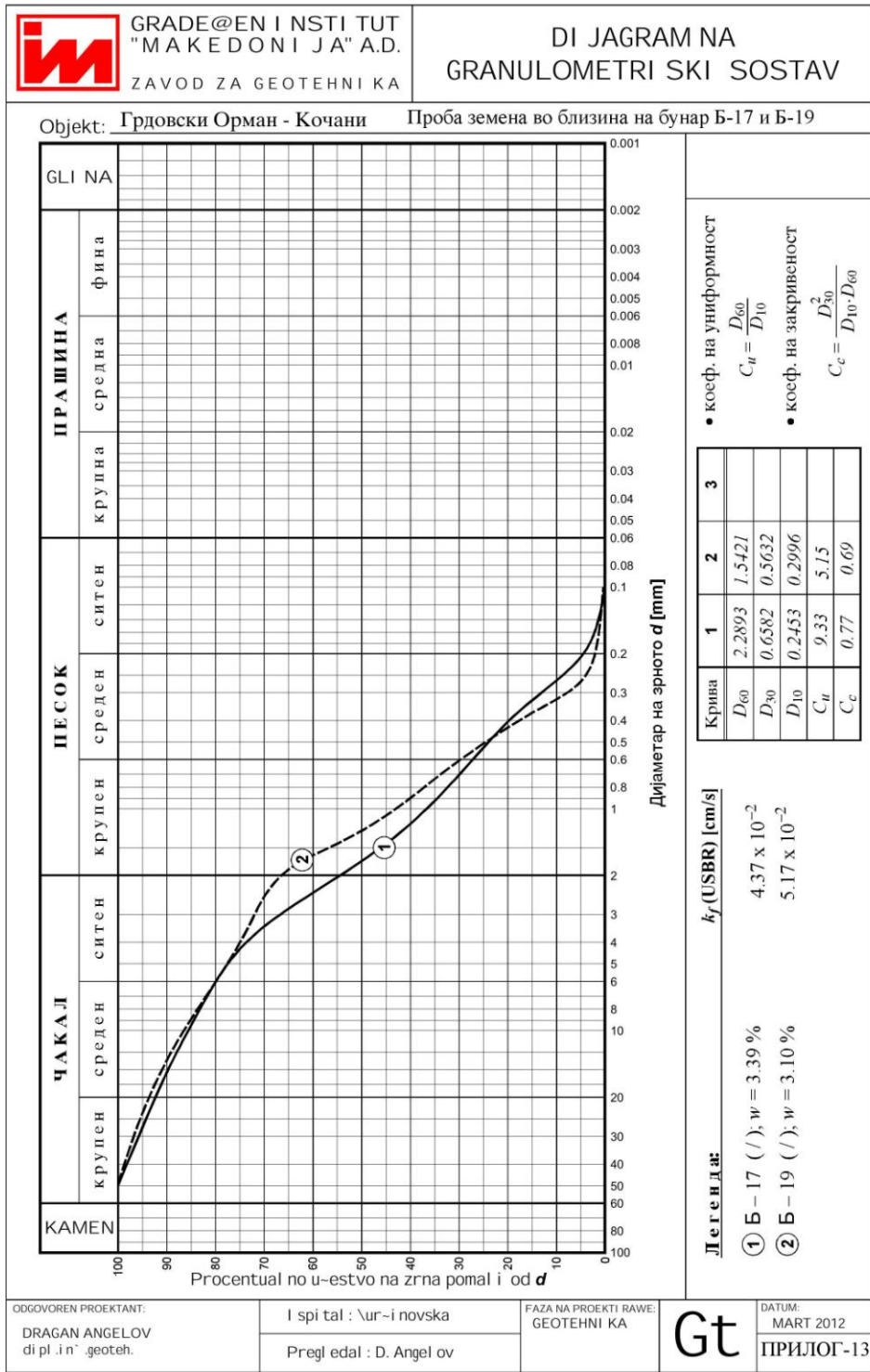
Слика 10. Дијаграм на гранулометриски состав од проби земени во близина на бунар Б - 7 и Б - 14

Figure 10. Diagram of the granulometric composition of the samples taken in the near of wells B - 7 and B - 14



