

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Kostadin J. Jovanov

**HIDROGEOEKOLOŠKI ASPEKTI
EKSPLOATACIJE UGLJA U
PELAGONIJSKOM BASENU
(MAKEDONIJA)**

doktorska disertacija

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Kostadin J. Jovanov

**HYDROGEOLOGICAL ASPECTS
OF COAL EXPLOITATION IN
PELAGONIA BASIN
(MACEDONIA)**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Mentor:

Dr Veselin Dragišić, red. prof. naučna oblast: hidrogeologija, Univerzitet u Beogradu, Rudrarsko - geološki fakultet.

Članovi komisije:

Dr Dušan Polomčić, redovni profesor naučna oblast: hidrogeologija, Univerzitet u Beogradu, Rudrarsko - geološki fakultet.

Dr Vesna Ristić Vakanjac, vanred. prof. naučne oblast: hidrogeologija, Univerzitet u Beogradu, Rudrarsko - geološki fakultet.

Dr Zoran Nikić, red. prof. naučne oblast: vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.

Datum odbrane: _____

REZIME

Ležišta uglja „Suvodol“, „Brod-Gneotino“ su u eksploataciji, a ležište uglja „Živojno“ je u fazi pripremi. Nalaze se u krajnjem jugoistočnom i južnom delu Pelagonijske kotline. Sva tri ležišta stvorena su u neogenim sedimentima u jezerskim uslovima sedimentacije u zoni kontakta sa prekambrijumskim kristalastim stenama. Kod sva tri ležišta uglja se javljaju više slojeva različite debljine, u okviru kojih se nalaze klastični sedimenti (gline, peskovi i dr.). U podini ugljenog basena nalaze se kristalaste stene prekambrijumske starosti.

Teren u okolini ležišta uglja karakteriše se umereno kontinentalnom klimom, sa izuzetno niskim količinama padavina, toplim i sušnim letima i dosta hladnim zimama.

Hydrografska mreža je slabo razvijena, a glavni vodotok je CrnaReka koja predstavlja sliv svih vodotoka neposredne i šire okoline terena. Obod terena čine visoke planine (Selečka, Baba, Nidže i Ilinske planine), sa nadmorskom visinom vrhova i preko 2000 metara.

U hidrogeološkom pogledu dominira zbijeni tip izdani formiran u peskovitim sedimentima koji se nalaze ispod, između i iznad ugljenih slojeva, gde predstavljaju tzv. podinske, međuslojne i krovinske izdani.

Po hemijskom sastavu podzemne vode u neogenom kompleksu su pretežno hidrokarbonatne klase natrijumske, kalcijumske ili magnezijumske grupe. U pojedinim delovima basena sreću se tipične mineralne ugljikisele vode sa visokim sadržajima gasa CO₂.

U formiranju rudničkih voda u postojećim rudarskim radovima, dominantan uticaj imaju podzemne vode iz izdani u peskovitim neogenim naslagama i atmosfere vode koje se direktno izlučuju u nebranjena područja površinskih kopova.

Odvodnjavanje rudnika uglja vrši se kombinovano, pomoću obodnih kanala za prihvatanje površinskih voda koje se slivaju sa padinama, kanala za prihvatanje vode po etažama kopova i drenažnim bunarima kojima se zahvataju podzemne vode pre doticaja u rudarske radove.

Eksploatacija uglja zajedno sa odvodnjavanjem rudarskih radova u značajnoj meri utiče na životnu sredinu. rudnicima u značajnoj meri je uticala na životnu sredinu. Negativan

uticaj pomenutih aktivnosti ogleda se u degradaciju prirodnog reljefa i hidrografske mreže, kontaminaciji vode, vazduha i zemljišta, izmeni režima podzemnih i površinskih voda, kao i izmeni flore i faune.

Analizom bilansa voda u ležište uglja „Suvodol“ potvrđeno je da prihranjivanje podzemnim vodama gornja međuslojna izdan (MI_1) je na račun atmosferskih padavina i podzemnim vodama koje dotiču sa istočne i jugoistočne strane. U podinska izdan prihranjivanje je na račun podzemne vode koje dotiču iz pravca zapada, juga i jugoistoka.

U funkciji očuvanja životne sredine potrebno je redovno meriti kvalitet vazduha, nivoa podzemnih i površinskih voda u području uticaja rudarskih aktivnosti, kvalitet voda i preduzeti konkretne mere tokom zatvaranja, konzervacije rudarskih radova i rekultivaciju terena (zatravljanje i pošumljavanje kosina jalovišta, uređenje prostora i obala oko vodene površine).

Ključne reči: ugalj, podzemne vode, površinske vode, neogeni kompleks, izdani, transmisibilnost, nivo podzemne vode, sniženje nivoa i dr.

Naučna oblast: Geoločko inženjerstvo

Uža naučna oblast: Hidrogeologija

UDK: 622.33.556.3 (497.17)(043.3)

SUMMARY

Coal deposits of “Suvodol”, “Brod-Gneotiono” is being exploited, while the coal deposit “Zivojno” is in a preparatory phase. It is situated in the further south-eastern and southern part of Pelagonija valley. The three coal deposits are made in Neogene sediments in lake terms of sedimentation, the zone of contact with Precambrian crystal rocks. In these three coal deposits, the coal is found in many layers with different depth in the bay where clastic sediments are found (clay, sands, etc.) In the substratum coal basins are found crystal rocks of Precambrian age.

The terrain in the surrounding coal deposits is characterized with moderate continental climate with extremely low quantities of precipitation, warm and dry summers and quite cold winters.

The hydrographic network is poorly developed and the major flow is River CrnaReca which is a basin of all flows in the immediate and wider surrounding terrains. Circumferential terrains make high mountains (Selečka, Baba, Nidže i Ilinsk mountains) with a peak's altitude of over 2000 meters).

In hydrogeological point of view an aquifer is formed in sand sediments which are situated under, between and above coal layers which compose the so called substratum (beneath), interlayer and substratum aquifers.

Ground water in Neogene complex is largely hydro-carbonate class of sodium, calcium and magnesium group in their chemical composition. In some parts of the basin, typical mineral coal acidic water with high content of CO₂ gas could be found.

A dominant influence in the formation of mining water in existing mining works have ground waters from aquifers in sandy Neogen sediments and precipitation water which is directly excreted from open areas of surface pits.

Drainage of coal mines is combined, with circumferential channels for acquisition of surface water which flows from the slopes, the channels for acquisition of water in layer's pits and drainage wells which get hold of ground water before its flow in mining works.

Coal exploitation as well as the coal drainage works has quite an influence on the environment. Coal mines have rather an influence on the environment. The mentioned

activities have a negative influence on degradation of the natural relief and hydro geographic network, contaminated water, air and land, change of regimes and surface water as well as modifications in the flora and fauna.

The analyses of the balance of water in coal deposit “Suvodol” established that the recharge of ground water in the upper interlayer aquifer (MI1) is on behalf of the precipitation and ground water that flows from east and south-east. In the substratum aquifer the recharge is on behalf of groundwater that comes from west, south and south-east.

Measuring of air quality is necessary so that the environment could be protected; the level of ground and surface water in the area has an influence on the mining activities, water quality and taking certain measures during the closing, conservation of mining works and re-cultivation of terrain (closing and forestation coal slope, management of space and the bay surrounding water areas).

Key words: coal, ground water, surface water, Neogene complex, aquifers, transmissibility, level of ground waters, lowering levels, ect.

Specifik discipline: Geological Engineering

Particular area of study: Hydrogeology

UDK: 622.33.556.3 (497.17)(043.3)

SADRŽAJ

	Broj strana
1. UVOD.....	1
1.1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ.....	3
1.2. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE.....	4
1.2.1. Padavine.....	6
1.2.2. Temperatura vazduha.....	9
1.2.3. Vlažnost vazduha i vetar.....	10
1.3. PEDOLOŠKE KARAKTERISTIKE.....	12
1.4. FLORA I FAUNA.....	14
1.4.1. Flora.....	14
1.4.2. Fauna.....	15
1.5. HIDROGRAFSKE I HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE.....	15
1.5.1. Hidrografske karakteristike.....	15
1.5.2. Hidrološke karakteristike.....	18
1.6. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE.....	28
1.7. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA.....	31
1.7.1. Pregled ranijih geoloških istraživanja.....	31
1.7.2. Prikaz litostratigrafskih jedinica.....	33
1.7.3. Tektonske karakteristike.....	37
1.7.4. Geološka građa terena.....	38
1.7.4.1. Ležište uglja „Suvodol“.....	38
1.7.4.2. Ležište uglja „Brod-Gneotino“.....	42
1.7.4.3. Ležište uglja „Živojno“.....	44
2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PELAGONIJSKOG BASENA I NEPOSREDNOG OBODA.....	47
2.1. PRIKAZ RANIJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA.....	47
2.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE I ZASTUPLJENI TIPOVI IZDANI.....	51
2.2.1. Zbijeni tip izdani u aluvijalnim nanosima.....	51
2.2.2. Izdani u kompleksu neogenih sedimenata.....	57
2.2.3. Pukotinski tip izdani.....	61

2.2.4.	Tereni siromašni izdanima.....	61
2.2.5.	Fizičko-hemiska svojstva podzemnih voda.....	62
2.2.5.1.	Fizička i hemijska svojstva podzemne vode pukotinske izdani.....	62
2.2.5.2.	Fizička i hemijska svojstva podzemnih voda u izdani u kompleksu neogenih sedimenata.....	63
2.6.	MINERALNE UGLJOKISELE VODE.....	66
3.	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA U PELAGONIJSKOM BASENU.....	68
3.1.	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „SUVODOL“.....	68
3.1.1.	Zbijeni tip izdani u aluvijalnim nanosima Suvodolske reke.....	68
3.1.2.	Izdani u kompleksu meogenih sedimenata.....	69
3.1.2.1.	Krovinska izdan (KI).....	70
3.1.2.2.	Međuslojna izdan (MI).....	76
3.1.2.3.	Podinska izdan (PI).....	82
3.2.	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „BROD- GNEOTINO“.....	85
3.2.1.	Izdani u kompleksu meogenih sedimenata.....	85
3.2.1.1.	Krovinska izdan (KI).....	89
3.2.1.2.	Međuslojna izdan (MI).....	95
3.2.1.3.	Podinska izdan (PI).....	101
3.3.	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „ŽIVOJNO“.	104
3.3.1.	Izdani u kompleksu meogenih sedimenata.....	105
3.3.1.1.	Krovinska izdan (KI).....	105
3.3.1.2.	Podinska izdan (PI).....	111
3.4.	FIZIČKE OSOBINE I HEMIJSKI SASTAV PODZEMNIH VODA U PODRUČJU LEŽIŠTA UGLJA.....	115
3.4.1.	Krovinska izdan (KI).....	115
3.4.2.	Međuslojna izdan (MI).....	117
3.4.3.	Podinska izdan (PI).....	119
4.	FORMIRANJE I VELIČINA PRILIVA RUDNIČKIH VODA.....	121

4.1.	USLOVI OVODNJENOSTI.....	121
4.1.1.	Prirodni uslovi ovodnjenosti.....	121
4.1.1.1.	Strukturno - geološki uslovi.....	121
4.1.1.2.	Hidrogeološki uslovi ovodnjenosti.....	125
4.1.1.3.	Geomorfološki uslovi ovodnjenosti.....	125
4.1.1.4.	Meteorološki uslovi ovodnjenosti.....	126
4.1.1.5.	Hydrografsko-hidrološki uslovi ovodnjenosti.....	130
4.1.2.	Antropogeni uslovi ovodnjenosti.....	132
4.2.	PRILIVI RUDNIČKIH VODA U RUDARSKE RADOVE LEŽIŠTA UGLJA “SUVODOL” I “BROD’GNEOTINO”.....	134
4.2.1.	Formiranje priliva rudničkih voda.....	134
4.2.1.1.	Prilivi vode na račun padavina.....	134
4.2.1.2.	Priliv podzemnih voda iz kvartarnih naslaga (tereni siromašni izdanima).....	135
4.2.1.3.	Prilivi podzemnih voda iz neogenog kompleksa (zbijeni tip izdani).....	136
4.2.2.	Sumarni prilivi u rudarske radove.....	136
4.2.3.	Prognoza priliva rudničkih voda.....	136
5.	HIDROGEOEKOLOŠKI USLOVI EKSPLOATACIJE UGLJA U PELAGONIJSKOM BASENU.....	144
5.1.	HIDROGEOEKOLOŠKI USLOVI PRE POČETKA AKTIVNOSTI NA EKSPLOATACIJI UGLJA.....	144
5.1.1.	Reljef terena.....	144
5.1.2.	Flora i fauna.....	146
5.1.3.	Površinske vode.....	150
5.1.4.	Podzemne vode.....	154
5.2.	IZMENE HIDROGEOEKOLOŠKIH USLOVA TOKOM EKSPLOATACIJE UGLJA.....	163
5.2.1.	Reljef.....	164
5.2.2.	Flora i fauna.....	168
5.2.3.	Zagađenje vazduha.....	169
5.2.4.	Površinske vode.....	173
5.2.5.	Podzemne vode.....	176

5.3.	PROGNOZA RAZVOJA DEPRESIJE PODZEMNIH VODA U OKRUŽENJU U ZAVISNOSTI OD DINAMIKE EKSPLOATACIJE UGLJA I ODVODNJAVANJA.....	184
5.3.1.	Postojeće stanje odvodnjavanja ležište uglja „Suvodol“.....	184
5.3.2.	Karakteristike eksploatacionih bunara za odvodnjavanje useka otvaranja podinske ugljane serije.....	187
5.3.3.	Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda na širem području ležišta uglja „Suvodol“	190
5.3.4.	Prognoza razvoja nivoa podzemnih voda.....	202
5.4.	PREDLOG MERA ZAŠTITA PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA OD NEGATIVNIH EFEKTA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA UGLJA.....	210
6	ZAKLJUČAK.....	216
7	LITERATURA.....	219

SPISAK PRILOGA

1. GEOLOŠKA KARTA UGLJONOSNIH BASENA U PELAGONIJSKOJ KOTLINI 1:100 000
2. KARTA SINKLINALNIH FORMI PELAGONIJSKI HORST ANTIKLINORIJUMA
3. HIDROGEOLOŠKA KARTA UGLJONOSNIH BASENA U PELAGONIJSKOJ KOTLINI 1:100 000
4. HIDROGEOLOŠKI STUBOVI NEOGENOG KOMPLEKSA NA LOKACIJAMA BUŠOTINA KOD NOVACI, BAČ I EGRI
5. HIDROGEOLOŠKA KARTA LEŽIŠTE UGLJA „SUVODOL“
6. HIDROGEOLOŠKA KARTA LEŽIŠTE UGLJA „BROD-GNEOTINO“ 1:10 000
7. UZDUŽNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL K-K' KROZ LEŽIŠTE UGLJA "BROD-GNEOTINO"
8. POPREČNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL 11-11' KROZ LEŽIŠTE UGLJA "BROD-GNEOTINO"
9. HIDROGEOLOŠKA KARTA LEŽIŠTE UGLJA „ŽIVOJNO“ 1:25 000
10. POPREČNI HIDROGEOLOŠKI PROFILI LEŽIŠTE „ŽIVOJNO“ 77-77' I 18-18'
11. EKSPLOATACIONI BUNARI ZA ODVODNJAVANJE USEKA OTVARANJA LEŽIŠTE UGLJA „BROD-GNEOTINO“

12. PROFIL BUNARA B-1, B-3, B-5, B-7 I B-11 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA KROVINSKE I PODINSKE IZDANI LEŽIŠTE „SUVODOL“
13. PROFIL BUNARA B-2, B-4, B-6, B-8, B-9, B-10 I B-12 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA KROVINSKE IZDANI LEŽIŠTE „SUVODOL“
14. PROFIL BUNARA BD-1, BD-2, BD-3, BD-4, BD-5, BD-6 I BD-7 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA PODINSKE IZDANI LEŽIŠTE „SUVODOL“

1. UVOD

Ugalj predstavlja glavni energetska resurs Makedonije, i on u ukupnoj proizvodnji električne energije učestvuje sa 82 %, od kojih 70 % otpada na termoelektranu REK Bitolj a 12 % na REK Oslomej. Ostatak od 18 % energetska potreba obezbeđuje se na račun hidroenergetike i uvoza električne energije.

U REK Bitolj instalirana su tri bloka Bitolj–1, Bitolj–2 i Bitolj–3, pojedinačnog instalisanog kapaciteta od po 225 MW. Ukupna godišnja proizvodnja električne energije REK Bitolj je 4300 GWh.

Trenutne potrebe termocentrale REK Bitolj za ugljem, obezbeđuju se sa površinskog kopa rudnika uglja „Suvodol“ i manjim delom iz novootvorenog površinskog kopa rudnika uglja „Brod–Gneotino“. Ležište uglja „Živojno“ je trenutno u fazi istraživanja.

Sva tri ležišta uglja raspolažu sa ukupnim rezervama uglja od oko 156.000.000 tona, od kojih oko:

- 45.000.000 tona uglja iz ležišta „Suvodol“,
- 43.000.000 tona iz ležišta „Brod–Gneotino“ i
- 68.000.000 tona iz ležišta „Živojno“.

Za potrebe rada termocentrale REK Bitolj, godišnje je potrebno oko 6.300.000 tona uglja, koje se trenutno obezbeđuju iz sledećih izvora:

- 2.000.000 tona sa površinskog kopa „Brod-Gneotino“ i
- 4.300.000 tona sa površinskog kopa „Suvodol“.

Radi obezbeđenja nesmetanog rada termocentrale REK Bitolj neophodno je da se što pre završe detaljna geološka istraživanja ležišta uglja „Živojno“, kao i njegovo stavljanje u funkciju eksploatacije.

Eksploatacija uglja površinskim kopovima, pri čemu se stvaraju značajne depresije u reljefu s jedne strane i uzvišenja od moćnih jalovišta s druge strane, ima izražen negativni uticaj na životnu sredinu. Pored izmena prirodnog reljefa terena, eksploatacija dovodi do zagađivanja vazduha, uništavanje pojedinih biljnih kultura, migraciju životinjskih vrsta, izmenu režima površinskih i podzemnih voda i dr. Sve to uticalo je i na raseljavanje stanovništva na druge lokacije.

Disertacija je podeljena na 7 poglavlja. Prvo poglavlje sadrži neophodne podatke o geografskom položaju ugljunosnog basena, klimatskim, hidrografskim, hidrološkim i geomorfološkim karakteristikama, kao i o geološkoj građi i tektonici ovog područja.

Drugi deo bavi se opštim hidrogeološkim karakteristikama ugljunosnog basena. Pored kratkog istorijata hidrogeoloških istraživanja, analizirani su zastupljeni tipovi podzemnih voda, tj. izdani, kao i njihove hemijske karakteristike.

Geološka građa i uslovi stvaranja ležišta uglja „Suvodol“, „Brod-Gneotino“ i „Živojno“ njihove hidrogeološke karakteristike sa analizom zastupljenih tipova izdani i kvalitetom podzemnih voda prikazani su u trećem poglavlju.

Analiza uslova odvodjenosti ležišta i rudarskih radova i formiranje veličine priliva podzemnih voda u rudarske radove prikazana je u četvrtom poglavlju. Ona ukazuje da izdani u neogenom kompleksu imaju dominantan uticaj na odvodjenost rudarskih radova u ugljenim ležištima Pelagonijskog basena.

Neizbežno narušavanje životne sredine u procesu eksploatacije i odvodnjavanja ugljunosnih ležišta u Pelagonijskoj kotlini, analizirano je u petom poglavlju. Pored izmene prirodnog reljefa, flore i faune, kvaliteta vode i vazduha, data je detaljna analiza izmene prirodnog režima podzemnih voda.

Pored Zaključka, u disertaciji je dat spisak literature, koja je korišćena tokom izrade ove disertacije.

Tokom realizacije predmetne disertacije značajnu pomoć imao sam od stručnih lica iz Geološke službe rudnika uglja "Suvodol", te im se ovom prilikom zahvaljujem.

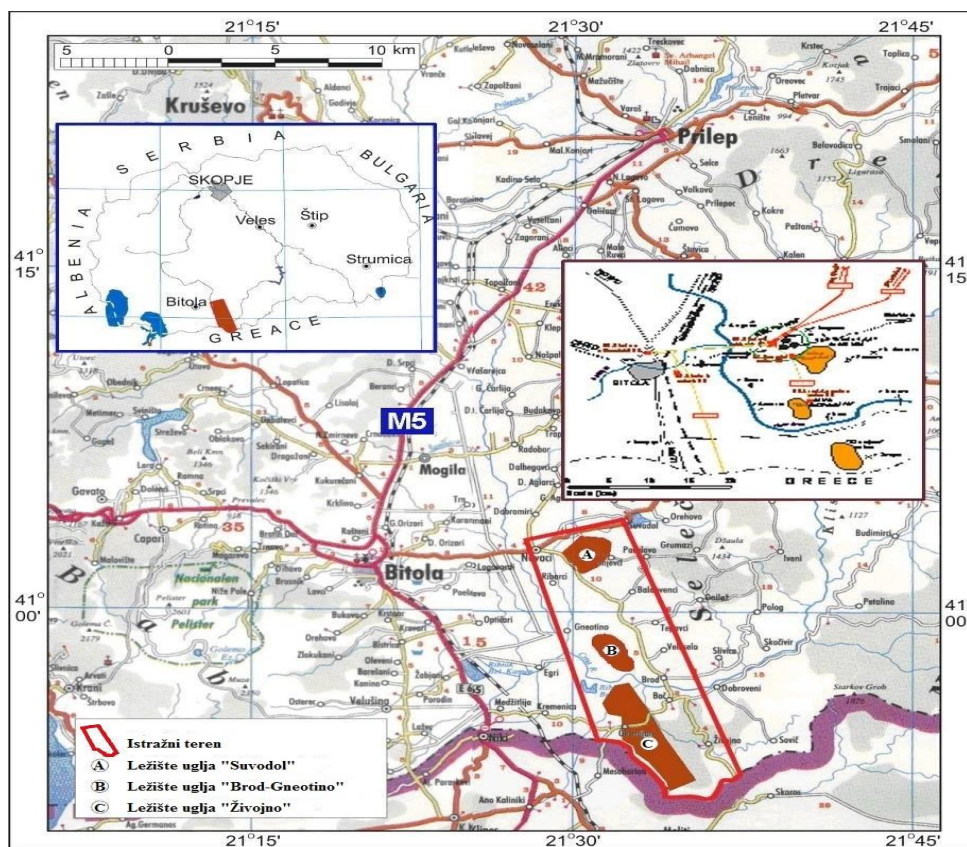
Za korisne stručne sugestije i podršku pri izradi doktorske disertacije, zahvaljujem profesorima sa Departmana za hidrogeologiju RGF-a u Beogradu i njihovim saradnicima, a posebno mentoru dr Veselinu Dragišiću, redovnom profesoru.

Ova disertacija sastoji se od 225 strana kucanog teksta, 14 grafičkih priloga, 162 slika i 67 tabela.

1.1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Područje koje je predmet istraživanja ove disertacije, nalazi se u jugozapadnom delu Makedonije, gde pripada južnom i jugoistočnom delu Pelagonijske kotline. U njemu su deponovana ležišta uglja sa značajnim rezervama ("Suvodol", "Brod-Gneotino" i "Živojno"). Od Bitolja koje je najveće naseljeno mesto u ovoj oblasti, ležišta su u pravcu istoka, odnosno jugoistoka, udaljena oko 15-30 km (slika 1.1).

Na istoku i severoistoku, obod ugljenog basena čini Selečka planina, čiji vrhovi imaju nadmorske visine preko 1000 m. Planinski deo terena uglavnom je nenaseljen, dok po obodu visokih planina uglavnom egzistiraju manja naseljena mesta.



Slika 1.1. Geografski položaj ležišta uglja u Pelagonijskom basenu

Komunikacione veze ugljunosnog basena sa okolnim naseljenim mestima su dobre. Regionalnom asfaltnom saobraćajnicom ugljunosni basen je povezan sa Bitoljem i Prilepom, a preko njih sa Skopljem i ostalim značajnijim mestima u Makedoniji (slika 1.1).

Eksploatacija uglja u okviru Pelagonijskog basena doprinela je migraciji stanovništva iz eksploatacionog područja, tako da su pojedina naselja u potpunosti izmeštena na nove lokacije (sela Suvodol, Vranjevci i Biljanik).

Pored rudarstva, stanovništvo u ovom regionu aktivno se bavi poljoprivredom i stočarstvom što predstavlja najčešći oblik privredne aktivnosti.

Veliki privredni i energetski potencijal ovog područja, pored uglja, pružaju i značajne rezerve mineralnih voda i gasa CO₂.

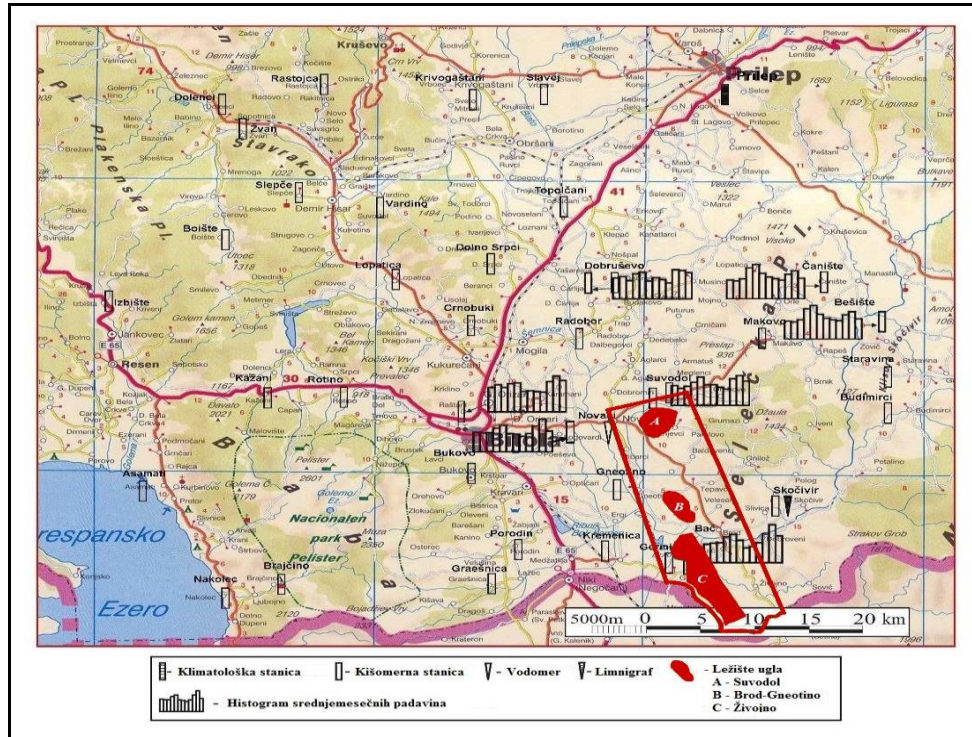
1.2. KLIMATSKE KARAKTERISTIKE

Pelagonijska kotlina kojoj pripadaju razmatrana ugljonosna ležišta, nalazi se na udaljenosti od oko 120 km od Egejskog mora i oko 150 km od Jadranskog mora, pa je za očekivati da i klima u njoj bude mediteranska. No, visoki planinski masivi (Baba, Ilinske planine, Selečka planina i Niđe), koji okružuju kotlinu uslovlili su dominantnost kontinentalne klime u ovom području. Karakteriše se dugotrajnim hladnim zimama, dosta toplim i sušnim letima, i izuzetno malim količinama padavina.

Za definisanje klimatskih karakteristika ovog dela Pelagonijske kotline, korišćeni su meteorološki podaci sa 52 merne stanice, od kojih je jedino stanica u Bitolju klimatološka, dok su ostale stanice kišomerne (tabela 1.1, slika 1.2).

Tabela 1.1. Osnovni podaci klimatoloških i kišomernih stanica šireg područja ugljunosnog basena za period 1971-2000. Godina

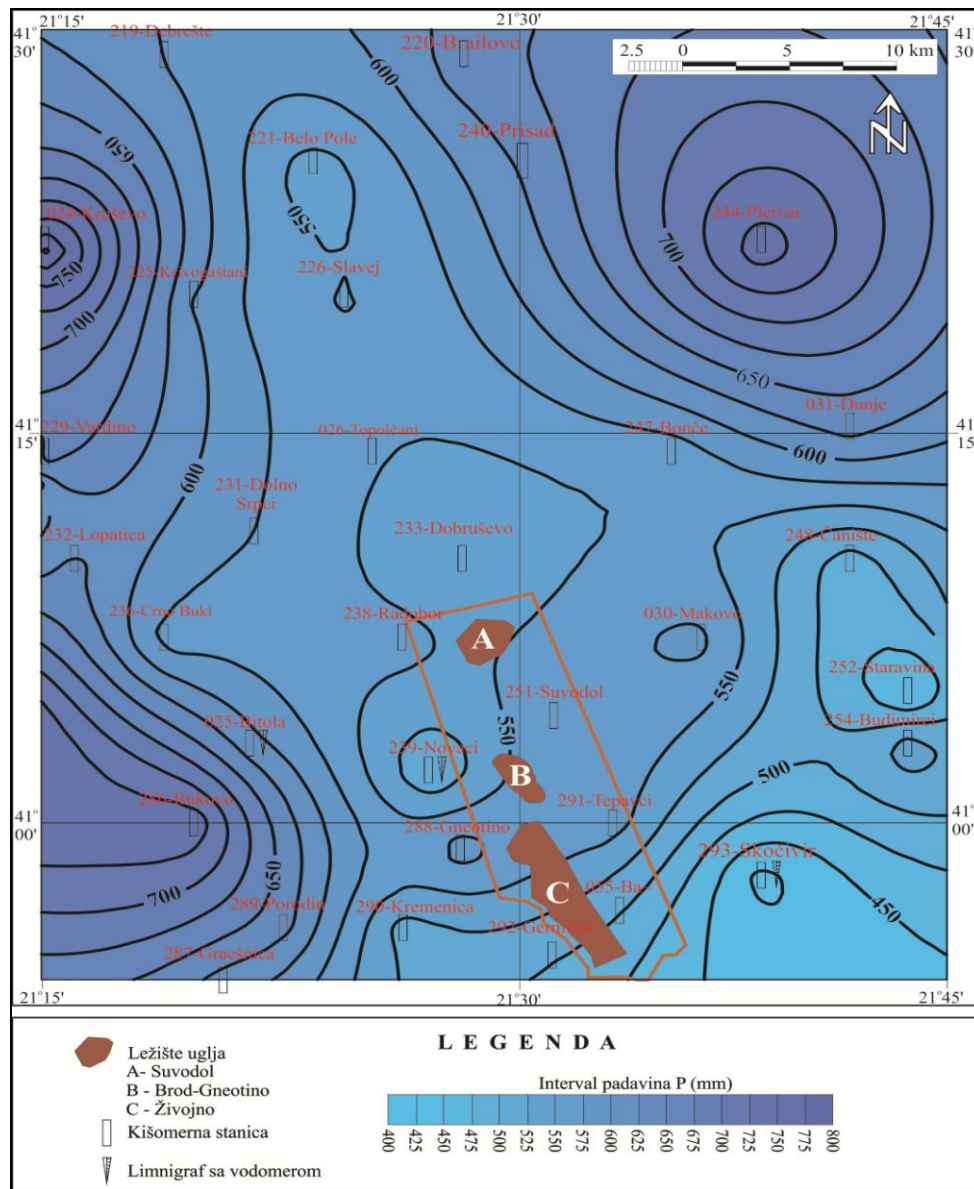
Merno mesto RST	Sliv	Geografska		Apsolutna kota (mnm)	Σg.pad. P(mm/god)
		širina	dužina		
019-Carev Dvor	Prespa jez.	41° 03'	21° 01'	864	609,3
020- Cer	Crna reka	41° 25'	21° 05'	998	830,3
021 - Kažani	Crna reka	41° 04'	21° 09'	890	781,5
022 - Slepče	Crna reka	41° 13'	21° 12'	650	424,8
023 - Mak. Brod	Treska	41° 31'	21° 13'	545	627,6
024 - Kruševo	Crna reka	41° 22'	21° 15'	1230	805,3
025 - Bitolj	Crna reka	41° 03'	21° 22'	586	608,2
026 - Topličani	Crna reka	41° 14'	21° 26'	610	551,9
030 - Makovo	Crna reka	41° 07'	21° 37'	690	582
031 - Dunje	Crna reka	41° 15'	21° 42'	590	630,6
034 - Drenovo	Crna reka	41° 15'	21° 54'	340	535,3
036 - Rožden	Crna reka	41° 11'	21° 57'	925	467,3
054 - Nakolec	Prespa jez.	40° 54'	21° 07'	850	526,7
055 - Bač	Crna reka	40° 56'	21° 34'	610	570,7
218 - Divjaci	Crna reka	41° 24'	21° 12'	920	662,3
219 - Debrešte	Crna reka	41° 29'	21° 19'	650	600,2
220 - Brailovo	Crna reka	41° 29'	21° 29'	670	638,1
221 - Belo Pole	Crna reka	41° 25'	21° 24'	608	535,9
222 - Dolenci	Crna reka	41° 19'	21° 06'	700	715,1
223 - Žvan	Crna reka	41° 18'	21° 07'	680	511,8
224 - Rastoica	Crna reka	41° 20'	21° 12'	720	665
225 - Krivogaštani	Crna reka	41° 20'	21° 20'	608	597,2
226 - Slavej	Crna reka	41° 20'	21° 25'	602	548,7
227 - Izbište	Crna reka	41° 08'	21° 00'	940	777,2
228 - Boište	Crna reka	41° 12'	21° 06'	980	896,8
229 - Vardino	Crna reka	41° 14'	21° 15'	650	652,2
230 - Svinjište	Crna reka	41° 18'	21° 10'	864	907,6
231 - Dolno Srpci	Crna reka	41° 11'	21° 22'	652	574,8
232 - Lopatica	Crna reka	41° 10'	21° 16'	655	628,8
233 - Dobruševo	Crna reka	41° 10'	21° 29'	595	525,8
235 - Rotino	Crna reka	41° 04'	21° 13'	1010	785,4
236 - Crno Buki	Crna reka	41° 07'	21° 19'	595	566,2
238 - Radobor	Crna reka	41° 07'	21° 27'	581	558,4
239 - Novaci	Crna reka	41° 02'	21° 01'	577	499,7
240 - Prasad	Crna reka	41° 25'	21° 31'	900	626,4
244 - Pletvar	Crna reka	41° 22'	21° 39'	980	763,9
247 - Bonče	Crna reka	41° 14'	21° 36'	780	555,5
248 - Čanište	Crna reka	41° 10'	21° 42'	600	484,8
250 - Bešište	Crna reka	41° 08'	21° 47'	910	564,0
251 - Suvodol	Crna reka	41° 04'	21° 32'	660	570,4
252 - Staravina	Crna reka	41° 05'	21° 44'	860	442,6
254 - Budimirci	Crna reka	41° 03'	21° 44'	740	540,7
284 - Asamati	Prespa jez.	41° 59'	21° 03'	860	584,4
285 - Brajčino	Prespa jez.	40° 54'	21° 10'	1020	639
286 - Bukovo	Crna reka	41° 00'	21° 20'	790	742
287 - Graešnica	Crna reka	40° 54'	21° 21'	790	614,6
288 - Gneotino	Crna reka	40° 59'	21° 29'	576	586,7
289 - Porodin	Crna reka	40° 56'	21° 23'	596	633,5
290 - Kremenica	Crna reka	40° 56'	21° 27'	585	515,4
291 - Tepavci	Crna reka	41° 00'	21° 34'	710	562,4
292 - Germijan	Crna reka	40° 55'	21° 32'	590	503,4
293 - Skočivir	Crna reka	40° 58'	21° 39'	580	418,1



Slika 1.2. Prostorni raspored klimatoloških i kišomernih stanica u širem području ugljunosnog basena

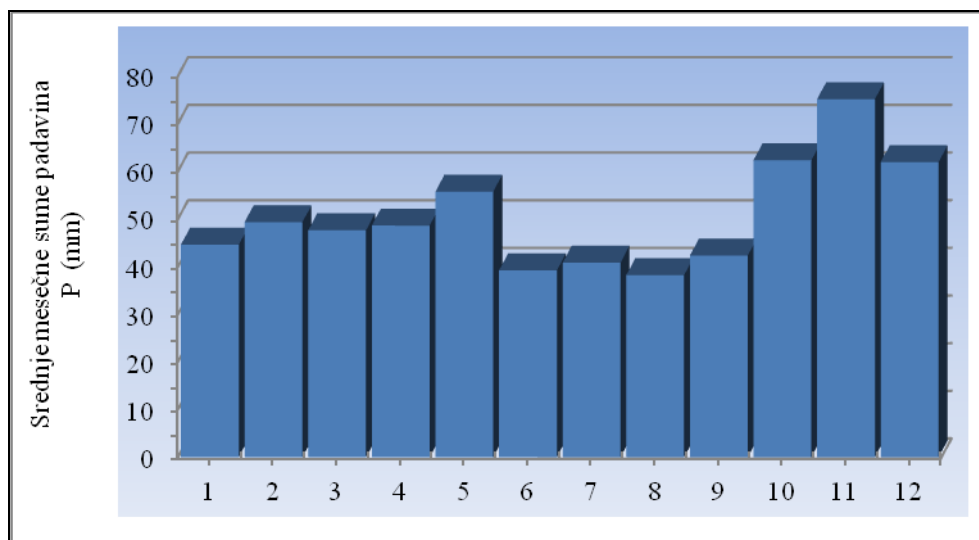
1.2.1. Padavine

Raspored padavina u širem području ugljunosnog basena dosta je neravnomeran. Srednje godišnje veličine padavine se kreću u intervalu od 500 mm (jug) pa do približno 850 mm (severozapad). Generalno, ovo područje odlikuje se malim sumama padavina (slika 1.3).



Slika 1.3. Karta izohijeta prosečnih godišnjih suma padavina P (mm/god.) jugozapadnog dela Makedonije za period 1971–2000 god. (po podacima RHMZ–Skoplje)

Prosečni broj dana sa snežnim pokrivačem za osmatrački period 1971–2000 godine za meteorološku stanicu Bitolj, iznosi 41 dan.



Slika 1.4. Srednje mesečne sume padavina registrovanih na klimatološkoj stanici Bitolj u periodu 1971-2000 godina

Tabela 1.2. Mesečne i godišnje sume padavina registrovane na klimatološkoj stanici Bitolj u periodu 1971–2000 godine (po podacima RHM–Skoplje)

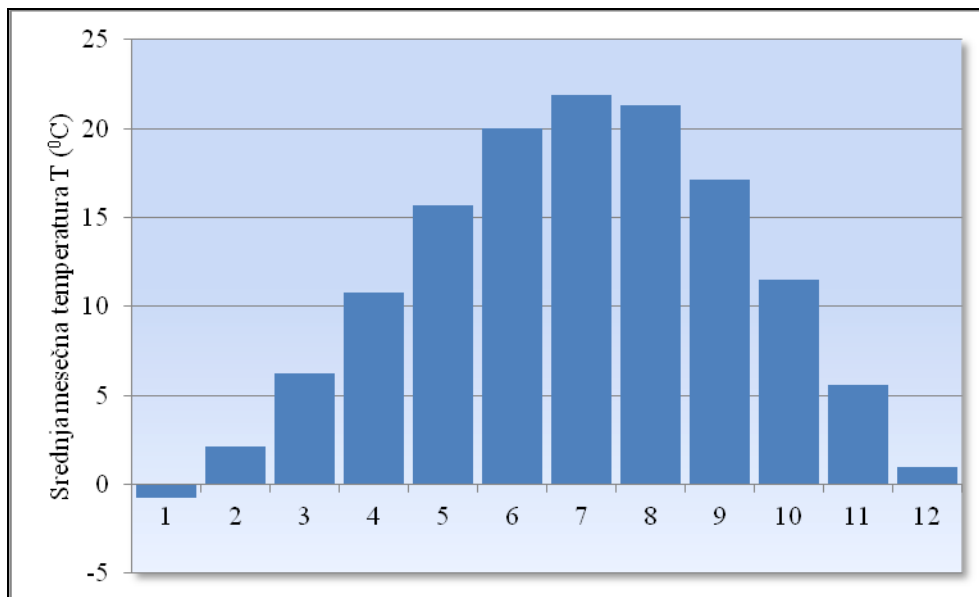
Mesec	PADAVINE (mm)												Σ
Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Pgod
1971	68,3	54,9	89,5	27,9	33	24	35,6	33,1	154,7	18,1	24,1	45,1	608,3
1972	64,6	60,8	31,2	90,4	39,5	15,6	89,1	84,7	43,4	163,5	27	7,3	690,1
1973	41,9	61,3	96,1	24,8	26,3	11,4	50,8	55,2	-	-	-	-	367,8
1974	49	118,6	44,8	46,2	65,7	48,2	0,7	23,7	14,8	55,1	69,5	59,3	477
1975	36	42	47	41	63	47	53	26	16	86	50	27	534
1976	17	28	22	46	85	115	119	53	11	58	101	49	704
1977	22	40	25	24	48	26	12	32	54	6	52	24	365
1978	42	36	51	87	65	6	2	14	95	97	23	84	602
1979	76	23	23	81	117	23	6	78	33	87	222	51	820
1980	91	33	54	39	93	21	2	13	15	140	51	73	625
1981	62	51	89	67	33	48	43	66	44	161	85	103	852
1982	17	34	46	12	75	29	11	71	48	50	99	80	549
1983	25	46	32	22	65	100	127	24	80	25	76	134	756
1984	64	83	48	52	7	42	19	81	31	5	45	39	516
1985	89	42	37	59	86	15	8	4	16	33	195	23	607
1986	69	12	50	9	111	88	64	3	4	41	41	29	509
1987	74	58	98	47	28	26	17	11	16	85	77	28	549
1988	19	42	57	22	13	45	5	3	46	36	15	65	360
1989	1	44	39	25	90	44	122	15	18	7	28	57	490
1990	2	25	15	43	37	9	39	46	38	13	52	197	516
1991	3,9	93	22,9	97,3	59,6	8,3	53,5	97,8	68,8	18,5	110,3	30,1	664
1992	1,3	41,6	37,1	131,8	47,8	86,4	22,1	16,2	2,4	70,9	52,1	70,5	580,2
1993	40,3	24,1	44,2	10	54,1	39,1	6,3	16	10,3	54,9	77,3	49,7	426,3
1994	87,7	64,2	15,7	96,4	13,8	23,3	41,2	48,2	5,9	37	32,7	74,4	540,5
1995	800	71	65	63	65	55	62	70	72	68	78	85	834
1996	50,7	69,7	49,9	32,3	71,6	15,1	30	48,5	111,8	46,4	62	91	679
1997	19,2	38,8	41,5	50,6	27,2	14	27,9	43,9	11	157,5	49,7	67,1	534,4
1998	25,1	62,8	18,4	20,4	84	22,5	24,2	22,2	67,4	61,1	157,4	68	633,5
1999	76,8	51,5	78,4	35,5	14,2	88,5	56,5	6,3	54,5	36	149,7	65,1	713
2000	23,4	59,8	60,6	17,8	53,4	14,7	8,9	4,4	19,4	91,3	29,5	19,3	402,5
P_(sr)	44,6	49,3	47,6	48,6	55,7	39,2	40,8	38,2	42,3	62,3	75,1	61,9	583,5
P_(max)	91	93	98	131,8	117	115	127	97,8	154,7	163,5	222	197	852
P_(min)	1	23	15	9	7	6	0,7	3	2,4	5	15	7,3	360

1.2.2. Temperatura vazduha

Temperaturni režim u području ugljunosnog basena, analiziran je na osnovu podataka merenja na klimatološkoj stanici „Bitolj” (tabela 1.3). Prosečna godišnja temperatura vazduha za period 1971–2000 godine iznosi $t=11,0^{\circ}\text{C}$. Apsolutni maksimum zabeležen je 6. juna 1988. godine u iznosu od $41,2^{\circ}\text{C}$. Najhladniji dan registrovan je 7. januara 1993. godine kada se temperatura spustila na $30,4^{\circ}\text{C}$ ispod nule. Najhladniji mesec za navedeni period je januar sa prosečnom temperaturom $-0,8^{\circ}\text{C}$, a najtopliji juli sa prosečnom temperaturom vazduha $21,9^{\circ}\text{C}$ (slika 1.5).

Tabela 1.3. Srednje mesečne i srednje godišnje temperature vazduha u $T (^{\circ}\text{C})$ registrovane na klimatološkoj stanici Bitolj u periodu 1971–2000 godine (po podacima RHMZ–Skoplje)

Mesec Godina	TEMPERATURA VAZDUHA												Σ Tgod
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	4,1	1,8	3,4	10,9	16,9	20,1	20	21,8	14,5	8,6	6	-4	10,3
1972	2	3,7	7,9	11,7	15,8	20,8	20,9	20,1	15,2	7,5	6,4	0,2	11
1973	-1,4	2,3	3	9,8	17,2	19,8	22,2	20,2	17,4	11,2	3,8	-0,2	10,4
1974	1,6	4,1	7,1	8,8	13,6	18,5	21,4	21,4	17,4	12,1	5,6	-1,6	10,8
1975	-7,7	-2	7,2	11,4	15,6	19,2	20,7	20,3	18,8	10,9	5,6	1,3	10,1
1976	1,9	2	5	10,6	14,8	17,2	19,6	17,2	15,3	12,8	6	1,5	10,3
1977	1,8	7,4	8,2	11	16,8	20,1	23,4	21,4	15,9	10,5	9	0,5	12,2
1978	-0,3	4,9	7,4	9,9	14,4	20	22,2	21,4	14,9	9,6	1	3,7	10,8
1979	-1,3	4,6	8,8	9,5	15,7	20,7	21,2	20	16,5	11,2	7,4	3,5	11,5
1980	-4,4	1,7	5,7	9,4	13,4	19	22,3	21,8	17,5	12,3	8,4	1,8	10,7
1981	-3,5	-1,8	9,1	11,1	14,5	21,5	20,5	20,7	17,2	13	-0,5	3,3	10,4
1982	0,7	0,8	5,6	9,5	16	21,5	21,9	21	18,4	12,2	3,7	4,3	11,3
1983	0,9	-0,5	7,1	13,5	17,1	17,8	20,7	19,3	15,5	9,3	4,5	-0,3	10,4
1984	1,1	3	5,2	8,6	16,4	19,1	20,9	19,6	17,5	14,1	6,9	0,9	11,1
1985	-0,2	-2,8	5,7	13	17,4	19,6	22,5	22,1	17,2	10,3	7,8	3,9	11,4
1986	1,3	2,1	6,9	12,9	15,9	18,6	20,3	22	17,6	11,3	4,1	-1,7	10,9
1987	0,4	3,9	0,9	10,6	14,7	20,3	24,1	22,1	20,5	14,4	6,8	3,4	11,8
1988	3,2	3,4	5,7	10,5	16,8	20,1	25,1	23,7	18	10,8	0,2	-3,3	11,2
1989	-6,3	2,6	8,9	14,1	14,3	17,7	20,4	20,5	17,1	9,8	5,7	0,7	10,5
1990	-6,8	4,1	8,6	11,3	15,2	20,7	22,8	21,1	16,5	12,8	7,9	-3,7	10,9
1991	-3,4	-1,3	8,5	9,2	12,6	21,2	21,1	20,4	17,2	12,2	7,2	-2,4	10,2
1992	-0,5	1,4	6,1	11,1	14,8	19,4	20,9	23,2	17,6	15	6,6	-3,8	11
1993	-7,2	-1,5	4,9	11,5	16	20,7	23	22,8	18	14,4	4,9	4,9	11
1994	3,2	3,2	8,9	11,6	17	20,3	22,2	23,1	21,3	12,9	6	1,2	12,6
1995	-1,3	5,5	6,1	9,8	15,1	21	22,2	19,5	15,8	9,9	2,7	4,8	10,9
1996	1,3	1,7	2,8	10	17	20,8	22,4	22	15,1	10,5	7,5	3,1	11,2
1997	2,5	2,9	4,2	6,4	17,1	22,7	23	19,8	16,9	8,8	6,2	2,5	11,1
1998	2,1	3,5	3,9	13,1	14,9	21,5	23,7	23,6	16,8	12,1	5	-1,9	11,5
1999	0,1	0	6,6	11,6	16,9	20,6	22	23	18	12,8	6,5	3,6	11,8
2000	-6,8	1,9	5,2	13	17,2	20,4	24,2	22,9	17,5	11,9	9,3	2,9	11,6
T_(sr)	-0,8	2,1	6,2	10,8	15,7	20	21,9	21,3	17,1	11,5	5,6	1	11
T_(max)	3,5	6,9	11,5	16,4	21,7	26,5	29	28,7	24,7	18,4	10,8	5,4	16,9
T_(min)	-3,7	-1,7	1,3	5,2	9,6	12,9	14,8	14,6	11,2	6,8	2	-1,8	5,9



Slika 1.5. Unutargodišnja raspodela mesečnih suma padavina za klimatološku stanicu Bitolj (1971-2000)

1.2.3. Vlažnost vazduha i vetar

Vlažnost vazduha analizirana je na osnovu podataka merenja na klimatološkoj stanici „Bitolj” za period 1976-2000 (tabela 1.4). Srednja godišnja relativna vlažnost vazduha za osmatrani period iznosi 69.0 %, maksimalna srednje mesečna 92,0 % (decembar 1996), a minimalna srednje mesečna 44,0 % (juli 1990).

Tabela 1.4. Srednjemesečne i srednjegodišnje vrednosti relativne vlažnosti vazduha W (%) registrovane na klimatološkoj stanici Bitolj u periodu 1976–2000 godine (po podacima RHMZ–Skoplje)

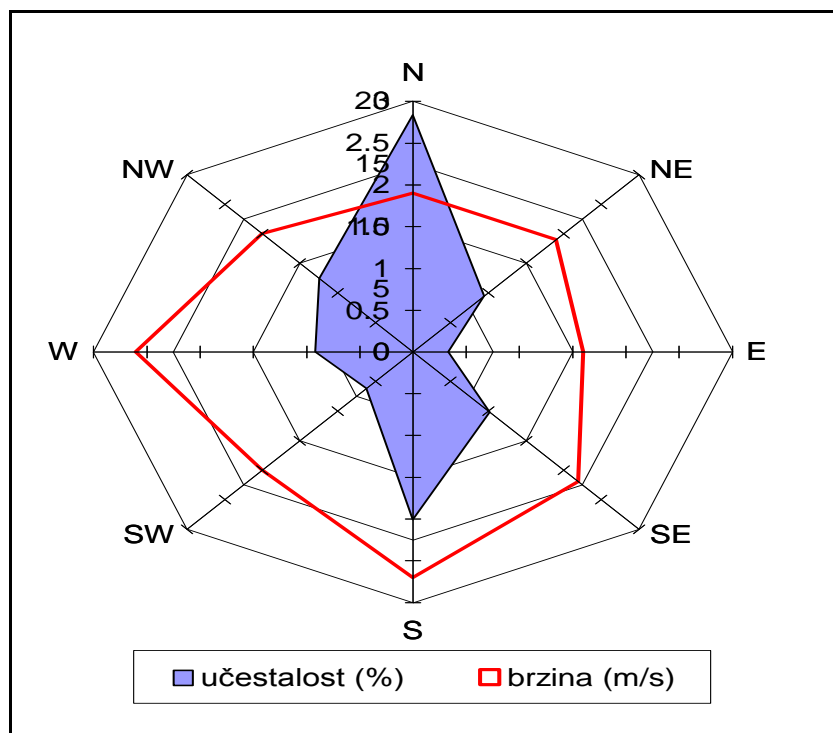
Mesec	VLAŽNOST VAZDUHA W (%)												$W_{sr, god}$
Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	70	77	71	67	72	72	70	70	65	75	82	82	72,8
1977	81	69	65	58	60	55	50	56	66	69	76	79	65,3
1978	80	77	67	73	68	55	46	54	73	77	87	80	69,8
1979	81	74	66	67	70	65	55	66	71	78	80	81	71,2
1980	83	77	75	65	69	61	51	54	60	75	77	80	68,9
1981	82	84	70	64	63	55	54	56	68	73	84	77	69,2
1982	79	75	71	72	63	51	47	61	64	78	82	79	68,5
1983	78	69	61	53	57	62	62	57	69	67	75	85	66,3
1984	80	80	72	71	58	56	49	63	67	67	77	83	68,6
1985	84	79	77	57	67	55	48	48	56	66	80	82	66,6
1986	82	84	79	59	75	69	68	61	60	69	80	77	71,9
1987	79	81	74	62	60	57	57	56	58	82	85	86	69,8
1988	88	76	72	72	64	62	50	50	61	74	87	86	70,2
1989	87	80	72	58	71	68	70	63	68	73	77	80	72,3
1990	89	71	61	65	64	51	44	54	62	67	76	88	66
1991	85	82	75	76	69	58	63	63	66	68	78	77	71,7
1992	77	69	62	64	64	62	59	56	60	66	76	81	66,3
1993	79	74	70	62	67	56	50	50	53	68	81	74	65,3
1994	75	80	64	67	62	58	60	54	57	67	74	78	66,3
1995	80	71	65	63	65	55	62	70	72	79	78	85	70,4
1996	83	83	78	67	67	59	57	64	70	75	81	92	73
1997	83	69	71	68	58	60	49	64	62	77	86	88	69,6
1998	83	76	61	58	71	55	49	56	71	71	83	84	68,2
1999	87	75	69	65	64	61	64	58	71	71	80	80	70,4
2000	81	77	68	66	64	54	48	52	61	81	76	83	67,6
W_{min}	70	69	61	53	57	51	44	48	53	66	74	74	65,3
W_{max}	89	84	79	76	75	72	70	70	73	82	87	92	73
W_{sr}	81,4	76,4	69,4	64,8	65,3	58,9	55,3	58,2	64,4	72,5	79,9	81,9	69

Vetar najčešće duva iz pravca severa (18,9 %), a najmanje sa istoka (2,2 %) i jugozapada (4,1 %), tabela 1.5. Srednjegodišnja brzina vetra za navedeni period iznosi $V=2,7$ m/s (pravac jug).

Ruža vetrova sračunata za osmatrački period, za stanicu Bitolj prikazana je na slici 1.6.

Tabela 1.5. Numerički prikaz raspodela pravca i brzina vetra u (%) i (m/s) za m.s. Bitolj za period 1951–1980 (po podacima RHMZ–Skoplje)

Pravac	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C(tišina)
(%)	18,9	6,3	2,2	6,8	13,4	4,1	6,1	8,3	33,9
Brzina (m/s)	1,9	1,9	1,6	2,2	2,7	2	2,6	2	-



Slika 1.6. Ruža vetrova na meteorološkoj stanici Bitolj

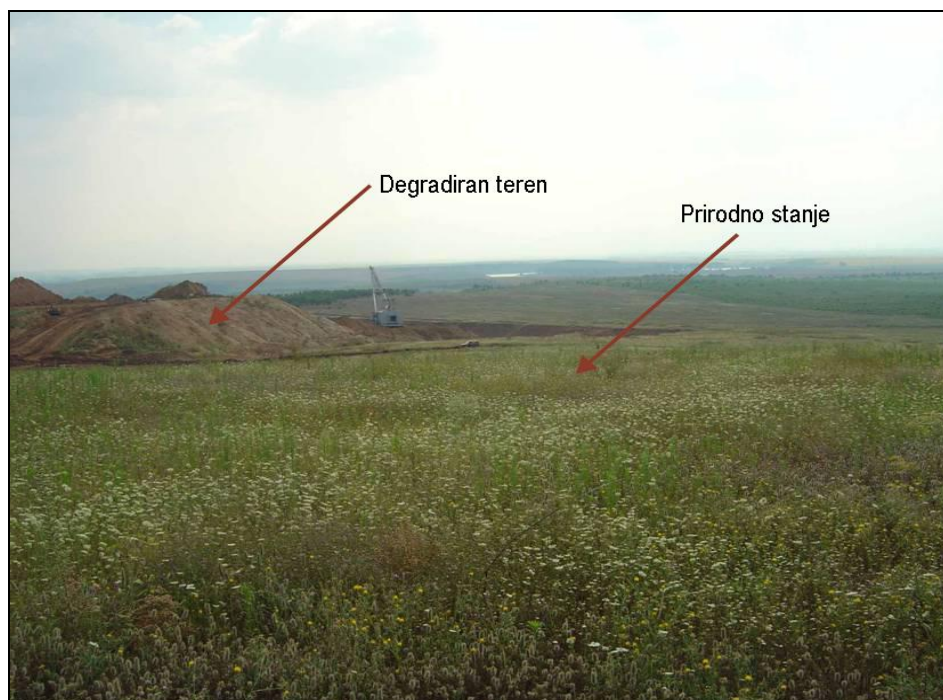
1.3. PEDOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Ravničarski deo Pelagonijske kotline karakteriše površinski (humusni) deo zemljišta dobrog kvaliteta pogodnog za gajenje različitih poljoprivrednih kultura, pre svega žitarica, industrijskih biljaka i sl. Tu su zastupljena aluvijalna, deluvijalna, aluvijalno-deluvijalna, livadska i livadsko–blatna zemljišta. Pored toga, zastupljene su i ritske crnice (*Filipovski i saradnici, 1970*).

U krajnjim obodnim delovima kotline, u neogenim sedimentima u kojima se nalaze aktivni kopovi uglja, zemljište je uglavnom degradirano i kontaminirano.

Pored fizičko-mehaničke degradacije, zemljište je kontaminirano obaranjem atmosferskih padavina koje sadrže povećan sadržaj zagađujućih supstanci, koje se emituju u atmosferu kao rezultat sagorevanja uglja u termoelektranama.

Degradacija prirodnog zemljišta u najvećoj meri, nastaje neposrednom eksploatacijom uglja i odlaganjem jalovinskog materijala, tako da prirodni pedološki sloj nije sačuvan (slika 1.7 i 1.8). Novoformirani substrat zemljišta nastaje preokretanjem, rastresanjem i mešanjem, nakon čega se ponovo deponuje u vidu odlagališta rudne jalovine.



Slika 1.7. Reljef u području površinskog kopa „Brod-Gneotino“

Kvalitet novoformiranog materijala zavisi pre svega od litološkog sastava sedimenata u područjima ležišta uglja u eksploataciji. To je uglavnom mešavina materijala gline, ugljevitih glina i peskova različite granulacije sa mestimičnim komadima uglja.

Sam proces eksploatacije uglja, u celini menja sliku prvobitnog predela, a samim tim i prirodu zemljišta. Ovakav tip zemljišta izdvojen je u klasu antropogenih zemljišta (*Antonović, 1980*). Pojedini istraživači ih svrstavaju u tehnogena zemljišta tip deposol, koji je nastao površinskom eksploatacijom lignitskog uglja (*Ruselović, 1983; Škorić, 1985*). Sastav ovih zemljišta bitno utiče na njihova hidrogeološka svojstva (vlažnost, kapilarnost, vodopropusnost, retenciju i izdašnost).



Slika 1.8. Degradirane površine u području površinskog kopa „Brod-Gneotino“

Tehnogena zemljišta nastala tokom eksploatacije i odlaganje jalovine, kao takva imaju nepovoljni sastav i strukturu. U cilju njihovog stavljanja u funkciju, neophodno je primeniti odgovarajuću tehnologiju biološke rekultivacije koja omogućava uspešan prijem i dalji razvoj zasejanih biljaka.

1.4. FLORA I FAUNA

Flora i fauna u široj okolini ugljonosnog basena uglavnom odgovara reljefu i tipovima zemljišta.

1.4.1. Flora

Ravničarski nedegradirani delovi terena karakterišu se prisustvom poljoprivrednih kultura, pre svega kukuruza, pšenice, ječma, paradajza, šećerne repe, duvana i suncokreta. Pored toga, u ovom području prisutne su i brojne površine pod raznovrsnim voćem i povrćem.

U široj okolini ugljunosnog basena, drvenaste višegodišnje biljke predstavljene sa nekoliko vrsta divljih krušaka i bademova.

Za neposredno okruženje rudnika vezani su monokulturni nasadi i žbunaste biljke. Pored toga, u okolini se nalaze livade (travnati tereni) i korovno rastinje.

1.4.2. Fauna

Karakteristična fauna za područje Pelgonijske kotline su ptice, gmizavci i sisari. Od ptica, sreću se senica, šljivarka, pčelarica, detlić, gugutka, itd.

Gmizavci su brojni i zastupljeni su zelenim gušterima, kopnenim kornjačama i različitim vrstama zmija.

Sisari su zastupljeni sitnijim formama, kao što su jež, crvena ververica i dr.

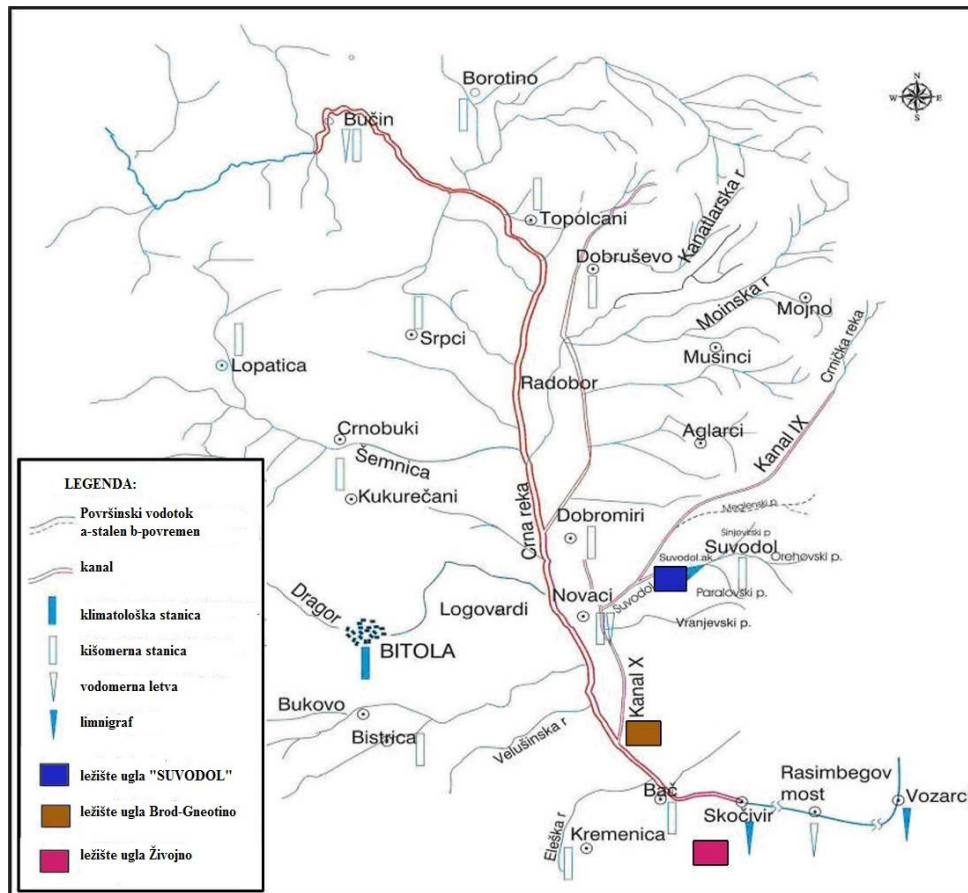
Usled intenzivnih rudarskih aktivnosti i odsustva visoke šumske vegetacije u neposrednoj okolini rudnika, primećuje se odsustvo krupnih sisara (medvedi, vukovi, jelenska divljač i dr.). Pomenute vrste naseljavaju udaljena planinska područja po obodu Pelagonijske kotline.

U neposrednoj okolini rudnika nema zaštićenih vrsta reptila, sisara, ptica, insekata i drugih vrsta.

1.5. HIDROGRAFSKE I HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE

1.5.1. Hidrografske karakteristike

Hidrografska mreža u području ugljunosnog basena slabo je razvijena. Glavni recipijenti površinskih voda su Crna Reka, Prilepska reka, Dragor, Šemnica, Suvadolska reka i Eleška reka (slika 1.9). Svi oni pripadaju Vardara, odnosno slivu Egejskog mora.



Slika 1.9. Hidrografska mreža sa položajem vodomernih i kišomernih stanica u delu sliva Crne Reke

Crna Reka svojim tokom predstavlja južnu i jugozapadnu granicu Suvodolskog neogenog ugljenog basena. Ona je glavni recipijent površinskih voda šire okoline ugljenog basena. Njeno korito je tokom 70-tih godina prošlog veka regulisano sa ciljem odvodnjavanja poljoprivrednih površina i zaštite naselja od poplava. Za te potrebe izvršeno je produbljenje rečnog korita i uređene njenih obala (slika 1.10). Regulacija rečnog korita izvršena je na potezu od sela Skočivir na km 0+300 m pa sve do sela Bučin na km 57+800 m., na ukupnoj dužini od 57,5 km., (Boševski M, 1977). Nakon regulacije, maksimalna količina vode koju može da primi rečno korito Crne Reke kod s. Skočivir iznosi $337 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 1.10. Regulisano rečno korito Crne Reke (s. Novaci – Pelagonijske kotiline)

Suvodolska reka, pripada slivu Crne Reke, tj., predstavlja njenu levu pritoku. Površina njenog sliva iznosi 45,5 km². Povremenog je karaktera, s obzirom da u letnjim mesecima uglavnom presušuje.

Sa aspekta odvodjenosti i zaštite rudarskih radova, od hidroloških pojava najznačajnije su: Suvodolska akumulacija, zaštitni obodni kanali, odvodni kanali (*Dobruševski, kanal IX i X*).

Suvodolska akumulacija izgrađena je sa ciljem zaštite površinskog kopa od iznenadnih prodora površinskih voda, kao za potrebe termoelektrane. Ima zapreminu vode od 6.000.000 m³.

Zaštitni obodni odvodni kanali, urađeni su po obodu Suvodolskog ležišta sa istočne strane, sa ciljem prihvatanja površinskih voda Suvodolske reke, Makovskog, Orehovskog, Gornjo Suvodolskog, Paralovskog i Vranjevskog potoka, kao i isušivanja močvarnih delova terena i regulacije režima površinskih i podzemnih voda (*Boševski, 1970*).

Dobruševski kanal, ukupne dužine 13,04 km, služi za prihvatanje površinskih voda Crničke, Alinske, Lopatičke, Podmolske, Moinske i Kanatlarske reke, kao i za prihvatanje voda sa obodnog kanala Aglarci na km 5+650 m. Ima ukupnu slivnu

površinu od 167,0 km². Maksimalna količina vode koju može da primi kod ušća u Crnu Reku je na km 4+200 m iznosi 19 m³/s.

Kanal IX, proteže se na oko 2 km južno od s. Aglarci prema s. Dalbegovci pa sve do s. Trap gde se završava njegova trasa. Služi za prihvatanje površinskih voda iz Crničke reke, Armatuškog i Meglenskog potoka. Ima ukupnu površinu sliva od 46 km² sa maksimalnom proticajem od 16 m³/s na ušću u Crnu Reku.

Kanal X, je sa ukupnom dužinom od 12,065 km, proteže se od uliva kod Crne Reke, na km 16+626 m, pa sve do ispod s. Aglarci. Služi za prihvatanje površinskih voda Sinjevirskog i Vranjevskog potoka. Njegova slivna površina iznosi 98,8 km², a maksimalni proticaj 32 m³/s, takođe na ušću u Crnu Reku.

1.5.2. Hidrološke karakteristike

Za potrebe merenja proticaja i vodostaja, na Crnoj Reci uspostavljeno je 5 mernih stanica (slika 1.9 i tabela 1.6). Kod mesta Bučin, Novaci i Rasimbegov most postavljene su vodomerne letve, dok su kod mernih stanica Skočivir i Vozarci postavljeni limnigrafi. Važnije hidrografske karakteristike pritoka Crne reke prikazane su u tabeli 1.6.

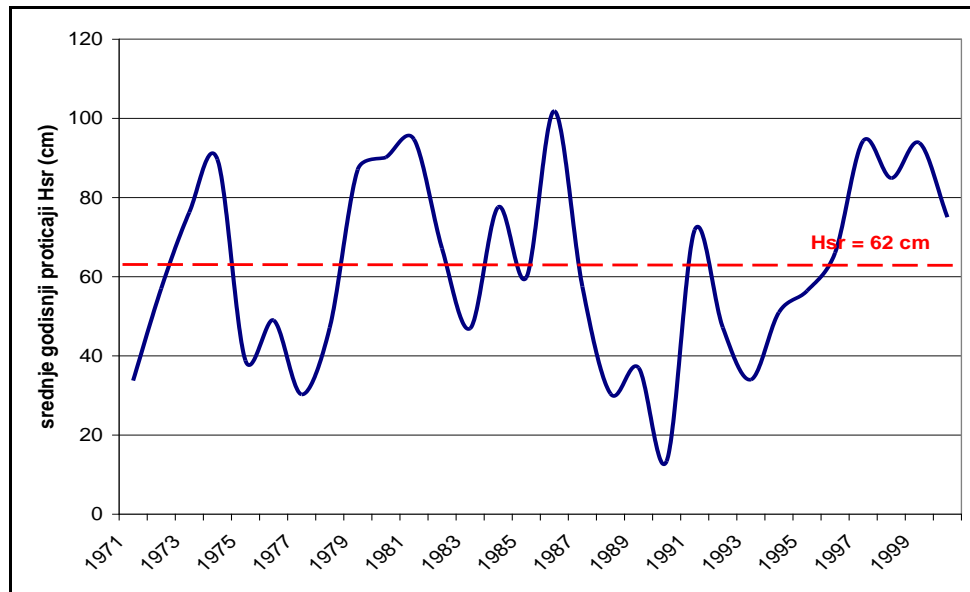
Tabela 1.6. Osnovne hidrološke karakteristike sliva Crne Reke

N₀	Merna stanica	Apsolutna kota (mnm)	Površina sliva F (km²)	Dužina od ušća (km)	Tip vodomera
1	Bučin	597,67	672,4	172,9	Vod. Letva
2	Novaci	572,65	2586,0	130,2	Vod. Letva
3	Skočivir	564,60	3960,0	100,0	Limnigraf
4	Rasim. Most	369,25	4526,0	70,0	Vod. Letva
5	Vozarci	158,82	5363,0	21,0	Limnigraf

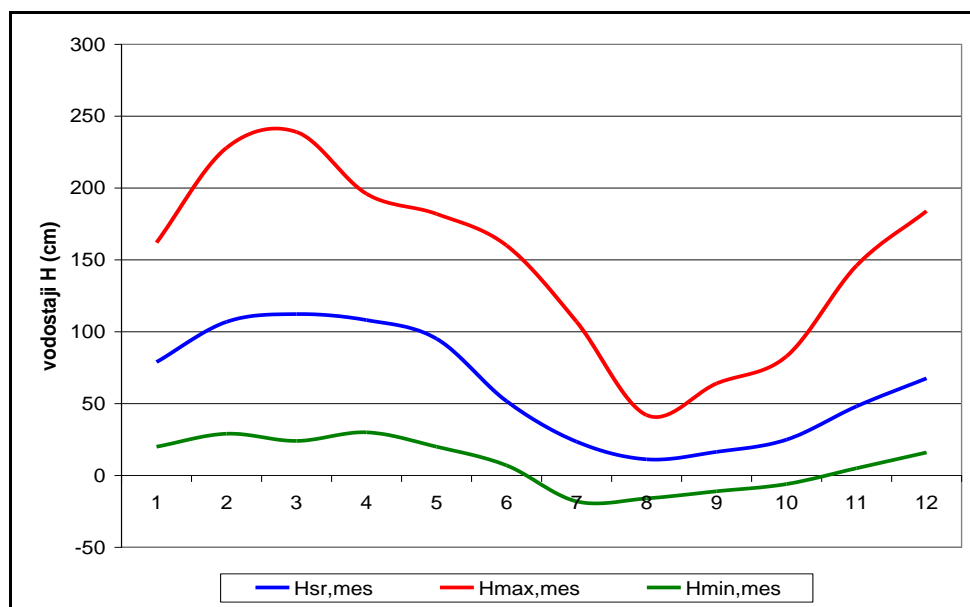
Analiza vodostaja izvršena je na osnovu podataka na vodomerno stanici Novaci za period 1971-2000 godina (tabela 1.7, slike 1.11 i 1.12). Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da su maksimalni vodostaji karakteristični za prolećne mesece (februar, mart i april), dok se minimalni vodostaji vezani javljaju u letnjim mesecima (avgust i septembar).

Tabela 1.7. Srednje mesečni i srednje godišnji vodostaji Crne Reke osmotreni na vodomernoj stanici Novaci u periodu 1971–2000 godine (po podacima RHMZ–Skoplje)

Mesec Godina	V O D O S T A J H (cm)												H _{sr.g.}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	84,0	59,0	62,0	102,0	34,0	14,0	2,0	0,0	10,0	10,0	12,0	16,0	33,75
1972	38,0	85,0	99,0	117,0	77,0	20,0	21,0	10,0	14,0	83,0	70,0	50,0	57,00
1973	51,0	122,0	142,0	137,0	114,0	39,0	12,0	19,0	64,0	34,0	46,0	135,0	76,25
1974	132,0	220,0	171,0	147,0	182,0	83,0	17,0	8,0	10,0	19,0	46,0	41,0	89,67
1975	37,0	49,0	86,0	81,0	76,0	29,0	14,0	-4,0	-11,0	24,0	38,0	47,0	38,83
1976	34,0	38,0	37,0	55,0	76,0	72,0	48,0	10,0	3,0	7,0	75,0	133,0	49,00
1977	66,0	127,0	70,0	56,0	32,0	11,0	-18,0	-16,0	-4,0	0,0	12,0	27,0	30,25
1978	20,0	57,0	70,0	137,0	118,0	36,0	-9,0	-15,0	22,0	19,0	29,0	81,0	47,08
1979	126,0	159,0	71,0	137,0	164,0	67,0	11,0	5,0	16,0	24,0	146,0	119,0	87,08
1980	155,0	169,0	135,0	105,0	117,0	160,0	107,0	23,0	-5,0	-2,0	54,0	64,0	90,17
1981	87,0	159,0	231,0	163,0	94,0	44,0	23,0	13,0	18,0	66,0	62,0	177,0	94,75
1982	131,0	84,0	129,0	140,0	120,0	40,0	8,0	7,0	40,0	30,0	25,0	52,0	67,17
1983	31,0	77,0	64,0	50,0	26,0	56,0	74,0	12,0	13,0	11,0	36,0	113,0	46,92
1984	162,0	180,0	156,0	168,0	141,0	31,0	12,0	12,0	23,0	12,0	18,0	16,0	77,58
1985	79,0	72,0	130,0	94,0	98,0	38,0	9,0	3,0	12,0	10,0	84,0	88,0	59,75
1986	92,0	228,0	239,0	115,0	158,0	112,0	66,0	42,0	35,0	37,0	49,0	49,0	101,83
1987	65,0	106,0	123,0	136,0	101,0	38,0	15,0	5,0	8,0	24,0	29,0	40,0	57,50
1988	45,0	39,0	52,0	58,0	22,0		-6,0	16,0	18,0	26,0	34,0	31,0	30,45
1989	34,0	48,0	92,0	39,0	66,0	38,0	31,0	8,0	2,0	27,0	27,0	32,0	37,00
1990	29,0	29,0	24,0	30,0	20,0	7,0	-7,0	-15,0	-10,0	-6,0	5,0	55,0	13,42
1991	74,0	113,0	131,0	128,0	119,0	81,0	36,0	22,0	21,0	25,0	62,0	50,0	71,83
1992	36,0	37,0	36,0	196,0	64,0	44,0	28,0	3,0	16,0	17,0	37,0	52,0	47,17
1993	42,0	43,0	87,0	77,0	59,0	32,0	-1,0	-4,0	-4,0	12,0	31,0	34,0	34,00
1994	78,0	97,0	94,0	92,0	79,0	34,0	24,0	21,0	11,0	17,0	31,0	34,0	51,00
1995	66,0	74,0	66,0	83,0	96,0	53,0	32,0	37,0	45,0	57,0	52,0	16,0	56,42
1996	79,0	178,0	155,0	86,0	95,0	62,0	24,0	13,0	16,0	19,0	31,0	38,0	66,04
1997	157,0	81,0	138,0	142,0	148,0	50,0	24,0	36,0	30,0	42,0	100,0	184,0	94,33
1998	105,0	160,0	120,0	107,0	119,0	90,0	34,0	19,0	27,0	36,0	73,0	129,0	84,92
1999	128,0	172,0	177,0	117,0	118,0	63,0	43,0	30,0	38,0	38,0	106,0	96,0	93,83
2000	106,0	145,0	182,0	148,0	119,0	55,0	31,0	17,0	15,0	31,0	23,0	29,0	75,03
H_{sr}(cm)	78,9	106,9	112,3	108,1	95,1	51,7	23,5	11,2	16,4	24,9	48,1	67,6	62,0
H_{max}(cm)	162,0	228,0	239,0	196,0	182,0	160,0	107,0	42,0	64,0	83,0	146,0	184,0	101,8
H_{min}(cm)	20,0	29,0	24,0	30,0	20,0	7,0	-18,0	-16,0	-11,0	-6,0	5,0	16,0	13,42



Slika 1.11. Srednje godišnje vrednosti vodostaja Crne Reke registrovane u profilu v.s. Novaci (1971 - 2000)



Slika 1.12. Unutargodišnja raspodela srednje mesečnih vodostaja Crne Reke u profilu v.s. Novaci (1971 - 2000)

Analiza režima proticaja Crne Reke izvedena je na osnovu nizova proticaja izmerenih na vodomernim stanicama Dolenci, Novaci i Skočivir (tabele 1.8, 1.9 i 1.10, slika 1.13, 1.14, 1.15, 1.16 i 1.17). Maksimalni proticaji zabeleženi su u mesecima februar, mart, april i maj, dok su meseci sa najmanjim proticajima avgust i septembar zajedno sa julom i oktobrom.

Tabela 1.8. Srednje mesečni i srednje godišnji proticaji Crne Reke registrovani na vodomernoj stanici Dolenci u periodu 1971–2000 god. (po podacima RHMZ–Skoplje)

Mesec Godina	PROTICAJ Q (m ³ /s)												Σ Q _{sr.g.}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	4,17	2,13	4,52	4,95	2,47	1,63	1,1	0,84	1	0,92	1,05	1,68	2,205
1972	2,22	3,01	4,01	3,11	2,34	1,48	1,16	0,92	0,81	2,26	2,16	1,54	2,085
1973	1,23	3,07	4,06	7,17	4,32	2,63	1,98	1,49	1,29	1,08	1,01	3,71	2,753
1974	3,96	6,28	5,80	5,81	9,59	3,90	2,79	2,27	2,15	2,58	3,56	2,77	4,288
1975	1,54	1,33	2,10	2,06	1,90	1,44	0,72	0,55	0,45	1,50	2,28	1,60	1,456
1976	2,25	2,10	2,24	2,69	2,29	3,02	2,38	1,26	0,82	0,74	1,99	7,23	2,417
1977	2,29	5,45	2,72	2,00	1,39	1,06	0,63	0,57	0,49	0,35	0,45	0,60	1,500
1978	0,68	1,97	3,37	5,69	6,01	2,36	1,16	0,80	0,78	0,72	0,85	2,47	2,238
1979	6,04	7,87	3,27	5,45	4,95	2,75	1,35	1,12	1,02	0,99	5,14	3,56	3,626
1980	4,24	5,32	4,25	4,01	5,52	3,27	1,31	0,69	0,52	0,67	1,29	3,00	2,841
1981	2,21	2,82	10,18	4,23	2,24	1,41	1,01	0,95	1,01	2,05	1,72	5,21	2,920
1982	3,88	1,91	3,18	4,48	3,73	1,76	0,96	0,81	0,72	0,87	1,00	2,23	2,127
1983	1,39	2,13	2,08	2,24	1,24	1,26	2,10	1,04	0,72	0,69	1,08	2,39	1,530
1984	4,07	4,46	4,76	6,92	5,29	1,83	0,98	0,80	0,67	0,62	0,83	0,66	2,657
1985	3,02	4,10	4,22	4,33	3,53	1,52	0,87	0,55	0,51	0,46	5,81	2,41	2,611
1986	3,44	9,91	9,03	4,61	4,20	2,73	1,93	1,42	0,91	0,72	0,72	0,71	3,361
1987	1,65	2,92	3,76	5,69	3,41	1,18	0,71	0,50	0,45	0,54	0,68	0,97	1,872
1988	0,87	0,88	1,74	2,07	1,23	0,66	0,35	0,25	0,20	0,29	1,21	1,91	0,972
1989	1,20	1,36	3,84	2,19	2,84	1,99	1,20	0,76	0,59	1,23	1,17	1,69	1,672
1990	1,16	0,93	0,86	1,58	1,57	1,02	0,55	0,45	0,40	0,33	0,57	1,96	0,948
1991	1,62	1,34	6,24	4,48	4,64	2,44	1,49	0,84	0,52	0,55	1,45	1,54	2,262
1992	1,00	0,59	0,68	2,61	2,01	1,16	0,88	0,71	0,53	0,60	1,70	1,94	1,201
1993	1,67	1,05	2,02	2,89	1,51	1,09	0,65	0,45	0,39	0,43	0,64	1,54	1,194
1994	1,97	2,28	3,15	2,95	3,02	1,07	0,82	0,45	0,38	0,34	0,43	0,42	1,440
1995	1,03	1,85	1,84	2,83	3,14	1,76	1,23	1,26	1,22	1,28	0,65	4,17	1,855
1996	5,52	4,30	6,77	8,80	3,19	1,42	0,88	0,70	0,69	0,76	1,84	5,13	3,333
1997	6,73	1,98	1,61	3,21	4,61	1,44	0,87	0,74	0,60	0,73	1,79	3,28	2,299
1998	2,07	2,98	3,68	3,99	3,63	3,27	1,23	0,80	0,73	0,69	0,98	3,87	2,326
1999	2,70	3,73	6,13	7,44	4,50	1,38	1,01	0,57	0,37	0,46	2,45	3,69	2,869
2000	4,66	3,05	5,62	6,89	3,35	1,42	0,88	0,41	0,33	0,46	0,51	0,46	2,336
Q_{sr} (m³/s)	2,28	3,13	3,71	3,87	3,46	1,88	1,22	0,87	0,73	0,85	1,58	2,38	2,24
Q_{mah} (m³/s)	6,04	9,91	10,18	7,17	9,59	3,90	2,79	2,27	2,15	2,58	5,81	7,23	4,29
Q_{min} (m³/s)	0,68	0,59	0,68	1,58	1,23	0,66	0,35	0,25	0,20	0,29	0,43	0,42	0,95

Srednje mesečni proticaj Crne reke u profilu Dolenci za osmatrački period iznosi 2.24 m³/s dok se maksimalni srednje mesečni protok se javio marta 1981 godine u iznosu od 10,18 m³/s. Minimalni srednje mesečni proticaj zabeležen je u iznosu od 0,20 m³/s septembra 1988 godine.

Maksimalni proticaj Crne Reke na vodomernoj stanici Novaci za navedeni period osmatranja je 69,40 m³/s (februar 1974 godine), a minimalni 0,19 m³/s (avgust 1988 godine). Srednji godišnji proticaj Crne Reke za navedeni period merenja iznosi 9,83 m³/s.