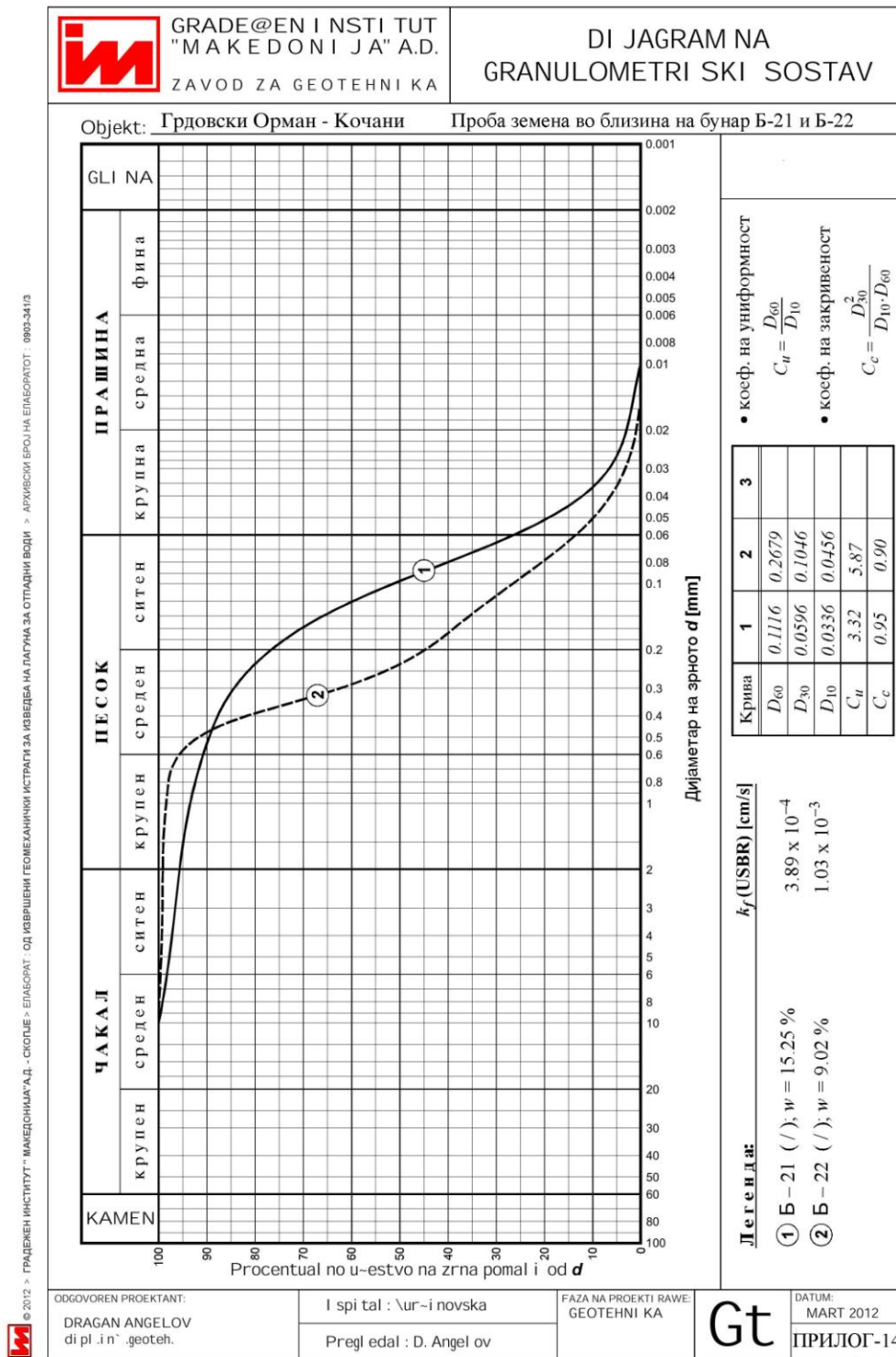
Слика 11. Дијаграм на гранулометриски состав од проби земени во близина на бунар Б – 20 и Б – 6

Figure 11. Diagram of the granulometric composition of the samples taken in the near of wells B - 20 and B - 6



Слика 12. Дијаграм на гранулометриски состав од проби земени во близина на бунар Б17 -1 и Б – 19

Figure 12. Diagram of the granulometric composition of the samples taken in the near of wells B 17-1 and B - 19



Слика 13. Дијаграм на гранулометриски состав од проби земени во близина на бунар Б - 21 и Б - 22

Figure 13. Diagram of the granulometric composition of the samples taken in the near of wells B - 21 and B - 22

Од гранулометриските дијаграми се гледа дека покривните седименти се изградени од две литолошки средини и тоа прва изградена од песок и чакал која е издвоена во близина на бунарите Б-6, Б19-5, Б-14, Б15-1, Б-17-3 и Б20-6 и втора изградена од песок со мало присуство на чакал и прашина, издвоена во близина на бунарите Б16-2, Б-7, Б21-7 и Б22-8.

Од табелата - 6 може да се види дека првата литолошка средина која е изградена од чисти песоци и чакали има поголем коефициент на филтрација K_f кој се движи во границите од 27 - 390 m/ден, (среден $K_f = 52$ m/ден, при пресметката на средниот коефициент не е земена вредноста за бунарот Б-20-6 ($K_f = 390$ m), бидејќи таа е многу поголема од другите и ќе има голем удел и во средниот коефициент. Втората литолошка средина има помал коефициент на филтрација K_f и тој се движи во границите од 0.23 – 0.89 m/ден (среден $K_f = 0.42$ m/ден).

14. СТЕПЕН НА ЗАШТИТА НА ПОКРИВНИТЕ СЕДИМЕНТИ

Заштитната улога на покривните седименти на водоносникот од загадување на подземните води зависи од составот на покривните седименти, односно од нивните филтрациони карактеристики и од нивната дебелина.

За да се одреди каков е степенот на заштита на покривните седименти од загадување на подземните води акумулирани во водоносниот слој од површината на теренот, потребно е да се одреди брзината на процедување со која евентуалните загадувачи би се движеле од површината на теренот, преку покривниот слој, до водоносните чакали и песоци и времето кое ќе биде потребно загадувањето преку покривниот слој да стигне до нивото на подземните води.

Покривниот слој како што беше споменато е изграден од две литолошки средини со различни филтрациони карактеристики и затоа пресметките ќе бидат направени за секоја литолошка средина посебно. Пресметките се направени со претпоставка дека евентуалното загадување ќе се движи со ефективната брзина на движењето на водата во водоносната средина.