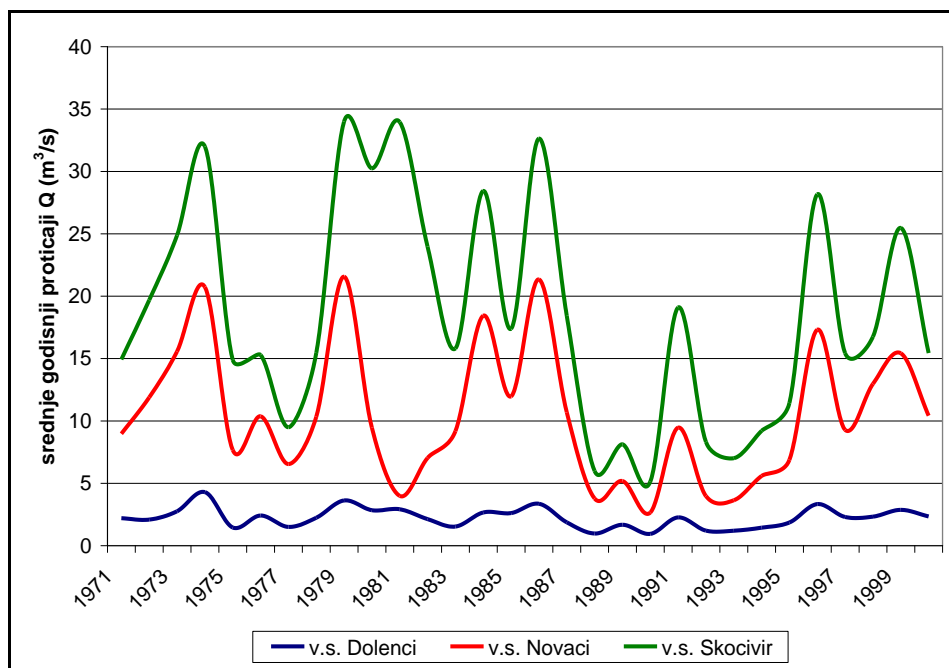
Tabela 1.9. Srednje mesečni i srednje godinji proticaji Crne Reke registrovani na vodomernoj stanici Novaci u periodu 1971–2000 god. (po podacima RHMZ–Skoplje)

Mesec Godina	PROTICAJ Q (m ³ /s)												Σ Q _{sr.g.}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	15,74	8,04	30,54	25,34	11,59	4,51	1,07	0,99	2,23	1,74	2,52	3,36	8,97
1972	7,98	14,95	20,88	31,39	15,25	4,33	3,90	1,66	2,78	17,94	12,99	8,65	11,89
1973	6,63	26,40	31,10	48,50	21,80	4,65	1,60	2,68	1,20	4,02	5,86	32,30	15,56
1974	26,30	69,40	37,70	28,30	44,90	13,00	2,87	1,71	1,76	4,55	10,20	8,11	20,73
1975	6,69	7,92	15,20	14,70	14,90	6,19	4,20	1,76	0,54	4,74	7,30	7,85	7,67
1976	5,81	6,44	6,54	10,40	15,80	11,00	8,80	3,29	2,51	2,58	14,70	36,60	10,37
1977	10,10	30,30	11,70	9,31	5,49	3,12	0,64	0,31	0,75	0,88	2,17	3,72	6,54
1978	3,51	10,10	15,50	35,20	27,40	5,98	0,62	0,22	3,16	2,50	3,63	16,20	10,34
1979	30,80	38,90	10,40	28,10	42,90	8,99	1,76	1,49	2,66	3,43	58,10	31,20	21,56
1980	7,85	16,50	22,00	21,10	18,30	8,88	2,94	1,86	1,75	2,07	5,94	4,37	9,46
1981	2,99	3,08	3,00	14,60	6,21	3,75	2,26	1,14	1,52	1,56	3,06	4,66	3,99
1982	5,30	2,17	4,30	6,35	7,26	1,67	0,25	1,20	1,64	0,57	14,40	39,20	7,03
1983	6,29	15,10	11,10	8,94	4,62	10,50	14,20	2,69	2,93	2,98	6,94	23,90	9,18
1984	39,40	47,50	37,40	41,20	30,10	5,57	2,89	2,95	3,67	2,91	3,98	3,58	18,43
1985	15,70	12,90	27,00	17,60	18,50	6,61	2,32	1,42	2,10	2,22	22,50	14,80	11,97
1986	17,40	62,50	66,80	23,20	34,00	18,60	9,75	4,13	3,69	4,83	5,31	5,89	21,34
1987	11,30	19,10	30,00	26,10	17,90	5,74	2,62	1,28	1,40	3,37	3,75	5,69	10,69
1988	8,61	4,21	6,26	6,54	4,55	2,52	0,54	0,19	0,27	0,86	4,25	6,51	3,78
1989	3,35	5,49	12,80	5,36	8,89	5,83	4,09	1,90	1,44	4,26	3,84	4,96	5,18
1990	3,87	3,90	3,27	4,07	2,79	1,77	0,70	0,36	0,59	0,88	1,58	8,01	2,65
1991	7,85	16,50	22,00	21,10	18,30	8,88	2,94	1,86	1,75	2,07	5,94	4,37	9,46
1992	2,99	3,08	3,00	14,60	6,21	3,73	2,26	1,14	1,52	1,56	3,06	4,66	3,98
1993	3,51	3,69	10,00	8,26	5,59	2,55	1,00	0,67	0,64	1,35	2,54	3,91	3,64
1994	8,58	12,30	11,60	11,30	8,58	2,74	2,00	1,76	1,31	1,56	2,54	2,75	5,59
1995	6,60	7,86	6,54	9,30	12,00	4,83	2,60	3,03	3,86	5,26	4,63	16,00	6,88
1996	25,10	30,90	34,60	37,40	24,50	8,21	3,23	2,44	2,68	3,25	8,44	27,00	17,31
1997	16,22	9,03	11,40	17,58	19,43	5,24	1,98	2,06	1,77	3,22	7,32	16,20	9,29
1998	14,40	30,20	18,50	16,30	20,40	12,30	2,91	1,67	2,21	3,03	10,40	23,30	12,97
1999	20,28	33,26	34,85	37,47	19,72	6,20	3,66	2,20	2,50	2,92	11,21	10,76	15,42
2000	12,90	23,50	36,50	22,40	13,90	3,96	2,12	1,51	1,56	2,54	2,06	2,13	10,42
Q_{sr} (m³/s)	10,50	18,49	17,62	18,01	16,39	6,40	3,21	1,70	1,85	2,65	8,53	12,58	9,83
Q_{mah} (m³/s)	39,40	69,40	66,80	48,50	44,90	18,60	14,20	4,13	3,86	5,26	58,10	39,20	21,56
Q_{min} (m³/s)	2,99	2,17	3,00	4,07	2,79	1,67	0,25	0,19	0,27	0,57	1,58	2,75	2,65

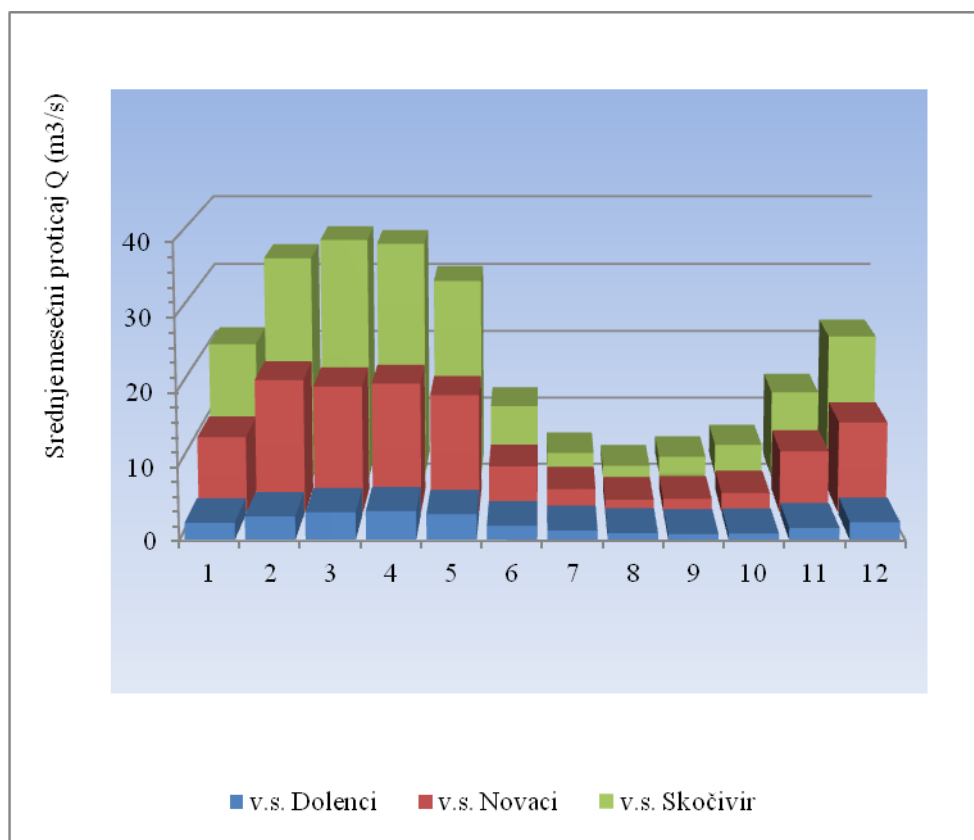
Analizom proticaja Crne Reke na vodomernoj stanici Skočivir došlo se do sličnih konstatacija. Visoki proticaji vezani su za prolećne i jesenje mesece, dok su za letnje mesece karakteristični minimalni proticaji. Maksimalni protok Crne Reke za navedeni period osmatranja iznosi $Q_{\max}=102,89 \text{ m}^3/\text{s}$ (mart 1981 godine), a minimalni proticaj je $Q_{\min}=0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (avgust 1978 godine). Prosečni proticaj Crne Reke na vodomernoj stanici Skočivir za navedeni period merenja iznosio je $Q_{\text{sr}}=18,57 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 1.10. Srednje mesečni i srednje godišnji proticaji Crne Reke registrovani na vodomernoj stanici Skočivir u periodu 1971–2000 god. (po podacima RHMZ–Skoplje)

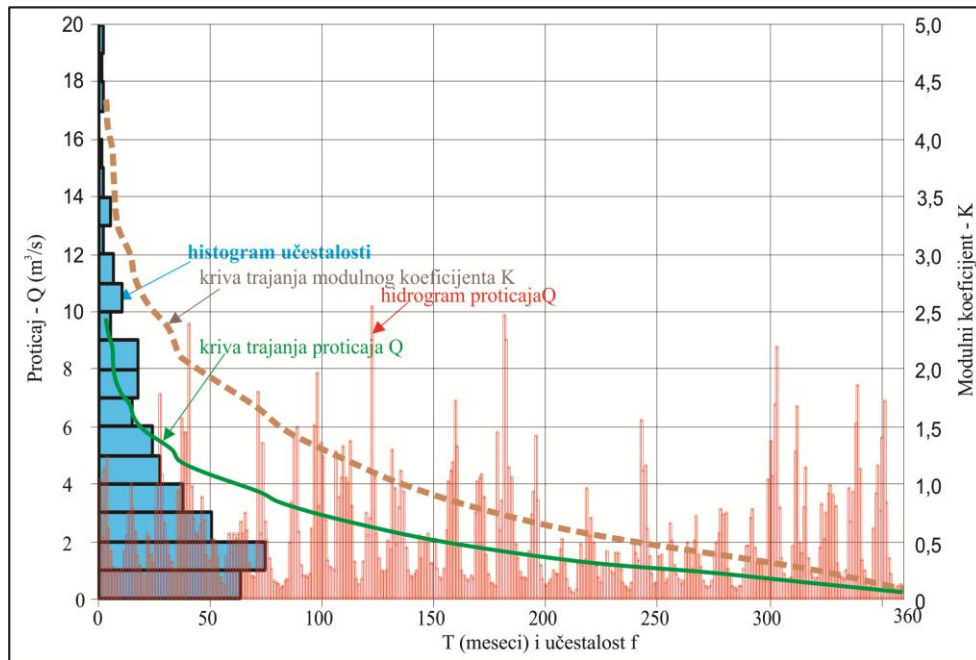
Mesec Godina	P R O T I C A J Q (m ³ /s)												Q _{sr,gt}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	25,97	13,42	50,28	41,72	19,23	7,62	1,99	1,87	3,89	3,1	4,37	5,72	14,93
1972	13,32	24,66	34,36	51,65	25,18	7,33	6,63	2,96	4,79	29,61	21,48	14,37	19,69
1973	11,53	41,59	55,53	68,45	33,81	4,28	1,97	2,80	13,75	8,23	10,73	45,75	24,87
1974	38,05	100,72	67,96	52,59	64,73	19,33	2,69	1,72	2,63	6,69	15,35	11,45	31,99
1975	11,96	17,51	40,68	32,33	26,00	9,41	6,43	2,32	1,59	7,79	9,83	12,83	14,89
1976	9,03	12,00	13,20	24,22	28,37	19,98	12,11	3,84	2,86	3,50	17,53	36,88	15,29
1977	15,70	37,50	16,25	15,02	8,70	4,36	0,88	1,11	1,42	2,05	4,36	6,60	9,49
1978	6,32	17,97	23,07	48,00	36,64	8,31	0,98	0,40	4,25	3,66	10,15	25,60	15,45
1979	51,52	57,20	19,87	50,07	62,52	14,33	2,34	2,41	3,61	4,85	84,41	54,84	33,99
1980	53,86	53,72	46,18	36,83	63,51	31,58	3,79	1,26	1,41	16,99	17,67	36,18	30,25
1981	30,31	61,39	102,89	58,44	27,46	10,58	2,96	2,81	3,38	14,61	19,08	73,47	33,95
1982	38,21	22,67	40,56	58,91	47,64	13,72	2,38	3,45	11,93	11,50	12,23	24,45	23,97
1983	10,96	26,39	22,64	20,57	9,63	17,05	19,09	4,09	5,53	5,79	10,07	37,95	15,81
1984	58,13	63,02	54,84	65,14	50,71	11,76	4,34	6,07	8,91	4,91	7,64	5,67	28,43
1985	22,93	18,40	36,58	29,32	28,02	9,08	3,64	3,25	4,39	4,43	29,53	19,09	17,39
1986	23,46	90,25	87,75	45,38	47,81	28,91	16,09	9,93	9,65	9,85	12,55	9,94	32,63
1987	17,62	32,03	53,63	49,73	29,09	10,09	5,08	3,21	2,88	3,83	5,89	7,90	18,42
1988	11,22	6,93	11,48	12,23	7,28	3,24	0,91	0,50	0,63	1,49	6,13	9,82	5,99
1989	6,02	9,19	19,91	8,44	13,80	8,68	5,81	3,44	2,56	5,42	5,90	8,25	8,12
1990	6,40	6,47	5,57	7,06	4,82	3,33	1,71	0,96	1,50	2,07	3,13	18,59	5,13
1991	13,64	37,84	47,10	44,30	36,57	15,36	5,00	3,31	3,18	3,73	10,81	8,18	19,09
1992	6,10	6,42	6,26	30,26	12,95	8,19	4,69	2,42	3,17	3,30	6,37	9,70	8,32
1993	7,21	7,10	17,93	15,88	11,41	5,35	2,17	1,66	1,59	2,20	4,13	7,53	7,01
1994	14,21	20,36	19,32	18,73	14,14	4,48	3,24	2,84	2,10	2,52	4,13	4,49	9,21
1995	10,91	13,03	10,77	15,41	19,84	7,95	4,27	4,96	6,34	9,55	7,62	26,59	11,44
1996	47,76	36,97	59,05	77,25	26,83	10,99	6,09	4,50	4,44	5,08	14,72	44,29	28,16
1997	26,78	15,02	18,90	29,01	32,04	8,82	3,49	3,62	3,14	5,52	12,22	26,75	15,44
1998	16,09	35,69	23,10	20,56	23,26	16,54	6,19	3,84	4,44	6,17	15,54	29,56	16,75
1999	33,43	54,66	57,25	61,55	32,50	10,38	6,24	3,84	4,33	5,02	18,59	17,85	25,47
2000	19,57	36,13	42,08	34,18	21,84	8,28	3,98	3,01	2,75	4,59	4,30	4,53	15,44
Q_{sr} (m³/s)	20,67	33,03	35,65	35,10	29,80	11,71	4,89	2,99	4,32	6,04	13,71	21,82	18,57
Q_{mah} (m³/s)	58,13	100,72	102,89	68,45	64,73	31,58	19,09	9,93	13,75	16,99	84,41	73,47	34,00
Q_{min} (m³/s)	6,02	6,42	5,57	7,06	4,82	3,24	0,88	0,40	0,63	1,49	3,13	4,49	5,13



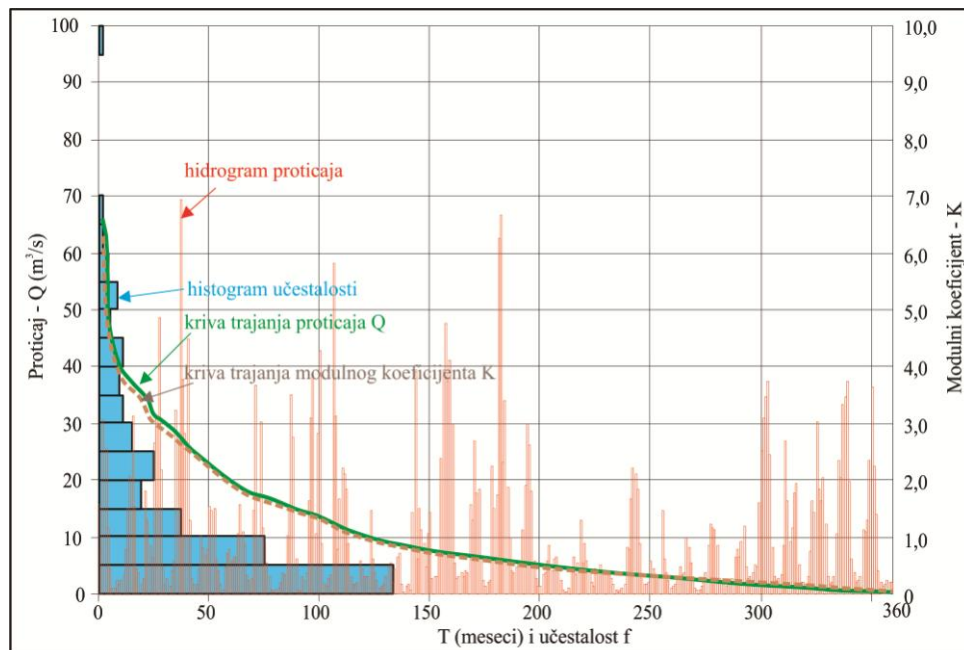
Slika 1.13. Srednje godišnji proticaji Crne Reke u profilima razmatranih vodomernih stanica



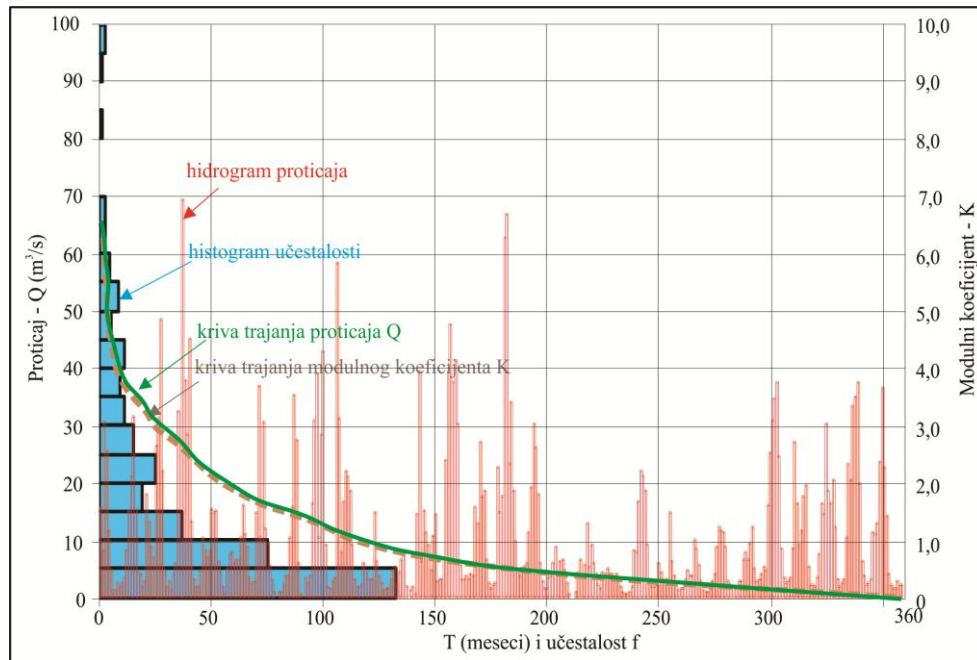
Slika 1.14. Srednje mesečni proticaji Crne Reke u profilima razmatranih vodomernih stanica



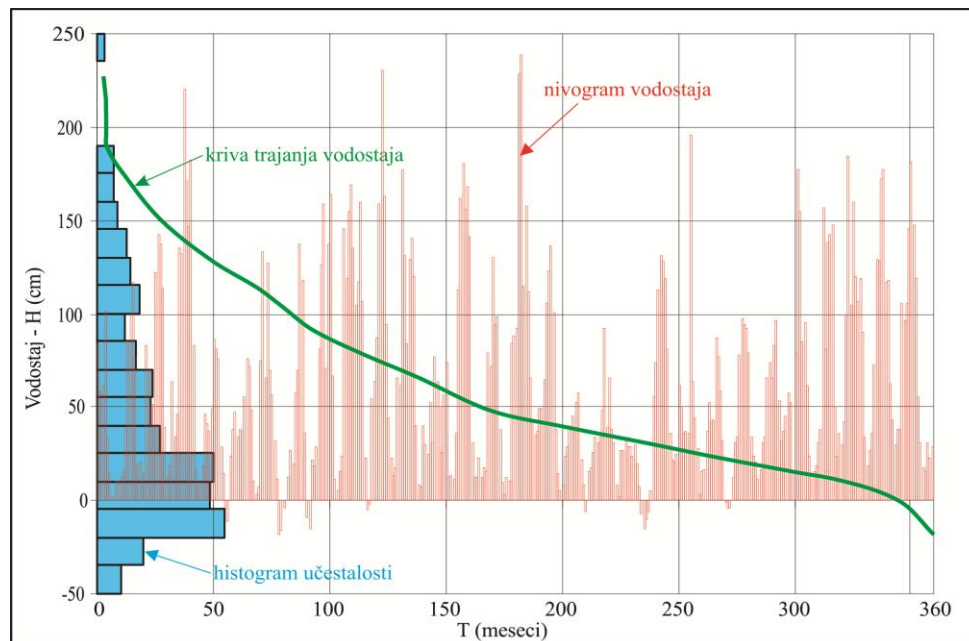
Slika 1.15. Hidrogram, histogram učestalosti i kriva trajanja proticaja (Q) i modulnog koeficijenta (K) Crne Reke u profilu m.s. Dolenci za period 1971–2000 (po podacima RHMZ-Skoplje)



Slika 1.16. Hidrogram, histogram učestalosti i kriva trajanja proticaja (Q) i modulnog koeficijenta (K) Crne Reke u profilu m.s. Novaci za period 1971–2000 (po podacima RHMZ-Skoplje)



Slika. 1.17. Hidrogram, histogram učestalosti i kriva trajanja proticaja (Q) i modulnog koeficijenta (K) Crne Reke u profilu m.s. Skočivir za period 1971–2000 (po podacima RHMZ-Skoplje)



Slika 1.18. Nivogram, histogram učestalosti i kriva trajanja vodostaja (H) i modulnog koeficijenta (K) Crne Reke u profilu m.s. Novaci za period 1971–2000 (po podacima RHMZ-Skoplje)

Suvodolska reka sa svojim pritokama (Sinjevirski i Orehovski potok) ima srednjegodišnji proticaj u iznosu od oko 117,09 l/s. Prema podacima osmotrenim u periodu od 1996-2012 godine Sinjevirski potok ima srednje godišnji protok u iznosu od 25,89 l/s i Orehovski potok 24,89 l/s (tabela 1.11 i 1.12). Svi ovi vodotoci su

povremenog karaktera. Maksimalni proticaji javljaju se u prolećnim mesecima, dok u letnjim periodima pomenuti vodotoci uglavnom presušuju.

Tabela 1.11. Srednje mesečni proticaj Sinjevirskog potoka za period 1996 - 2012 godine (Služba za odvodnjavanje Rudnika Suvodol)

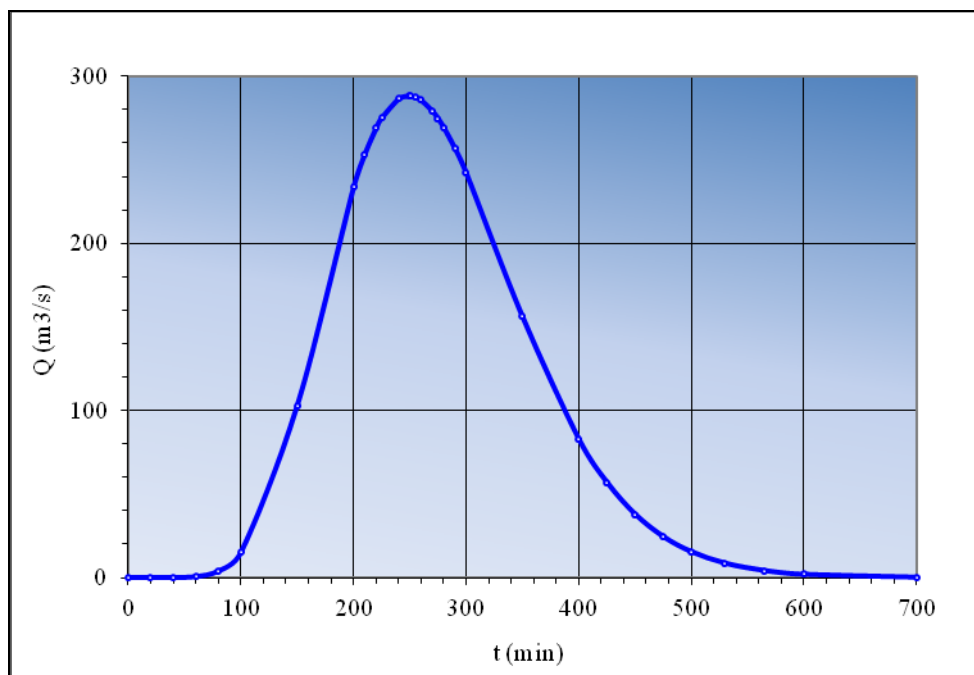
mesec godina	PROTICAJ Q (l/s)												Qsr.god (l/s)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1996	-	67,3	8,3	100,9	46,8	5,7	0	0	0	6,8	9,6	54,8	25,02
1997	42,3	29,6	64	153,1	64,9	12,3	0	0	0	-	-	-	26,99
1998	-	-	-	-	15	9,1	0	0	0	0	-	-	2,01
1999	85,18	162,9	119,3	81,74	24,12	5	1,42	0,37	-	3,14	9,51	12,1	42,07
2000	21,32	52,63	104,1	46,79	14,14	4,28	-	-	-	-	-	-	20,27
2001	3,11	7,18	3,53	12,2	8,5	2,04	-	-	-	-	-	-	3,05
2002	5,85	4,93	32,6	49,04	30,44	8,36	2,14	0,96	14,25	39,04	18,5	102,7	25,73
2003	141,9	104,5	62,9	91,78	38,47	20,18	2,54	1,65	-	2,78	6,54	14,21	40,62
2004	66,4	79,42	38,32	30,21	24,23	22,05	3,48	-	-	-	5,51	13,03	23,55
2005	28,42	89,46	125,7	61,77	18,19	8,48	-	4,4	-	-	-	-	28,04
2006	40,5	72,45	153,5	94,47	44,24	12,21	-	1,5	-	-	-	-	34,91
2007	4,94	8,9	10,03	9,77	4,96	5,07	0,31	-	-	-	9,89	22,8	6,39
2008	23,12	26,59	21,21	42,35	24,61	4,01	-	-	6,5	2,4	-	10	13,4
2009	26,58	60,77	50,82	59,92	36,18	9,91	8,62	-	-	-	36,14	103,4	32,7
2010	88,21	203,3	176,9	104,1	58,18	22,04	3,26	0,18	-	-	22,55	93,04	64,31
2011	78,04	72,69	54,59	31,2	37	15,77	2,6	-	-	-	-	-	24,32
2012	4,11	18,57	104	79,52	83,29	17,45	1,37	-	-	-	-	13,63	26,83
Q min	3,11	4,93	3,53	9,77	4,96	2,04	0	0	0	0	5,51	10	2,01
Qmah	141,9	203,3	176,9	153,1	83,29	22,05	8,62	4,4	14,25	39,04	36,14	103,4	64,31
Q sr	36,33	62,42	66,46	61,7	33,72	10,82	1,51	0,53	1,22	3,19	6,95	25,87	25,89

Tabela 1.12. Srednjemesečni proticaj Orehovskog potoka za period 1996 - 2012 godine (Služba za odvodnjavanje Rudnika Suvodol)

mesec godina	PROTICAJ Q (l/s)												Qsr.god (l/s)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1996	-	112,4	117,8	158,6	108,5	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	54,3	47,68
1997	52,6	36,6	97,1	-	-	15,6	0,0	0,0	0,0	-	-	-	12,44
1998	-	-	-	-	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	0,22
1999	112,01	124,47	116	88,39	28,52	6,87	1,53	0,78	-	-	11,09	16,74	32,87
2000	19,49	62,27	129,49	57,81	23,33	3,17	-	-	-	2,95	5,18	7,19	24,28
2001	9,66	11,12	5,82	22,34	10,25	0,83	-	-	-	-	-	-	5,00
2002	15,06	14,05	67,43	85,09	41,95	7,97	1,44	-	50,04	63,39	36,58	95,93	39,91
2003	174,33	140,85	89,33	163,06	50,8	27,72	2,29	1,65	-	15,99	18,62	26,75	59,28
2004	94,79	122,89	55,87	48,22	35,89	53,56	6,91	-	-	-	16,03	20,01	37,85
2005	43,85	113,56	168,22	115,36	25,46	15,61	-	-	-	-	-	-	40,17
2006	56,58	109,32	184,33	106,67	94,84	19,71	-	0,22	-	-	-	-	47,64
2007	9,46	17,20	18,70	15,27	5,93	15,35	0,17	-	-	-	19,12	29,18	10,87
2008	33,93	32,75	26,9	72,52	22,74	2,67	-	-	-	3,15	5,83	19,94	7,80
2009	19,42	79,48	65,67	80,84	33,03	9,3	6,95	-	-	-	31,93	95,86	13,71
2010	83,45	173,5	244,4	215,1	91,51	30,36	4,56	0,18	-	-	47,95	150,6	21,41
2011	97,14	110	81,26	65,06	90,8	35,91	3,8	-	-	-	2,58	5,49	17,26
2012	25,79	56,87	174,7	134,1	140,4	45,69	3,12	-	-	9,01	12,31	58,95	4,74
Q min	9,46	11,125	5,82	15,27	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,177	7,186	4,72
Qmah	174,33	173,5	184,33	163,06	108,5	53,56	6,91	1,65	50,04	63,39	36,58	95,93	92,65
Q sr	37,51	77,49	67,22	50,64	25,18	10,16	0,73	0,16	2,94	4,84	7,11	14,71	24,89

Za potrebe proračuna 100-godišnjih velikih voda Suvodolske reke (Pirson III zakon raspodele) i njihovog uticaja na Suvodolsku akumulaciju, urađen je šematizovani hidrogram (Jovanov, 1999) koji je od posebnog značaja u planiranju odbrane od ovih voda (slika 1.19).

Prema pomenutom šematizovanom hidrogramu 100-godišnjeg oticaja sa sliva Suvodolske reke i ukupnoj bazi hidrograma od 12 časa, za zapreminu oteklih voda od $1.650.200 \text{ m}^3$ treba planirati mere odbrane od iznenadnih prodora voda u površinski kop.



Slika 1.19. Hidrogram 100 - godišnjih velikih voda Suvodolske reke (Jovanov 2003)

Od značajnijih površinskih tokova u slivu Crne Reke, u širem području ležišta uglja nalaze se: Prilepska reka ($Q_{\text{srg}}=0,25 \text{ m}^3/\text{s}$), Šemnica ($Q_{\text{srg}}=1,90 \text{ m}^3/\text{s}$), Dragor ($Q_{\text{srg}}=1,50 \text{ m}^3/\text{s}$) i Eleška reka ($Q_{\text{srg}}=5,00 \text{ m}^3/\text{s}$).

1.6. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Dominantni morfološki oblici u širem području istraživanja su visoke planine po obodu Pelagonijske kotline (Selečka, Baba, Nidže i Ilinske planine), sa jedne strane i Pelagonijska kotlina kao zaravnjeni deo sa druge strane.

Vrhovi planinskih masiva odlikuju se nadmorskim visinama i preko 2000 m.n.m, kao što su na primer: Pelister (Baba pl.) 2601 m.n.m, Kajmakčalan (Niđe pl.) 2521 m.n.m i dr.

Od prirodnih geomorfoloških oblika, u Pelagonijskoj kotlini nalaze se crnorečka aluvijalna terasa i degradirana jezerska terasa. Među antropogene oblike dominiraju površinski kopovi kao negativne forme u reljefu i rudna jalovišta, kao pozitivne forme reljefa.

Crnorečka aluvijalna terasa zahvata prostor sa obe strane toka Crne Reke. Nadmorska visina terase kreće se od 550–600 m.n.m. Izgrađena je od aluvijalnih razno granuliranih glinovitih peskova i muljeva.

Degradirana jezerska terasa zahvata prostor između matičnih stena i neogenih sedimenata, t.j. prostor u zoni kontakta. Predstavlja početak uzvišenja Selečke planine, koja isto tako predstavlja istočnu i severoistočnu granicu ugljenog basena. Njena nadmorska visina kreće se od 600–650 m.n.m. Izgrađena je od kvartarnih sedimenata t.j. proluvijalno–deluvijalnog materijala.

Uticajem antropogenog faktora kroz eksploataciju uglja stvorene su s jedne strane depresije u reljefu - površinski kopovi rudnika uglja „Suvodol” i „Brod-Gneotino”, a sa druge strane, uzvišenja formirana odlaganjem „jalovinskog” materijala (slika 1.20 i 1.21).

Ukupna površina rudnog kopa „Suvodol” je oko 10,0 km², a maksimalna dubina je oko 80,0 m, a kod rudnika „Brod-Gneotino” ista je oko 5,0 km² sa maksimalnom dubinom preko 50,0 m.

Od geomorfoloških procesa dominantni su koluvijalni procesi (odronjavanje i klizanje terena. Od ostalih procesa treba spomenuti spiranje, jaružanje terena i sufoziju materijala.

U okviru površinskih kopova klizanje terena je česta pojava, kao posledica narušavanja stabilnosti otkopnih etaža i prodiranja podzemnih voda sa severne i severoistočne strane kopa i od podzemnih voda koje dotiču kroz i ispod tela brane u kop. Na primer, oktobra meseca 1995. godine u okviru severoistočnog dela terena (u zoni ispod Suvodolske akumulacije) skliznula je masa materijala od oko 20.000.000 m³.

Odronjavanja je takođe češća pojava koja se javlja u okiru površinskog kopa, a ista ima lokalni karakter. Odronjavanje se obično javlja pri potkopavanju etaža ili narušavanjem njihove stabilnosti.



Slika 1.20. Površinski kop rudnika uglja „Brod-Gneotino”



Slika 1.21. Odlaganje rudne jalovine sa površinskog kopa „Brod-Gneotino”

Spiranje i jaružanje terena, je proces koji se javlja u okviru obodnih delova terena sa severoistočne i istočne strane ležišta t.j. po padinskim ograncima Selečke planine. Ovi procesi su posledica slabe pošumljenosti terena i uticaja povremenih vodenih tokova bujičnog karaktera.

Sufozija materijala, je proces ispiranja materijala koji se javlja po etažama površinskog kopa. Proces nastaje kao rezultat dejstva podzemnih voda koji ističu po otvorenim etažama kopa i sa sobom iznose materijal (sitnozrnasti do prašinasti peskovi). To je proces koji se uglavnom javlja usled neadekvatnog odvodnjavanja rudnika.

1.7. GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

1.7.1. Pregled ranijih geoloških istraživanja

Na ovom prostoru geološka istraživanja izvode se sa manjim prekidima (obično u vreme ratova), od početka 20–tog veka do danas. Hronologija istraživanja je sledeća:

J. Cvijić (1902, 1903 i 1906) u svojim radovima daje tektonsku skicu za ovaj deo terena. Uvodi pojam helenida, vrši izdvajanje osnovnih geomorfoloških i geoloških jedinica. Pored toga, bavi se kristalastim stenama Pelagonijskog masiva, pri čemu izdvaja gnajseve, mikašiste, mermere i druge nisko metamorfne stene kao najstarije stene.

G. Bončev u svojim radovima (1920) daje mineraloški i petrografski opis metamornih i magmatskih stena i izdvaja pojedinačno raznovrsne gnajseve, mikašiste i granitoidne stene.

N. Nikolov (1921) publikuje prve podatke o kristalografsko–optičkim karakteristikama i o hemijskom sastavu distena. Osim toga, daje i opis pojedinih stena koje učestvuju u građi Selečke planine.

Posle drugug svetskog rata geološka istraživanja na ovom prostoru se intenziviraju i usmeravaju na rešavanje fundamentalnih geoloških problema i otkrivanje ležišta mineralnih sirovina.

M. Ilić (1953) vrši petrološko-mineraloška ispitivanja pegmatita i sa njima povezane korisne minerale na Selečkoj planini.

- K. Kolman i N. Izmailov (1951) izvode geološko kartiranje terena u slivu Crne Reke.
- Lj. Barić (1956) ispituje distene kod Selečke planine, a 1974 kalcijumsko–feltspadske fenoblaste i granitoide kod sela Brnik.
- R. Stojanov (1955–1956 i 1958) bavi se izučavanjem distena na Selečkoj planini, a tokom geoloških istraživanja 1960. godine, na ovom prostoru izdvaja više varijeteta gnajseva, mikašista, amfibolitske i granitoidne stene.
- M. Arsovski (1960) godine, izdvaja Pelagon kao horst–antiklinorijum sa dominacijom brahiformnih periklinalnih struktura izgrađenih od visoko metamornih prekambrijskih stena.
- M. Protić (1963) godine u jugozapadnom delu Selečke planine izdvaja škriljce nižeg kristaliniteta (filitične škriljce iz facije zelenih škriljaca) i škriljce višeg kristaliniteta (gnajseve, mikašiste i amfibolitske stene).
- M. Teofilović (1966) godine, vrši istraživanja u južnom delu Pelagona ukazujući na postojanje alpskih struktura duž zapadnog ruba Vardarske zone i istočnog ruba Pelagona.
- M. Karajovanović i T. Ivanovski (1979) izvode geološko kartiranje terena za potrebe izrade Osnovne geološke karte listova Bitolj i Lerin u razmeri 1:100.000.
- N. Dumurđanov i saradnici (1981) tokom izrade listova Vitolište i Kajmakčalan u razmeri 1 : 100.000 daju konkretne geološke i strukturno tektonske podatke ovog dela Pelagonijskog basena i šire okoline.
- A. Ivanovski i saradnici u periodu 1981-1988 godine vrše obimna geološka istraživanja šireg prostora „Živojno-Germijan-Crna Reka” za potreba preategorizacije i povećanja rudnih rezervi krovinskih ugljenih slojeva.
- B. Andreevski (1995) pored ispitivanja kvalitativno-kvantitativnih parametara ležišta uglja u Pelagonijskom basenu, bavi se i uslovima zaštite životne sredine.
- M. Arsovski (1997) u knjizi „Tektonika Makedonije” pri opisu neotektonskih depresija Pelagonijsku depresiju predstavlja kao najkrupniji graben ispunjen molasnom ugljanom formacijom, naročito u Bitoljskom delu Pelagonije. Pored toga što daje osnovne podatke o litološkim formacijama, opisuje i tri lokaliteta bogata ugljem.

N. Đorđević i J. Lazarevski (1998) reinterpetacijom podataka o rasednoj tektonici, metodom kulisnog blok dijagrama uradili su tektonsku kartu ležišta „Brod-Gneotino” i „Živojno”.

A. Marinov i saradnici (2001) vrše geološka istraživanja za potrebe klasifikacije i kategorizacije rezervi uglja ležišta “Brod-Gneotino”.

N. Dumurđanov i saradnici (2008) iznose podatke o genezi, litostratigrafiji neogenetskih i pleistocenskih basena u Makedoniji.

L. Ivanovski i saradnici (2012) vrše geološka i hidrogeološka istraživanja za potrebe klasifikacije i kategorizacije rudnih rezervi i daje opis strukturno tektonskih karakteristika ležišta uglja „Živojno“

L. Ivanovski i saradnici (2012) daju prikaz rezultata izvedenih geoloških istraživanja sa izvršenim proračunom rudnih rezervi uglja ležišta „Živojno“.

1.7.2. Prikaz litostratigrafskih jedinica

Šira okolina neogenog ugljenog basena izgrađena je od prekambrijumskih kristalastih stena i kenozojskih i kvartarnih sedimenata (prilog 1).

Prekambrijum

Prekambrijumski kompleks stena predstavlja najstarije otkrivene tvorevine na ovom prostoru i ujedno čini paleoreljef Pelagonijskog ugljenog basena. Predstavljen je serijom gnajseva i mikašista, amfibolitima, amfibolitskim škriljcima i granitima.

Škriljavost gnajseva raste odozdo nagore, pri čemu u dubljim delovima su slabije uškriljeni dok u pripovršinskim delovima su jako uškriljeni sa jasno izraženom folijacijom.

Po mineraloško–petrografskim i strukturnim karakteristikama izdvaja se više varijeteta gnajseva:

- okcasti amigdaloidni dvoliskunski gnajsevi (Gmb),
- trakasti muskovit biotitski gnajsevi (Gmb) i
- trakasti muskovitski gnajsevi (Gm).

Gmb - Okcasti amigdaloidni dvoliskunski gnajsevi

Ove stene se obično javljaju u trakasto dvoliskunskim i muskovitskim gnajsevima i skoro uvek su praćene ili su u blizini sa porfiroidnim granodioritima. Prelaz prema pomenutim gnajsevima je nejasan i postepen, kao i prema porfiroidnim granodioritima, posebno tamo gde je intenzivnija feldspatizacija. Genetski, oni su povezani sa intruzijama porfiroidnih granodiorita i predstavljaju tip metasomatskih gnajseva. Nastali su kao rezultat intenzivne kalijske feldspatizacije koja se javlja u okolnim stenama granodioritskih intruzivnih tela.

U blizini kontakta sa granitima, feldspatizacija je izraženija na mestima gde se mikroklin javlja u krupnijoj idiomorfnoj formi, a dalje od kontakta u sitnijoj okcastoj formi.

Gmb - Trakasto muskovit biotitski gnajsevi

Razvijeni su u dubljim nivoima gde se javljaju u neposrednoj blizini granodioritskih masa. Po boji su sivi, srednje do krupnozrni sa lepidogranoblastičnom strukturom i trakastom teksturom. Trakasta tekstura je rezultat feldspatizacije koja je metasomatskog porekla.

Javljaju se u vidu traka, osim dela feldspadskih masa u gnajsevima i dela u biotitima, koji su metasomatskog porekla i koji se javljaju u većim koncentracijama i to samo u prikontaktnim delovima sa granodioritskim intruzijama ili u intenzivno feldspatiziranim zonama.

Gm - Trakasto muskovitski gnajsevi

Ova grupa gnajseva gradi postupan prelaz prema prethodno pomenutim gnajsevima i mikašistima. Kao po pravilu, razvijeni su u zoni prelaza dvoliskunskih gnajseva prema mikašistima. Na kontaktu sa mikašistima zadobijaju leptinolitni karakter. Strukturno–teksturne karakteristike, kao i mineraloški sastav, ukazuju na to da su i ovi gnajsevi pretrpeli određene metasomatske promene no slabijeg intenziteta. Ovo se javlja zbog toga što su zastupljeni u gornjim nivoima gde nema većih granodioritskih intruzija.

Po boji su sivi do sivobeli, sitno do srednozrnaste stene sa trakastom teksturom i lepidogranoblastičnom strukturom.

Mikašistna serija

Mikašisti na ovom prostoru zaležu konkordantno preko gnajseva. Prelaz između ovih metamorfita je postupan. Često se javlja smenjivanje slojeva gnajseva i mikašista. Slojevi i prosljoci mikašista nalaze se unutar gnajnsne serije, što ukazuje da gnajsevi i mikašisti su nastali procesom metamorfoze ranije taloženih sedimenata, koji pripadaju istom geosinklinalnom ciklusu.

Visokog su stepena kristaliniteta sa jasno izraženom slojevitošću i škriljavošću. Folijacija je istog smera kao i kod gnajseva, sa kojima su često zajedno nabrani. Ose nabora prate folijaciju i protežu se u pravcem SSZ-JJI i SI-JZ. U zavisnosti od mineralošskog sastava u seriji mikašista sreću se:

- SQ–granat staurolitski mikašisti,
- Scy–granatsko distenski mikašisti,
- A–amfiboliti i amfibolski škriljci i
- $\gamma\delta$ –masivni srednje do krupnozrni granodioriti.

SQ–Granat staurolitski mikašisti.

Imaju značajnije rasprostranjenje u severoistočnom i istočnom delu istražnog područja. To su krupno liskunoviti sivi, sitno nabrani do plisirani. Ove stene su trošne, a površinske partije imaju smeđu i žuto-smeđu boju, kao posledicu raspadanja minerala bogatih gvoždem.

Scy–Granatsko distenski mikašisti.

To su krupno liskunoviti, dosta uškriljeni, nabrani do plisirani, a po boji sivi mikašisti. Na ovom prostoru imaju malo rasprostranjenje.

A–Amfiboliti i amfibolski škriljci.

Javljaju se u različitim nivoima gnajns–mikašistne serije, unutar gnajseva i na prelazima između gnajseva i mikašista. Amfiboliti po boji su svetlo do tamno zeleni, sitno do krupnozrni, uglavnom uškriljeni a ređe masivni.

Amfibolitski škriljci javljaju se u okviru amfibolita kao odvojene tanke trake. Karakterišu se povećanim sadržajem kvarca i albita, intenzivno su uškriljeni i lokalno prelaze u amfibolitske gnajseve.

γδ–Masivni srednje do krupnozrni granodioriti.

Sreću se u vidu blokova različitih dimenzija, od nekoliko metara do nekoliko kilometara. Po boji su sivi do tamnosivi, srednje do krupnozrni sa hipidiomorfnom zrnastom strukturom i masivnom teksturom.

Kenozoik

Kenozoik istražnog područja predstavljen je neogenim i kvartarnim sedimentima.

Neogen(Ng)

Ima veliko rasprostranjenje u okviru istražnog terena a i šire u Pelagonijskoj kotlini, gde je predstavljen srednje i gornje–pliocenskim sedimenatima (Pl_{2,3}). Ovi sedimenti zaležu transgresivno preko prekambrijumskih stena (gnajseva i mikašista). Počinju bazalnim šljunkovima, peskovima i glinama debljine oko 10 m. Preko njih su nataloženi sivi do sivozeleni fino stratifikovani slojevi i proslojci peska, peskovitih glina, alevrolita i glina u naizmeničnom smenjivanju. Isti postepeno isklinjavaju u planu i profilu. Debljina pomenutih sedimenata u okviru Suvodolskog ugljenog basena je promenljiva i u zavisnosti od morfologije paleoreljefa kreće se od nekoliko pa do 250 m (*Andreevski, 1955*).

U pliocenskoj seriji javlja se više slojeva i proslojaka uglja, različite debljine i dubine zaleganja. Ugljevi su konstatovani na više lokaliteta, od kojih su najznačajniji Živojno, Gneotino i Suvodol.

Q–Kvartar

U Pelagonijskom ugljenom basenu kvartarne tvorevine su predstavljene proluvijalnim, deluvijalnim i aluvijalnim sedimentima.

Pr–Proluvijalni sedimenti, imaju najveće rasprostranjenje u krajnjim obodnim delovima Pelagonijske kotline i to u njenom jugoistočnom i južnom delu. Debljina im je veoma promenljiva i kreće se 1,0–2,0 m u obodnim delovima do oko 50 m u centralnim delovima. Izgrađuje ga nesortirani glinovito–peskovit materijal sa samcima i blokovima od stena koje izgrađuju obod kotline.

d–Deluvijalni sedimenti, za razliku od proluvijalnih sedimenata, imaju znatno manje rasprostranjenje. Kao i proluvijalni i ovi sedimenti se javljaju u obodnim delovima

kotline. Debljina im je promenljiva i kreće se od 1,0–5,0 m, izuzetno i više. Sastav deluvijuma je promenljiv u zavisnosti od mesta stvaranja.

al–Aluvijalni sedimenti, javljaju se duž toka Crne Reke i njenih pritoka Šemnice, Dragora, Eleške i Suvodolske reke. Debljina im je promenljiva i kreće se od 5,0–25,0 m u aluvijonu Crne Reke, do oko 7,0 m u aluvijonu Suvodolske reke. Ovi sedimenti izgrađeni su od slabosortiranih alevrolitskih peskova, alevritsko–glinovitih peskova, alevrita i krupnozrnih šljunkova.

1.7.3. Tektonske karakteristike

U tektonskom pogledu, šire područje istraživanja pripada Pelagonijskom horst antiklinorijumu poznatom kao Pelagon (*Arsovski, 1997*). On se sa istočne strane graniči sa Vardarskom zonom, a sa zapada i severa Zapadno–Makedonskom tektonskom zonom. Proteže se submeridijalno južno od Skoplja po dužini od oko 120 km i širini oko 40 km. Njegovi jugozapadni delovi pokriveni su sedimentima Pelagonijske kotline, koja predstavlja uzdužnu depresiju (prilog 2). Pelagonijski masiv zahvata površinu od oko 4000 km², što je oko 16 % od ukupne teritorije Makedonije.

Južni deo Pelagona je asimetričan, sa izdignutim zapadnim krilom. U njemu su zastupljene mnogobrojne plikativne strukture submeridijalnog pravca pružanja sa povijanjem u severnim delovima prema severoistoku. Srednji delovi pretežno su izgrađeni od granodioritskih masa, tako da je ovaj deo Pelagona izdignutiji, t.j. dublje je erodovan.

Dominantnu ulogu u građi Pelagona ima grenvilski kompleks. Osnovni strukturni elementi formirani su grenvilskom orogenezom, a u pojedinim delovima ima indikacija na značajnu aktivnost bajkalske orogeneze. Odnosi struktura Rifej–kambrijskog sa prekambrijskim kompleksom, ukazuje na to da su procesi navlačenja duž regionalnih navlaka bili veoma izraženi u bajkalskoj orogenezi, a možda i da se radi o reaktiviranim strukturama za vreme grenvilske orogeneze. U južnom delu Pelagona, izdvojene su sledeće dominantne strukturne forme: Makovska i Kajmakčalanska antiklinala, Slivničko, Pološka i Brničko–Đaulska sinklinala (*Arsovski, 1997*).

Makovska antiklinala, proteže se u meridijalnom pravcu na dužini od oko 35 km. Na jugu se može pratiti dolinom Crne Reke sve do sela Suvodol, za razliku od severnog

dela koji je pokriven neogenim sedimentima. Prema severu, osa antiklinale skreće u pravcu severoistoka i završava u predelu kod sela Makovo. Ima dobro izražen periklinalni deo izgrađen od mikašista. Centralni delovi antiklinale izgrađeni su od gnajseva, dok krila izgrađuju mikašisti, amfiboliti i amfibolski škriljci. U celini, ova plikativna struktura karakteriše se simetričnim krilima, sa padovima folijacije koji variraju od 60° – 80° . Južni deo Makovske antiklinale u dolini Crne Reke slabo je izražen, s obzirom da je pokrivena neogenim sedimentima. U ovom delu, dejstvom lokalnih raseda, antiklinala je izlomljena na sekundarne blokove.

Kajmakčalanska antiklinala, konkretno, njen severni deo proteže se na teritoriji Makedonije, dok se preostali deo proteže na teritoriju Grčke. Južno od doline Crne Reke, antiklinala je izražena svojim severnim periklinalnim delom sa osom orijentisanom u pravcu S–SZ. Njen šarnir proteže se u istom pravcu i tone pod uglom od 15° stepeni. Građa antiklinale je asimetrična, ista je sa strmijim padovima zapadnog krila, oko 60° i blažim padovima istočnog krila, oko 30° . Istočno krilo antiklinale prema severoistoku intenzivno ondulira i predstavlja sistem sekundarne plikativne forme, koje su navele pojedine istraživače da ovo područje izdvoje kao sinklinorijum lokalnog značaja.

Slivnička sinklinala, nalazi se istočno od Makovske antiklinale. Proteže se u submeridijalnom pravcu, od Grčke granice na jugu, preko doline Crne Reke prema severu. Osa sinklinale je ukupne dužine oko 25 km. Dejstvom lokalnih poprečnih i longitudinalnih raseda izlomljena je na manje blokove u kojima padovi folijacije su jako izražene.

1.7.4. Geološka građa ležišta uglja

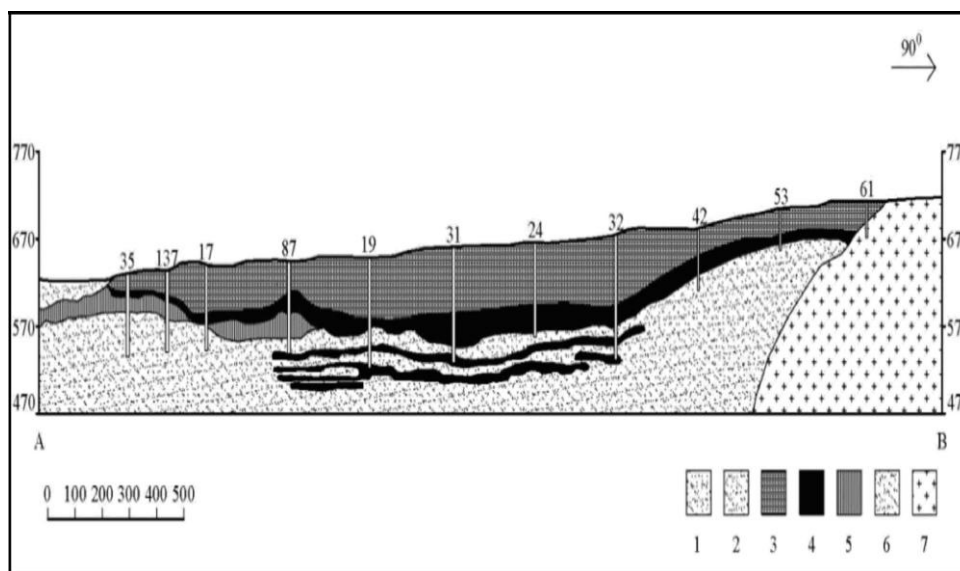
Ležišta uglja formirana su u okviru neogenih sedimenata Pelagonijske kotline (prilog 1) u jezerskim uslovima sedimentacije u zoni kontakta sa prekembrijumskim kristalastim stenama.

1.7.4.1. Ležište uglja „Suvodol“

U građi ležišta uglja “Suvodol” i njegove neposredne okoline učestvuju sledeće geološke formacije (slika 1.22):

- prekambrijumske kristalaste stene,
- neogeni i
- kvartarni sedimenti.

Prekambrijumske kristalaste stene (gnajsevi i mikašisti) su najstarije stene u ovom području. Izgrađuju paleoreljef i obod neogenog ugljenog basena. Gnajsevi su predstavljeni sa više varijeteta (okcasto-amigdaloidni dvoliskunski gnajsevi - Gmb i trakasto–muskovitski gnajsevi - Gm). Mikašisti su predstavljeni granat-staurolitskim (Sq) i granatsko–distenskim mikašistima (Scy). Pomenute stene okružuju Suvodolsko ležište sa severne, severoistočne i istočne strane.



Slika 1.22. Glavni ugljeni sloj u eksploataciji Suvodolskog ležišta (Andreevski, 1995)
Legenda: 1-žučkasti raznogranulisani peskovi i šljunkovi, 2-sive prašine i peskovi, 3 - zeleno-sive gline, 4-ugljeni sloj, 5-podinski peskovi, prašine i ugljevite gline, 6-zeleni podinski peskovi i prašine, 7-gnajs

Neogen (Ng) - predstavljen je srednje i gornjepliocenskim sedimentima (Pl_{2,3}). Starost sedimenta određena je na osnovu pronađenih ostataka sisarske faune i flore (Dumurđanov i saradnici, 1976). Sedimenti transgresivno zaležu preko stena paleoreljefa (gnajsevi i mikašisti). Taloženi su u priobalnim delovima u uslovima jezerske sedimentacije. Na osnovu litološkog sastava i determinacije ostataka flore i faune, izvršeno je rasčlanjavanje neogena na nekoliko litostratigrafskih članova.

Srednji pliocen Pl₂ (donjopaludinski slojevi)

Donjopaludinski slojevi su najstariji litološki članovi neogena. Izgrađuju bazalne delove ležišta "Suvodol". Čine ih sivozelene gline, prašinsto do sitnozrni sivi peskovi i ugalj.

Ugalj se javlja u vidu tankih proslojaka i sočiva i fragmenata od organskih materija. Peskoviti slojevi u pojedinim delovima delimično su zaglinjeni. Kod svih litoloških članova uočljivo je naizmenično smenjivanje po dubini. Debljina im je veoma promenljiva u zavisnosti od morfologije paleoreljefa basena. U zapadnom delu ležišta njihova debljina dostiže 150,0 m.

Gornji pliocen Pl_3^1 - (srednjepaludinski slojevi)

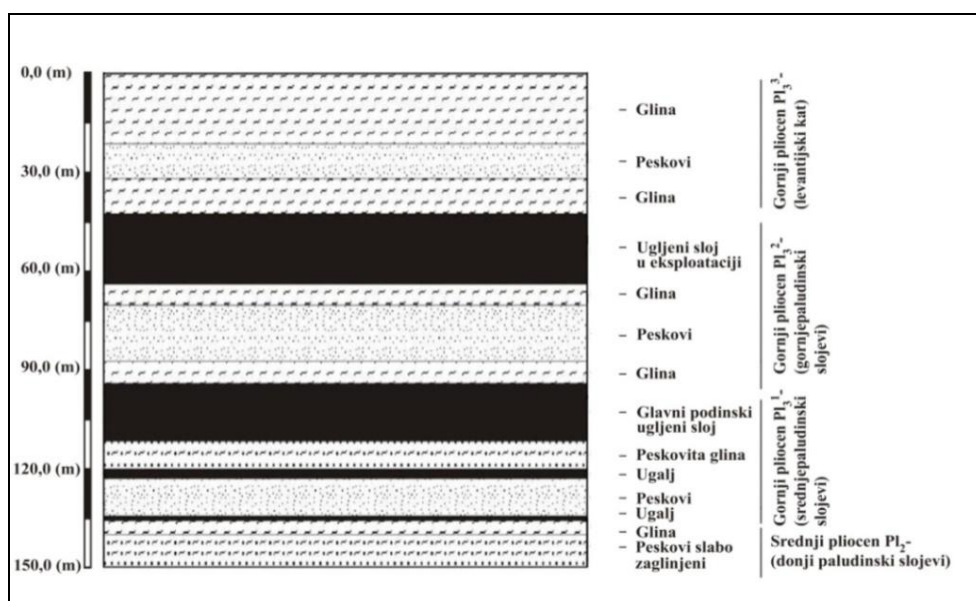
Srednjepaludinski slojevi imaju kompletno razviće u okviru neogenih sedimenata ležišta "Suvodol". U okviru njima u centralnom delu ovog ležišta formirani su podinski ugljeni slojevi.

Gornji pliocen Pl_3^2 - (gornjepaludinski slojevi)

Tokom formiranja gornjepaludinskih slojeva nastaje i međuslojna „jalovinska“ serija i glavni ugljeni sloj koji je trenutno u eksploataciji. Serija je veoma heterogena u planu i profilu.

Međuslojna "jalovinska" serija zahvata prostor između glavnog ugljenog sloja koji je u eksploataciji, glavnog podinskog i sledeća dva ugljena sloja po dubini sa podinskog ugljenog kompleksa (slika 1.23). Izgrađuju je tamnosive i ugljevite gline, siva glinovita prašina, srednjezrni i sitnozrni do prašinsti sivi peskovi, promenljive debljine: 2,0-8,0 m (glinoviti slojevi) i 1,0-48,0 m (peskoviti slojevi).

Glavni podinski ugljeni sloj raspolaže ukupnim geološkim rezervama od 80×10^6 tona. Prostor između ugljenih slojeva i proslojaka uglja, izgrađuju gline, ugljevite gline, sitnozrni do srednjezrni i zaglinjeni peskovi u vidu slojeva, proslojaka i sočiva.



Slika 1.23. Vertikalni raspored litoloških članova u neogenom kompleksu ležišta uglja "Suvodol"

Glavni ugljeni sloj u eksploataciji ima kontinualno rasprostranjenje promenljive debljine (1,5-58,0 m). Ugljeni sloj (slika 1.24) je uglavnom homogen, osim u severnom i južnom delu ležišta (slika 1.22). Ukupne geološke rezerve ovog ugljenog sloja iznose oko 144×10^6 tona uglja.



Slika 1.24. Glavni ugljeni sloj u eksploataciji rudnika uglja "Suvodol"- Bitolj (Foto: Georgijevski, 2011)

Gornji pliocen (levantijski kat)

Sedimenti levantijskog kata predstavljeni su sivim glinama i glincima promenljive debljine (3-20 m). Čine neposrednu krovinu glavnog ugljenog sloja koji je u eksploataciji, a ujedno predstavljaju i kraj razvoja neogene serije.

Kvartar (Q)

Sedimenti kvartara leže preko gornje pliocenskih sedimenata. Predstavljeni su deluvijalnim (d) i aluvijalnim sedimentima (al).

Deluvijum (d)

Deluvijalni sedimenti imaju začajno rasprostranjenje u istražnom području. Čine ih crvene gline pomešane sa oblucima od kvarca i okolnih stena, fino-zrni peskovi, prašina i ređe šljunkovi. Debljina im je mnogo promenljiva, od 1,0 m u obodnim delovima pa do maksimum 20,0 m u centralnim delovima, što zavisi od morfologije terena.

Aluvium (al)

Predstavlja najmlađe sedimente koji učestvuju u građi ovog ležišta. Ima relativno malo rasprostranjenje u dolini Suvodolske reke. Izgrađuju ga peskovi i šljunkovi različite granulacije, mestimično sa kvarcnim samcima, kao i prašnasti do muljeviti sedimenti sa debljinom od 1,0 m do maksimum 5,0 m.

1.7.4.2. Ležište uglja „Brod-Gneotino“

Kao integralni deo Pelagonijskog tercijarnog basena, ležište uglja „Brod-Gneotino“ sa aspekta geološke građe nosi sve karakteristike vezane za sedimentacione sredine basena, t.j. ležišta uglja "Suvodol" i "Živojno".

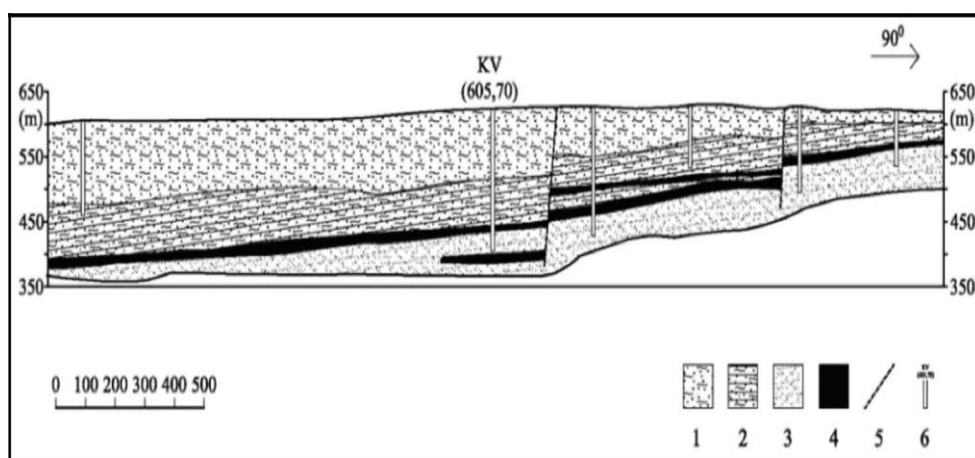
Preko prepaleozojskih gnajseva i mikašista, kvarc-grafitičnih škriljaca, filita i argilošista, transgresivno zaležu neogeni sedimenti (*Andreevski, 1995*). U vertikalnom profilu u neogenih sedimenata ležišta uglja „Brod-Gneotino“ izdvajaju se:

- bazalna (podinska facija),
- produktivna ugljonosna formacija i
- krovinski sedimentni kompleks (slika 1.25).

Bazalna (podinska) facija, odlikuje se debljinom sedimenata preko 100 m. Transgresivno zaleže preko matičnih staropaleozojskih stena. Čine je sivo-zeleni peskovi različite granulacije, šljunkovi i gline, koji se facijalno menjaju po vertikali i horizontali. Najviši nivo bazalne facije predstavljen je produktivnom ugljenom facijom koja predstavlja heterogen sedimentni kompleks, sastavljen od sivo-zelenih prašinih peskova različite granulacije i velikog broja ugljenih slojeva između njih (*Aleksandrov i saradnici, 2001*).

Facija raznogranuliranih prašinih peskova ima karakter međuslojne „jalovine”, koja je interstratifikovana između ugljenih slojeva, mada su često prisutne i u njihovom krovinskom delu. Kumulativna debljina međuslojne „jalovine” kreće se u granicama od 0,5-30,7 m.

Ukupna debljina ugljene formacije iznosi od nekoliko desetina santimetara do maksimalnih 121,3 m. Po dubini zaleganje ugljene formacije je u granicama 7,8-222,8 m. Debljina ugljenih slojeva kreće se od 0,40-17,20 m, sa prosečnom debljinom od 8,5 m na nivou ležišta.



Slika 1.25. Karakteristični geološki profil ležišta uglja "Brod-Gneotino" (Andreevski, 1995)

Legenda: 1-peskovito-glinovita facija, 2-alevrolitski glinac, 3-podinski peskovi, 4-ugalj, 5-rased i 6-istražna bušotina.

Prema istočnom obodnom delu gde ugljeni slojevi isklinjavaju, ugljena formacija je raslojena na 8 slojeva uglja promenljive debljine (0,2-7,5 m). Prema zapadu ugljeni slojevi sa dubinom imaju tendenciju spajanja u jedan do dva ugljena sloja, čija maksimalna debljina dostiže do 11,2 m.

Krovinski sedimentni kompleks, zaleže direktno preko krovine ugljene formacije. Predstavljen je pliocenskom facijom prašinih, sitnozrnih i srednjezrnih peskova i alevrolitsko-laporovitih glinaca.

Facija prašinih, sitno do srednjezrnih peskova, odlikuje se karakterističnom sivozelenkastom bojom. Ima kontinuitet u rasprostranjenju, a predstavlja neposrednu krovinu ugljene formacije. Odlikuje se sa promenljivom debljinom, koja se kreće u granici od 1,3-22,0 m, sa izraženom tendencijom povećanja debljine prema zapadu.

Facija alevrolitsko-laporovitih glinaca proteže se u kontinuitetu kroz celo ležište, pri čemu prema istoku isklinjava, dok se prema zapadu njihova debljina povećava do maksimalnih 100 m. U faciji glinaca imamo prisustvo finih plastičnih glina. Padni ugao litoloških članova krovinskog sedimentnog kompleksa je refleksija ugljonošne formacije t.j. paleoreljefa. Preko serije alevrolitsko-laporovitih glinaca leži kompleks pretaloženih glina i raznogranuliranih peskova, sitno do srednjezrnih peščara i konglomerata. Pretaložene gline i peskovi se usled čestih promena tokom režima sedimentacije odlikuju velikom heterogenošću, koja ne omogućava realnu interpretaciju i povezanost u horizontalnom pravcu na većim rastojanjima. U osnovi, peskovi imaju dominantnu poziciju i po granulometrijskom sastavu pripadaju grupi sitno do srednjezrnih, sa različitim stepenom zaglinjenosti i prisustvom prašine. Tako se sreće veliki broj varijeteta peskovitih prašina, prašinih peskova sa određenim stepenom zaglinjenosti.

Konstatovani konglomerati su bankoviti i kompaktni sa vezivom silikatne prirode. Moćnosti su od oko 20 m, i mogu se svrstati kao zasebna podfacija.

1.7.4.3. Ležište uglja „Živojno“

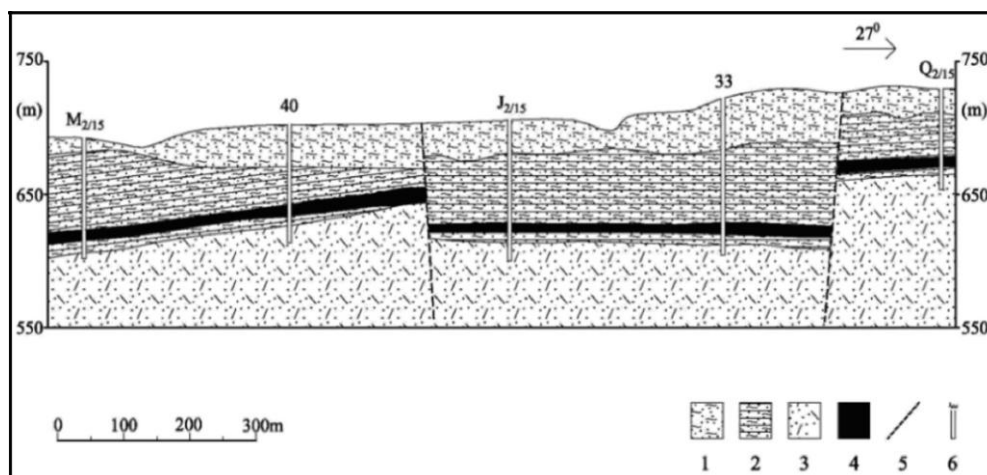
Paleoreljef ležišta uglja „Živojno“ izgrađuju gnajsevi i mikašisti, paleozojski kvarcografitični škriljci, filiti i argilošisti. Preko njih transgresivno i diskordantno leže neogeni i kvartarni sedimenti.

U okviru neogenih sedimenata izdvojene su donja facija (siva serija), izgrađena od sivih dobro stratifikovanih šljunkova, peskova, peskovitih glina, glina i alevrolita sa slojevima uglja (gornjo miocenskih sedimenata) i gornja facija (žuta serija), izgrađena

od žučkastih slabo sortiranih i slabo stratifikovanih šljunkova, peskova i suglina (pliocenskih sedimenata).

Donja facija (M_3) predstavlja osnovni bazni deo Pelagonijske kotline koja počinje sa transgresivnim materijalima t.j. šljunkovima i šljunkovitim peskovima. Iznad ovog sloja čija je debljina oko desetak metara, razvijeni su sivi do sivozeleneo dobro stratifikovani slojevi i proslojci peskova, peskovitih glina, alevrolita i glina koji se ritmično smenjuju i postepeno isklinjavaju u vertikalnom i horizontalnom pravcu. U više nivoa gornjeg dela, u okviru ove sredine, prisutni su slojevi i proslojci uglja. Na potezu između sela Živojno–Bač–Germijan i makedonsko–grčke granice, ugljeni sloj je raslojen i javlja se u okviru nekoliko horizonata, pri čemu su slojevi manjih debljina. U produžetku prema SSZ između sela Brod i rudnika Suvodol konkretno kod sela Vranjevci debljina ugljenog sloja dostiže i do 50 m.

Produktivna ugljena serija sa slojevima i proslojcima uglja zahvata najviši nivo zeleno–sive podinske serije (slika 1.26). Debljina joj se kreće u granicama od 25,0–30,0 m, mestimično i više. U donjim nivoima serije ugljeni sloj je dosta raslojen (1–5 pa i više ugljenih slojeva), dok je u gornjem nivou produktivne serije ugljeni sloj kompaktni i ima kontinuitet u prostiranju po celom ležištu, sa prosečnom debljinom sloja od 4,0–8,0 m.



Slika 1.26. Karakterističan geološki profil ležišta uglja „Živojno“ (B. Andreevski, 1995)
 Legenda: 1-peskovito-glinovita facija, 2-alevrolitski glinac, 3-pesak i prašina, 4-ugalj, 5–
 istražna bušotina.

Gornja facija (P1), leži direktno preko gornje miocenskih sedimenata. Izgrađena je od svetlo sivih i žutih slabo sortiranih i slabo stratifikovanih šljunkova, prašina, peskova i sugline. U nižim delovima zastupljeni su dobrostratifikovani i dobrosortirani sedimenti

svetlosive boje (beli alevroliti-trepel kao i dobro stratifikovani fino peskoviti a na pojedinim mestima i dobro zaglinjeni alevroliti). U višim nivoima uglavnom su rasprostranjeni žućkasti šljunkovi, šljunkoviti peskovi, alevroliti, peskovi i sugline. Gornja facija predstavlja produžetak sedimentacije donje facije. Njena debljina u velikoj meri zavisi od morfologije terena, strukturno tektonskih karakteristika kao i stepena erozionih procesa.

U blizini s. Živojno pronađeni su ostaci sisara *Tapirus priskus var. macedonica* kojom se potvrđuje pliocenska starost ovih sedimenata (*Dumurdanov i saradnici, 1976*).

Jezerški sedimenti u pojedinim delovima terena pokriveni su kvartarnim naslagama (Q). Imaju malu debljinu (do nekoliko metara) i predstavljeni su deluvijalnim (d), proluvijalnim (Pr) i aluvijalnim sedimentima (al). Izgrađeni su od glinovitog, peskovitog, padinskog i rečnog materijala i pomešani su sa nezaobljenim ili slabozaobljenim komadima i blokovima raznih stena koje izgrađuju okolini terena.

2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PELAGONIJSKOG BASENA I NEPOSREDNOG OBODA

Hidrogeološke karakteristike južnog i jugoistočnog dela Pelagonijske kotline definisane su na osnovu rezultata obimnih istraživanja izvođenih za različite potrebe. Konkretno, istraživanja su izvođena za potrebe izrade hidrogeološke karte, regulacije rečnog korita Crne Reke, vodosnabdevanja naselja i rudarskih objekata, odvodnjavanja rudarskih radova i eksploatacije ugljokiselih mineralnih voda.

2.1. PRIKAZ RANIJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Hidrogeološka istraživanja ovog dela Pelagonijske kotline započinju neposredno po završetku drugog svetskog rata. Bila su usmerena na rešavanje problema vodosnabdevanja naselja i navodnjavanja poljoprivrednih površina. U početnoj fazi, ona su se pretežno svodila na formiranje katastra značajnijih pojava podzemnih voda, merenje veličine izdašnosti izvora i nivoa podzemnih voda.

Tokom 70-tih godina stručnjaci Geološkog Zavoda iz Skoplja vrše hidrogeološka istraživanja u slivu Crne Reke za potrebe odvodnjavanja, kao i regulacije samog korita Crne Reke.

I. Lončar i sradnici (1973-1977) izvode hidrogeološka istraživanja za potrebe odvodnjavanja rudnika uglja "Suvodol". Pored hidrogeološkog kartiranja terena koje je rezultiralo izradom detaljne hidrogeološke karte razmere 1:10.000 i olete hemijskog sastava podzemnih voda, izvedeno je i hidrogeološko bušenje. Izbušeno je više istražnih bušotina i probno-eksploatacionih bunara. Generalno, ova istraživanja imala su za cilj definisanje uslova odvodjenosti i hidrogeoloških parametara sredine, a sve u cilju dobijanja neophodnih podloga za potrebe odvodnjavanja ležišta.

Za potrebe vodosnabdevanja rudarskog kompleksa I. Lončar (1976–1977), izvodi hidrogeološka istraživanja u ataru sela Aglarci. Izvedene su tri hidrogeološke istražne bušotine, a njihovim testiranjem definisani hidrogeološki parametri ispitivanih vodonosnih sredina. Pored toga, izveden je i jedan eksploatacioni bunar koji je svojom izdašnošću u potpunosti zadovoljio potrebe rudnika.

Kasnija hidrogeološka istraživanja u okviru ležišta izvode se sa manjim prekidima, shodno problemima koji su se javljali u toku eksploatacije ležišta ili za potrebe izrade elaborata o rezervama uglja.

S. Tanev i saradnici (1984) u području ležišta „Živojno” izvode 18 pijezometarskih bušotina, na kojima uspostavljaju monitoring nivoa i kvaliteta podzemnih voda.

Č. Petrović (1985) vrši hidrogeološka istraživanja za potrebe prekategoriizacije rudnih rezervi glavnog ugljenog sloja koji se eksploatiše, kao i osnovna hidrogeološka istraživanja za potrebe definisanja hidrogeoloških uslova podinske ugljene serije. Za ove potrebe izbušeno je ukupno 40 istražnih bušotina, od kojih je 11 bušotina opremljeno pijezometarskim konstrukcijama.

S. Tanev (1988) vrši hidrogeološko kartiranje šireg prostora ugljenog ležišta "Brod-Gneotino" u razmeri 1:25.000. Istraživanjem je obuhvaćena i izrada 29 hidrogeoloških bušotina od kojih je su 15 opremljene pijezometarskim konstrukcijama. Pet pijezometara ugrađeno je u krovinski, a deset u podinski vodonosni horizont.

E. Micevski i K. Jovanov (1990–1993) vrše hidrogeološka istraživanja za potrebe izrade Elaborata o prekategoriizaciji rudnih rezervi glavnog ugljenog sloja koji je u eksploataciji, i za potrebe otvaranja useka u okviru podinske ugljene serije kao i osnovna hidrogeološka istraživanja za prekategoriizaciju podinske ugljene serije. Za ove potrebe izvedeno je više od 20 istražnih bušotina.

A. Tasevski i saradnici (1991) u području „Brod-Gneotino“, vrše istraživanja tokom izvođenja istražno-eksploatacionog useka. Istraživanjima je obuhvaćeno i bušenje 4 istražne bušotine, hidrogeološko kartiranje u razmeri 1:500, izrada granulometrijskih hemijskih analiza podzemnih voda.

V. Tasevski (1992) vrši detaljna hidrogeološka istraživanja na prostoru između poprečnih profila 13 i 16 i između podužnih profila VIII i X. Za te potrebe izvedeno je 29 istražnih bušotina od kojih je 5 pretvoreno u pijezometarske. Pored toga, vršeni su opiti nalivanja u bušotine, kao i hemijska ispitivanja podzemnih voda.

K. Jovanov (1995) za potrebe projektovanja sistema za odvodnjavanje podinske ugljene serije ležište uglja „Suvodol“, vrši hidrogeološka istraživanja u okviru kojih i testiranje

bunara B-8 sa pratećim piježometrima u cilju definisanja hidrogeoloških parametra sredine međuslojne izdani.

S. Donev i saradnici (1991-1996) za potrebe izrade OHGK list Bitolj i Lerin u razmeri 1:100.000, vrše hidrogeološko kartiranje terena u razmeri 1:25.000. U okviru ovog projekta vrše i hemijska ispitivanja podzemnih i površinskih voda, kao i bušenje istražnih bušotina i istražno-eksploatacionih bunara za potrebe sprovođenja odgovarajućih testova. Rezultati pomenutih istraživanja prikazani su u Tumaču za hidrogeološku kartu.

M. Jovanovski i saradnici (1996–1998) vrše hidrogeološka istraživanja u okviru Suvodolskog ležišta i to u zoni klizišta, ispod tela akumulacije Suvodol kao i u okviru severoistočnog i istočnog dela ležišta. Pored toga izvedena su i hidrogeološka istraživanja za potrebe preategorizacije rudnih rezervi u severoistočnom i istočnom delu ležišta. U okviru navedenih istraživanja urađeno je više istražnih bušotina čijim su se izvođenjem dobijeni dragoceni podaci o hidrogeološkim karakteristikama ležišta uglja "Suvodol".

E. Micevski i saradnici (2000 i 2001) vrše obimna hidrogeološka istraživanja za potrebe definisanje hidrogeoloških parametra vodonosnih sredina u okviru ležišta „Brod-Gneotino“. U ovoj fazi urađeno je hidrogeološko kartiranje terena, bušenje, kartiranje jezgra, prevođenje istražnih u piježometarske bušotine, terensko ispitivanje vodopropusnosti, ispitivanje hemijskog sastava podzemnih i površinskih voda i osmatranje nivoa podzemnih voda. Kao rezultat istraživanja urađena je detaljna hidrogeološka karta u razmeri 1 : 5.000, koja je obuhvatila 6 km². U ovoj fazi, izvedeno je ukupno 65 bušotina (strukturno-geološke, hidrogeološke i inženjerskogeološke), od kojih su 26 opremljene da budu hidrogeološke bušotine.

K. Jovanov (2003) u magistarski rad „Hidrogeološke karakteristike i uslovi ovodnjenosti ležište uglja Suvodol“ daje opis klimatskih karakteristika terena, geološke građe i hidrogeološke karakteristike neposrednog terena i samog ležišta, i uslovi koji utiču na ovodnjenosti ležišta.

K. Jovanov i saradnici (2003) za potrebe projektovanja bunarskog sistema za odvodnjavanje površinskog kopa rudnika uglja „Brod-Gneotino“ vrše hidrogeološka istraživanja u cilju definisanja hidrogeoloških parametara vodonosnih sredina. Za ove

potrebe izvedena su tri istražno-eksploataciona bunara i 18 istražnih pijezometarskih bušotina.

A. Tasevski i saradnici (2004) uspostavljaju monitoring nivoa podzemnih voda u okviru pijezometarske osmatračke mreže u području površinskog kopa Brod-Gneotino".

Za potrebe otvaranja useka tokom 2004-2005 godine izbušeno je ukupno 10 strukturnih bušotina raspoređenih pravolinijski po osovini useka: Du-12₁, Du-13, Du-13₁, Du-14, i Du-15 i paralelno sa osovinom useka: IX'-12₁, IX'-13, IX'-13₁, IX'-14, i IX'-14₁.

M. Dimov i saradnici (2005) vrše hidrogeološka i inženjerskogeološka ispitivanja podinske ugljane serije u ležištu „Suvodol“.

S. Pešovska i saradnici (2006) u okviru ležišta “Brod-Gneotino” za potrebe vodosnabdevanja trafostanice i infrastrukturnih objekata izveli su jedan istražno-eksploatacioni bunar EB-1 dubine 74 m.

A. Tasevski i saradnici (2005 i 2006) za potrebe izrade Glavnog rudarskog projekta za izgradnju spoljašnjih odlagališta, vrše geomehanička ispitivanja. Za ove potrebe izbušeno je šest istražnih bušotina sa odgovarajućim laboratorijskim i geomehaničkim ispitivanjima.

D. Petrov i saradnici (2007–2008) vrše hidrogeološka istraživanja u jugoistočnom i južnom delu Pelagonijske kotline za potrebe definisanja potencijala ugljikiselih voda i gasa CO₂.

N. Stolić (2008) u projektu o eksploataciji mineralnih voda i gasa (CO₂) daje analizu hidrogeoloških parametara eksploatacionih bušotina i terena za ležište u s. Midžitlija – Bitolja.

L. Ivanovski i S. Pešovska (2008) za potrebe zaštite površinskog kopa “Brod-Gneotino” od podzemnih voda, projektuju 12 eksploatacionih bunara.

O. Spasovski i saradnici (2009) vrše hidrogeološka istraživanja za potrebe sanacije bušotine sa ugljendioksidom u selu Midžitlija kod Bitolja.

D. Petrov (2011) vrši hidrogeološka istraživanja za potrebe proračuna rezervi mineralnih voda i gasa CO₂ ležišta „Ložišta“ u selu Logovardi kod Bitolja.

Z. Ilijovski i saradnici (2012) projektuju i izvode 19 istražno-eksploatacionih bunara za potrebe odvodnjavanje dela podinske ugljene serije ležišta „Suvodol“.

K. Jovanov i D. Todorova, (2012) u radu „Hidrogeološki karakteristiki na jaglenovoto naogjalište „Živojno“. II - Kongres na geoložite na Republika Makedonija, Kruševo, daju prikaz hidrogeoloških parametara krovinske i podinske izdani u ležištu „Živojno“.

D. Todorova i L. Ivanovski (2012) pored geoloških istraživanja vrše obimna hidrogeološka istraživanja u ležištu „Živojno“.

2.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE I ZASTUPLJENI TIPOVI IZDANI

Geološka građa terena i preovlađujući strukturni tipovi poroznosti, bili su osnov za izdvajanje tipova izdani u ovom delu Pelagonijskog neogenog basena i njegove neposredne okoline (prilog 3). Tako su u ovom području izdvojeni sledeći tipovi izdani:

- zbijen tip izdani u aluvijalnim sedimentima,
- zbijen tip izdani u neogenom kompleksu,
- pukotinski tip izdani i
- tereni siromašni izdanima.

Na osnovu hidrodinamičkih karakteristika u okviru vodonosnih sredina izdvojene su:

- izdani sa slobodnim nivoom i
- izdani sa nivoom pod pritiskom (subarteska i arteska izdan).

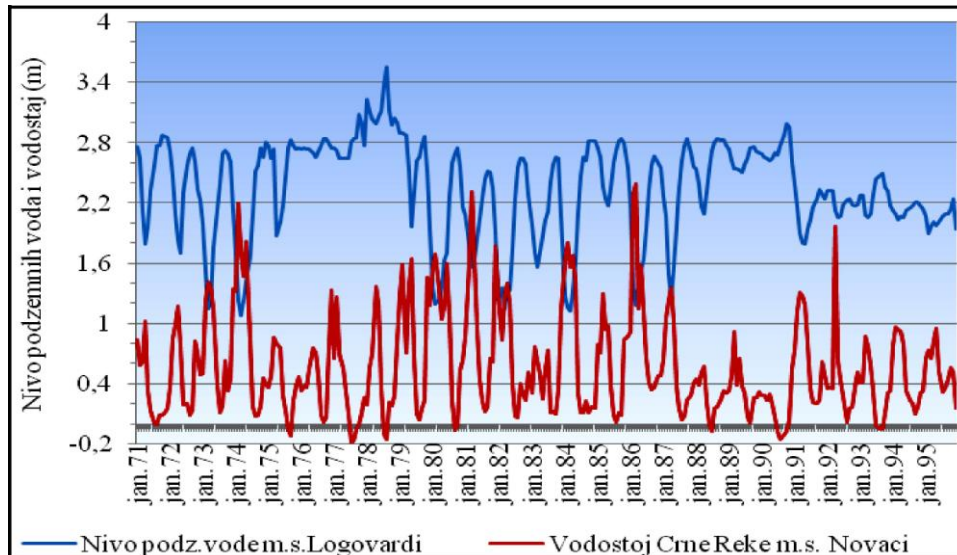
2.2.1. Zbijeni tip izdani u aluvijalnim nanosima

Zbijen tip izdani u aluvijalnim nanosima ima rasprostranjenje duž toka Crne Reke i njenih pritoka: Šemnice, Dragora, Suvodolske reke i Eleške reke (prilog 3).

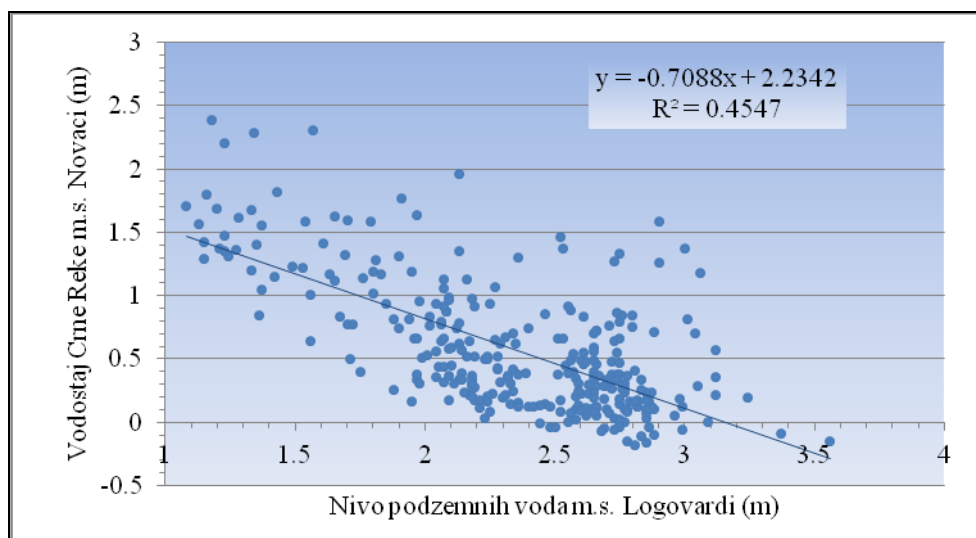
Aluvijalne nanose Crne Reke izgrađuju srednjezrni, krupnozrni, muljeviti i zaglinjeni peskovi. Debljina im je promenljiva i kreće se u granicama od 1,0-2,0 m po obodu, pa do 25,0 m u centralnim delovima aluvijona.