Бидејќи нивото на подземните води во сите анализирани дупнатини се движи во интервалот од 2.97 – 3.75 m при пресметките е земено средното ниво

на подземните води кое изнесува 3.4 m. Значи дека дебелината на покривните седименти до нивото на подземните води изнесува 3.4 m.

14.1. ВЕРТИКАЛЕН ТОК (ПРОЦЕДУВАЊЕ) НИЗ ПОКРИВНИТЕ СЕДИМЕНТИ

Брзината на процедување низ покривните седименти е пресметувана според Дарсиевата формула:

$$V_z = \frac{-k}{n_{ef}} i$$

V_z - ефективна вертикална брзина на процедување;

k - вертикален коефициент на филтрација (m/ден)

n_{ef} - ефективна порозност

i - хидрауличен градиент

Времето на процедување е одредувано според формулата:

$$t = \frac{m}{V_z} - \text{време на вертикално процедување}$$

t - време во денови

m – дебелина на седиментите (m) (покривни седименти)

V_z – ефективна вертикална брзина на процедување (m/ден)

Движењето на честичките на течностите во вертикален ток во најнеповолен случај може да се апроксимира со течење низ неисполнет со вода покривен полупропусен слој со хидрауличен градиент еднаков на 1.

14.1.1. Покривни седименти изградени од песок со мало присуство на прашина и чакал

Пресметките се работени според средниот коефициент на филтрација $K_f = 0.42$ m/ден. добиен од гранулометриските анализи. Средната дебелина на покривните седименти до нивото на подземната вода како што беше споменато изнесува 3.4 m.

$K_f = 0.42$ m/ден - вертикален коефициент на филтрација според гранулометриски анализи (средна вредност од пробите)

$m = 3.4$ m - дебелина на покривни седименти

$n_{ef} = 0.3$ - ефективна порозност (средна вредност според Domenico & Schwartz) оваа вредност е користена за сите пресметувања

$i = 1$ - единечен хидрауличен градиент за несатуриран вертикален покривен слој е користен кај сите пресметувања

$$V_z = 1.4 \text{ m /ден; } t = 2.4 \text{ дена}$$

Од изршените пресметки може да се заклучи дека евентуалното загадување покривните седименти ќе ги помине за време од 2.4 дена.

14.1.2. Покривни седименти изградени од песок и чакал

На одредени делови од водоносникот покривните седименти се изградени од песок и чакал.

$K_f = 52 \text{ m/ден}$ - вертикален коефициент на филтрација според гранулометриски анализи (средна вредност од пробите)

$$m = 3.4 \text{ m} - \text{дебелина на покривни седименти}$$

$n_{ef} = 0.25$ - ефективна порозност (средна вредност според Domenico & Schwartz) оваа вредност е користена за сите пресметувања

$i = 1$ - единечен хидрауличен градиент за несатуриран вертикален покривен слој, е користен кај сите пресметувања

$$V_z = 208 \text{ m /ден; } t = 0.016 \text{ дена односно за } 0.384 \text{ часа или за } 23 \text{ минути.}$$

Од пресметките може да се види дека заштитната улога на покривните седименти изградени од песок и чакал е помала во однос на заштитната улога на покривните седименти кои се изградени од од песок со мало присуство на прашина и чакал.

Водоносникот Грдовски Орман спаѓа во групата на лесно ранливи отворени до полузатворени хидрогеолошки структури и направените хидраулички пресметки покажуваат дека покривните седименти не овозможуваат доволна природна заштита од евентуалното загадување кое би дошло од површината на теренот.

Исто така постои можност за загадување на подземните води на овој водоносник и од евентуално загадените води на реката Брегалница, бидејќи водоносните слоеви се во директна хидраулична врска со овие води. Во таков случај загадувањето брзо би ја загадило подземната вода, бидејќи ефективната

брзина при хоризонталниот ток со која би се движело загадувањето низ водоносникот е прилично голема и таа изнесува $V_z = 95$ м/ден.

14.2. Хоризонтален ток низ водоносната средина составена од песок и чакал

За одредување на брзината на хоризонталниот ток со која евентуалното загадување би се движело кога тоа би дошло во водоносната средина при хидрауличките пресметки е користен коефициентот на филтрација кој е добиен при тестирањето на експлоатационите бунари, како податок кој пореално ја прикажува филтрацијата.

$i = 0.1$ – минимален хидрауличен градиент (бидејќи се работи за рамен терен)

$n_{ef} = 0.3$ - ефективна порозност (средна вредност за чакал и песок според Domenico & Schwartz)

$k = 95$ м/ден - среден коефициент на филтрација добиен при тестирањето на бунарите $V_z = 31$ м/ден

Пресметките покажуваат дека загадувањето кога би дошло во водоносната средина тоа заедно со водата би се движело со брзина од 31 м/ден

Ако земеме дека растојанието на првите бунари од реката Брегалница е на околу 150 метри времето за кое евентуалното загадување од реката Брегалница ќе дојде до првите бунари е 4.8 денови.

Направените истражувања покажуваат дека водносникот Грдовски Орман спаѓа во групата на лесно ранливи водоносни средини од загадување.