Vrednosti koeficijenata filtracije aluvijalnih nanosa su reda veličine 10^{-2} - 10^{-4} m/s (Jovanov, 2003). Podzemne vode imaju slobodan nivo koji se zavisno od topografskih uslova, nalazi 2,0-4,0 m ispod površine terena.

Prihranjivanje podzemnih voda vrši se prvenstveno infiltracijom površinskih voda. Između podzemnih i površinskih voda postoji hidraulička veza (slika 2.1). Koeficijent korelacije između nivoa podzemnih voda i vodostaja iznosi 0,67 što ukazuje na dobru hidrauličku vezu (slika 2.2).



Slika 2.1. Uporedni dijagram srednjemesečnih vrednosti nivoa podzemnih voda NPV(mnm) m.s. Logovardi i srednjemesečnih vrednosti vodostaja Crne Reke m.s. Novaci za period 1971-1995god.



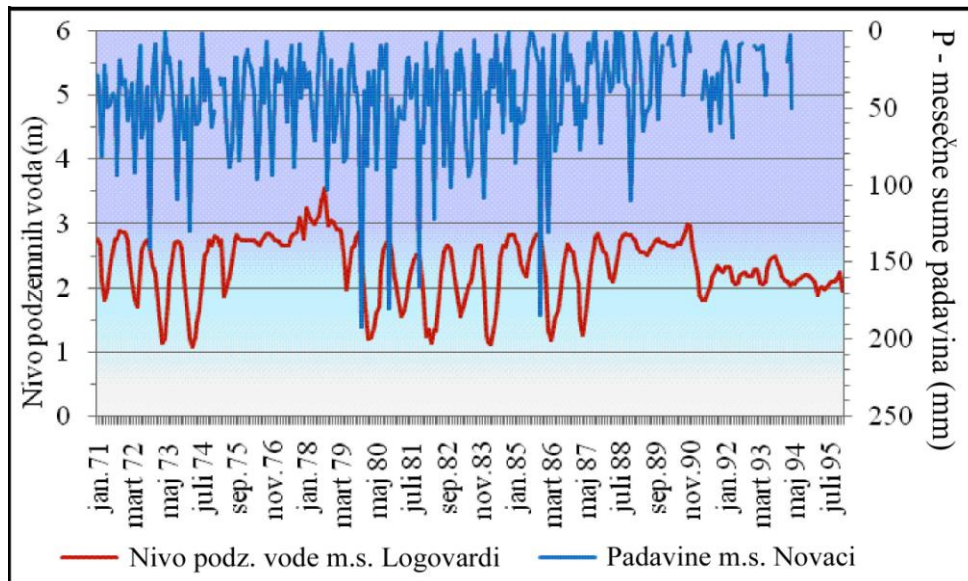
Slika 2.2. Korelaciona zavisnost između srednjemesečnih vrednosti nivoa podzemnih voda NPV(mnm) m.s. Logovardi i srednjemesečnih vrednosti vodostaja Crne Reke m.s. Novaci za period 1971–1995 god.

Prihranjivanje izdani vrši se i infiltracijom atmosferskih voda kao i na račun doticaja voda sa okolnih padina. Korelaciona zavisnost između padavina (m.s. Novaci - tabela 1.5) i nivoa podzemnih voda (m.s. Logovardi - tabela 2.1), je beznačajna (slika 2.3 i

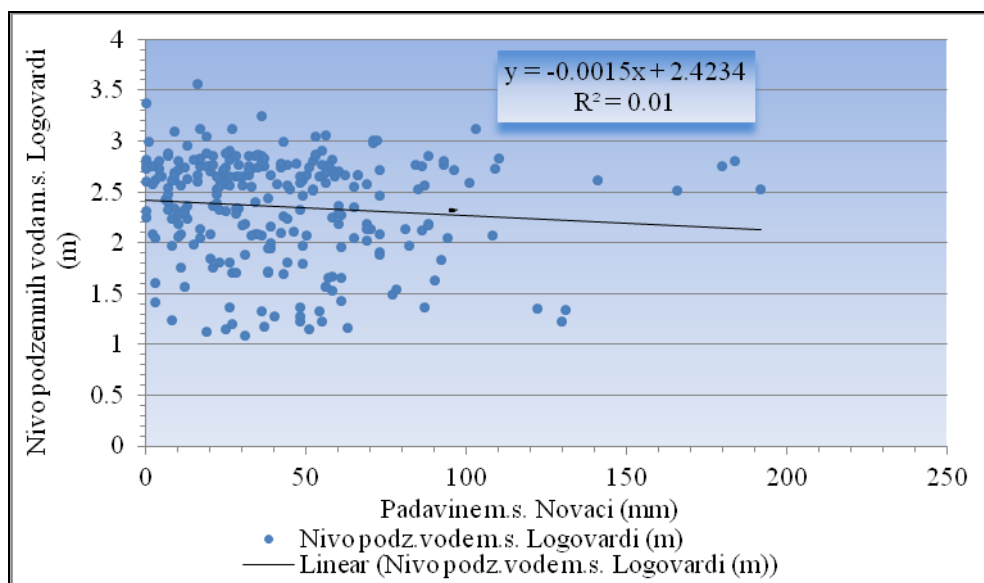
2.4). Vrednost koeficijenta korelacije je mala ($r=0,1$), i najverovanije je rezultat velike udaljenosti mernih stanica koja iznosi oko 2 km (Jovanov, 2003).

Tabela 2.1. Mesečne, srednjemesečne i godišnje vrednosti nivoa podzemnih voda NPV(mnm) za period 1971–1995 godine za m.s. Logovardi (RHMZ–Skoplje)

mesec godina	Nivo podzemne vode m.s. Logovardi (m)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1971	2,76	2,65	2,13	1,8	1,97	2,33	2,58	2,77	2,77	2,88	2,87	2,86
1972	2,72	2,46	2,09	1,83	1,7	2,3	2,58	2,7	2,75	2,61	2,34	2,23
1973	1,99	1,53	1,15	1,21	1,76	2,14	2,4	2,69	2,73	2,7	2,61	2,13
1974	1,69	1,23	1,08	1,23	1,43	1,67	2,09	2,52	2,58	2,75	2,66	2,81
1975	2,78	2,65	2,74	1,88	2,02	2,18	2,46	2,75	2,83	2,77	2,74	2,75
1976	2,74	2,75	2,74	2,74	2,71	2,66	2,72	2,78	2,85	2,85	2,8	2,75
1977	2,75	2,73	2,65	2,65	2,65	2,65	2,81	2,85	2,86	3,09	2,99	2,77
1978	3,24	3,12	3,04	3	3,06	3,12	3,37	3,56	3,12	2,98	3,05	3,01
1979	2,9	2,9	2,88	2,53	1,97	2,31	2,62	2,66	2,79	2,87	2,52	1,95
1980	1,37	1,2	1,23	1,37	1,63	1,7	2,27	2,6	2,69	2,75	2,57	2,17
1981	2,08	1,79	1,57	1,65	1,85	2,05	2,26	2,44	2,52	2,51	2,35	1,91
1982	1,24	1,36	1,15	1,35	1,33	1,75	2,25	2,56	2,65	2,65	2,59	2,28
1983	1,98	1,72	1,56	1,71	1,88	2,04	2,12	2,42	2,59	2,66	2,65	2,07
1984	1,28	1,16	1,13	1,33	1,61	2,11	2,48	2,66	2,63	2,82	2,82	2,82
1985	2,75	2,66	2,36	2,25	2,18	2,36	2,6	2,73	2,82	2,85	2,8	2,56
1986	2,19	1,34	1,18	1,42	1,54	1,65	1,96	2,34	2,58	2,67	2,6	2,56
1987	2,27	2,07	1,49	1,27	1,56	1,97	2,36	2,62	2,78	2,85	2,71	2,57
1988	2,54	2,39	2,16	2,09	2,31	2,55	2,73	2,81	2,85	2,83	2,83	2,77
1989	2,74	2,62	2,55	2,55	2,53	2,51	2,59	2,65	2,75	2,76	2,72	2,71
1990	2,69	2,66	2,65	2,63	2,65	2,71	2,68	2,78	2,88	2,99	2,96	2,61
1991	2,4	2,16	1,9	1,81	1,8	1,94	2,04	2,17	2,24	2,34	2,29	2,24
1992	2,32	2,32	2,32	2,13	2,06	2,07	2,19	2,23	2,24	2,19	2,18	2,19
1993	2,28	2,28	2,08	2,06	2,1	2,29	2,44	2,48	2,5	2,36	2,33	2,18
1994	2,13	2,09	2,04	2,07	2,06	2,13	2,15	2,18	2,21	2,21	2,18	2,14
1995	2,07	1,9	1,97	2,02	1,98	2,01	2,07	2,09	2,1	2,14	2,24	1,95
Psr	2,42	2,28	2,05	1,91	1,98	2,17	2,33	2,43	2,44	2,51	2,56	2,41
Pmax	2,76	2,65	2,13	2,02	1,98	2,33	2,58	2,77	2,77	2,88	2,87	2,86
Pmin	2,07	1,9	1,97	1,8	1,97	2,01	2,07	2,09	2,1	2,14	2,24	1,95



Slika 2.3. Uporedni dijagram suma mesečnih vrednosti padavina $\sum P_{mes}(mm)$ sa m.s. Novaci i srednjemesečnih vrednosti nivoa podzemnih voda $NPV(mmm)$ sa m.s. Logovardi za period 1971-1995.

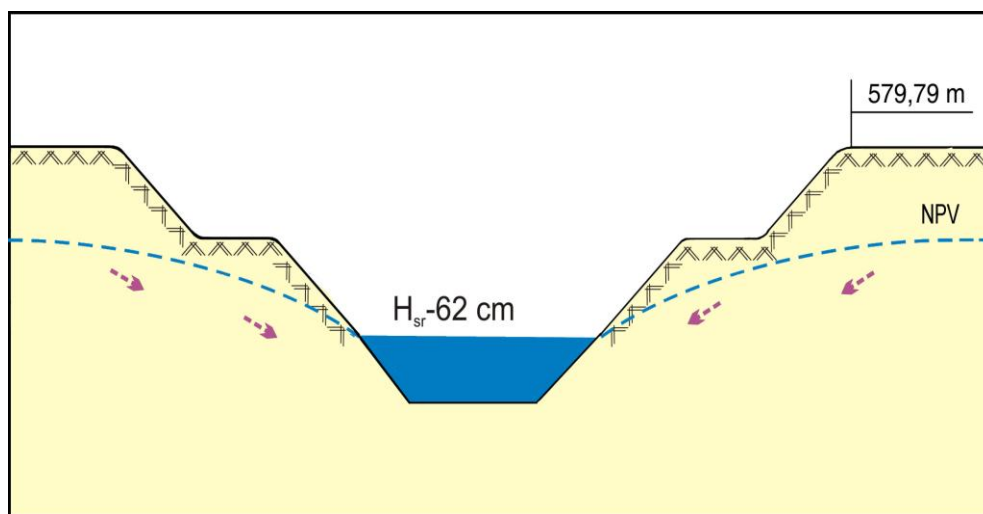


Slika 2.4. Korelaciona zavisnost između suma mesečnih vrednosti padavina $\sum P_{mes}(mm)$ sa m.s. Novaci i srednjemesečnih vrednosti nivoa podzemnih voda $NPV(mmm)$ sa m.s. Logovardi za period 1971-1995 god.

Dreniranje podzemnih voda aluvijalne izdani, vrši se zahvatanjem preko kopanih i bušenih bunara i direktnim isticanjem u korito Crne Reke. Pojedinačna izdašnost bušenih bunara kreće se od 5,0-15,0 l/s.

Deo podzemnih voda drenira se direktno u rečno korito, posebno u sušnom periodu. Usled produbljivanja rečnog korita nastalog tokom regulacije Crne Reke, došlo je do naknadnog snižavanja nivoa površinskih voda u odnosu na nivo izdani.

Režim podzemnih voda aluvijalne izdani u direktnoj je zavisnosti od vodostaja Crne Reke. U delovima terena gde rečno korito Crne Reke nije regulisano, reka hrani izdan, dok u delovima gde je regulisano rečno korito imamo obrnuti slučaj t.j. podzemne vode hrane reku (slika 2.5).



Slika 2.5. Položaj nivoa podzemne vode u odnosu na nivo vode Crne Reke kod m.s. Novaci

Za aluvijalnu izdan vezane su značajne količine podzemnih voda, koje mogu naći primenu u različite svrhe, pre svega za vodosnabdevanje naselja i navodnjavanje obradivih površina.

Aluvijalne nanose reke Šemnice izgrađuju šljunkovi, peskovi i zaglinjeni peskovi različite granulacije. Debljina im je promenljiva, zavisi od morfologije terena i kreće se od 1,0-2,0 m, a najčešće od 5,0-15,0 m. Vrednosti koeficijenata filtracije nanosa su takođe promenljive i kreću se u granicama od 1×10^{-3} do $1,8 \times 10^{-1}$ m/s (Pešovska i saradnici, 2012). Podzemne vode imaju slobodan nivo koji se u zavisnosti od morfologije terena nalazi na 3,0 do 6,0 m ispod površine terena.

Prihranjivanje podzemnih voda aluvijalnih sedimentana vrši se infiltracijom površinskih voda koje se ispuštaju iz akumulacije Streževo, a koja 70-tih godina je izgrađena na ovoj reci, doticajem podzemnih voda iz obodnih sedimenata, kao i infiltracijom voda nastalih od atmosferskih padavina.

Dreniranje podzemnih voda vrši se crpenjem vode iz kopanih i bušenih bunara. Pojedinačna izdašnost bunara je 10,0-25,0 l/s. U obodnim delovima terena deo podzemnih voda aluvijalne izdani se infiltrira u dublje neogene vodonosne sredine.

Aluvijalni nanosi reke Dragor izgrađeni su od različito granuliranih šljunkova, peskova i zaglinjenih peskova. Debljina im je promenljiva i u zavisnosti od topografskih uslova, kreće se u granicama od 1,0-2,0 m, maksimalno do 15,0 m. Veličina koeficijenta filtracije aluvijalnih nanosa je promenljiva i kreće se u granicama od 1×10^{-4} do $2,0 \times 10^{-2}$ m/s, što govori o dobrim filtracionim svojstvima (*Pešovska i saradnici, 2012*). Podzemne vode imaju slobodan nivo koji se u zavisnosti od morfologije terena nalazi 2,0-5,0 m ispod površine terena.

Prihranjivanje izdani vrši se na račun infiltracije površinskih voda. Nivo podzemnih voda meren u kopanim bunarima je promenljiv i kreće se od 1,0–2,0 m ispod površine terena. Prihranjivanje izdani vrši se i na račun infiltracije površinskih voda koje dotiču sa viših obodnih delova terena, kao i putem infiltracije voda nastalih iz atmosferskih padavina.

Dreniranje izdani vrši se crpenjem vode iz kopanih i bušenih bunara pojedinačne izdašnosti od 3,0–10,0 l/s. U gornjim delovima aluvijona, dreniranje podzemnih voda odvija se i infiltracijom u dublje vodonosne sredine.

Aluvijalni nanosi Suvodolske reke izgrađeni su od peskova i šljunkova različite granulacije, kao i od prašinih do muljevutih peskova. Debljina im je dosta promenljiva, i kreće se u granicama od 1,0-2,0 m u obodnim delovima pa do 7,0 m u centralnim delovima terena. Filtracione karakteristike aluvijalnih nanosa su dobre o čemu govore vrednosti koeficijenta filtracije koje se kreću od $2,2 \times 10^{-3}$ do $4,3 \times 10^{-4}$ m/s (*Gligorijević, 1977*).

Podzemne vode imaju slobodni nivo koji je u direktnoj vezi sa površinskim vodama Suvodolske reke što omogućuje obilno prihranjivanje izdani. Manjim delom izdani se prihranjuje i infiltracijom voda od atmosferskih padavina i površinskih voda koje dotiču sa obodnih terena.

Dreniranje izdani uglavnom se odvija preko kopanih bunara pojedinačne izdašnosti 3,0-5,0 l/s. U gornjim delovima aluvijona dreniranje izdani se odvija i infiltracijom u dublje vodonosne sredine koje zaležu ispod aluvijalnih sedimenata.

Aluvijalni nanosi Eleške reke imaju rasprostranjenje u krajnjem južnom delu Pelagonijske kotline (prilog 3). Izgrađuju ih peskovi, šljunkovi različite granulacije i prašinski do muljeviti peskovi. Debljina im je dosta promenljiva i iznosi 1,0-2,0 m u obodnim delovima, do 15,0 m pri ušću u Crnu Reku.

Filtracione karakteristike aluvijalnih nanosa Eleške reke su dobre o čemu govori vrednost koeficijenta filtracije koja se kreće u granicama od $1,5 \times 10^{-2}$ do $1,0 \times 10^{-4}$ m/s (Pešovska i saradnici, 2012). Podzemne vode imaju slobodni nivo, koji se nalazi na 1,0-2,0 m ispod površine terena u donjem pa do oko 4,0-5,0 m u srednjem i gornjem delu sliva. Nivo podzemnih voda je u direktnoj vezi sa vodostajem Eleške reke.

Prihranjivanje izdani je najvećim delom na račun infiltracije površinskih voda Eleške reke. Manjim delom izdani se prihranjuje i infiltracijom voda nastalih od atmosferskih padavina i površinskih voda koje dotiču sa obodnih delova terena.

Dreniranje izdani u donjem delu rasprostranjenja uglavnom se vrši preko kopanih bunara sa pojedinačnom izdašnošću 3,0-15,0 l/s. U gornjim delovima aluvijona dreniranje se odvija infiltracijom u dublje vodonosne sredine.

2.2.2. Izdani u kompleksu neogenih sedimenata

Neogeni sedimenti su raznolikog litološkog sastava i zauzimaju značajno rasprostranjenje u istražnom području (prilog 3). Zavisno od litološkog sastava imamo i različita hidrogeološka svojstva ovih sedimenata. Tako se peskovito-šljunkoviti sedimenti odlikuju dobrom vodonosnošću, a glinoviti slabom.

U okviru neogenog kompleksa, zastupljeni su srednje i gornjepliocenski sedimenti, sivi srednjezrni, sitoizrni do prašinski peskovi i šljunkovi i različite vrste glina u naizmeničnom smenjivanju u planu i profilu (prilog 4). U peskovito-šljunkovitim naslagama formirana je izdani zbijenog tipa. Ista je konstatovana istražnim bušenjem u lokalnostima Mogila, Dobruševo, Aglarci, Novaci, Logovardi, Suvodolsko ležište, Ribarci, Gneotino, ležišta "Brod-Gneotino" i "Živojno" i dr.

Vodonosni horizonti su razvijeni u više nivoa u vidu slojeva, proslojaka i sočiva. Odlikuju se sa veoma promenljivom debljinom od 1,0-60,0 m. Krovinu i podinu vodonosnih slojeva čine gline, ugljevite gline i slojevi uglja. Podzemne vode zbijene

izdani odlikuju se nivoom u koji je u većini slučajeva pod pritiskom (arteseke i subarteseke izdani).

Kod sela Aglarci javljaju se dva vodonosna horizonta u sredini sa međuzrnskom poroznošću, na dubini od 25,0–32,0 m, i od 45,0–53,0 m (*Lončar, 1976*). Izgrađeni su od srednjeznih do sitnozrnih peskova. Podzemne vode su sa nivoom pod pritiskom (artesi i subartesi nivo). Kod prvog vodonosnog horizonta nivo podzemnih voda je na 1,0 m ispod površine terena, dok su kod drugog zabeleženi samoizlivi reda 0,5 l/s. Testiranjem eksploatacionih bunara konstatovano je da njihova optimalna izdašnost iznosi 6,0 l/s. Filtraciona svojstva vodonosne sredine određivana su metodom crpenja iz bunara. Srednja vrednost koeficijenta filtracije iznosi $5,43 \times 10^{-3}$ m/s, a srednja vrednost koeficijenta transmisibilnosti $8,15 \times 10^{-2}$ m²/s (*Lončar, 1977*).

Kod sela Logovardi izdvojena su četiri vodonosna horizonta na dubinama od 30,0-40,0 m; 50,0-60,0 m; 85,0-93,0 m i 105,0-115,0 m. Izgrađeni su od sitnozrnih do srednjeznih sivih peskova, mestimično zaglinjenih. Prva dva vodonosna horizonata su sa nivoom podzemnih voda 2,0-3,0 m ispod površine terena (subartesi), a druga dva sa arteskim nivoom. Pojedinačna izdašnost bunara koji kaptiraju artesku izdan iznosi 8,0 l/s. Podzemna voda u poslednja dva vodonosna horizonata je ugljokisela mineralna voda sa visokim sadržajima CO₂.

U području sela Ribarci u bušotini dubine 51,0 m registrovana su dva vodonosna horizonta: prvi na dubini od 37,0-40,0 m, i drugi na dubini od 45,0-51,0 m. Izgrađeni su od sitnozrnih do srednjeznih slabo zaglinjenih sivih peskova. Podzemne vode se odlikuju arteskim i subarteskim nivoom (oko -1,5 m). Srednja vrednost koeficijenta filtracije i transmisibilnosti vodonosne sredine dobijene su obradom podataka opitnog crpenja i iznose $K_{sr}=8,67 \times 10^{-4}$ m/s i $T_{sr}=4,2 \times 10^{-3}$ m²/s. Optimalna izdašnost pojedinačnih bunara iznosi oko 5,0 l/s.

I kod sela Gneotino vodonosna sredina je otkrivena bušenjem na dubini od 50,0-60,0 m. Izgrađena je od sitnozrnih do srednjeznih peskova, a podzemne vode se odlikuju arteskim nivoom sa samoizlivom 5,0 l/s.

Generalno, u neogenom kompleksu ugljenog basena moguće je izdvojiti krovinsku, međuslojnu i podinsku izdan

Krovinska izdan (KI) ima rasprostranjenje u severoistočnom, istočnom, južnom i u jugoistočnom dela Suvodolskog ležišta. Vodonosni horizonti se javljaju u vidu sočiva i proslojaka. U ležišta uglja „Brod–Gneotino” i „Živojno”, krovinska izdan ima kontinualno rasprostranjenje. Izgrađena je od sitnozrnih do prašinstih sivih peskova, mestimično zaglinjenih. Podzemne vode registrovane su kod većeg broja izvedenih bušotina, i to na različitim dubinama.

Kod Suvodolskog ležišta podzemne vode se u severoistočnom delu javljaju na dubini 12,2-14,0 m, a u istočnom, južnom i jugoistočnom delu na dubini 4,80-12,60 m.

Kod ležišta uglja „Brod–Gneotino” vodonosni horizonti su takođe prisutni na različitim dubinama, a debljina im se kreće od 5,0-15,0 m.

U ležišta uglja „Živojno” vodonosni horizonti krovinske izdani javljaju se na promenljivoj dubini od 1,58-41,77 m ispod površine terena sa debljinom od 1,58 -71,6 m.

Podzemne vode krovinske izdani odlikuju se subarteskim nivoom. Filtraciona svojstva t.j. koeficijenti filtracije ove sredine su veoma promenljivi kako po vertikali tako i po horizontali (opširnije u poglavlje 3.1)

Međuslojna izdan (MI) u Suvodolskom ležištu uglavnom ima kontinualno rasprostranjenje. U centralnom delu ležišta javlja se na dva nivoa i zahvata prostor između glavnog ugljenog sloja u eksploataciji i glavnog podinskog ugljenog sloja (MI_1), i prostor između ugljenih slojeva u podinskoj ugljenoj seriji (MI_2). Njena vodonosnost je potvrđena na osnovu velikog broja istražnih bušotina. Izgrađena je od sivih sitnozrnih do srednjezrnih i prašinstih peskova, sa prisustvom glina na pojedinim mestima.

Debljina prve međuslojne izdan (MI_1) je promenljiva, i kreće se od 1,0-2,0 m u obodnim delovima pa i do oko 60,0 m u centralnim delovima. Horizonti imaju tendenciju isklinjavanja prema I, SIS–SZ. Podzemne vode se odlikuju arteskimi i subarteskimi nivoom, osim u predelu bušotine G-16 gde su sa slobodnim nivoom.

Debljina druge međuslojne izdan (MI_2), najčešće se kreće od 1,0-3,0 m. Podzemne vode javljaju se na različitim nivoima, što je rezultat konfiguracije ugljenih slojeva i položaja vodonosnih sredina. Odlikuju se arteskimi nivoom. Veličine samoizliva iz istražnih

bušotina iznose 0,15-0,5 l/s. Koeficijenti filtracije kreću se u granicama od $2,58 \times 10^{-4}$ do $3,06 \times 10^{-7}$ m/s.

Međuslojna izdan (*MI*) u okviru severoistočnog, istočnog, južnog i jugoistočnog dela ležišta nema kontinualno rasprostranjenje. Javlja se u vidu sočiva i proslojaka.

Izgrađena je od sitnozrnih do prašinastih sivih peskova mestimično zaglinjenih, koji se javljaju u dva nivoa.

Podzemne vode sa subarteskim nivoom, registrovane su kod većeg broja izvedenih bušotina, i to na različitim dubinama. U severoistočnom delu javljaju se na dubini od 14,3-34,0 m ispod površine terena, dok se u istočnom delu javljaju na dubini od 36,1-112,0 m. U južnom i jugoistočnom delu ležišta nalaze se na dubini od 27,0-91,1 m.

Filtraciona svojstva vodonosne sredine su veoma promenljiva u planu i profilu. U severoistočnom delu ležišta, veličina koeficijentata filtracije iznosi $1,45 \times 10^{-5}$ do $2,59 \times 10^{-6}$ m/s, u istočnom $2,31 \times 10^{-5}$ do $6,43 \times 10^{-6}$ m/s, a u južnom i jugoistočnom delu od $3,63 \times 10^{-5}$ do $5,89 \times 10^{-6}$ m/s.

Međuslojna izdan u ležištu „Brod–Gneotino” konstatovana je u dva nivoa.

Prva međuslojna izdan (*MI₁*) ima kontinuitet u prostiranju u okviru kompletnog ležišta. Debljina izdanske zone je promenljiva, maksimalno ide do 100,0 m, a u proseku oko 8,0 m.

Druga međuslojna izdan (*MI₂*) nema kontinuitet u rasprostranjenju i javlja se u vidu sočiva. Vodonosni horizonti odlikuju se maksimalnom debljinom do 25,0 m, prosečno 6,6 m. Podzemne vode mogu imati artesi ili subartesi nivo.

Podinska izdan (PI), u ležištu Suvodol, nalazi se ispod podinskih ugljenih slojeva u centralnim delovima ležišta i ispod glavnog ugljenog sloja u severoistočnom, istočnom i jugoistočnom delu ležišta. Vodonosnu sredinu izgrađuju sitnozrni do prašinasti peskovi mestimično zaglinjeni. Vodonosni horizonti javljaju se na različitim dubinama i to od 12,5-121,8 m ispod površine terena.

Debljina vodonosnih horizonata je veoma promenljiva i kreće se u granicama od 0,2-20,1 m. Podzemne vode registrovane su kod većeg broja izvedenih bušotina, i to na različitim dubinama.

Kod ležišta „Brod–Gneotino“ podinska izdan ima kontinuitet u prostiranju. Vodonosni horizonti se odlikuju promenljivom debljinom, a izgrađeni su od sivo–zelenih peskova različite granulacije, šljunkova i glina. Podzemne vode odlikuju se sa nivoom pod pritiskom (artesiani i subartesiani).

Vodonosnu sredinu podinske izdani kod ležišta „Živojno“ izgrađuju prašinski do sitnozrni peskovi. Debljina vodonosnih horizonata kreće se u granici od 8,8-45,3 m. Podzemne vode javljaju se na različitim dubinama ispod površine terena, i to na 9,1-74,6 m.

2.2.3. Pukotinski tip izdani

Pukotinski tip izdani formiran je u ispucalim i tektonski oštećenim stenskim masama (prekambrijumski gnajsevi i mikašisti, paleozojski granodioriti, kvarciti, amfiboliti i dr.). Pomenute stene izgrađuju paleoreljef terena i imaju rasprostranjenje u široj okolini neogenog ugljenog basena (prilog 3).

Podzemne vode pukotinske izdani imaju slobodni nivo. O postojanju podzemnih voda pod pritiskom nema podataka. Prihranjivanje izdani je pretežno na račun infiltracije atmosferskih padavina, i površinskih voda manjih tokova koji protiču preko masiva.

Dreniranje izdani vrši se preko izvora i isticanjem podzemnih voda u rečne tokove ili druge tipove izdani koje se nalaze na hipsometrijski nižem nivou. U slivu Suvodolske reke, na potezu između Paralova, Vranjevaca, Oreova, Meglenaca, Rapeža, Makova, Tepavaca, Vešala, Skočivira, Staravina, Živojna, iz pukotinske izdani ističe veći broj izvora. U većini slučajeva, izvori su nekaptirani ili primitivno kaptirani (*Petrov i saradnici, 2008*). Izdašnost im je relativno mala (0,01–0,3 l/s). Tokom leta veći broj ovih izvora presušuje.

2.2.4. Tereni siromašni izdanima

Glinoviti sedimenti u okviru neogenog kompleksa (pliocenske gline, glinci, ugljevit gline, ugljeni slojevi, deluvijalno–proluvijalne crvene gline i barski muljeviti sedimenti, izgrađuju terene siromašne podzemnim vodama (prilog 3).

U njima se mogu javiti manje količine podzemnih voda, ali su to generalno bezvodni tereni.

2.2.5. Fizičko-hemijska svojstva podzemnih voda

Ispitivanjem fizičkih i hemijskih svojstava obuhvaćene su podzemne vode u aluvijalnim i neogenim sedimentima, kao i u stenama pukotinske poroznosti.

2.2.5.1. Fizička i hemijska svojstva podzemne vode pukotinske izdani

Fizička i hemijska svojstva podzemnih voda pukotinske izdani definisana su na osnovu ispitivanja uzoraka podzemnih voda sa izvora u lokalnostima Makovo, Rapež, Suvodol i izvor Suvodolske reke (tabela 2.3).

Tabela 2.3. Hemijski sastav podzemnih voda pukotinske izdani

Izvor-lokalnost	Temperatura (°C)	pH-vrednost	Makrokomponente						Mikrokomponente						Ukupna tvrdoća (°dH)	Mineralizacija M (g/l)	Tip voda po Alekinu
			K a t j o n i (mg/l)			A n j o n i (mg/l)			Fe	Mn	Ni	Cu	F	Sr			
			Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)			
s.Makovo	14		99,4	102,8	35,5	31,9	567,3	16,7	3,8	0,274	0,002	0,0004	1,4	0,071	22,6	0,9	I
s.Rapež	12	6,6	348,6	259,2	98,4	331,1	1604	1,4	5,5	1		0,002	0,13	2,14	58,9	2,7	I
s.Suvodol	12	6,8	40,1	120	33,8	117,2	463,5	6,9	27,3	0,25	0,002	0,001	0,86	0,136	24,6	0,9	II
Suvodol.r.	12	6,5	15,3	24	7,9	8,8	128,1	6,6									I
s.Germijan			17,8	50,8	31,4	4,2	82,8	13									

Prema rezultatima ispitivanja podzemne vode pukotinske izdani, su bezbojne, prozirne, bez mirisa i ukusa, osim voda sa izvora kod sela Rapež koje imaju kiseo ukus, sa temperaturom od 12 - 14 °C.

pH-vrednost vode im se kreće u granicama od 6,5 do 6,8 (neutralne vode), a tvrdoća od 22,6 - 58,9 °dH što ih svrstava u umereno tvrde do dosta tvrde vode.

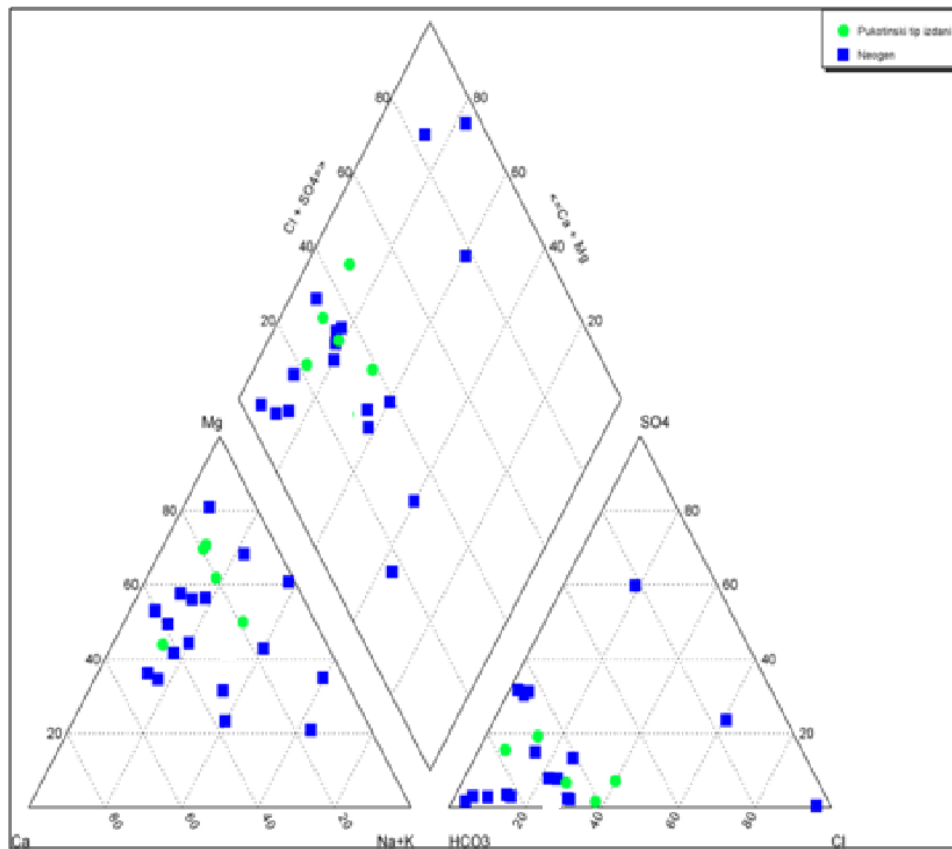
To su slabo mineralizovane (0,9 g/l) do mineralizovane vode (2,7 g/l).

Prema makrokomponentnom sastavu, a saglasno formuli Kurlova (Dimitrijević 1988), podzemne vode pripadaju hidrokarbonatnim vodama pretežno magnezijumsko-kalcijumskog sastava (tabela 2.4).

Tabela 2.4. Makrokomponentni sastav podzemnih voda pukotinskog tipa izdani

Izvor-lokalnost	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
s. Makovo	HCO_3^3 ₇₄ SO_4^4 ₁₇ Cl ₉	Mg ₅₈ Ca ₂₄ $(\text{Na}+\text{K})$ ₁₇
s. Rapež	HCO_3^3 ₇₃ Cl ₂₆	$(\text{Na}+\text{K})$ ₄₂ Mg ₃₆ Ca ₂₂
s. Suvodol	HCO_3^3 ₆₅ Cl ₂₈ SO_4^4 ₇	Mg ₅₇ Ca ₂₆ $(\text{Na}+\text{K})$ ₁₇
Suvodolska reka	HCO_3^3 ₈₃ Cl ₂₀ SO_4^4 ₇	Mg ₄₈ Ca ₂₆ $(\text{Na}+\text{K})$ ₂₆
s. Germijan	HCO_3^3 _{77,7} SO_4^4 _{15,5} Cl _{6,8}	Mg _{43,8} Ca ₄₃ $(\text{Na}+\text{K})$ _{13,2}

Izuzetak predstavljaju vode sa izvora kod sela Rapež koje pripadaju su hidrokarbonatno–natrijumsko-kalijumskom tipu (slika 2.7).



Slika 2.7. Pajperov dijagram hemijskog sastava podzemnih voda pukotinske izdani oboda i zbijene izdani neogenog kompleksa

2.2.5.2. Fizička i hemijska svojstva podzemnih voda izdani u kompleksu neogenih sedimenata

Fizičko-hemijska svojstva podzemnih voda zbijene izdani u okviru neogenog kompleksa definisana su na osnovu ispitivanja 18 uzoraka voda iz bunara, bušotina i izvora (tabela 2.5). Ispitivane podzemne vode su bezbojne, prozirne, kiselkastog

ukusa, "blatnjavog" mirisa i mirisa na H₂S. Temperature im se kreće u granicama od 10-23 °C, što ih svrstava u hladne do subtermalne vode.

pH – vrednost ispitivanih voda kreće se u granicama od 5,8-7,5, što ih svrstava u slabo kisele do neutralne vode, a tvrdoća u granicama 5,3-233,9⁰dH (meke, tvrde vode i veoma tvrde vode).

Tabela 2.5. Hemijski sastav podzemnih voda zbijene izdani u okviru neogenog kompleksa

Bunar-bušotina	Lokalitet	pH-vrednost	Makrokomponente						Mikrokomponente			
			Katjoni (mg/l)			Anjoni (mg/l)			Fe	Mn	F	Sr
			Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Bunar	s. Aglarci	7,5	20,7	58,8	28,8	30	298,9	57,6	0,046	0,059	0,7	0,053
Bušotina	s. Logovardi	7,2	291,9	443,2	310,8	111,8	3392	65,6	4,2	0,24	0,34	0,13
Bušotina	s. Sredno Egri	6,1	119,5	353	92	90	133	233,9	1,924	0,632	1,1	1,209
Bušotina(G ₂ -18)	s. Rud."Suvodol"	6,2	182,5	204	23,1	83,4	1049	22,42	>100			
Bušotina.H-16	s. Rud. "Suvodol"	6	264,1	50	24,3	46,9	866,2	21,8	>100			
Buš.D-1 Đamija	s. Miditylja	5,9	69,3	125	46,6	12	450,7	136	50,2	2	0,4	1,54
Bušotina	s. Kremenica	6	98,5	222	57,5	15,9	707,1	202	45,4	2,4	0,3	2,37
Bušotina	s. Trn	6,2	224,3	244	196	284	1847	35,3	<0,04	1,6	0,3	
Bušotina	s. Optičari	6,4	694,1	28,9	432,1	475,7	4514	314,1	5,46	0,4	0	3,66
Bušotina	s. Logovardi	6,5	114,6	216	72	102	1403	186,1	1,47	0,6	0,6	0,43
Bušotina	s. Karamani	7,1	163,9	356	239	135	2257	49,4	2,41	0,7	0,8	0,94
Bušotina	s. Poeševo	6,3	1162	378	345,6	47	158,6	272	1,39	0,4	0,1	0,45
Bušotina	s. Kremenica	5,9	121,9	312	145	20	1165	23,5	2,38	1,1	0,1	0,79
Bušotina	s. Germijan	6,6	1491	109,2	243,8	656	4453	92,5	2,51	0,1	0,1	5
Bušotina	s. Sredno Egri	6,7	107,1	146,3	353	23,8	2019	956,3	5,53	2,2	0,2	2,04
BunarPEB	Ribarci	6,7	750	546,9	188,1	592	4880	339,5	12,08	0,5	0,1	2,8
Bunar PEB ž.st.	Kremenica	6,1	25,3	116,7	56,1	21,9	1793	17,9	16,39	0,7	0,3	1,59
Bušotina D-1	Novaci	6,7	964,5	314,2	826,7	3342	385,8	28,6	2,32	1,3	7,6	

Makrokomponentni sastav podzemnih voda u neogenom kompleksu predstavljen formulama Kurlova ima sledeći izgled (tabela 2.6).

Tabela 2.6. Makrokomponentni sastav podzemnih voda zbijenog tipa izdani u okviru neogenog kompleksa

Bunar-Izvor-lokalnost	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
Bunar s.Aglarci	HCO ³ ₇₁ SO ⁴ ₁₇ Cl ₁₂	Ca ₄₇ Mg ₃₈ (Na+K) ₁₄
Bušotina s.Logovardi	HCO ³ ₇₇ SO ⁴ ₁₃ Cl ₁₀	Ca ₄₉ Mg ₂₇ (Na+K) ₂₃
Bušotina Sredno Egri	HCO ³ ₉₂ Cl ₅	Mg ₄₂ Ca ₃₇ (Na+K) ₂₁
Bušotina G ₂ -18 rud. Suvodol	SO ⁴ ₅₁ Cl ₂₆ HCO ³ ₂₃	Mg ₂₄ Ca ₅₈ (Na+K) ₁₇
Bušotina G ₂ -18 rud.Suvodol	HCO ³ ₈₉ Cl ₈	Mg ₁₂ Ca ₁₆ (Na+K) ₇₂
Bušotina D-1 s. Miditlija	SO ⁴ ₂₇ HCO ³ ₇₀	Ca ₄₇ Mg ₂₉ (Na+K) ₂₃
Bušotina s. Kremenica	HCO ³ ₇₁ SO ⁴ ₂₆	Ca ₅₅ Mg ₂₄ (Na+K) ₂₁
Bušotina s. Trn	HCO ³ ₇₇ Cl ₂₀	Mg ₄₂ Ca ₃₂ (Na+K) ₂₆
Bušotina s. Optičari	HCO ³ ₇₉ Cl ₁₄ SO ⁴ ₇	(Na+K) ₅₃ Mg ₄₅
Bušotina s. Logovardi	HCO ³ ₇₇ SO ⁴ ₁₃ Cl ₁₀	Ca ₅₀ Mg ₂₇ (Na+K) ₂₃
Bušotina s. Karamani	HCO ³ ₈₈ Cl ₉	Mg ₄₄ Ca ₄₀ (Na+K) ₁₆
Bušotina s. Poeševu	SO ⁴ ₅₉ HCO ³ ₂₇ Cl ₁₄	(Na+K) ₅₂ Mg ₂₉ Ca ₁₉
Bušotina s. Kremenica	HCO ³ ₉₅	Ca ₄₇ Mg ₃₆ (Na+K) ₁₆
Bušotina s. Germijan	HCO ³ ₇₈ Cl ₂₀	(Na+K) ₇₂ Mg ₂₂ Ca ₆
Bušotina s. Egri	HCO ³ ₇₁ SO ⁴ ₂₇	Mg ₇₁ Ca ₁₈ (Na+K) ₁₁
Bunar s. Ribarci	HCO ³ ₇₇ Cl ₁₆ SO ⁴ ₇	(Na+K) ₄₃ Ca ₃₆ Mg ₂₀
Bunar s. Kremenica	HCO ³ ₉₇	Ca ₅₀ Mg ₄₀ (Na+K) ₁₀
Bušotina D-1 s. Novaci	Cl ₉₃ HCO ³ ₆	Mg ₅₄ (Na+K) ₃₃ Ca ₁₂

Mineralizacija podzemnih voda u neogenom kompleksu dosta je promjenljiva. Kreće se u granicama od 0,125 g/l (bušotina D–1, Miditlija) do 10,6 g/l (bušotina D–1, Novaci), što ih svrstava u malo mineralizovane do visoko mineralizovane. U bušotini D-1 u selu Novaci, sadržaj hlorida u vodi iznosi 3.341,9 mg/l. Povećan sadržaj jona Cl⁻obično se javlja u podzemnim vodama dubljih vodonosnih horizonata i vezuje se za proces sedimentacije u basenu. To bi bile konatne ili tzv. sedimentogene vode (*Dragišić, 1997*).