15. КВАЛИТЕТ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

За одредување на квалитетот на подземните води изработени се седум хемиски анализи на подземни води земени од бунарите Б - 6, Б-7 и Б18-4; Б10, Б-12 и Б20-6; Б-14, Б15-1, Б16-2, Б18-4. Б19-5 и Б21-7. На слика 14 и 15 е прикажано земање на проби од бунарите.



Слика 14. Земање на проби од бунарите за хемиски анализи
Figure 14. Taking samples from wells for chemical analysis



Слика 15. Земање на проби од бунарите за хемиски анализи
Figure 14. Taking samples from wells for chemical analysis

Со хемиските анализи анализирани се примарните компоненти на хемискиот состав катјоните: Na, Ca, Mg и анјоните Cl, HCO₃, SO₄, NO₃ и NH₄, како и одреден број на хемиски елементи кои спаѓаат во групата на микрокомпоненти.

Хемиските анализи се работени во хемиската лабораторијата на факултетот за природни и технички науки при Универзитетот “Гоце Делчев” во Штип. Добиените резултати се прикажани во табелата – 7.

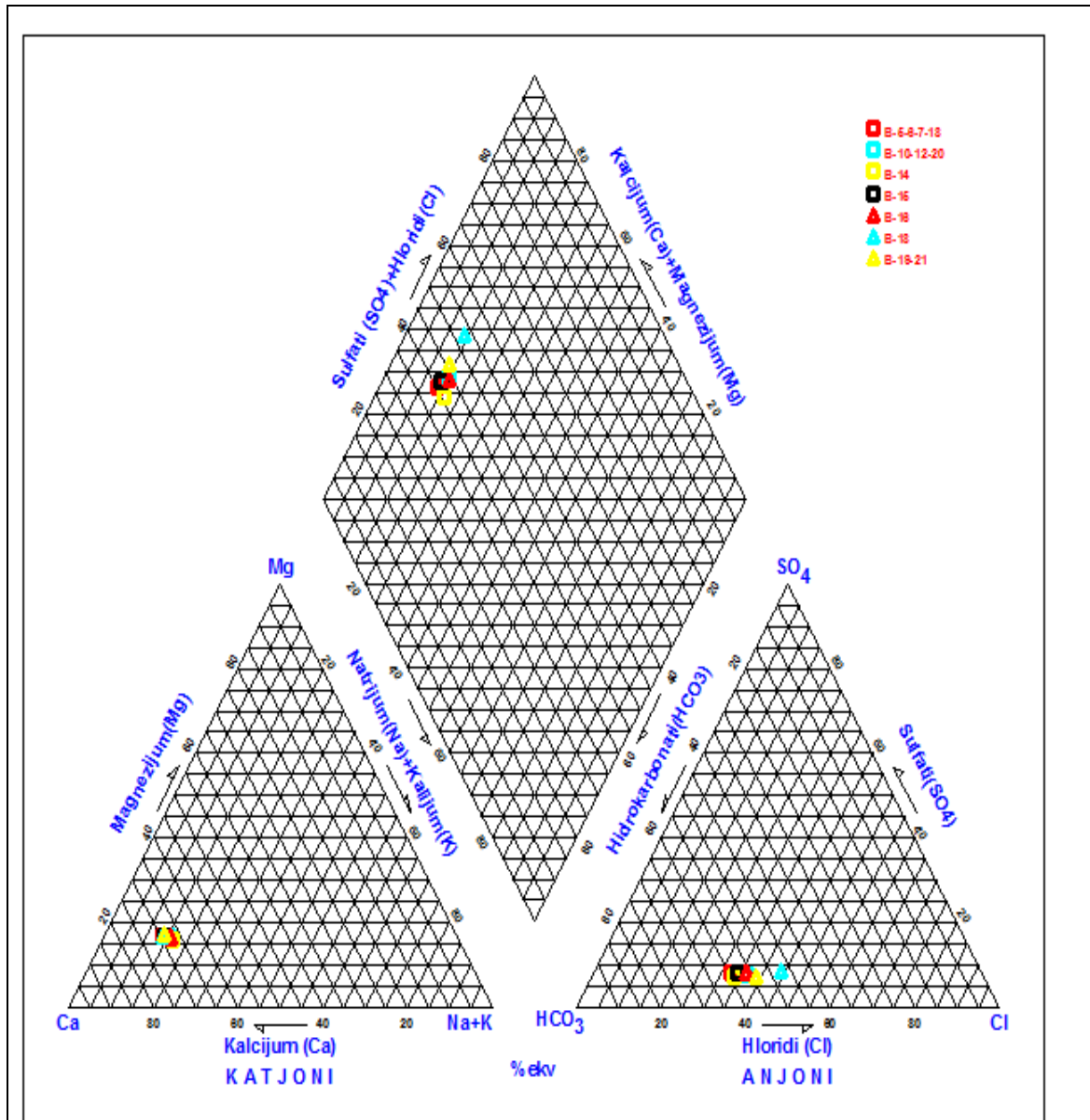
Табела 7. Хемиски анализи на подземните води од водносникот Грдовски Орман
Table 7. Chemical analyses of groundwater from aquifere Grdovski Orman

Проби од вода од Бунар	Б 6,7и18-4	Б10,12 и 20-6	Б-14	Б15-1	Б16-2	Б18-4	Б19-5 и 21-7	МДК
Катјони								
Ca ²⁺ mg/l	120.59	114.32	109.10	124.03	118.62	119.48	122.68	
Mg ²⁺ mg/l	17.68	16.92	15.68	18.06	17.53	17.52	18.39	
Na ⁺ mg/l	24.92	26.51	27.72	26.07	28.82	24.73	26.61	200
K ⁺ mg/l	4.72	5.13	5.53	5.31	5.17	4.76	3.69	12
Анјони								
Cl ⁻ mg/l	11.2	136.2	126.2	124.2	134.2	140.2	140.2	250
HCO ₃ ⁻ mg/l	349	359	381	366	356	259	335	>30
SO ₄ ²⁻ mg/l	36.2	38.2	37.0	40.3	40.3	37.5	34.6	250
NO ₃ ⁻ mg/l	7.87	4.79	2.40	8.63	5.06	8.01	7.47	50
NO ₂ ⁻ mg/l	<0.005	0.0062	0.0050	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.1
NH ₄ ⁺ mg/l	0.010	0.048	0.025	0.012	0.073	0.029	0.028	0.5
pH	6.7	6.8	6.8	7.0	6.9	7.0	7.0	6.5-9.5
Минерализација (сув остаток) (mg/l)	303	297	295	312	308	314	323	1000

Микрокомпоненты								
Fe(mg/l)	0.20	0.19	0.24	0.21	0.38	0.23	0.20	0,20
Al (µg/l)	0,49	0,47	0,70	0,48	0,52	0,51	0,47	200
P (µg/l)	0,48	0,65	0,73	0,47	0,67	0,44	0,52	300
Mn µg/l)	55,20	64,85	256,13	0,61	341,27	0,11	57,41	50
Sr (µg/l)	171,84	171,12	159,13	18,40	186,79	169,83	159,47	
Ba (µg/l)	16,70	33,35	34,07	22,03	23,65	16,80	15,96	700
B (µg/l)	16,09	17,31	20,87	14,98	17,44	15,53	16,29	1000
Co µg/l)	0,09	0,09	0,10	0,08	0,08	0,07	0,09	
Ni (µg/l)	1,92	2,26	1,96	1,84	1,73	1,80	1,76	20
Cu µg/l)	0,44	0,50	0,44	0,29	0,24	1,03	0,31	2000
Zn (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,56	<0,5	3000
Pb (µg/l)	0,16	0,21	0,16	0,18	0,17	0,22	0,17	10
Cr (µg/l)	0,24	0,11	0,03	0,17	<0,1	0,23	0,55	50
As (µg/l)	0,22	0,32	0,24	0,20	0,75	0,18	0,21	10
Cd µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5
V (µg/l)	0,76	0,37	0,73	0,82	0,75	0,79	0,71	5
Mo (µg/l)	0,56	0,02	0,45	0,70	0,93	0,64	0,56	
Sn (µg/l)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	
U (µg/l)	3,28	3,39	0,94	5,04	4,06	3,52	2,74	
Li (µg/l)	0,87	1,60	1,80	1,09	1,12	0,86	0,66	
Be (µg/l)	0,005	0,013	0,009	0,006	0,005	0,005	0,001	
Ag µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	10
Sb (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5
Cs (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Tl (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Bi (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Th (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	

Сите седум хемиски анализи покажуваат приближно исти резултати кога е во прашање нивниот ањонски и катјонски состав. Преовладуваат ањоните на HCO_3 со концентрација која се движи од 259 - 381 mg/l. Во катјонскиот состав преовладуваат катјоните на Ca со концентрација од 109.10 – 124.03 mg/l, а зголемена содржина се забележува и кај катјонот на Cl.

Вредностите на минерализацијата се движат од 297 – 323 mg/l што покажува дека водите спаѓаат во групата на малку минерализирани води.



Слика 16. Графичко претставување на резултатите од хемиските анализи на Пајперов трилинеарен дијаграм (Pyper)

Figure 16. Graphical representation of the results of chemical analyzes the Piper trilinearen diagram (Pyper)

Според класификацијата на Алекин (1936), водите спаѓаат во хидрокарбонатната класа, калциска група, втор тип на води.

Резултатите од хемиските анализи на водата графички се прикажани и на трилинеарниот Пајперов (Piper) дијаграм на (сл. 16). Од дијаграмот се гледа дека во сите анализирани проби од анјоните превладува хидрокарбонатниот анјон HCO_3 , а од катјоните катјонот на Са. Исто така од дијаграмот може да се види дека сите анализирани проби покажуваат уедначен хемиски систем.

Содржината на анализираниите хемиски микрокомпоненти во подземните води е споредена со максимално дозволените вредности (МДК) дадени според Правилникот за безбедност на водата (Сл. Весник на РМ бр. 46 од 07. 04. 2008 година). Споредбата е направена за МДК вредности кои се однесуваат за изворска и пакувана вода за пиење.

Од добиените резултати може да се види дека содржината на сите анализирани микрокомпоненти е помала од МДК освен содржината на манганот, а во помала мера и содржината на железото кои покажуваат повисоки вредности од МДК.

16. РАНЛИВОСТ НА ВОДНОСНИКОТ ГРДОВСКИ ОРМАН ОД ЗАГАДУВАЊЕ

Подземните води во потполност не можат да се заштитат од можните негативни влијанија кои на нив ги вршат објектите и човековите активности без кои не е можно да се замисли опстанокот на луѓето на Земјата. Затоа напорите за заштита на подземните води треба да се насочат на подрачја на кои се наоѓаат резерви на подземни води кои се користат или ќе се користат во иднина за снабдување на населението со вода.