Iz odnosa osnovnih anjona u podzemnim vodama neogenog kompleksa, može se zaključiti da u njima dominira jon HCO₃⁻, osim u vodi iz bušotine u Poeševu gde je dominantan jon SO₄²⁻ i u vodi iz bušotine D–1 u Novacima gde je dominantan jon Cl⁻ (slika 2.7). Od osnovnih katjona dominira jon Ca²⁺ čija koncentracija dosta varira i kreće se u granicama od 28,9 mg/l u bušotinama u Optičarima do 1.161,5 mg/l kod bušotina u Poeševu.

2.6. MINERALNE UGLJOKISELE VODE

Hidrogeološkim istraživanjima u južnom i jugoistočnom deo Pelagonijske kotline, potvrđeno je prisustvo pojava mineralnih voda i gasa ugljen-dioksida (CO₂).

Ugljokisele vode i pojave gasa ugljen dioksida javljaju se u okviru svih nivoa izdanskih voda i ove pojave su registrovane kod sva tri ležišta uglja ili u njihovoj široj okolini. Mineralne vode su konstatovane u okviru vodonosnih sredina sa pukotinskom poroznošću, kao i u vodonosnim sredinama neogenog kompleksa. Odlikuju se kiselim ukusom, mirisom koji potiče od vodonik-sulfida (H₂S), sadržajem prirodnog gasa CO₂ i sa povećanom temperaturom.

Mineralne vode u stenama pukotinske poroznosti kod sela Rapež imaju mineralizaciju 2,7 g/l. Po anjonsko–katjonskom sastavu, pripadaju hidrokarbonatno–natrijumsko–kalijumskom tipu voda (poglavlje 2.2.5.1).

U vodonosnim sredinama neogenog kompleksa, u više lokaliteta, registrovane su pojave mineralnih voda i to kod sela Logovardi i Egri, kao i u okviru sva tri ležišta uglja „Suvodol”, „Brod-Gneotino” i „Živojno” (poglavlje 2.2.5.2).

Mineralne vode odlikuju se kiselim ukusom, mirisom na H₂S i visokim sadržajima prirodnog gasa CO₂ sa povećanom temperaturom. Mineralizacija ovih voda je promenljiva i povećava se sa dubinom. U bušotinama do dubine od oko 150 m, mineralizacija voda je ispod 2 g/l, a u dubljim bušotinama 4–5 g/l. Po anjonskom sastavu mineralne vode pripadaju hidrokarbonatno–sulfatno–hloridnom ili hidrokarbonatno–hloridnom tipu voda. Po katjonskom sastavu to su magnezijumsko–kalcijumsko–natrijumsko–kalijumske ili kalcijumsko–magnezijumsko–natrijumsko–kalijumske vode.

Ugljen-dioksid u okviru Pelagonijske kotline ističe zajedno sa mineralnim vodama pod velikim pritiskom (slika 2.8).

U uvom delu Pelagonijske kotline vršena su obimna hidrogeološka istraživanja za potrebe eksploatacije gasa CO₂ u komercijalne svrhe. Istraživanja su izvršena u više lokaliteta (Aglarci, Radobor, Logovardi, Dolno Orizari, Sredno Egri, Miditlija, Kremenica, Trn, Optičari, Karamani, Poeševo, Germijan, Ribarci, Novaci i Bač). Pojedinačna izdašnost bušotina kreće se u granicama od 0,5 t/čas u ataru sela Poeševo do 2,0 t/čas u ataru kod sela Egri i više kod sela Miditlija.



Slika 2.8. Samoizliv mineralne vode praćen erupcijom gasa CO₂ (novouzvedena bušotina B-7a/2008 za potrebe sanacije havarisane bušotine B-7/2008, Foto: D. Petrov)

3. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA U PELAGONIJSKOM BASENU

Hidrogeološke karakteristike ležišta uglja u Pelagonijskom basenu, definisane su na osnovu rezultata obimnih hidrogeoloških istraživanja. Ona su izvođena u fazi istraživanja, projektovanja i otvaranja površinskih kopova, a izvode se i danas putem monitoringa nivoa, ukupnog proticaja i kvaliteta podzemnih voda.

3.1. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „SUVODOL“

Na osnovu litološkog sastava i preovlađujućeg strukturnog tipa poroznosti, u okviru ležišta uglja "Suvodol" izdvojeni su sledeći tipovi izdani:

- zbijeni tip izdani u aluvijalnim nanosima Suvodolske reke i
- izdani u kompleksu neogenih sedimenata.

Pored toga, neki tereni su prema svojim hidrogeološkim svojstvima svrstani u terene siromašne izdanima, tj. u uslovno bezvodne delove terena (prilog 3). Prema hidrodinamičkim karakteristikama nivoa podzemnih voda, izdvajaju se sledeći tipovi izdani:

- izdani sa slobodnim nivoom i
- izdani sa nivoom pod pritiskom (subarteske i arteske izdani).

3.1.1. Zbijeni tip izdani u aluvijalnim nanosima Suvodolske reke

Zbijeni tip izdani ima značajno rasprostranjenje u području ležišta „Suvodol“ (prilog 5). Formiran je u okviru aluvijalnih nanosa gornjeg toka Suvodolske reke i peskovitih sedimenata neogene starosti.

Aluvijalne nanose Suvodolske reke izgrađuju peskovi i šljunkovi različite granulacije, prašnasti do muljeviti peskovi sa mestimičnim blokovima, tzv. samcima, promenljive debljine (1,90-6,10 m). Promenljivost litoloških članova, uslovljena je promenljivošću filtracionih karakteristika ovih nanosa u planu i profilu ($1,60 \times 10^{-3}$ do $1,10 \times 10^{-6}$ m/s), što ukazuje na prisustvo dobro i slabo vodopropusnih delova nanosa (*Gligorijević, 1977*).

Nivo podzemnih voda u izdani je slobodan i u zavisnosti od morfologije terena i klimatskih uslova, nalazi se 1,50-4,50 m ispod površine terena.

Prihranjivanje izdani uglavnom je na račun infiltracije voda Suvodolske reke i površinskih voda koje dotiču sa okolnih padina. Manjim delom izdani se prihranjuje na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina.

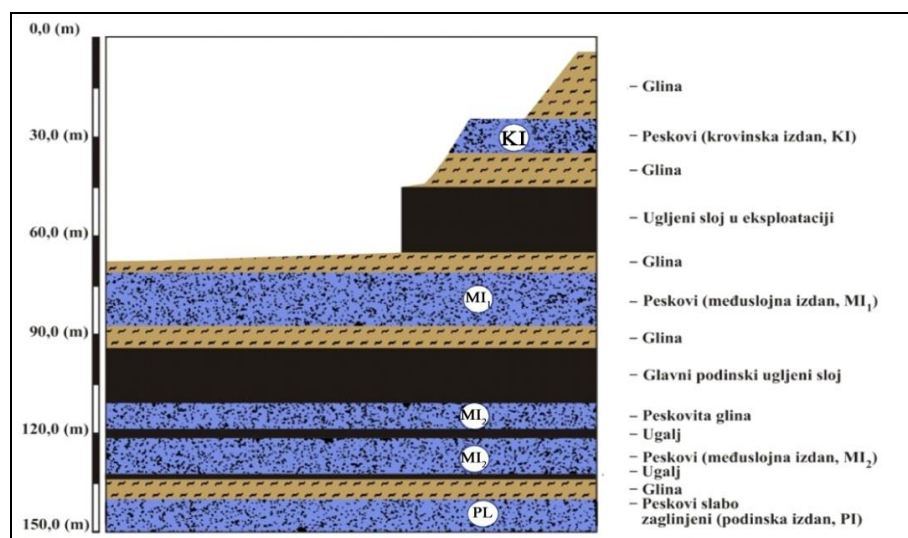
Dreniranje podzemnih voda vrši se crpenjem voda iz kopanih bunara. Pojedinačna izdašnost bunara je 1,0-2,5 l/s. U obodnim delovima terena deo podzemnih voda aluvijalne izdani ističe u suvodolsku akumulaciju. Isto tako postoji mogućnost infiltracije u dublje vodonosne sredine.

3.1.2. Izdani u kompleksu neogenih sedimenata

Konkretno, zbijeni tip izdani formiran je u srednje i gornje pliocenskim šljunkovima i peskovima. Pomenuti sedimenti javljaju se u više nivoa i to iznad glavnog ugljenog sloja koji je u eksploataciji, zatim između ugljenih slojeva i u njihovoj podini.

Krovinu i podinu navedenih vodonosnih sedimenata čine gline, ugljevite gline i ugalj, koji po svojom hidrogeološkim karakteristikama predstavljaju slabovodopropusne, bezvodne sredine, pa samim tim i barijeru kretanju podzemnih voda.

U odnosu na ugljeni sloj, izdvojeno je nekoliko izdani sa arteskima i subarteskima novoom (slika 3.1).



Slika 3.1. Šematski prikaz položaja vodonosnih i vodonepropusnih sredina u neogenom kompleksu ležišta uglja "Suvodol"

3.1.2.1. Krovinska izdan (KI)

Krovinska izdan (KI) zahvata prostor između glinovitih sedimenata iznad ugljenog sloja u eksploataciji (slika.3.1). Ista je rasprostranjena u severoistočnom, istočnom, južnom i jugoistočnom delu ležišta. Nema kontinuitet u rasprostranjenju, već se javlja u vidu sočiva i proslojaka.

Formirana je u sitnozrnim do prašinstim sivim peskovima, mestimično zaglinjenim, koje se javljaju u više nivoa. U severoistočnom delu ležišta počinje na dubini 5,0 - 13,0 m ispod površine terena, sa debljinom izdanske zone koja varira u granicama od 3,5 - 11,5 m. U istočnom delu ova izdan se javlja u dva nivoa: 8,5 - 24,5 m i 27,0 - 34,0 m, sa debljinama izdanske zone 1,5 - 12,2 m. I u južnom i jugoistočnom delu ležišta izdan je konstatovana na dubinama 5,2 - 18,0 m ispod površine terena, sa debljinom koja se kreće od 1,2 do 3,2 m.

Podzemne vode krovinske izdani imaju subarteski nivo. On se u severoistočnom delu ležišta nalazi 12,2 - 14,0 m, u istočnom delu ležišta do 6,9 m, a u južnom i jugoistočnom delu do 4,8 m ispod površine terena.

Filtracioni parametri izdani određeni su na osnovu rezultata granulometrijskih ispitivanja uzoraka materijala iz bušotina korišćenjem formule Hazena (*Filipović, 1980*).

Vrednosti koeficijenata filtracije su promenljive veličine u planu i profilu. U severoistočnom delu ležišta kreću se u granicama $3,23 \times 10^{-6}$ do $1,98 \times 10^{-6}$ m/s, u istočnom $8,82 \times 10^{-5}$ do $7,08 \times 10^{-7}$ m/s, a u južnom i jugoistočnom delu ležišta $1,69 \times 10^{-5}$ do $2,20 \times 10^{-6}$ m/s.

Vrednosti transmisibilnosti takođe su promenljive i kreću se u granicama od $2,51 \times 10^{-5}$ do $1,31 \times 10^{-5}$ m²/s. U istočnom delu ležišta variraju od $6,35 \times 10^{-5}$ do $3,40 \times 10^{-6}$ m²/s, a u južnom i jugoistočnom delu ležišta od $6,03 \times 10^{-5}$ do $3,0 \times 10^{-6}$ m²/s.

Srednje vrednosti koeficijenta filtracije krovinske izdani (KI) određene su metodom Kamenskog (*Filipović, 1980*), prikazane su u tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Srednje vrednosti koeficijenata filtracije i transmisibilnosti krovinske izdani (KI) glavnog ugljenog sloja ležišta „Suvodol“ (na osnovu rezultata granulometrijskih analiza)

Oznaka bušotine	Debljina krovinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Oznaka bušotine	Debljina krovinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N_0	Dh (m)	K_{sr} (m/s)	T_{sr} (m ² /s)	N_0	Dh (m)	K_{sr} (m/s)	T_{sr} (m ² /s)
Sp-4	11,9	$5,50 \times 10^{-3}$	$6,55 \times 10^{-2}$	19/68	5,8	$6,12 \times 10^{-6}$	$3,55 \times 10^{-5}$
Sp-5	15,3	$2,39 \times 10^{-3}$	$3,66 \times 10^{-2}$	19/72	7,2	$6,61 \times 10^{-7}$	$4,76 \times 10^{-5}$
Sp-6	7,3	$5,31 \times 10^{-3}$	$3,88 \times 10^{-2}$	23/60	35,5	$7,89 \times 10^{-7}$	$2,80 \times 10^{-5}$
Sp-7	9,3	$3,80 \times 10^{-3}$	$3,53 \times 10^{-2}$	23/64	12,2	$4,51 \times 10^{-6}$	$5,50 \times 10^{-5}$
0/52	3,5	$3,23 \times 10^{-6}$	$1,131 \times 10^{-5}$	23/68	3,7	$1,0 \times 10^{-5}$	$3,71 \times 10^{-5}$
0/60	3,0	$1,91 \times 10^{-7}$	$5,73 \times 10^{-7}$	23/74	8,2	$2,19 \times 10^{-6}$	$1,80 \times 10^{-5}$
0/62	7,0	$1,98 \times 10^{-6}$	$1,39 \times 10^{-5}$	27/72	0,3	$1,0 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-6}$
0/68	7,5	$3,04 \times 10^{-6}$	$2,28 \times 10^{-5}$	27/76	1,2	$1,34 \times 10^{-5}$	$1,61 \times 10^{-6}$
3/56	7,3	$4,65 \times 10^{-7}$	$3,39 \times 10^{-6}$	27/80	1,1	$6,10 \times 10^{-6}$	$6,70 \times 10^{-6}$
3/68	8,2	$1,98 \times 10^{-6}$	$2,28 \times 10^{-5}$	31/68	2,5	$6,12 \times 10^{-6}$	$1,53 \times 10^{-5}$
7/68	11,1	$2,26 \times 10^{-6}$	$2,51 \times 10^{-5}$	31/76	-	$5,38 \times 10^{-6}$	$2,80 \times 10^{-5}$
11/56	2,3	$5,09 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-6}$	31/80	-	$3,68 \times 10^{-6}$	$6,03 \times 10^{-5}$
15/72	1,5	$8,82 \times 10^{-5}$	$6,35 \times 10^{-5}$	31/84	1,4	$1,69 \times 10^{-5}$	$2,36 \times 10^{-5}$
19/60	3,1	$1,16 \times 10^{-5}$	$3,61 \times 10^{-5}$	19/72	7,2	$6,61 \times 10^{-7}$	$4,76 \times 10^{-5}$
19/64	4,8	$7,08 \times 10^{-7}$	$3,40 \times 10^{-6}$				

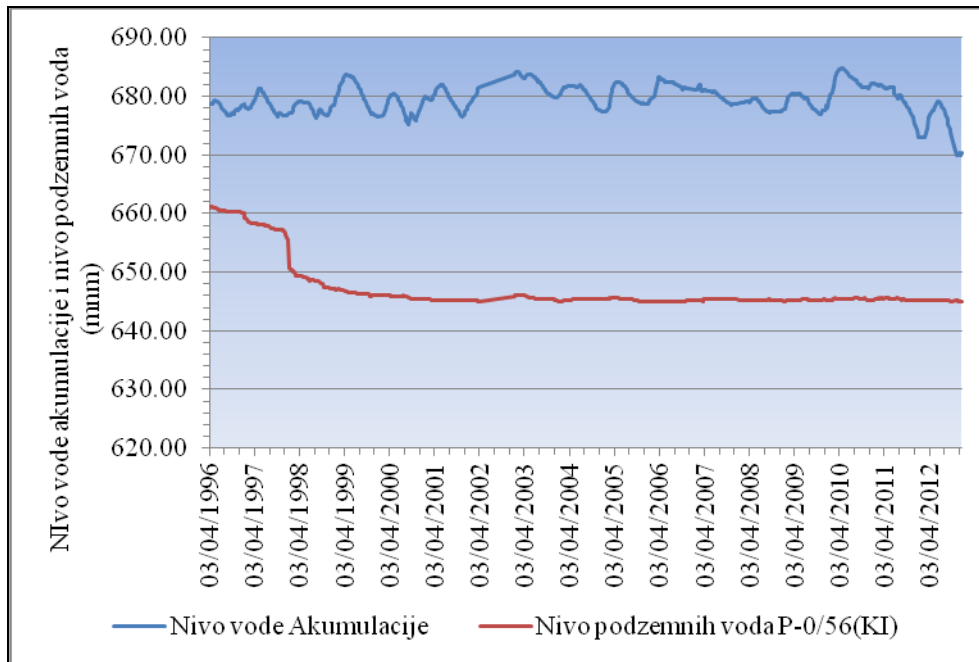
Hidrogeološki parametri krovinske izdani dobijeni su i na osnovu obrade rezultata opita crpenja vode iz bunara (tabela 3.2).

Tabela 3.2. Hidrogeološki parametri krovinske izdani (KI) glavnog ugljenog sloja ležišta „Suvodol“ (na osnovu rezultata dobijenih testiranjem)

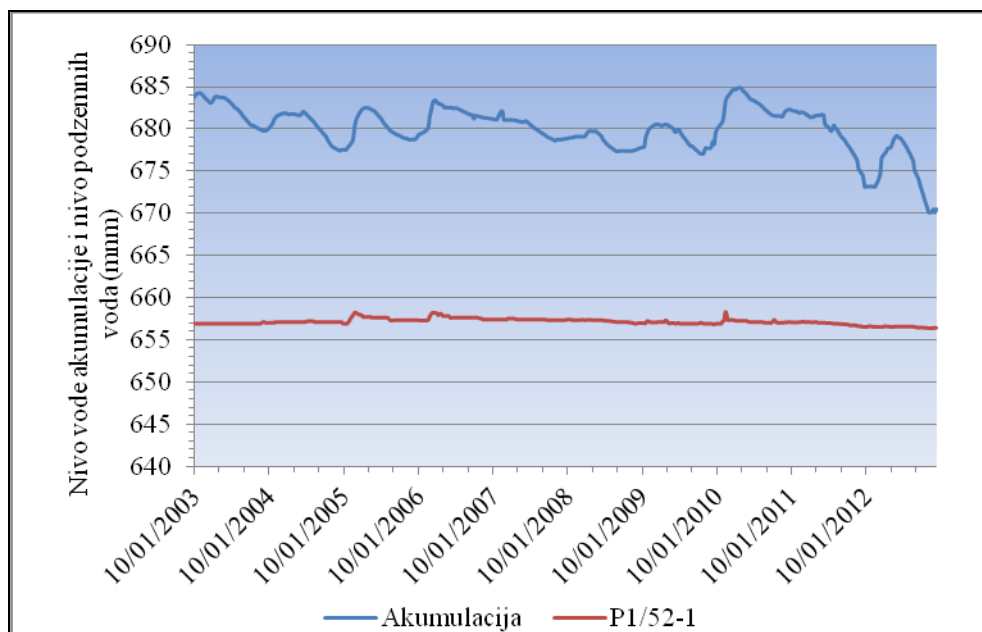
Oznaka bunara	Dubina bunara	Debljina krovinske izdani	Kapacitet crpljenje	Sniženje u bunaru	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Radius dejstva bunara
N_0	H (m)	M (m)	Q (l/s)	S (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	Ra (m)
Pb-1	29,0	26,5	2,00	8,83	$1,67 \times 10^{-4}$	$4,43 \times 10^{-3}$	7,80
Pb-2	21,5	10,3	0,15	3,67	$7,21 \times 10^{-7}$	$7,43 \times 10^{-6}$	6,60
Pb-3	23,0	15,6	1,00	7,70	$9,27 \times 10^{-6}$	$1,45 \times 10^{-4}$	6,10
Pb-4	27,5	9,3	0,52	2,00	$2,35 \times 10^{-5}$	$2,19 \times 10^{-4}$	6,60

Vrednosti ovako dobijenih koeficijenata filtracije su veoma promenljivi i kreću se u granicama od $7,21 \times 10^{-7}$ do $1,67 \times 10^{-4}$ m/s, a transmisibilnost od $7,43 \times 10^{-6}$ do $4,43 \times 10^{-3}$ m²/s.

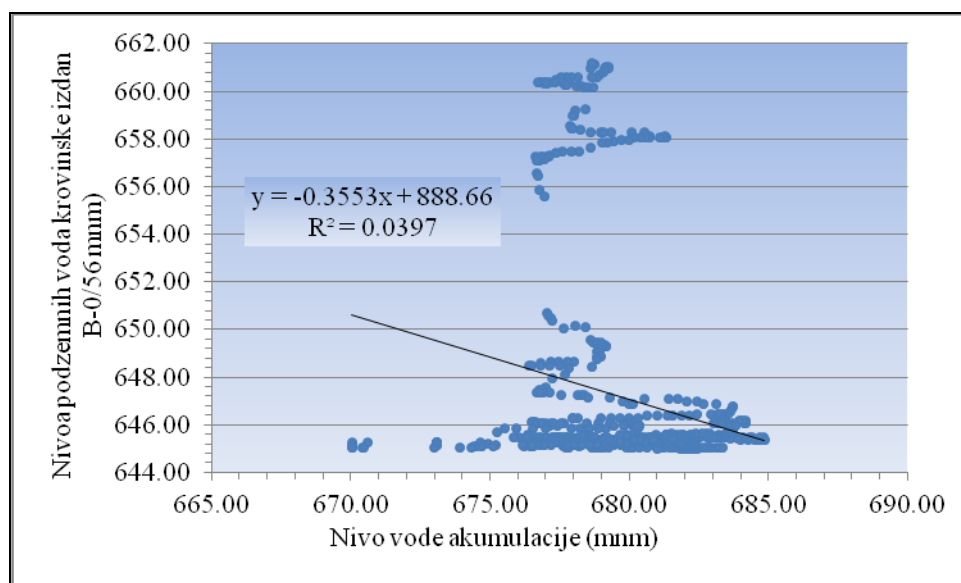
Prihranjivanje izdani je na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina i voda Suvodolske akumulacije. Na osnovu rezultata uporednih merenja nivoa vode u akumulaciji i nivoa podzemnih voda u pijezometrima (slika 3.2 i 3.3), i korelacionih zavisnosti (slike 3.4 i 3.5), može se konstatovati različitost kvaliteta korelacionih veza. Koeficijenti korelacije kreću se od 0,2 (slaba veza) do 0,52 (relativno čvrsta veza).



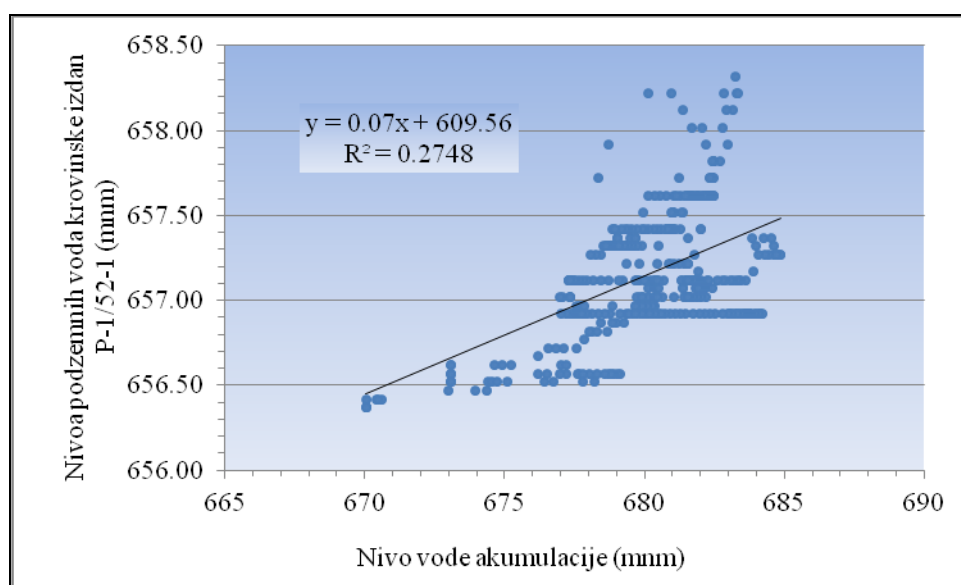
Slika 3.2. Uporedni dijagrami nivoa u Suvodolskoj akumulaciji i nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u bušotini P-0/56, za period 03.04.1996 – 03.04.2012 god.



Slika 3.3. Nivoi vode u Suvodolskoj akumulaciji i nivoi podzemnih voda krovinske izdani (KI) registrovani u bušotini P1/52-1(KI) za period 10.01.2003–19.12.2012 god.

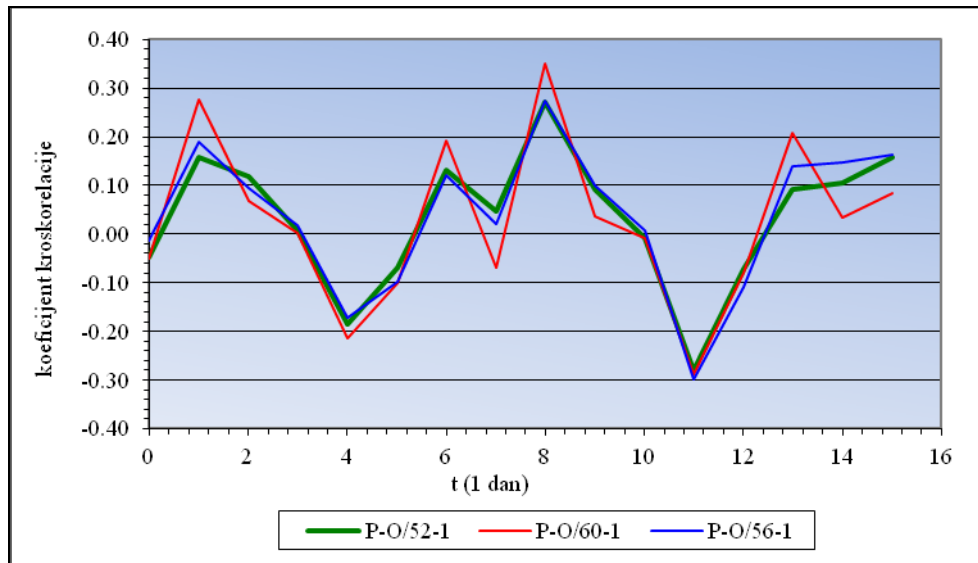


Slika 3.4. Korelaciona zavisnost između nivoa u Suvodolskoj akumulaciji i nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u bušotini B-0/56, za period 03.04.1996–03.04.2012 god.



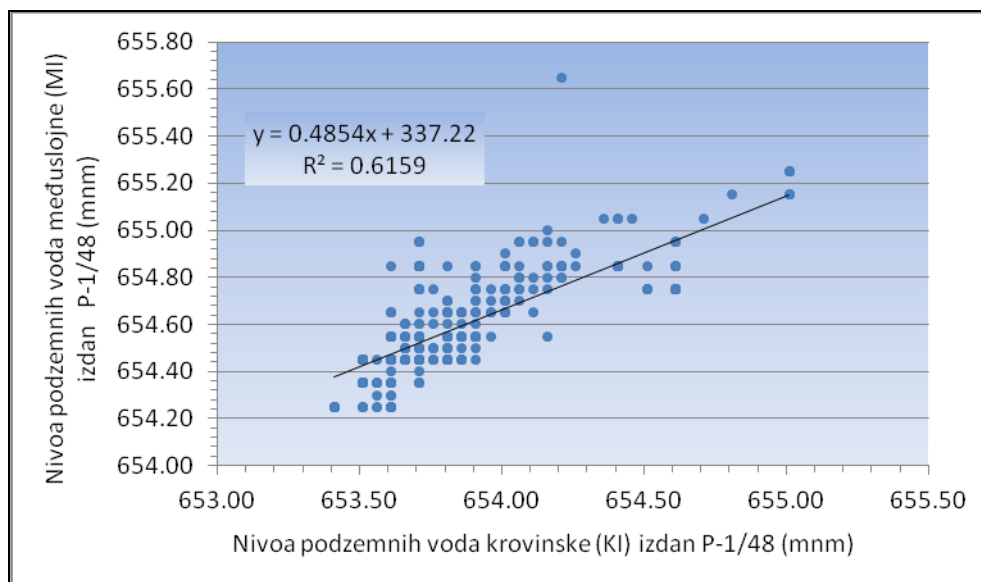
Slika 3.5. Korelaciona zavisnost između nivoa u Suvodolskoj akumulaciji i nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u bušotini P1/52(KI), za period 10.01.2003–19.01.2012 god.

Prihranjivanje izdani na račun atmosferskih padavina potvrđeno je kroskorelacionom zavisnošću između dnevnih suma padavina sa meteorološkoj stanici Suvodol i nivoa podzemnih voda u piježometrima P-0/52-1, P-0/56-1 i P-0/60-1 (slika 3.6).

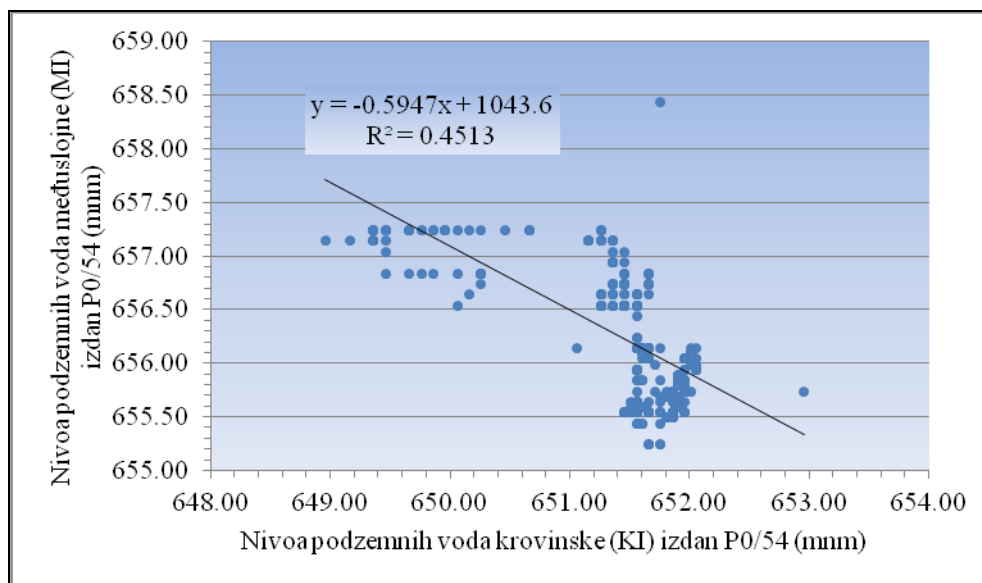


Slika 3.6. Kros korelaciona zavisnost između dnevnih suma padavina registrovanih na meteorološkoj stanici Suvodol i nivoa podzemnih voda u pijeziometrima P0/52-1, P0/56-1 i P0/60-1 za period 04.1996-12.1997 (Jovanov, 2003)

Vidljivo dreniranje izdani odvija se isticanjem podzemnih voda na etažama površinskog kopa. Predpostavlja se da postoji prikriveno dreniranje u druge vodonosne horizonte, što je potvrđeno korelacijom nivoa podzemnih voda međuslojne i podinske izdani (slike 3.7, 3.8, 3.9 i 3.10).

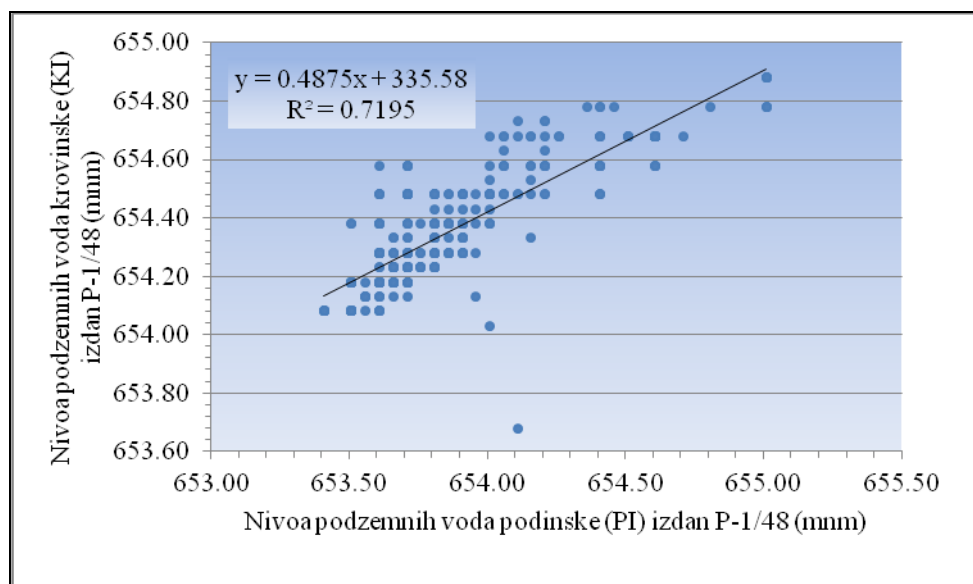


Slika 3.7. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne izdani (MI) u bušotini P1/48 za period 10.01.2003–10.01.2012 god.

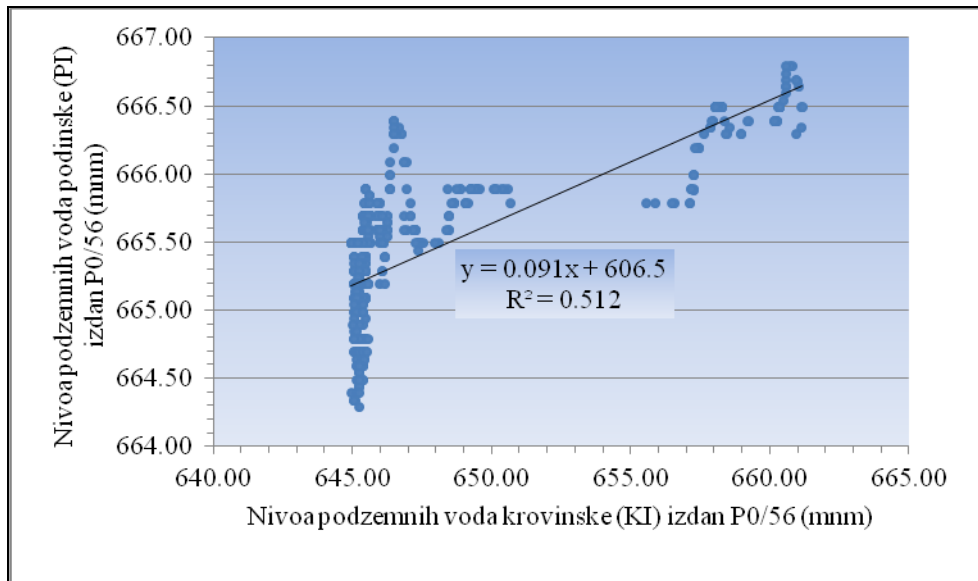


Slika 3.8. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne izdani (MI), u bušotini P0/54 za period 10.01.2003–10.01.2012 god.

Dobijeni koeficijenti korelacije između nivoa podzemnih voda krovinske i međuslojne izdani ukazuju na veze koje su jako promenljive i to: $r=0,79$ (veoma čvrsta veza), $r=0,67$ (relativno čvrsta veza), $r=0,43$ i $r=0,19$ (slaba veza) do $r=0,07$ (nepostojanje korelacione veze).



Slika 3.9. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske izdani (PI), u bušotini P1/48 za period 10.01.2003–10.01.2012 god.



Slika 3.10. Korelaciona zavisnost između nivo podzemnih voda krovinske (KI) i podinske izdani (PI), u bušotini P0/56 za period 10.01.2003–10.01.2012 godina

Koeficijenti korelacije podzemnih voda između krovinske i podinske izdani kreću se od $r=0,85-0,72$ (veoma čvrsta veza), $r=0,65$ (relativno čvrsta veza) do $r=0,43$ (slaba korelaciona veza).

Analizom dobijenih koeficijenata korelacije može se konstatovati postojanje uzajamne hidrauličke veze pojedinih izdani. Ona je posledica litološke povezanosti vodonosnih horizonata u pojedinim delovima terena, t.j. u delovima gde vodonosni slojevi isklinjavaju.

3.1.2.2. Međuslojna izdan (MI)

Međuslojna izdan (MI) u centralnom delu ležišta „Suvodol“ javlja se u dva nivoa (MI_1 i MI_2), a zahvata prostor ispod ugljenog sloja koji je u eksploataciji i prostor između ostali ugljani slojeva po dubini u okviru ležište „Suvodol“ (slika 3.1).

Gornji nivo međuslojne izdani (MI_1) zahvata prostor između glavnog i podinskog ugljenog sloja i ima kontinualno rasprostranjenje.

Podzemne vode imaju artesi (do +1,55 m - samoizliv) i subartesi nivo (do -0,82 m). Izdašnost arteskkih bušotina kreće se od 1,0-5,0 l/s (tabela 3.3).

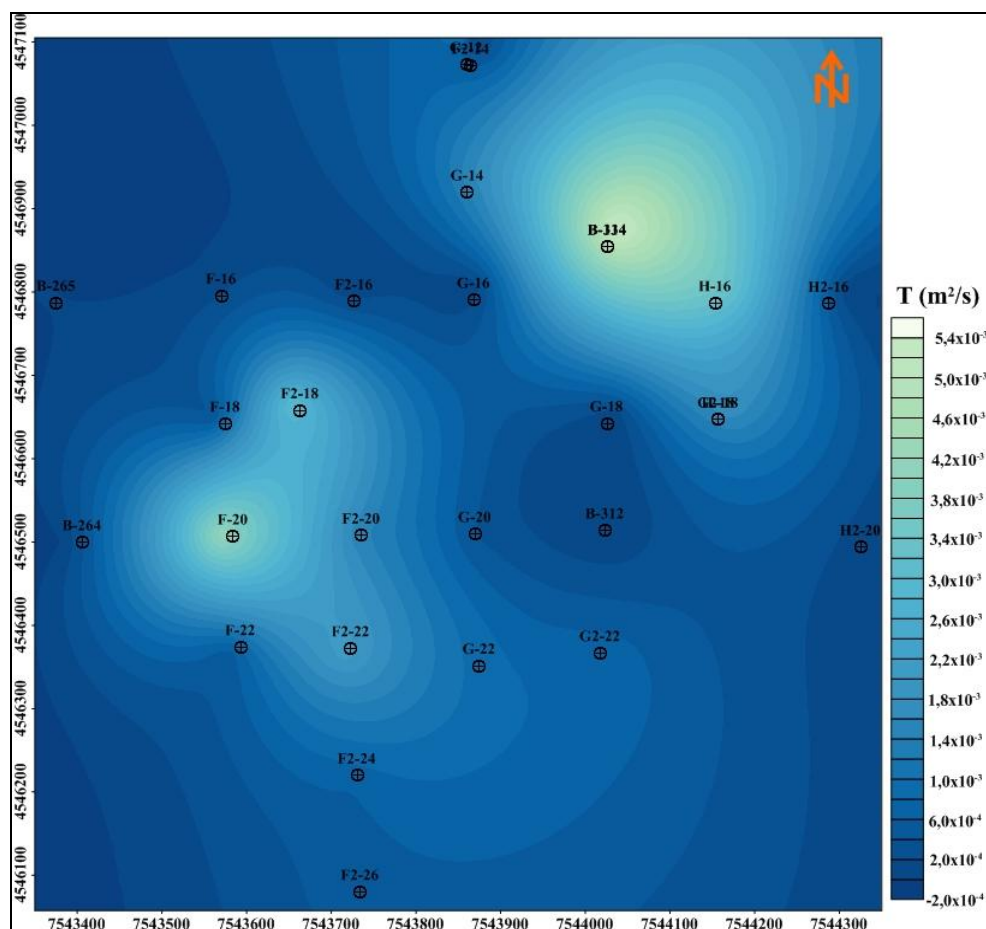
Tabela 3.3. Nivoi podzemnih voda i izdašnosti bušotina međuslojne izdani centralnog dela ležišta „Suvodol“

Ounaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Izdašnost bušotine
N_0	Z (mm)	NPV (m)	Q (l/s)
F-20	538,89	-	-
F2-20	539,81	- 0,82	-
H-16	529,8	+1,55	5,0
H2-16	539,85	-	2,5
F2-18	534,5	+0,15	-
F2-24	542,9	-	1,0
F2-26	550,8	-	1,5
H-18	532,33	-	3,5

Vrednosti filtracionih parametara sedimenata, definisane na osnovu granulometrijskih ispitivanja ukazuju na izrazitu filtracionu nejednorodnost sredine (tabela 3.4). Vrednosti koeficijenata filtracije kreću se od $1,96 \times 10^{-7}$ do $3,43 \times 10^{-4}$ m/s, a vrednosti transmisibilnosti od $2,0 \times 10^{-6}$ do $5,40 \times 10^{-3}$ m²/s. Na osnovu prostornog rasporeda koeficijenta transmisibilnosti (slika 3.11), izdvajaju se dve dobro vodoprovodne zone kod bušotina B-333 i F-20, dok ostali delovi ove izdan odlikuju se sa slabijom transmisibilnošću.