Поимот за ранливоста на подземните води на загадување е дефиниран од страна на *Националниот истражувачки совет на САД* (1993) и од Врба и Запорожец (1994) кој е објаснет како тенденција или веројатност загадувањето да дојде до одредена позиција во системот на подземните води, по неговото внесување во некоја локација во горните делови на водоносникот.

За прикажување на ранливоста на подземните води од загадување денес во развиените земји во широка употреба е изработката на карти на ранливоста на подземните води од загадување и тие во развиените земји претставуваат основно средство за заштита на подземните води. Во англосаксонската

терминологија овие карти се познати под името “vulnerability maps”. Овие карти не ги користат само хидрогеолозите туку и инженерите за просторно планирање и тие ја имаат правата вредност токму при донесувањето на одлуките за просторното планирање.

За да се обезбеди ефикасна заштита на подземните води при изработката на урбанистичките планови важно е да се земат во обзир загадувачите и активностите кои можат да бидат потенцијален ризик за подземните води како што се: депонии, потстројки за преработка на отпадни води, канализација, индустриски и комерцијални зони, складишта за нафта и нафтени деривати и опасни материи и многу други жаришта на загадување. Вакви потстројки треба да се градат на локации на кои може да се избегне загадувањето на подземните води.

Проценувањето на ранливоста на подземните води на загадување варира просторно, а исто така и по својата сложеност тоа може да биде едноставен квалитативен и ефтин пристап до ригорозен квантитативен и скап пристап.

Пристапот во балансирањето на многу различните истражувања мора да биде многу внимателно разгледуван, посебно помеѓу факторите како што се: цената на проценувањето, научната одржливост, степенот на несигурноста кој треба да се прифати при процесот на оцената на ранливоста на водните ресурси.

Картите на ранливост од загадување се изработуваат врз основа на хидрогеолошките карактеристики на теренот, односно врз основа на издвоените типови на водоносници во кои се наоѓаат подземните води.

Картата на ранливост на водоносниците од загадување не ја прикажува состојбата на загаденост на подземните води, туку хидрогеолошкиот аспект на осетливост на подземните води од загадување од површината на теренот.

Подземните води во водоносникот Грдовски Орман се наоѓаат во песокливо-чакалести водоносни слоеви во збиен тип на водоносници со слободно ниво. Водоносниците спаѓаат во групата на отворени или полузатворени хидрогеолошки структури, при што во одредни делови од теренот водоносните песокливо-чакалести слоеви излегуваат директно на површината на теренот.

Покривните седименти над алувијалните водоносни песоци и чакали на водоносникот Грдовски Орман, како што беше прикажано со пресметките, не

овозможуваат доволна природна заштита од загадување на подземните води. Тие се со многу мала дебелина и со висок коефициент на филтрација и евентуалното загадување може за многу кратко време да ги помине и да ги загади подземните води.

Исто така водоносните песокливо - чакалестите седименти се карактеризираат со висок коефициент на филтрација и добра водопропустливост, што укажува дека евентуалното загадување брзо може да се инфилтрира во нив и да ги загади подземните води.

Според изнесените карактеристики можеме да заклучиме дека подземните води во алувијалните седименти на водоносникот Грдовски Орман се наоѓаат во геолошка средина која е високо ранлива на загадување.

17. МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

Процесите и појавите кои доведуваат до загрозување на квалитетот на подземните води по својата природа и начинот на манифестација можат да бидат многу различни.

Доволно е да се споменат само оние најсекојдневните и лесно впечатливите загадувачи како: непречикарпи отпадни води од населбите и индустријата, загадени речни токови кои лесно се инфилтрираат и ги загадуваат подземните води, води кои се дренираат (како исцедок) од комунални и индустриски депонии, примена на вештачки ѓубрива во земјоделието и др. Сите тие претставуваат вештачки загадувачи чиј причинител е човекот.

Пред да се премине на приказот на предлог мерките за заштита на подземни води на водоносникот Грдовски Орман, само како потврда треба да се каже дека, доколку се сака да се заштити одредено извориште на подземни води, неизбежно е во проблемот да се вклучи хидрогеолошката служба која е единствена во состојба, со останати стручњаци од различни профили (урбанисти, хемичари, хидролози, биолози, медицински лица итн.) да изврши увид во вистинската состојба во поглед на условите на загадување и заштита на самото извориште на подземни води.

Мерките за заштита на подземните води можат да се поделат во три основни групи и тоа:

- **Превентивни мерки на заштита;**
- **Локализациони мерки на заштита;**
- **Ликвидациони мерки на заштита;**

17.1. ПРЕВЕНТИВНИ МЕРКИ НА ЗАШТИТА

Превентивните мерки на заштита се сметаат како главни и најдобри мерки во заштитата на подземните води, бидејќи со нив треба се спречи загадувањето на подземните води. Со нив се врши предупредување од можноста на загадување на незагадените, односно на чистите подземни води.

Покрај тоа што овие мерки се најефикасни, тие се и најевтини за заштита на подземните води.