Tabela 3.4. Srednje vrednosti koeficijenata filtracije i transmisibilnosti gornjeg nivoa međuslojne izdani (MI_1) u centralnom delu ležišta „Suvodol“ (na osnovu rezultata granulometrijskih analiza)

Oznaka bušotine	Debljina međuslojne izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Oznaka bušotine	Debljina krovinke izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N_0	Dh (m)	K_{sr} (m/s)	T_{sr} (m ² /s)	N_0	Dh (m)	K_{sr} (m/s)	T_{sr} (m ² /s)
B-265	6,5	$1,509 \times 10^{-6}$	$9,80 \times 10^{-6}$	F ₂ -20	49,0	$3,108 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-3}$
F-16	41,0	$1,509 \times 10^{-6}$	$6,20 \times 10^{-5}$	G-20	50,0	$7,719 \times 10^{-6}$	$3,90 \times 10^{-4}$
F ₂ -16	24,0	$1,103 \times 10^{-6}$	$3,75 \times 10^{-5}$	B-312	39,0	$2,779 \times 10^{-7}$	$1,10 \times 10^{-5}$
G-16	46,0	$1,799 \times 10^{-6}$	$8,30 \times 10^{-5}$	H ₂ -20	8,0	$3,495 \times 10^{-7}$	$2,80 \times 10^{-6}$
B-314	49,0	$1,106 \times 10^{-4}$	$5,40 \times 10^{-3}$	B-134	55,0	$1,961 \times 10^{-7}$	$1,10 \times 10^{-5}$
H-16	30,0	$1,106 \times 10^{-4}$	$3,30 \times 10^{-3}$	F-22	53,0	$9,68 \times 10^{-7}$	$5,10 \times 10^{-4}$
H ₂ -16	16,0	$1,799 \times 10^{-6}$	$2,90 \times 10^{-5}$	F ₂ -22	61,0	$3,413 \times 10^{-5}$	$2,10 \times 10^{-3}$
F-18	37,0	$1,05 \times 10^{-5}$	$3,90 \times 10^{-5}$	G-22	57,0	$1,603 \times 10^{-5}$	$9,10 \times 10^{-4}$
F ₂ -18	34,0	$8,82 \times 10^{-5}$	$3,00 \times 10^{-3}$	G ₂ -22	47,0	$1,603 \times 10^{-5}$	$7,50 \times 10^{-4}$
G-18	24,0	$2,193 \times 10^{-6}$	$5,30 \times 10^{-5}$	F ₂ -14	10,0	$1,961 \times 10^{-7}$	$2,00 \times 10^{-6}$
G ₂ -18	42,0	$4,11 \times 10^{-5}$	$1,70 \times 10^{-3}$	F ₂ -24	51,0	$1,20 \times 10^{-5}$	$6,10 \times 10^{-4}$
H-18	15,0	$3,434 \times 10^{-4}$	$5,20 \times 10^{-3}$	F ₂ -26	42,0	$1,20 \times 10^{-5}$	$5,04 \times 10^{-4}$
B-264	33,0	$2,09 \times 10^{-7}$	$6,90 \times 10^{-6}$	G-12	17,0	$5,444 \times 10^{-5}$	$9,30 \times 10^{-4}$
F-20	47,0	$8,885 \times 10^{-5}$	$4,20 \times 10^{-3}$	G-14	46,0	$3,30 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-3}$

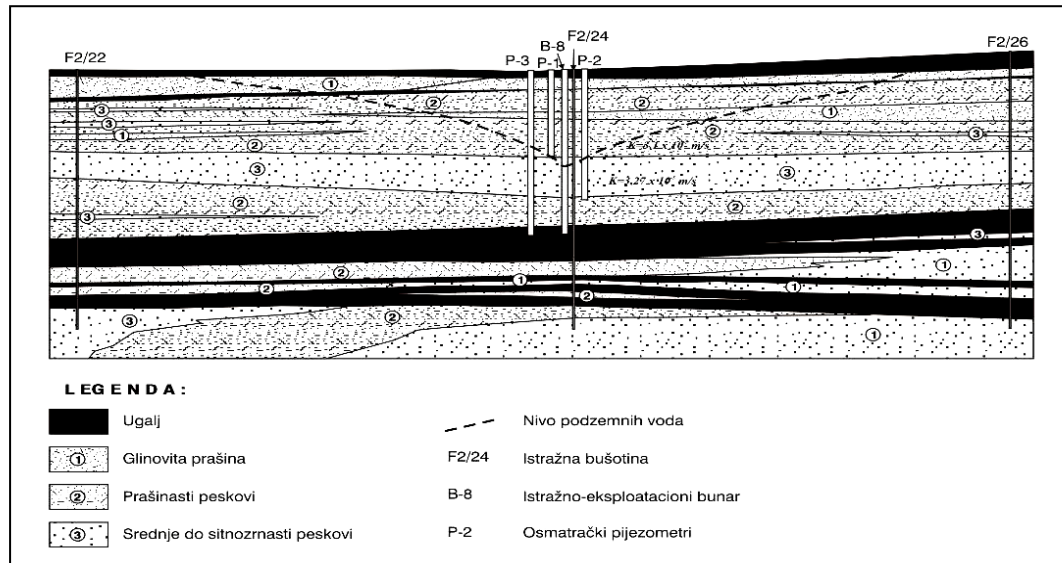


Slika 3.11. Karta veličine transmisibilnosti međuslojne izdani (MI_1) u centralnom delu ležišta "Suvodol" (Jovanov, 2003)

Filtracioni parametri vodonosne sredine međuslojne izdani (MI_1) određeni su i obradom podataka dobijenih crpenjem iz istražno-eksploatacionog bunara B-8 (tabela 3.5; slika 3.12).

Tabela 3.5. Vrednosti koeficijenta filtracije, transmisibilnosti i radijusa dejstva bunara međuslojne izdani (MI_1) u području opitnog polja B-8 ležište "Suvodol" (Jovanov, 1995)

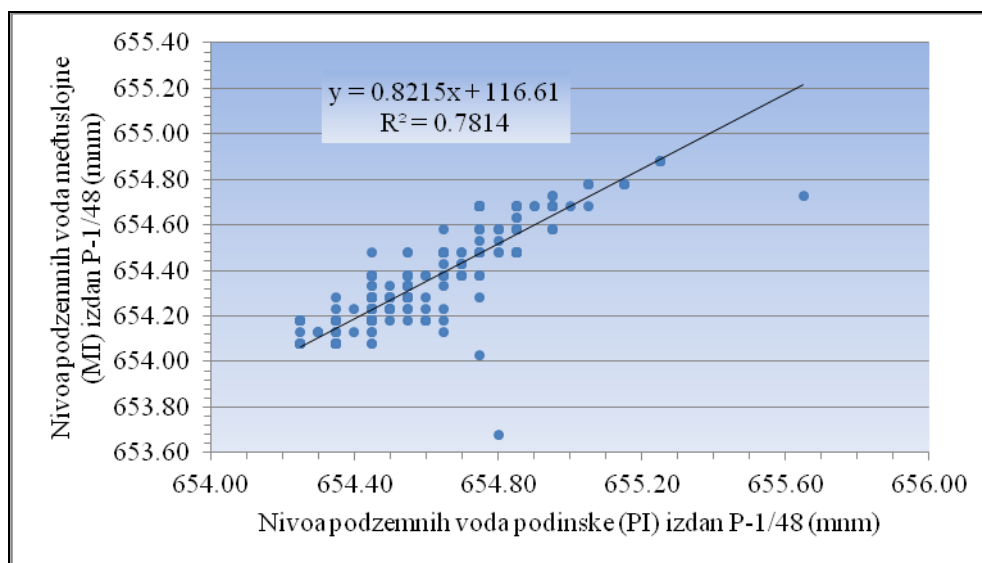
Bunar/ pijezometar	Dubina bunara -pijezometra	Debljina izdani	Kapacitet crpljenja	Snizenje u bunaru	Koeficijent filtracije	Transmisi- bilnost	Radijus dej- stva bunara
N_0	Dh (m)	H (m)	Q (l/s)	S (m)	K (m/s)	T (m^2/s)	Ra (m)
Bunar B-8	66,0	42,8	15,3	38,27	$1,20 \times 10^{-5}$	$5,20 \times 10^{-4}$	129,3
Pijez, P-1	36,0	17,0	-	26,79	$3,00 \times 10^{-5}$	$5,30 \times 10^{-4}$	-
Pijez, P-2	52,0	15,0	-	35,51	$3,30 \times 10^{-5}$	$4,90 \times 10^{-4}$	-
Pijez, P-3	66,0	42,8	-	19,41	$1,20 \times 10^{-5}$	$5,20 \times 10^{-4}$	-



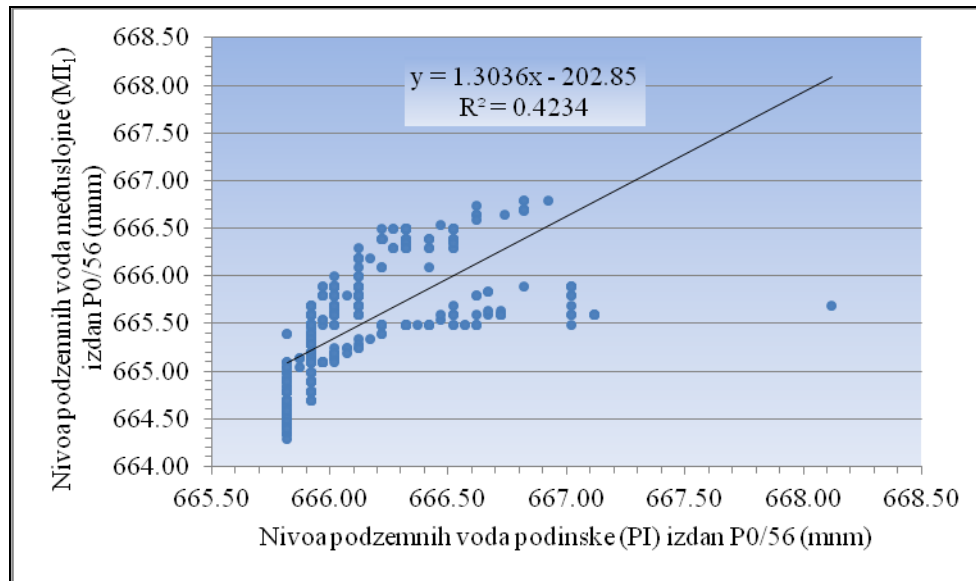
Slika 3.12. Proračunska šema opitnog polja B-8 međuslojne izdani (MI_1) podinske ugljane serije centralnog dela ležišta "Suvodol"

Filtracioni parametri dobijeni testiranjem, ne razlikuju se mnogo od istih dobijenih obradom podataka granulometrijskih analiza, i za ovu izdan može se reći da se odlikuje većom vodonosnošću u odnosu na ostale sredine Suvodolskog ležišta.

Prihranjivanje izdani odvija se na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina u delovima terena gde su vodonosni sedimenti otkriveni na površini terena i na račun infiltracije površinskih voda iz Suvodolske akumulacije i deo doticaja vode iz podinske izdani. Između prve međuslojne izdan (MI_1) i podinske izdani (PI) na širem području postoji dobra hidraulička veza (slike 3.13 i 3.14).



Slika 3.13. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda prve međuslojne (MI_1) i podinske izdani (PI), u bušotini P1/48 za period 10.01.2003–10.01.2012



Slika 3.14. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda međuslojne (MI_1) i podinske izdani (PI), u bušotini P0/56 za period 10.01.2003–10.01.2012

Vrednosti koeficijenta korelacije između nivoa podzemnih voda međuslojne i podinske izdani kreću se od $r=0,88$ (veoma dobra veza), $r=-0,65$ (relativno čvrsta veza), do $r=0,47$ i $r=0,17$ (slaba korelaciona veza).

Dreniranje izdani vrši se isticanjem preko bušotina sa samoizlivom (tabela 3.3).

Donji nivo međuslojne izdani (MI_2) zahvata prostor ispod glavnog podinskog ugljenog sloja i prostor između dubljih ugljenih slojeva (slika 3.1). Ova izdan rasprostranjena je u centralnim, severoistočnim, istočnim, južnim i jugoistočnim delovima ležišta. Izgrađena je od sivih sitnozrnih do prašiniastih peskova, mestimično zaglinjenih, a dok krovinu i podinu izdani čine gline, ugljevite gline i slojevi uglja.

Podzemne vode se odlikuju arteskima i subarteskima nivoom. Veličina samoizliva kod arteskkih bušotina iznosi 0,15-0,5 l/s (tabela 3.6).

Tabela 3.6. Vrednosti nivoa podzemnih voda i veličine samoizliva bušotina u okviru međuslojne izdani (MI_2) u centralnom delu ležišta "Suvodol"

Oznaka bušotine	Kota terena	Nivo podzemnih voda	Izdašnost bušotine
N_0	Z (mmm)	NPV (m)	Q (l/s)
F-22	542,30	-	-
F ₂ -22	543,07	+3,05	0,22
G-22	544,90	-	0,50
F-20	538,89	-	-
H ₂ -16	539,85	-	-
G-18	543,40	+0,50	0,30
G ₂ -18	541,41	+1,70	0,16
G ₃ -22	544,58	-	0,15

Filtracioni parametri vodonosne sredine određivani su na osnovu rezultata granulometrijskih analiza (tabela 3.7).

Tabela 3.7. Vrednoasti koeficijenata filtracije i transmisibilnosti vodonosne sredine u okviru međuslojne izdani (MI₂) u centralnom delu ležišta "Suvodol"

Oznaka bušotine	Debljina međuslojne izdani	Koeficijent filtracije	Ttransmisibilnost
N ₀	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
F-18	7,5	5,45 x 10 ⁻⁷	4,09 x 10 ⁻⁶
F-20	1,2	5,45 x 10 ⁻⁸	6,53 x 10 ⁻⁸
F ₂ -22	9,0	3,06 x 10 ⁻⁷	2,76 x 10 ⁻⁶
G-18	3,5	2,07 x 10 ⁻⁵	7,24 x 10 ⁻⁵
G-18	4,5	2,93 x 10 ⁻⁵	4,32 x 10 ⁻⁴
G-22	2,5	3,11 x 10 ⁻⁵	7,77 x 10 ⁻⁵
H ₂ -16	6,0	2,28 x 10 ⁻⁶	1,37 x 10 ⁻⁵

Vrednosti koeficijenata filtracije kreću se u granicama od 5,45x10⁻⁸ do 3,11x10⁻⁵ m/s, a vrednosti transmisibilnosti od 6,53x10⁻⁸ do 4,32x10⁻⁴ m²/s.

U severoistočnom, istočnom, južnom i jugoistočnom delu ležišta, međuslojna izdan (MI) nema kontinualno rasprostranjenje. Javlja se u sočivima i proslojcima sitnozrnih do prašiniastih peskova sive boje, mestimično zaglinjenih. U ovaj deo ova izdan je konstatovana u dva nivoa, sa debljinom izdanske zone od 0,5-2,8 m u gornjem i od 1,10-6,10 m u donjem nivou.

Podzemne vode se odlikuju subarteskim nivoom. U severoistočnom delu ležišta, nivo podzemnih voda nalazi se 5,3-8,0 m, u istočnom 6,8-16,5 m, a u južnom i jugoistočnom delu ležišta 5,0-18,0 m ispod površine terena.

Filtraciona svojstva određena su na osnovu rezultata granulometrijskih analiza (tabela 3.8).

Tabela 3.8. Vrednosti koeficijenata filtracije i transmisibilnosti vodonosne sredine međuslojne izdani u severoistočnom, istočnom, južnom i jugoistočnom delu ležišta „Suvodol“

Oznaka Bušotine	Debljina međuslojne izdani	Koeficijent filtracije	Ttransmisibilnosti
N ₀	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
0/52	0,9	1,45 x 10 ⁻⁵	1,31 x 10 ⁻⁵
0/56	2,8	2,59 x 10 ⁻⁶	7,25 x 10 ⁻⁶
3/56	0,5	3,61 x 10 ⁻⁶	1,81 x 10 ⁻⁶
15/72	4,5	2,31 x 10 ⁻⁵	1,04 x 10 ⁻⁴
19/60	2,5	6,43 x 10 ⁻⁵	2,25 x 10 ⁻⁵
27/60	3,9	6,72 x 10 ⁻⁶	2,62 x 10 ⁻⁵
31/80	2,5	5,89 x 10 ⁻⁶	1,47 x 10 ⁻⁵
31/84	6,1	3,63 x 10 ⁻⁵	2,21 x 10 ⁻⁴

Vrednosti koeficijenta filtracije su jako promenljive. U severoistočnom delu ležišta iznose $2,59 \times 10^{-6}$ do $1,45 \times 10^{-5}$ m/s, u istočnom delu $6,43 \times 10^{-6}$ do $2,31 \times 10^{-5}$ m/s, a u južnom i jugoistočnom delu ležišta $5,90 \times 10^{-6}$ do $3,63 \times 10^{-5}$ m/s.

Transmisibilnost vodonosne sredine ove izdan takođe je promenljiva. U severoistočnom delu ležišta iznosi $1,81 \times 10^{-6}$ do $1,31 \times 10^{-5}$ m²/s, u istočnom $2,25 \times 10^{-5}$ do $1,04 \times 10^{-4}$ m²/s, a u južnom i jugoistočnom delu ležišta $1,47 \times 10^{-5}$ do $2,21 \times 10^{-4}$ m²/s.

Prihranjivanje međuslojne izdani (MI₂) je na račun infiltracije atmosferskih padavina i površinskih voda Suvodolske akumulacije. Pored toga, izdan se prihranjuje i na račun doticaja podzemnih voda iz podinske izdani.

Na osnovu rezultata uporednih merenja nivoa vode u akumulaciji i nivoa podzemnih voda u piježometrima urađene su korelacione zavisnosti na osnovu kojih se može konstatovati različitost kvaliteta uspostavljenih korelacionih veza.

Dreniranje podzemnih voda vrši se isticanjem preko bušotina, kao i isticanjem u međuslojne izdani (MI₁) i krovinske izdani (KI).

3.1.2.3. Podinska izdan (PI)

Podinska izdan (PI), zahvata prostor između najdubljeg ugljenog sloja i glina (slika 3.1). Prostire se u najvećem delu ležišta. Formirana je u sitnozrnim do prašinastim peskovima mestimično zaglinjenim. Debljina vodonosnih naslaga je promenljiva i kreće se od 1,0-2,0 m do maksimalnih 26,4 m.

Podzemne vode odlikuju se arteskimi i subarteskimi nivoom. Nivo podzemnih voda u centralnim delovima ležišta kreće se u granici od +17,1 do 7,6 m ispod površine terena (tabela 3.9).

U severoistočnom delu ležišta isto je od 2,83-6,0 m., u istočnom delu kreće se od 10,11-20,6 m, i u južnom i jugoistočnom delu ležišta kreće se u granici od 11,5-24,8 m.

Tabela 3.9. Vrednosti nivoa podzemnih voda i izdašnost bušotina u okviru podinske izdani u centralnom delu ležišta "Suvodol"

Oznaka bušotine	Kota terena	Nivo podzemnih voda	Izdašnost bušotine na samoizlivu
N ₀	Z (mmm)	NPV (m)	Q (l/s)
G-22	544,90	+17,10	0,29
G-20	543,30	-	-
H ₂ -20	570,64	-7,60	-
H ₂ -16	539,85	-	3,00
F ₂ -24	542,90	+3,25	0,075
H-18	532,90	+9,48	5,00

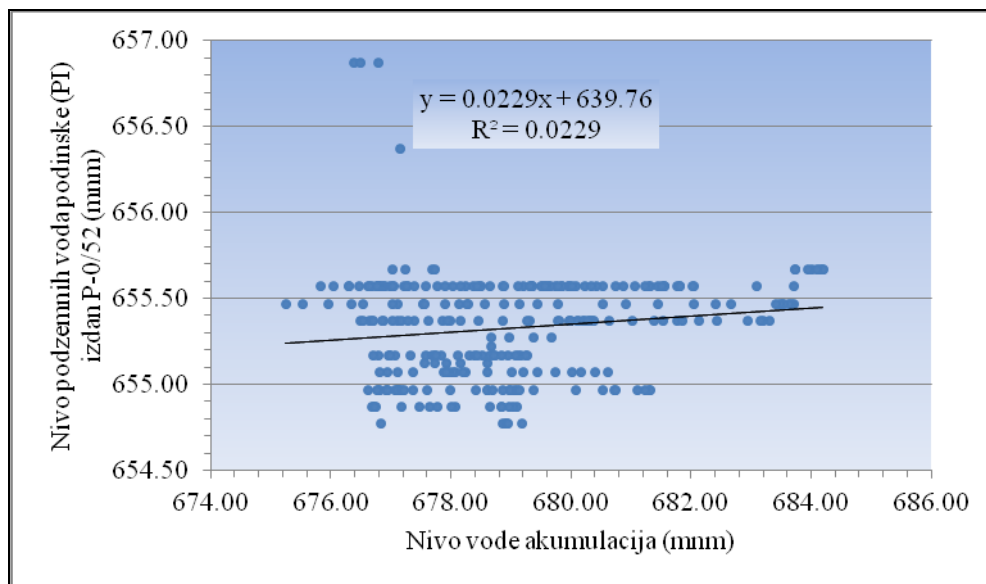
Vrednosti filtracionih parametara određenih na osnovu rezultata granulometrijskih ispitivanja uzoraka iz bušotina su jako promenljivi u okviru izdani. Vrednosti koeficijena filtracije vodonosnih sredina u centralnom delu ležišta kreću se od $1,35 \times 10^{-4}$ do $4,87 \times 10^{-8}$ m/s, a u ostalim delovima od $6,37 \times 10^{-8}$ do $3,64 \times 10^{-8}$ m/s. Veličina transmisibilnosti u centralnom delu ležišta kreće se od $4,05 \times 10^{-4}$ do $8,26 \times 10^{-7}$ m²/s; u istočnom, u južnom i jugoistočnom delu ležišta od $1,68 \times 10^{-7}$ do $7,84 \times 10^{-7}$ m²/s (tabela 3.10).

Tabela 3.10. Vrednosti koeficijena filtracije i transmisibilnosti podinske izdani (PI) ležišta uglja "Suvodol"

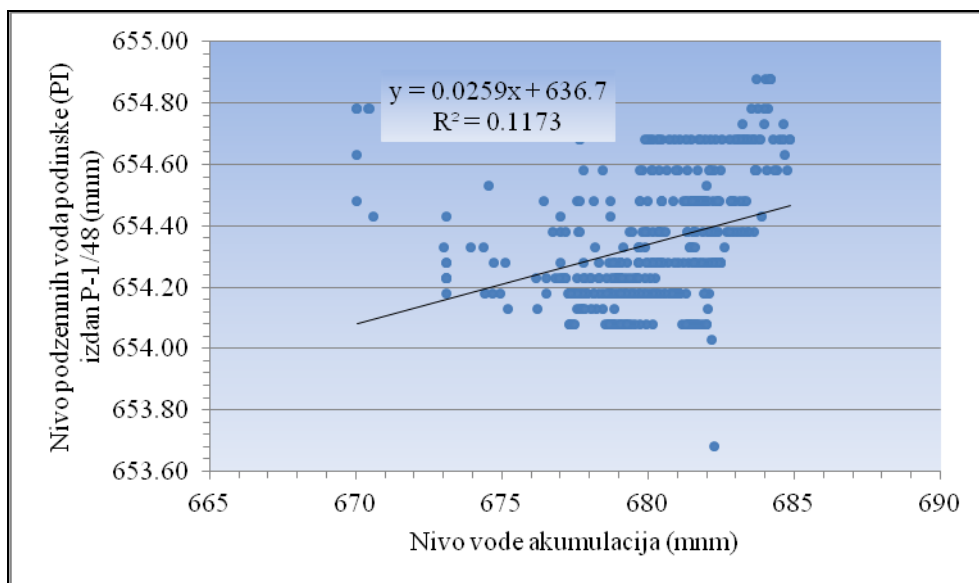
Oznaka bušotine	Debljina podinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N ₀	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
F-20	6,0	$2,31 \times 10^{-7}$	$1,39 \times 10^{-6}$
F ₂ -16	3,0	$1,42 \times 10^{-5}$	$4,25 \times 10^{-5}$
F ₂ -18	-	$8,40 \times 10^{-7}$	-
F ₂ -22	-	$1,23 \times 10^{-7}$	-
G-14	5,5	$3,06 \times 10^{-7}$	$1,69 \times 10^{-6}$
G-22	>8,0	$7,04 \times 10^{-8}$	-
G ₂ -18	-	$6,33 \times 10^{-8}$	-
H-18	>10,0	$3,23 \times 10^{-5}$	-
H ₂ -16	3,0	$1,35 \times 10^{-4}$	$4,05 \times 10^{-4}$
H ₂ -20	17,0	$4,87 \times 10^{-8}$	$8,26 \times 10^{-7}$
0/52	15,7	$3,64 \times 10^{-8}$	$5,71 \times 10^{-7}$
0/56	20,1	$3,90 \times 10^{-8}$	$7,84 \times 10^{-7}$
0/62	5,6	$6,37 \times 10^{-8}$	$3,57 \times 10^{-7}$
7/56	3,0	$5,60 \times 10^{-8}$	$1,68 \times 10^{-7}$
7/60	11,5	$4,10 \times 10^{-8}$	$4,72 \times 10^{-7}$

Prihranjivanje izdani odvija se na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina u delovima terena gde su vodonosni sedimenti otkriveni na površini terena i na račun infiltracije površinskih voda iz Suvodolske akumulacije (Jovanov, 2003). Na

osnovu korelacione zavisnosti između nivoa podzemnih i površinskih voda, može se konstatovati da postoji prihranjivanje i iz dubljih vodonosnih sredina (slika 3.15 i 3.16).



Slika 3.15. Korelaciona zavisnost između nivoa Suvodolske akumulacije i nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI), u bušotini P-0/52, ležišta „Suvodol“ za period 03.04.1996–03.04.2008 god.



Slika 3.16. Korelaciona zavisnost između nivoa Suvodolske akumulacije i nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI), u bušotini P-1/48 ležišta Suvodol za period 10.01.2003–10.01.2012 god.

Vrednosti koeficijenta korelacije kreću se u intervalu od 0,34-0,15 (slaba korelaciona veza), što govori o tome da vode Suvodolske akumulacije nemaju veći uticaj na prihranjivanje podzemnih voda podinske izdani.

Dreniranje izdani je preko samoizlivnih bušotina u području površinskog kopa. Na osnovu podataka merenja tokom 1993. godine, ukupna izdašnost bušotina iznosila je oko 10 l/s.

3.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA "BROD – GNEOTINO"

Na osnovu litološkog sastava i preovlađujućeg strukturnog tipa poroznosti, u okviru ležišta uglja "Brod-Gneotino" izdvojeni su sledeći tipovi izdani:

- zbijen tip izdani u aluvijalnim nanosima Crne Reke,
- izdani u kompleksu neogenih sedimenata i
- pukotinski tip izdani.

Pored toga, neki tereni su prema svojim hidrogeološkim svojstvima svrstani u terene siromašne izdanima, tj. u uslovno bezvodne delove terena (prilog 6).

Prema hidrodinamičkim karakteristikama nivoa podzemnih voda, izdvajaju se sledeći tipovi izdani:

- izdani sa slobodnim nivoom i
- izdani sa nivoom pod pritiskom (subarteske i arteske izdani).

Hidrogeološke karakteristike zbijene izdani u aluvijonu Crne Reke i pukotinske izdani u kristalastim stenama, kao i terena siromašni izdanima detaljnije su opisani u poglavljima 2.2.1.1., 2.2.3 i 2.2.4, pa će ovde prvenstveno biti reči o hidrogeološkim karakteristikama izdani u kompleksu neogenih sedimenata. Ovo iz razloga što se u okviru njih nalaze ugljeni slojevi.

3.2.1. Izdani u kompleksu neogenih sedimanata

U okviru kompleksa neogenih sedimenata formirane su izdani arteskog ili subarteskog tipa, koje imaju značajno rasprostranjenje (prilog 6). Vodonosne sredine su predstavljene srednje i gornje pliocenskim peskovima, šljunkovima i sitnozrnim prašinastim peskovima. Javljaju se u više nivoa i to iznad glavnog ugljenog sloja koji je u eksploataciji, između ugljenih slojeva i u njihovoj podini (prilog 7 i 8).

Krovinu i podinu vodonosnih naslaga čine gline, ugljevite gline i ugalj, koje po svojim hidrogeološkim karakteristikama predstavljaju bezvodne, slabovodopropusne stene, a samim tim i barijeru za kretanje podzemnih voda.

Hidrogeološki parametri vodonosne sredine u okviru ležišta, određivani su testiranjem na postojećem useku i tri bunarska opitna polja (*Jovanov i saradnici 2003*).

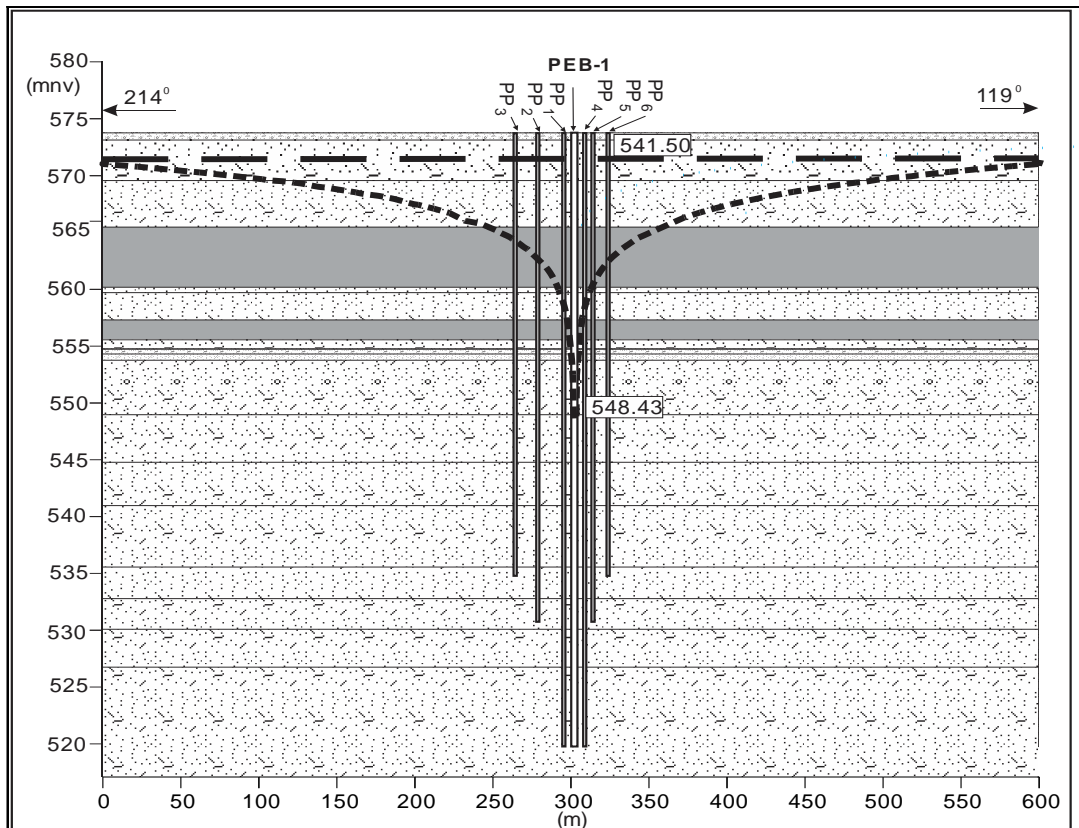
Probno eksploatacioni usek je sa dimenzijama 20,0x50,0 m, odlikuje se sa prosečnom moćnosti od 14,0 m, sa srednjim koeficijentom filtracije $6,64 \times 10^{-3}$ m/s, dok mu je transmisibilnost $6,64 \times 10^{-3}$ m²/s, a optimalna izdašnost 30,0 l/s pri radijusu dejstva od 255,1 m.

U zoni opitnog polja OP-1, vrednosti koeficijenata filtracije su u granicama $1,28 \times 10^{-6}$ do $9,68 \times 10^{-6}$ m/s, vrednosti transmisibilnosti od $5,32 \times 10^{-5}$ do $2,66 \times 10^{-4}$ m²/s (tabela 3.11). Za sniženje S=19,23 m, izdašnost bunara iznosi 8,35 l/s, a specifični proticaj $q=0,47$ l/s/m'.

Tabela 3.11. Vrednosti hidrogeoloških parametara vodonosne sredine u zoni probno-eksploatacionog bunara i osmatračkih pijezometara opitnog polja OP-I u ležištu „Brod-Gneotino”

Bunar-pijezometar	Kota terena	Dubina objekta	Rastojanje od bunara	Debljina podinske izdan	Koeficijent filtracije	Transmisi-bilnost	Radius dejstva bunara
N ₀	Z(mmm)	Dh (m)	Rb (m)	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	Ra (m)
PEB-1	574,27	53,0					
PP-1	574,70	54,0	4,70	35,8	$1,653 \times 10^{-6}$	$5,92 \times 10^{-5}$	336,80
PP-2	574,77	43,0	9,80	24,8	$3,70 \times 10^{-6}$	$9,17 \times 10^{-5}$	336,80
PP-3	574,92	39,0	21,30	20,8	$1,28 \times 10^{-6}$	$2,66 \times 10^{-4}$	336,80
PP-4	574,73	54,0	4,70	35,8	$1,49 \times 10^{-6}$	$5,32 \times 10^{-5}$	331,40
PP-5	574,74	43,0	10,00	24,8	$3,38 \times 10^{-6}$	$8,38 \times 10^{-5}$	331,40
PP-6	574,79	39,0	19,70	20,8	$9,68 \times 10^{-6}$	$2,01 \times 10^{-4}$	331,40

Pijezometarska linija u zoni uticaja bunara PEB-1 u ležištu „Brod-Gneotino”, prikazana je na slici 3.17.



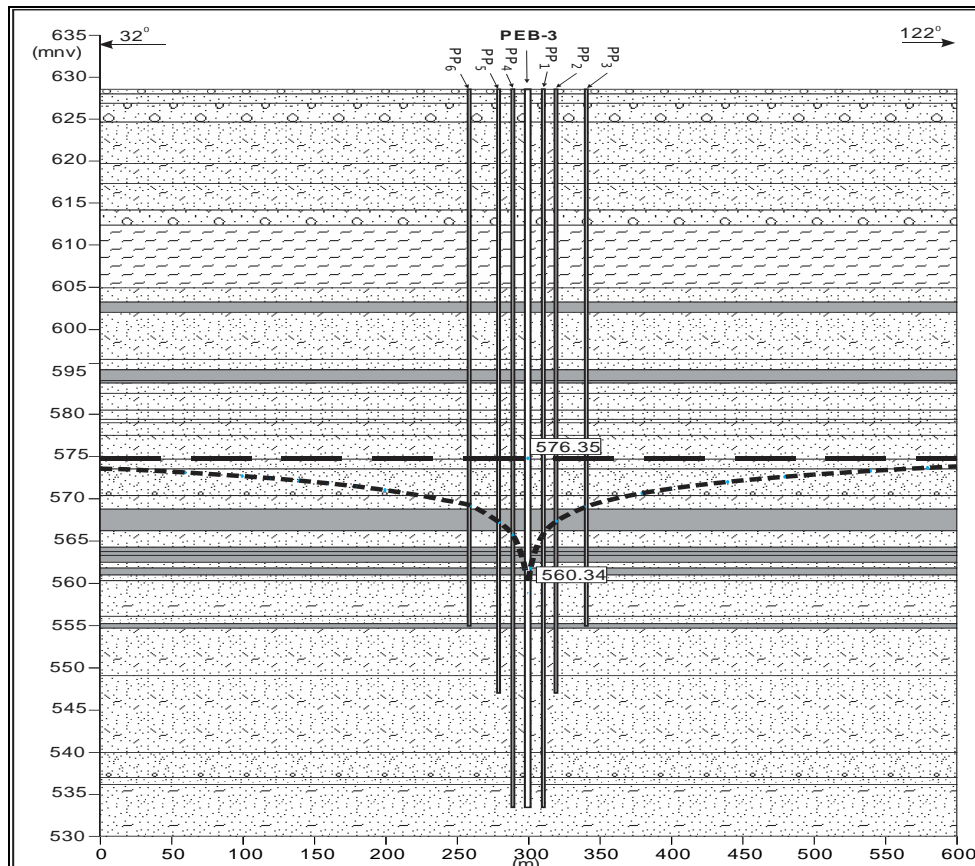
Slika 3.17. Pijezometarska linija u zoni probno-eksploatacionog bunara PEB-1, opitnog polja OP-I (Jovanov i Stolić, 2006),

Vrednosti koeficijenta filtracije u području opitnog polja OP-3 kreću se u granici od $1,19 \times 10^{-5}$ do $1,12 \times 10^{-4}$ m/s, a transmisibilnosti se kreće od $3,3 \times 10^{-4}$ do $1,6 \times 10^{-3}$ m²/s (tabela 3.12). Izdašnost probno-eksploatacionog bunara PEB-3 iznosi 5,5 l/s za depresiju $S=57,69$ m ($q=0,41$ l/s/m²).

Tabela 3.12. Vrednosti koeficijenta filtracije, transmisibilnosti i radius dejstva bunara kod opitnog polja OP-III, ležište uglja „Brod-Gneotino“

Oznaka pijezometra bunara	Kota terena	Dubina bunara, pijezometra	Rastojanje od bunara	Debljina vodonosne sredine	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Radius dejstva bunara
N ₀	Z(mnm)	Dh (m)	Rb (m)	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	Ra (m)
PEB-3	621,28	85,0					
P-1(KI)	621,30	85,0	4,90	27,5	$1,19 \times 10^{-5}$	$3,30 \times 10^{-4}$	223,60
P-2(MI)	621,15	72,0	8,80	22,5	$4,04 \times 10^{-5}$	$9,10 \times 10^{-4}$	223,60
P-3(PI)	620,51	65,0	20,00	9,5	$8,38 \times 10^{-5}$	$8,00 \times 10^{-4}$	223,60
P-4(KI)	621,05	85,0	5,20	27,5	$1,42 \times 10^{-5}$	$3,90 \times 10^{-4}$	242,80
P-5(MI)	620,53	72,0	10,20	22,5	$3,14 \times 10^{-5}$	$7,10 \times 10^{-4}$	242,80
P-6(PI)	619,66	64,0	20,50	9,5	$1,12 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$	242,80

Na bazi hidrogeoloških parametara kao i kod OP-1 konstruisana je pijezometarska linija u zoni uticaja bunara PEB-3 (slika 3.18).



Slika 3.18. Pijezometarska linija u zoni probno-eksploatacionog bunara PEB-3, opitnog polja OP-III, ležišta uglja "Brod-Gneotino"

Za potrebe odvodnjavanja u početnoj fazi eksploatacije u zoni useka otvaranja u pravac profilima 15₁ i X₁ (slika 4.1) urađeno je ukupno 12 eksploatacionih bunara.

Vrednosti koeficijenta filtracije određenih obradom podataka opita crpenja vode iz pomenutih bunara kreću se u granici od $6,79 \times 10^{-7}$ do $1,74 \times 10^{-3}$ m/s (tabela 3.13). Sredine sa koeficijentima filtracije $1,74 \times 10^{-3}$ do $4,75 \times 10^{-4}$ m/s, izdvojene su kao dobro do veoma dobro vodopropusne, a sa koeficijentom filtracije $< 4,75 \times 10^{-4}$ m/s kao slabo do srednje vodopropusne sredine. Vrednosti transmisibilnosti, kreću se od $9,71 \times 10^{-6}$ do $2,78 \times 10^{-2}$ m²/s. Sredine sa vrednostima transmisibilnosti 1×10^{-3} do 1×10^{-2} m²/s izdvojene su kao dobro do veoma dobro vodopropusne, a sredine sa vrednostima transmisibilnosti manjim od 1×10^{-3} m²/s izdvojene su kao slabo do srednje vodopropusne sredine (Ivanovski i Pešovska, 2008).

Tabela 3.13. Vrednosti kapaciteta crpljenja, koeficijenta filtracije, transmisibilnosti, specifične izdašnosti bunara i radijusa dejstva bunara u zoni useka otvaranja ležišta uglja „Brod-Gneotino“

Oznaka bunara	Dubina bunara	Debljina vodonosne sredine	Kapacitet crpenja	Nivo podzemnih voda	Specifična izdašnost bunara	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Radijus dejstva bunara
N_0	Dh (m)	H (m)	Q (l/s)	NPV (m)	q (l/s/m)	K (m/s)	T (m ² /s)	Ra (m)
B-1	77,5	22,5	20	37	1,24	$1,69 \times 10^{-4}$	$3,80 \times 10^{-3}$	549,5
B-2	71	14,3	0,55	33,93	0,023	$6,79 \times 10^{-7}$	$9,71 \times 10^{-6}$	409,61
B-3	72	10	3,3	34,7	0,14	$2,80 \times 10^{-5}$	$2,80 \times 10^{-4}$	-
B-4	61	21,8	10	12,9	0,42	$2,96 \times 10^{-5}$	$6,46 \times 10^{-4}$	495,07
B-5	57,5	18	12,4	10,62	0,49	$1,42 \times 10^{-5}$	$2,55 \times 10^{-3}$	281,53
B-6	57,5	23,7	36	0,0	2,53	$2,64 \times 10^{-4}$	$6,25 \times 10^{-3}$	233,85
B-7	59,5	16	36	0	2,63	$1,74 \times 10^{-3}$	$2,78 \times 10^{-2}$	248,7
B-8	60	18,3	10	0	0,28	$3,50 \times 10^{-5}$	$6,40 \times 10^{-4}$	171,06
B-9	69	11,4	3,5	0	0,092	$9,71 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-4}$	241,9
B-10	69	19,70	36	0	1,52	$1,88 \times 10^{-4}$	$3,70 \times 10^{-3}$	194,5
B-11	70	22,8	36	0	3,72	$4,75 \times 10^{-4}$	$1,08 \times 10^{-2}$	167,55
B-12	82	6	1,5	0	0,027	$1,22 \times 10^{-5}$	$7,35 \times 10^{-5}$	-

3.2.1.1. Krovinska izdan (KI)

Krovinska izdan ima kontinualnost u prostiranju po celom ležištu uglja “Brod-Gneotino”. Izgrađena je od prašinsto, sitno do srednjozrnih peskova sa laporovitim glinama u podini (Micevski i Stolić, 2001). Vodonosna sredina ima promenljivu debljinu koja se kreće od 0,6-43,5 m.

Podzemne vode su uglavnom sa slobodnim nivoom, ali ima i delova terena gde su oni sa subarteskim i arteskim nivoom. Nivo podzemnih voda se u zavisnosti od morfologije terena, kreće se u granicama 1,40-41,8 m ispod površine terena (tabela 3.14 i slika 3.19). U delovima ove izdani sa arteskim nivoom, pojedinačna izdašnost bušotina kreće se od 0,22 do 0,75 l/s.

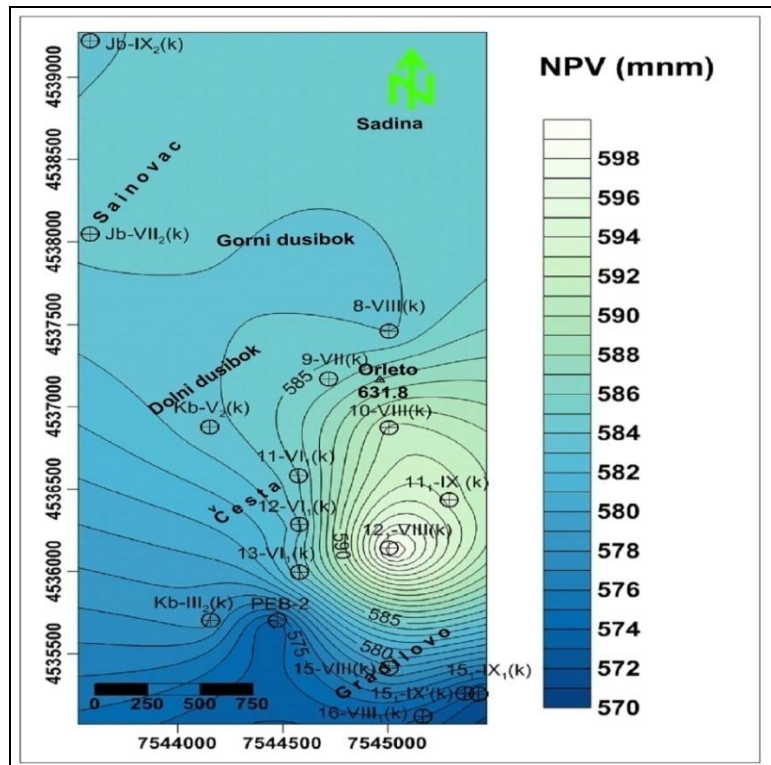
Vrednosti filtracionih parametari sredine su veoma promenljivi (tabela 3.15, slika 3.20). Vrednosti koeficijenata filtracije su u granicama $3,83 \times 10^{-6}$ do $3,75 \times 10^{-2}$ m/s, a transmisibilnosti od $1,157 \times 10^{-5}$ do $4,84 \times 10^{-1}$ m²/s. Najveću vodonosnost izdani je u zapadnom delu ležišta (slika 3.20).