Превентивните мерки на заштита имаат големо значење во заштитата на подземните води од аспект на тоа што нивната правилна и навремена примена, како и нивното спроведување го намалува ризикот од загадување на подземните води и секако ја намалува потребата од спроведување на друг вид на поскапи мерки на заштита, што пак од своја страна бара вложување на додатни финансиски средства.

Како најзначајни превентивни мерки кои треба да се преземат за превентивна заштита на подземните води на водоносникот Грдовски Орман се предлагаат следните:

- отпадните води од сите населени места по долината на реката Брегалница кои се наоѓаат над водоносникот треба да бидат канализирани и пред нивното испуштање во Брегалница да бидат прочикарпи

- отпадните води од индустриските капацитети и сточарските фарми пред нивното испуштање во животната средина да бидат исто така прочикарпи

- цврстиот комунален и индустриски отпад да биде депониран на прописно изградени депонии

- да се направи одредување на заштитни зони околу бунарскиот систем со кој се експлоатираат водите од водоносникот Грдовски Орман

- употребата на вештачките ѓубрива, пестицидите, хербицидите и на другите хемиски препарати кои се користат на обработливите земјоделски површини околу водоносникот Грдовски Орман да биде количински контролирана;

- да се изработи детален катастер на потенцицијалните загадивачи на подземните води на водоносникот со нивните карактеристики;

- да се направи мрежа од пиезометри во самиот водносник и околу него преку кои ќе се врши контрола на квалитетот на подземните води.

- Да се одредат мерни места за мониторинг на квалитетот на водите од реката Брегалница бидејќи водоносникот е во директна хидраулична врска со овие води

17.2. ЛОКАЛИЗАЦИОНИ МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА

Борбата со загадувачите кои што веќе го контаминирале водоносниот слој претставува сложена задача и бара многу скапи, понекогаш тешко спроведливи, мерки на заштита. Локализационите мерки на заштита имаат за цел да го спречат ширењето на загадувањето од активните загадувачи или од оние загадувачи кои би можеле да се активираат под влијание на природни и вештачки фактори.

Овие мерки се спроведуваат во зависност од хидрогеолошките карактеристики на теренот, најчесто со прифаќање на загадените води со помош на соодветни објекти.

17.3. ЛИКВИДАЦИОНИ МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА

Со ликвидационите мерки на заштита на подземните води се врши целосна ликвидација на жариштето на загадување и воспоставување на

природниот квалитет на подземните води. Овие мерки се спроведуваат по извршената техно-економска анализа за нивната оправданост. Причина за тоа е што, вложувањата во ваквите мерки на заштита по правило се многу скапи. Тоа посебно се однесува на оној вид на ликвидациони мерки кои подразбираат извлекување на сите количини на загадени води од водоносниот слој со помош на дренажни бунари или со помош на интензивно испирање на загадениот водоносен слој по пат на истиснување со специјални раствори, а подоцна со црпење од бунарите.

Друг вид на загадувач на кој овој вид на мерки на заштита посветуваат големо внимание е нафтата и нејзините деривати.

За да се спроведат ликвидационите мерки на заштитан не се потребни некои посебно сложени хидрогеолошки истражувања. Доволно е само снимање на состојбата на теренот со цел да се направи прецизно дефинирање на положбата на сите комунални загадувачи на детални карти со крупен размер и собирање на податоци за евентуално постоечката интерна канализациона мрежа од индустриските објекти кои вршат загадување. Сето тоа треба да биде документирано со прикажување на деталната положба на секој од загадувачите во однос на алувијалните седименти.

18. ЗАКЛУЧОК

По течението на реката Брегалница во нејзините речни тераси изградени од алувијални седименти во водоносници со слободно ниво се акумулирани значајни количини на подземна вода. Оваа вода е значаен извор за водоснабдување на населението како што е случајот со градот Кочани и затоа на овие водоносници треба да им се посвети посебно внимание и нивно изучување од хидрогеолошки аспект и од аспект на нивната природна заштитеност односно ранливост од загадување.

Врз база на извршените истражувања може да се каже дека водоносникот Грдовски Орман претставува водоносник со слободно ниво, формиран во колекторска средина од квартерни алувијални седименти изградени од разногранулирани песоци и чакали кои се карактеризираат со интергрануларна порозност.

Водоносната средина се простира до длабочина од 44 до околу 50 m. Под водоносната средина имаме изолаторска средина изградена од слабо збиени глиновити песоци и глини со мал процент на разногранулиран чакал.

Прихранувањето на водоносникот со вода во најголем дел се врши со водата на реката Брегалница со која е во директна хидраулична врска, а со еден дел се храни и со водите кои потекнуваат од атмосферските талози и од околните водоносници кои се наоѓаат на повисоко хипсометриско ниво.

Дебелината на каптираните слоеви се движи во границите од 31 – 41.6 m.

Нивото на подземната вода во бунарите е од 2.97 – 3.75 m.

Поединечниот капацитет на бунарите се движи од 15 – 40 l/s.

Вкупниот капацитет на бунарите кои се во експлатација изнесува 262 l/s.

Врз основа на гранулометриските испитувања е утврдено дека покривните седименти се изградени од две литолошки средини. Првата е изградена од песок и чакал со коефициент на филтрација $K_f = 52$ m/ден, а втората е изградена од песок со мало присуство на чакал и прашина со коефициент на филтрација од $K_f = 0.42$ m/ ден.

Водоносната средина е изградена од песок и чакал и има коефициент на филтрација од $K_f = 95$ m/ден.

Водоносникот Грдовски Орман спаѓа во групата на лесно ранливи отворени до полузатворени хидрогеолошки структури и направените хидраулички пресметки покажуваат дека покривните седименти не овозможуваат доволна природна заштита од евентуалното загадување кое би дошло од површината на теренот.

Според изнесените карактеристики можеме да заклучиме дека подземните води акумулирани во алувијалните седименти на водоносникот Грдовски Орман се наоѓаат во геолошка средина која е високо ранлива на загадување.

Врз основа на резултатите од хемиските анализи се добива дека водата од водоносникот Грдовски Орман е со добар квалитет и единствено од анализираните елементи само Mn и Fe покажуваат зголемена содржина во однос на МДК.

За зачувување на квалитетот на подземните води од водоносникот Грдовски Орман кој беше потврден и со резултатите од хемиските анализи потребно е да се преземат соодветни превентивни мерки за заштита кои беа претходно прикажани.

19. ЛИТЕРАТУРА

Ангелов, В. (1994). Извештај за изведба на длабока (СХД – 2') истражна дупнатина во лежиштето Грдовски Орман - Кочани. Градежен институт Македонија” Скопје.

Ановски, Т. (1991). Елаборат за квалитетот, квантитетот и мерки на заштита на водите од лежиштето Грдовски Орман - Кочани. Центар за примена на радиоизотопи во науката и стопанството - Скопје.

Vasani, A. (2006). Hidrogeologija I. Sveuciliste u Zagrebu. Rudarsko – geolosko - naftni – fakultet.

Драгишиќ, В. (1997). Општа хидрогеологија. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.

Domeniko, P. A. & Schwartz, F.W. (1998). Physical and Chemical Hidrogeology. 1-506, John Wiley & Sons.

Domeniko, P. A. & Schwartz, F.W. (1990). Physical and Chemical Hidrogeology. 1-824, John Wiley & Sons.

Ѓузелковски, Д., (1997). Подземните води (издан) за решавање на водоснабдувањето во Р. Македонија и нивната заштита. Институт-Геохидропроект - Скопје.

Ѓузелковски, Д., Котевски, Г. (1977). Хидрогеолошка карта на СР Македонија, 1:200 000 Стручен фонд на Геолошки завод- Скопје.

Ѓузелковски, Д. (1978). Толкувач кон хидрогеолошката карта на СР Македонија, 1:200 000 Стручен фонд на Геолошки завод- Скопје.

Ковачевиќ, М., Петковски, П., Темкова, В. (1973). Толкувач за основната геолошка карта 1:100 000 за листот Делчево. Геолошки завод - Скопје.

Ковачевиќ, М., Ракичевиќ, Т. (1973). Основна геолошка карта на Р. Македонија 1:100 000 лист Делчево. Геолошки завод - Скопје.

Кресиќ, Н., Вујасиновиќ, С., Матиќ, И. (2006). Ремедијација подземних вода и геосредине. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет у Београду.

Ковачевиќ, М., Петковски, П., Темкова, В. (1973). Толкувач за основната геолошка карта, 1:100000 за листот Делчево. Геолошки завод - Скопје.

Лончар, И. и др., (1993). Извештај за резултатите од изведбата на експлоатациониот Б-1 (Б15-1) во Грдовски Орман – Кочани, Градежен институт „Македонија“ Скопје, Завод за Геотехника.

Лончар, И. и др., (1993). Извештај за резултатите од изведбата на експлоатациониот бунар Б-2 (Б16-2) од „Грдовски Орман“ – Кочани, Градежен институт Македонија” - Скопје.

Лончар, И. и др., (1993). Извештај за резултатите од изведбата на експлоатациониот бунар Б-3 од „Грдовски Орман“ – Кочани. Градежен институт Македонија” - Скопје.

Мирчовски, В., Мајер, Д. (2011). Заштита на подземни води. Универзитет “Гоце Делчев” Штип, Факултет за природни и технички науки.

Максимов, Д., Сегменски, Л., Стамболиев, Н., (2000). Технички извештај за изработка на експлоатациониот бунар Б-5 (Б19-5) во лежиштето за вода за пиење, Грдовски Орман” – Кочани. „СЛИМ - КО” - Штип.

Максимов, Д., Ивановски, Л. (2003). Технички извештај за изработка на експлоатациониот бунар Б-7 М (21-7) во лежиштето за вода за пиење, Грдовски Орман – Кочани – “СЛИМ – КО” - Штип.

Максимов, Д., Ивановски, Л. (2002). Технички проект за изработка на истражно - експлоатационен бунар Б-6 во лежиштето за вода за пиење, Грдовски Орман Кочани. Хидротехника - Штип.

Пановски, Б. (1986). Извештај за извршеното хидрогеолошко дупчење на локалноста Грдовски Орман - Кочани. Геолошки завод - Скопје .

Петров, Д. (1995). Технички извештај за извршеното хидрогеолошко дупчење на бунарот Б-4 (Б18-4) во кругот на Пумпната станица во месноста “Грдовски Орман” Кочани; ДОО Круна - Дрил - Скопје.

Ракичевиќ, Т., Думурџанов, Н., Петковски, П. (1969). Толкувач за основната геолошка карта на Република Македонија 1: 100 000 за листот Штип. Геолошки завод -Скопје