Tabela 3.14. Veličina nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005)

Oznaka piježometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Oznaka piježometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z (mnm)	NPV (m)	N ₀	Z (mnm)	NPV (m)
16 ₁ -IX	574,48	-	11 ₁ -IX	615,15	22,80
16-VIII ₁	575,45	3,10	11-VI ₁	610,82	26,00
15 ₁ -IX ₁	574,25	3,00	10-VIII	-	27,20
15 ₁ -IX'	574,70	1,40	Kb-V ₂	615,51	31,90
15-VIII	593,17	15,00	9-VII	625,49	40,00
15-VI ₁	606,82	artesiani	8-VIII	625,66	41,80
14-VII ₁	610,03	-	Jb-VII ₂	599,46	15,10
Kb-III ₂	602,60	24,40	Jb-IX ₂	617,07	33,20
13-VI ₁	600,35	16,80	PEB-2	596,81	24,00
12 ₁ -VIII	607,48	8,15	Usek	570,51	-
12-VI ₁	610,30	26,,80			

Tabela 3.15. Vrednosti koeficijenta filtracije i transmisibilnosti krovinske izdani (KI) ležište "Brod-Gneotino"

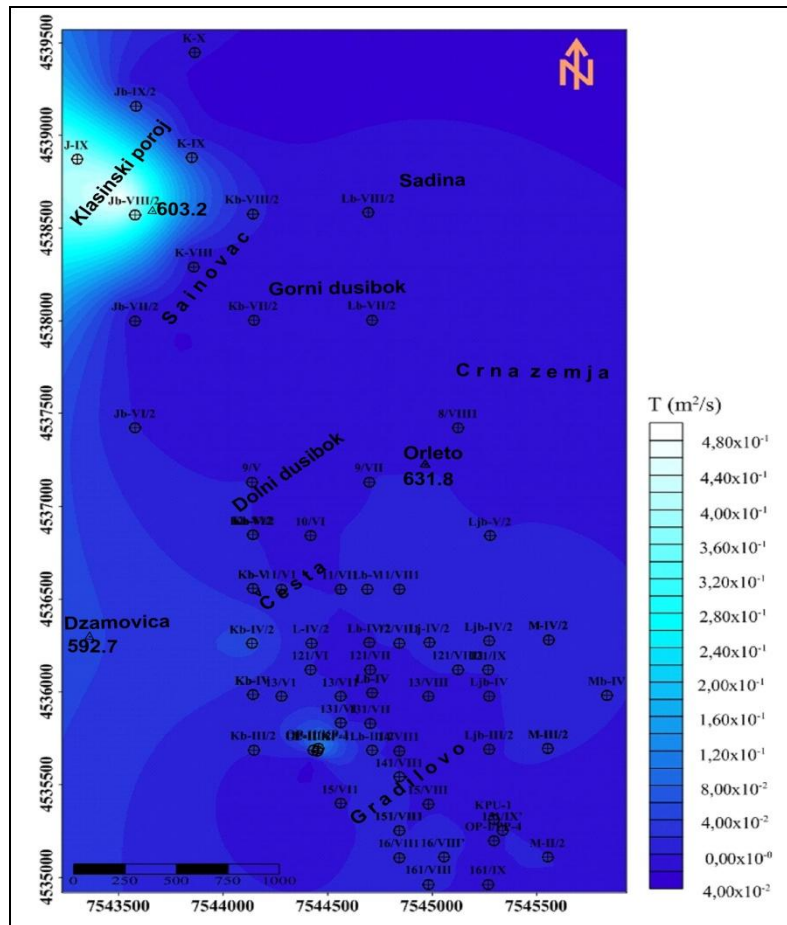
Oznaka-bušotine	Debljina krovinske izdan	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Oznaka-bušotine	Debljina krovinske izdan	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N ₀	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	N ₀	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
9/VII	1,6	9,81x10 ⁻⁶	1,57x10 ⁻⁵	Kb-V	57,5	2,91x10 ⁻⁴	1,67x10 ⁻²
Ljb-IV/2	16,0	7,01x10 ⁻³	1,12x10 ⁻¹	16/VII ₁	15,1	3,89x10 ⁻⁴	5,87x10 ⁻³
M-III/2	16,2	1,51x10 ⁻⁴	2,45x10 ⁻³	Kb-V/2	17,0	1,30x10 ⁻³	2,21x10 ⁻²
Lj-IV/2	3,0	6,78x10 ⁻⁴	2,03x10 ⁻³	Kb-VI/2	30,6	4,02x10 ⁻⁶	1,23x10 ⁻⁴
Lb-III/2	3,0	2,67x10 ⁻⁴	8,01x10 ⁻⁴	Kb-VII/2	8,0	4,59x10 ⁻⁴	3,67x10 ⁻³
Lb-VIII/2	4,0	2,15x10 ⁻⁴	8,60x10 ⁻⁴	Kb-VIII/2	14,0	6,87x10 ⁻⁴	9,62x10 ⁻³
Lb-IV	3,0	2,67x10 ⁻⁴	8,01x10 ⁻⁴	13 ₁ /VI ₁	4,1	1,18x10 ⁻⁵	4,84x10 ⁻⁵
13/V ₁	19,1	5,43x10 ⁻⁵	1,04x10 ⁻³	K-X	9,8	4,65x10 ⁻⁵	4,56x10 ⁻⁴
Lb-V	11,7	2,75x10 ⁻⁴	3,22x10 ⁻³	K-VIII	27,0	3,83x10 ⁻⁴	1,03x10 ⁻²
15/VI ₁	35,0	3,83x10 ⁻⁶	1,34x10 ⁻⁴	Jb-VI/2	11,5	2,62x10 ⁻⁴	3,01x10 ⁻³
L-III/2	22,0	6,27x10 ⁻⁴	1,38x10 ⁻²	Jb-VII/2	8,8	5,25x10 ⁻⁵	4,62x10 ⁻⁴
14 ₁ /VII ₁	22,3	5,10x10 ⁻⁶	1,14x10 ⁻⁴	Jb-VIII/2	12,9	3,75x10 ⁻²	4,84x10 ⁻¹
Kb-III/2	11,9	7,26x10 ⁻⁶	8,64x10 ⁻⁵	J-IX	13,4	2,72x10 ⁻²	3,64x10 ⁻¹
Kb-IV	87,0	1,57x10 ⁻³	1,37x10 ⁻¹	OP-I/PP-4	4,1	1,24x10 ⁻⁵	5,08x10 ⁻⁵
Kb-IV/2	14,5	3,61x10 ⁻³	5,23x10 ⁻²	OP-II/KP-1	22,5	7,81x10 ⁻³	1,76x10 ⁻¹



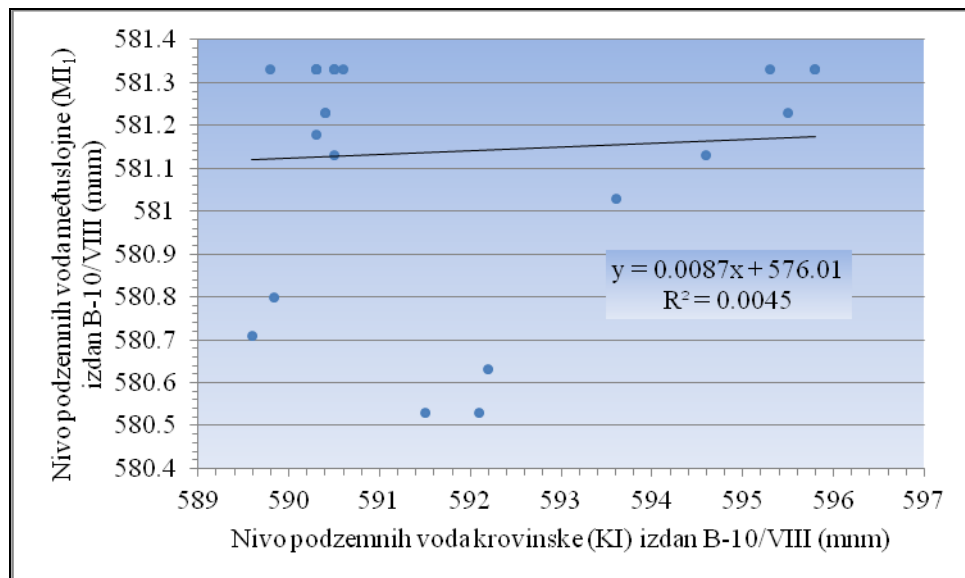
Slika 3.19. Karta nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005 god.)

Prihranjivanje podzemnih voda krovinske izdani je na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina, koje direktno padaju po njegovim otvorenim delovima i u zoni kontakta sa obodom terena i doticaja voda iz dubljih vodonosnih horizonta.

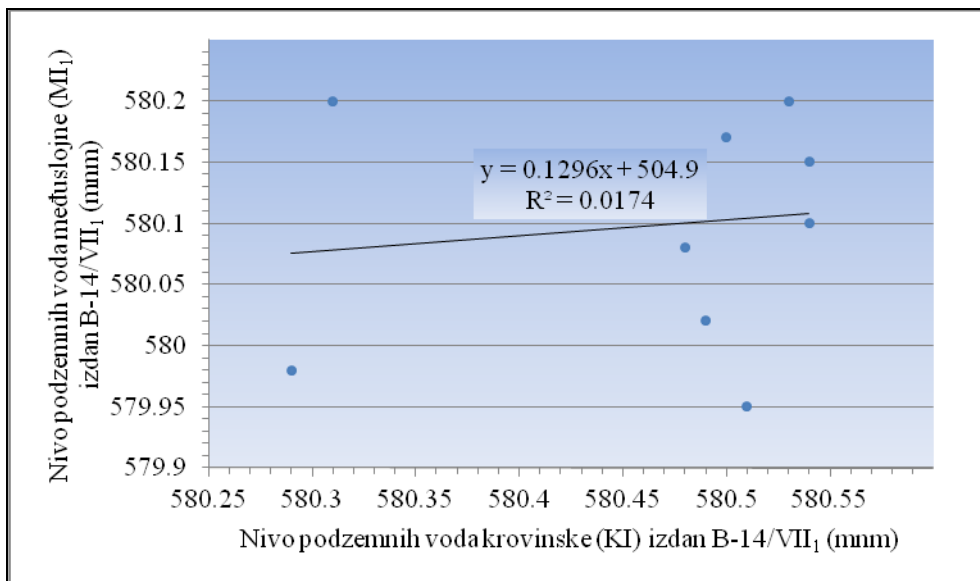
Povezanost krovinske izdani sa prvom međuslojnom izdani (MI_1) je veoma slaba, skoro i da ne postoji, na šta ukazuju vrednosti koeficijenta korelacije koji se kreću u granici od 0,13-0,07 (slika 3.21 i 3.22). Sa međuslojnom izdani (MI_2) u pojedinim delovima korelaciona veza je veoma slaba, $r = 0,17$ (slika 3.23), do veoma čvrste veze, $r = 0,96$ (slika 3.24). I sa podinskom izdani korelaciona zavisnost može biti slaba skoro i da ne postoji ($r=0,17$), do relativno čvrsta veza sa $r = 0,71$ (slika 3.25 i 3.26).



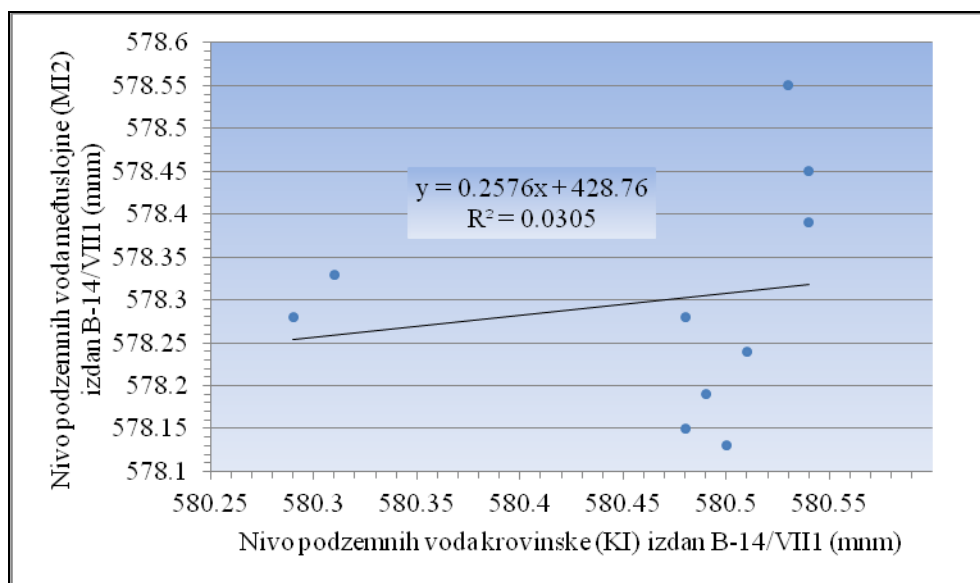
Slika 3.20. Karta transmisibilnosti krovinske izdani (KI) ležišta uglja "Brod-Gneotino"



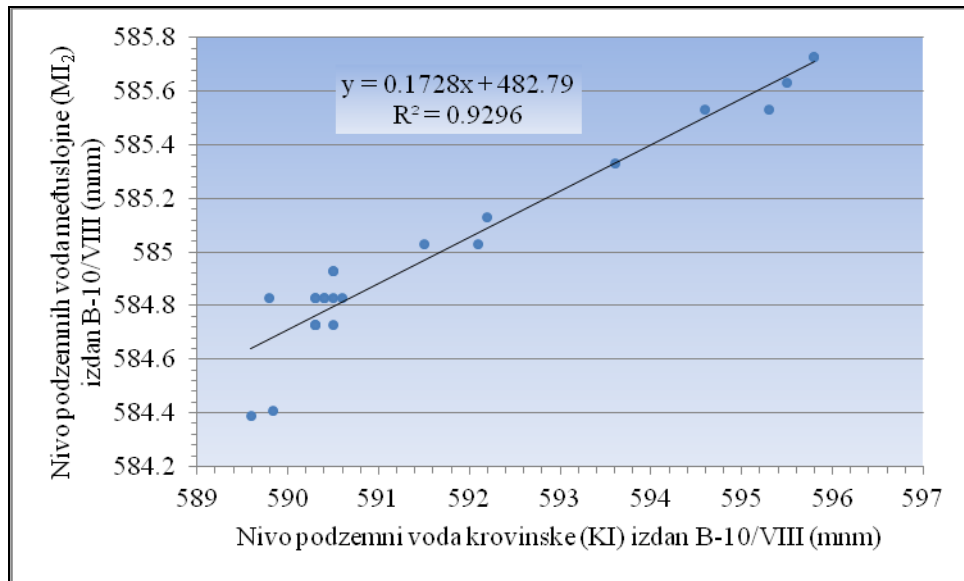
Slika 3.21. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne (MI_1) izdani u bušotini B-10/VIII ležišta „Brod-Gneotino“ za period 20.04.2001–20.01.2005 god.



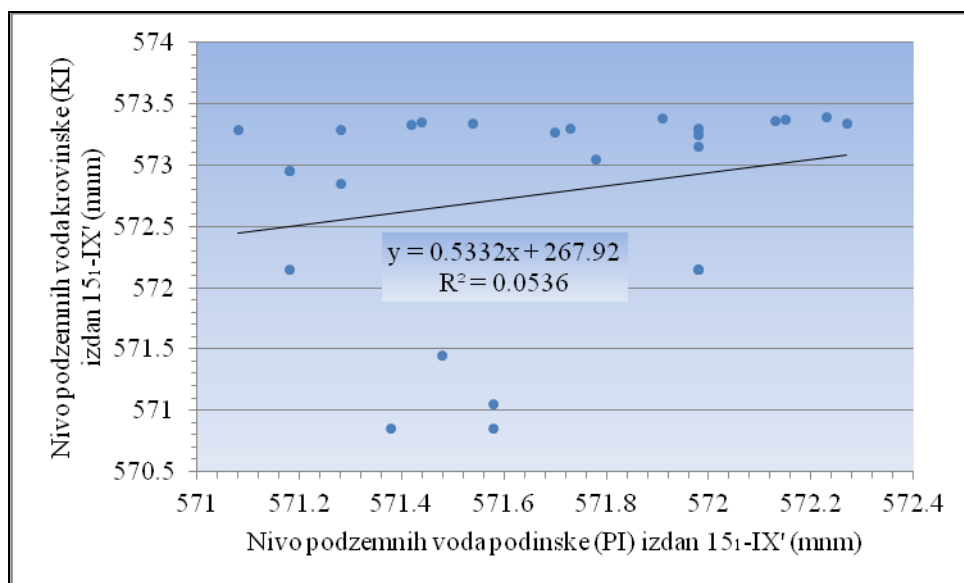
Slika 3.22. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne (MI₁) izdani u bušotini B-14/VII₁ ležišta „Brod-Gneotino“ za period 3.12.2000–20.04.2001 god.



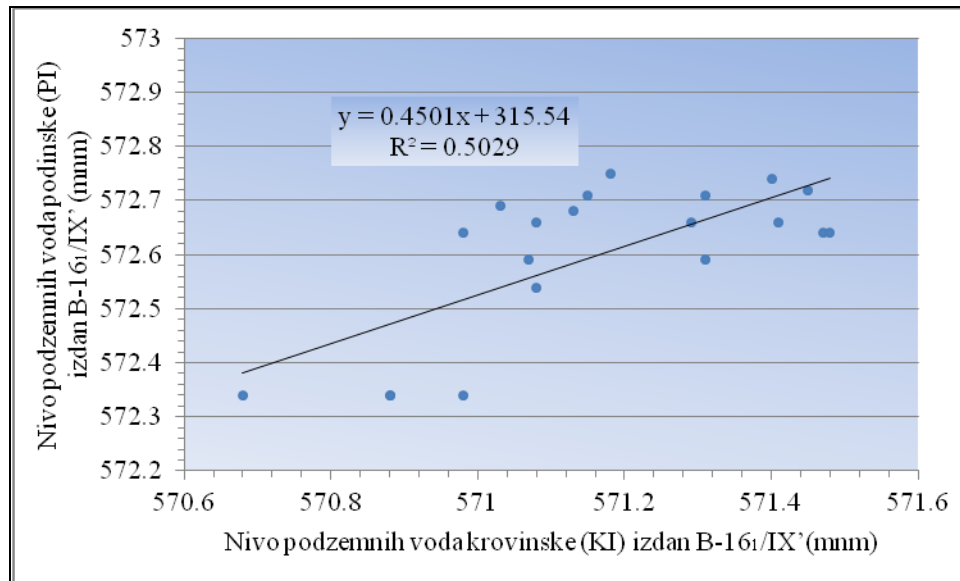
Slika 3.23. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne (MI₂) izdani u bušotini B-14/VIII₁ ležišta „Brod-Gneotino“ za period 3.12.2000–20.04.2001 god.



Slika 3.24. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i međuslojne (MI₂) izdani u bušotini B10/VIII ležišta „Brod-Gneotino“ za period 20.04.2001–20.04.2004 god.



Slika 3.25. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske (PI) izdani u bušotini B151/IX' ležišta uglja „Brod-Gneotino“ za period 20.04.2001–20.04.2004 god.



Slika 3.26. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske izdani (PI) u bušotini B16₁/IX ležište uglja „Brod-Gneotino“ za period 20.04.2001–20.04.2004 god.

Loša korelaciona veza tj. male vrednosti koeficijenta korelacije rezultat su prostornog položaja ovog vodonosnog horizonta i litološkog sastava tj. postoji isklinjavanje vodonosnih slojeva međuslojne izdan između prvog i drugog ugljenog sloja i između drugog i podinskog ugljenog sloja ili njihovo pojavljivanje u vidu proslojaka i sočiva.

3.2.1.2. Međuslojna izdan (MI)

Formirana je u prašinstim do sitnozrnim peskovima koji se javljaju na dva nivoa i to u prostoru između prvog i drugog ugljenog sloja (MI₁) i između drugog i podinskog ugljenog sloja (MI₂).

Gornja međuslojna izdan (MI₁) ima kontinuitet u prostiranju po celom ležištu, a prema istoku isklinjava.

Debljina izdanske zone je veoma promenljiva, u centralnom delu ležišta kreće se od 5,0-15,0 m, u severnim 5,0-20,0 m, a u jugozapadnim delovima i do 30 m.

Podzemne vode gornje međuslojne izdani (MI₁) odlikuju se subarteskim i arteskim nivoom, a koji je u zavisnosti od položaja i morfologije terena. Subarteski nivo izdani kreće se u granicama od 15,0-38,0 m ispod površine terena (tabela 3.16 i slika 3.27).

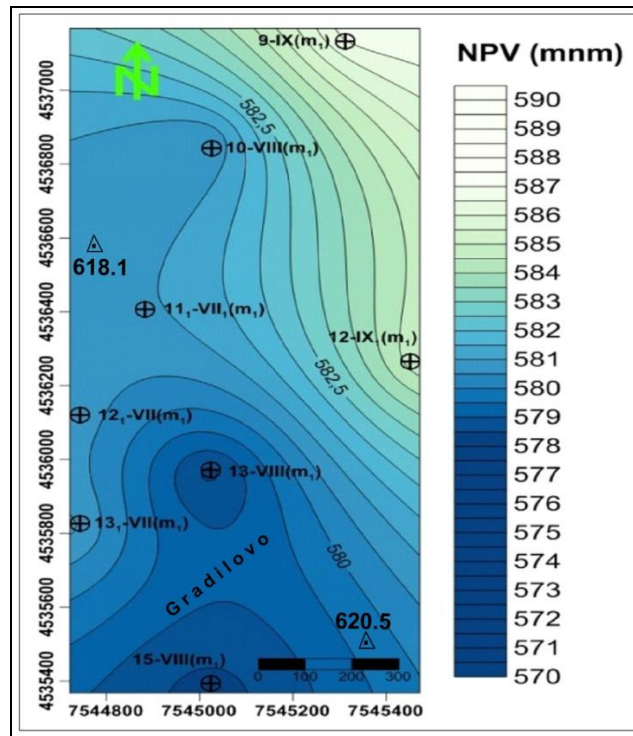
Tabela 3.16. Veličina nivoa podzemnih voda gornje međuslojne izdani (MI_1) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005 godina)

Oznaka piježometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemne vode
N_0	Z (mnm)	NPV (m)
15-VIII	593,24	15,00
13 ₁ -VII	603,64	22,50
13-VIII	608,34	30,00
12 ₁ -VII	605,84	25,00
12-IX ₁	617,55	32,60
11 ₁ -VII ₁	606,93	26,00
10-VIII	618,33	38,00
9-IX	621,44	34,50

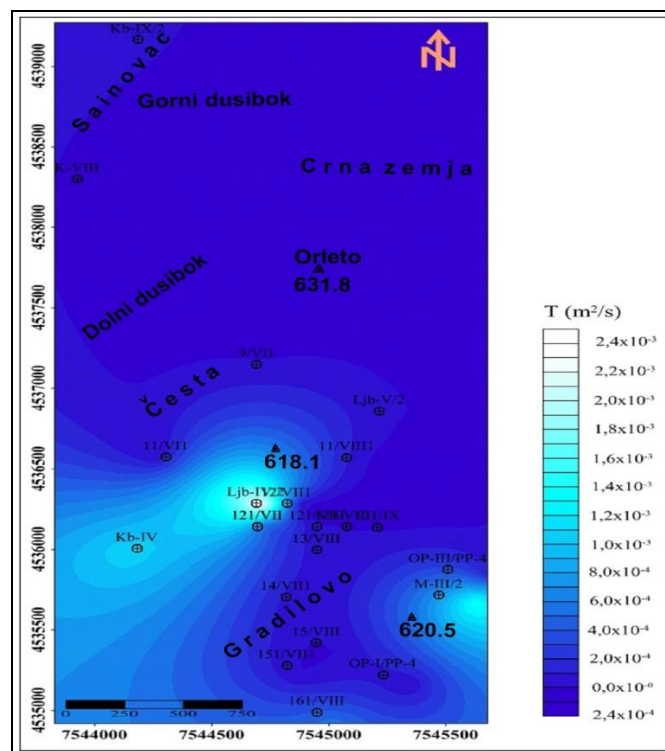
Litološka nejednorodnost sredine uslovala je i veliku promenljivost filtracionih parametara (tabela 3.17). Koeficijenti filtracije kreću se u granicama $1,35 \times 10^{-9}$ – $7,23 \times 10^{-4}$ m/s, a transmisibilnost $1,26 \times 10^{-8}$ – $2,30 \times 10^{-3}$ m²/s. Veću ovodnjenost ležišta na račun ove izdani treba očekivati u zapadnim, južnim i jugoistočnim delovima (slika 3.28).

Tabela 3.17. Vrednosti koeficijena filtracije i transmisibilnosti gornje međuslojne izdani (MI_1) u ležištu „Brod- Gneotino“

Oznaka bušotina	Koordinate		Debljina sloja H (m)	Koeficijent filtracije K (m/s)	Transmisibilnost T (m ² /s)
	Y (m)	X (m)			
9/VII	7.544.720,21	4.537.168,00	2,0	$1,65 \times 10^{-7}$	$3,30 \times 10^{-7}$
11/VI ₁	7.544.271,14	4.536.570,27	0,8	$3,77 \times 10^{-6}$	$3,01 \times 10^{-6}$
11/VIII ₁	7.545.172,00	4.536.568,00	9,3	$1,35 \times 10^{-9}$	$1,26 \times 10^{-8}$
12/VII ₁	7.544.872,32	4.536.268,00	0,8	$9,64 \times 10^{-8}$	$7,71 \times 10^{-8}$
12 ₁ /VII	7.544.724,90	4.536.119,57	19,8	$2,70 \times 10^{-5}$	$5,34 \times 10^{-4}$
12 ₁ /VII	7.544.724,90	4.536.120,00	14,3	$1,22 \times 10^{-5}$	$1,74 \times 10^{-4}$
12 ₁ /VIII ₁	7.545.172,84	4.536.119,19	8,7	$1,23 \times 10^{-7}$	$1,07 \times 10^{-6}$
12 ₁ /VIII	7.545.023,73	4.536.120,04	6,3	$3,68 \times 10^{-6}$	$2,32 \times 10^{-5}$
12 ₁ /IX	7.545.325,27	4.536.117,00	6,7	$1,96 \times 10^{-7}$	$1,31 \times 10^{-6}$
13/VIII	7.545.021,71	4.535.969,00	20,6	$2,06 \times 10^{-6}$	$4,24 \times 10^{-5}$
13/VIII	7.545.021,71	4.535.968,78	5,0	$1,37 \times 10^{-7}$	$6,85 \times 10^{-7}$
14/VII ₁	7.544.870,37	4.535.664,00	7,8	$1,16 \times 10^{-6}$	$9,05 \times 10^{-6}$
15/VIII	7.545.019,20	4.535.367,00	0,3	$7,09 \times 10^{-8}$	$2,13 \times 10^{-8}$
15 ₁ /VII ₁	7.544.872,02	4.535.219,87	9,0	$1,19 \times 10^{-7}$	$1,07 \times 10^{-6}$
16 ₁ /VIII	7.545.021,73	4.534.919,00	1,0	$5,73 \times 10^{-4}$	$5,73 \times 10^{-4}$
M-III/2	7.545.631,07	4.535.675,70	6,7	$2,15 \times 10^{-4}$	$1,44 \times 10^{-3}$
Kb-IV	7.544.125,82	4.535.978,00	1,5	$7,23 \times 10^{-4}$	$1,08 \times 10^{-3}$
OP-I/PP-4	7.545.352,81	4.535.162,00	2,4	$3,02 \times 10^{-6}$	$7,25 \times 10^{-6}$
Ljb-V/2	7.545.334,26	4.536.867,89	1,0	$1,13 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-6}$
Kb-IX/2	7.544.131,00	4.539.270,91	10,0	$2,19 \times 10^{-6}$	$2,19 \times 10^{-5}$
K-VIII	7.543.828,60	4.538.370,01	4,0	$1,96 \times 10^{-7}$	$7,84 \times 10^{-7}$
Ljb-IV/2	7.544.719,48	4.536.270,77	11,0	$2,10 \times 10^{-4}$	$2,30 \times 10^{-3}$
OP-III/PP-4	7.545.677,15	4.535.839,41	14,8	$9,35 \times 10^{-6}$	$1,38 \times 10^{-4}$



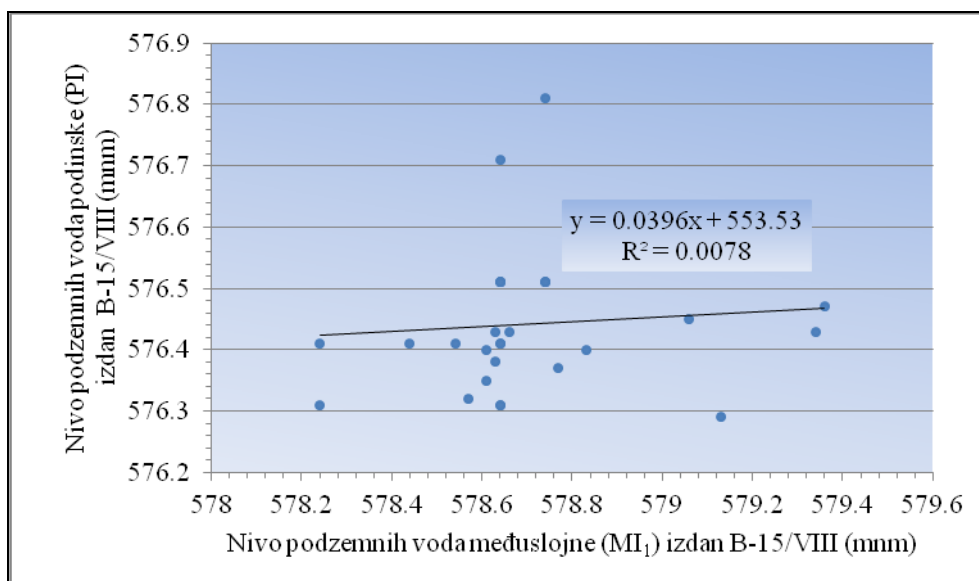
Slika 3.27. Karta nivoa podzemnih voda prve međuslojne izdani (MI_1) ležišta "Brod-Gneotino" (30.08.2005 god.)



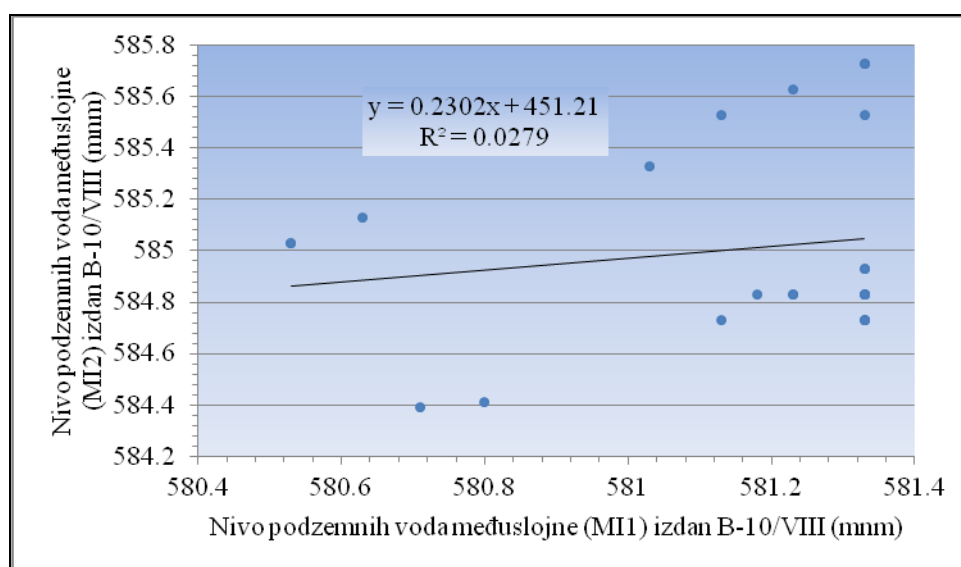
Slika 3.28. Karta transmisibilnosti prve međuslojne izdan (MI_1) ležišta „Brod-Gneotino“

Prihranjivanje prve međuslojne (MI_1) izdani je na račun infiltracije atmosferskih i površinskih voda u delu terena gde ovi slojevi imaju rasprostranjenje na površini. Postoji i mogućnost doticaja voda iz dubljih vodonosnih horizonata.

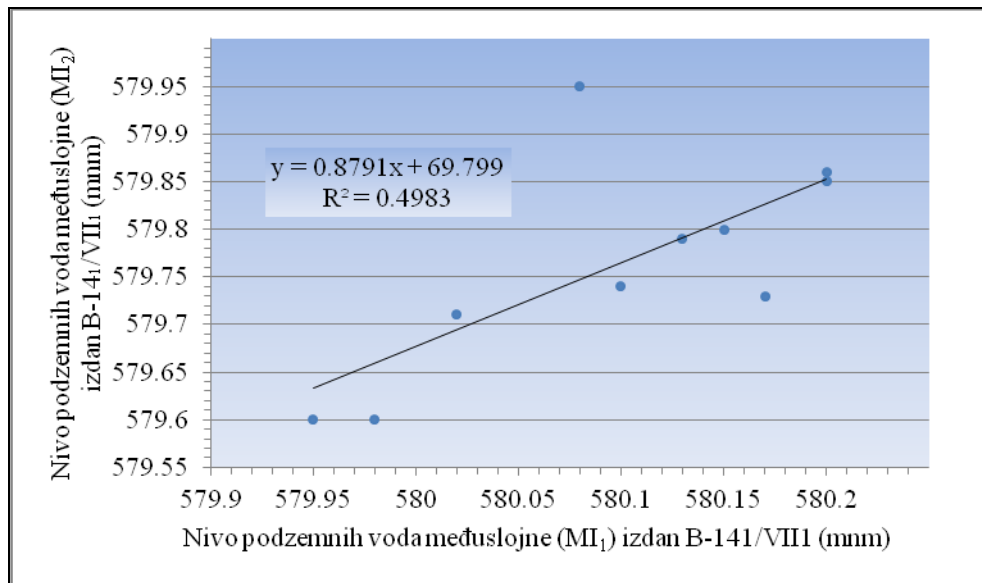
Povezanost prve međuslojne izdani (MI_1) sa podinskim izdanima je slaba, skoro i da ne postoji, o čemu govore vrednosti koeficijenta korelacije - $r = 0,08$ (slika 3.29). Sa drugom međuslojnom izdani (MI_2) u nekim delovima, postoji dobra korelaciona veza - $r=0,71$, a u drugim slaba - $r = 0,16$ (slika 3.30 i 3.31).



Slika 3.29. Korelaciona zavisnost između prve međuslojne (MI_1) i podinske izdani (PI) u bušotini B-15/VIII ležišta „Brod- Gneotino“ za period 27.10.2001–30.08.2005 god.



Slika 3.30. Korelaciona zavisnost između prve (MI_1) i druge međuslojne izdani (MI_2) u bušotini B-10/VIII ležišta „Brod- Gneotino“ za period 20.04.2001–20.01.2005 god.



Slika 3.31. Korelaciona zavisnost između prve (MI_1) i druge međuslojne izdani (MI_2) u bušotini B14/VII₁ ležišta „Brod-Gneotino“ za period 17.11.2000–20.04.2001 god.

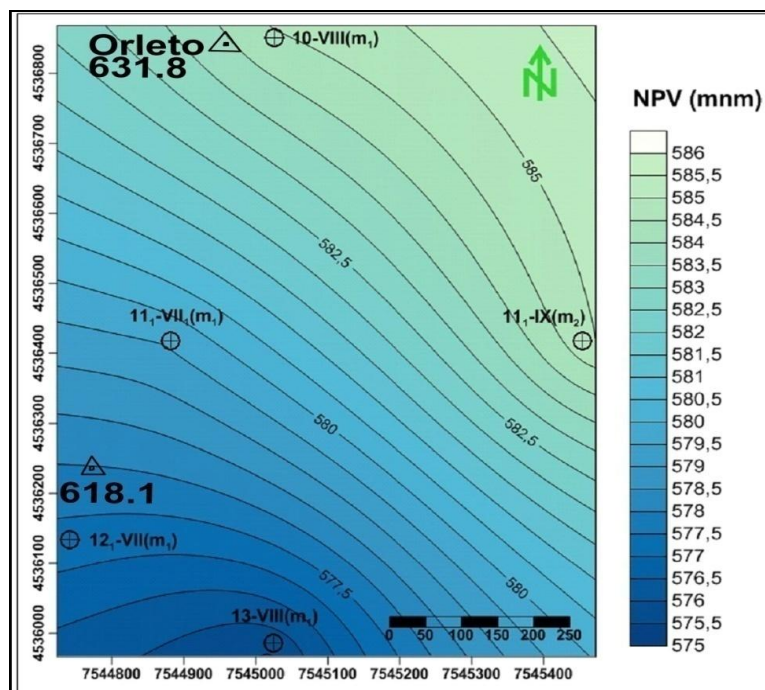
Donja međuslojna izdan (MI_2) proteže se u pravcu SSZ-JJI. Ista prema istočnim obodnim delovima terena i prema zapadnoj strani Pelagonijske kotline isklinjava.

Debljina vodonosnih naslaga je promenljiva, u proseku iznosi oko 6,6, a maksimalno 28,0 m.

Podzemne vode međuslojne izdan (MI_2) odlikuju se subarteskom nivoom a piježometarski pritisak se kreće u granici od 28,6-34,0 m ispod površine terena (tabela 3.18 i slika 3.32).

Tabela 3.18. Veličine nivoa podzemnih voda donje međuslojne izdani (MI_2) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005 godina)

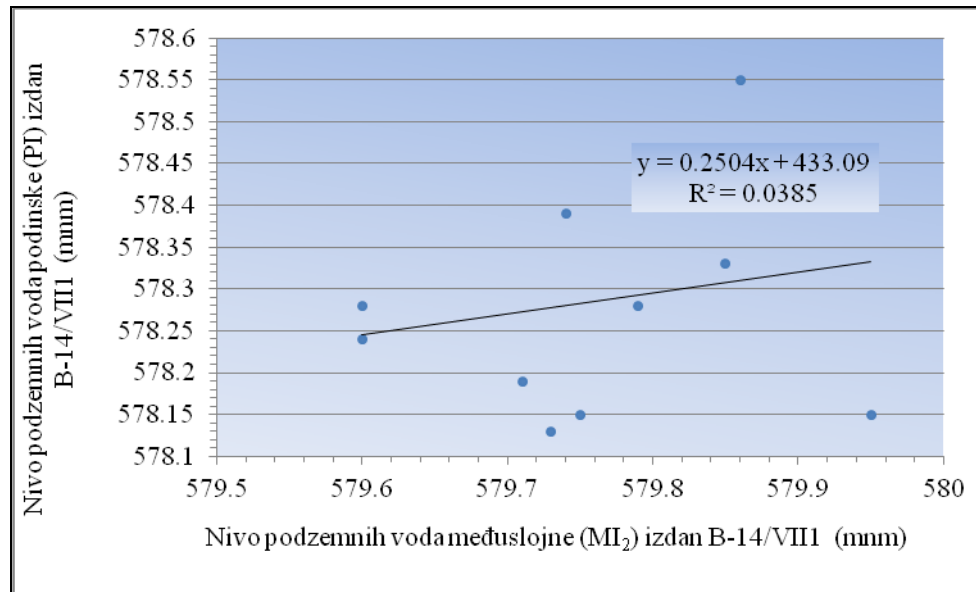
Oznaka piježometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda
N_0	Z (mnm)	NPV (m)
13-VIII	608,25	32,90
12 ₁ -VII	605,85	28,60
11 ₁ -IX	615,00	30,00
11 ₁ -VII ₁	606,95	27,40
10-VIII	618,53	34,00



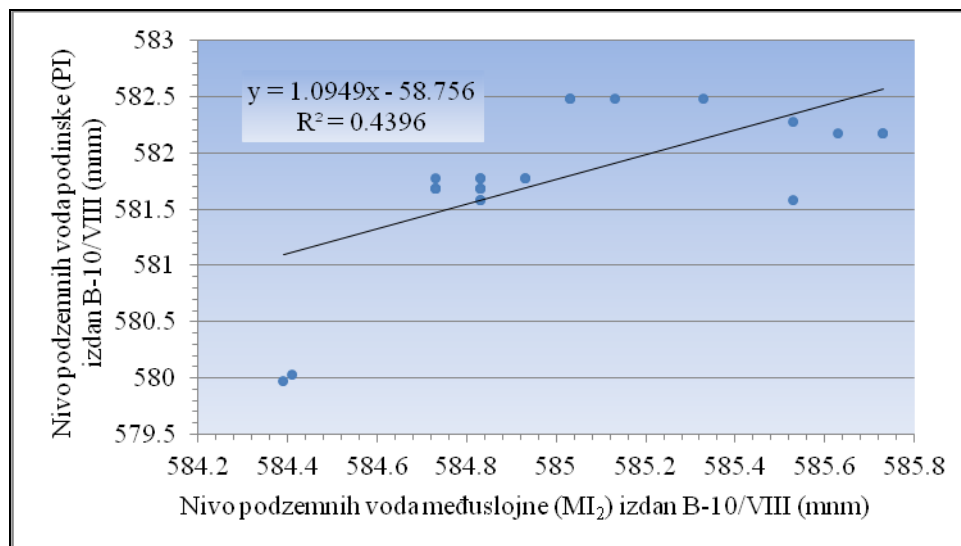
Slika 3.32. Karta nivoa podzemnih voda druge međuslojne izdani (MI₂) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005 god.)

Filtaracioni parametri u širem području druge međuslojne (MI₂) izdani u ležištu "Brod-Gneotino", takođe su veoma promenljivi, vrednosti koeficijenta filtracije kreću se od $1,12 \times 10^{-9}$ do $1,64 \times 10^{-4}$ m/s, a vrednosti transmisibilnosti od $1,34 \times 10^{-9}$ do $1,81 \times 10^{-3}$ m²/s.

Prihranjivanje podzemnih voda međuslojne izdani (MI₂) je na račun doticaja voda iz podinske izdani. Njihova povezanost sa podinskom izdani je promenljiva, može biti slaba do veoma čvrsta, o čemu govore vrednosti koeficijenta korelacije - $r=0,20-0,66$ (slika 3.33 i 3.34).



Slika 3.33. Korelaciona zavisnost između druge međuslojne (MI₂) i podinske izdani (PI) u bušotini B-14/VIII₁ ležišta Brod-Gneotino“ za period 3.12.2000–20.04.2001 god.



Slika 3.34. Korelaciona zavisnost između druge međuslojne izdani (MI₂) i podinske izdani (PI) u bušotini B10/VIII ležišta Brod-Gneotino“ za period 20.04.2001–20.01.2005 god.

3.2.1.3. Podinska izdan

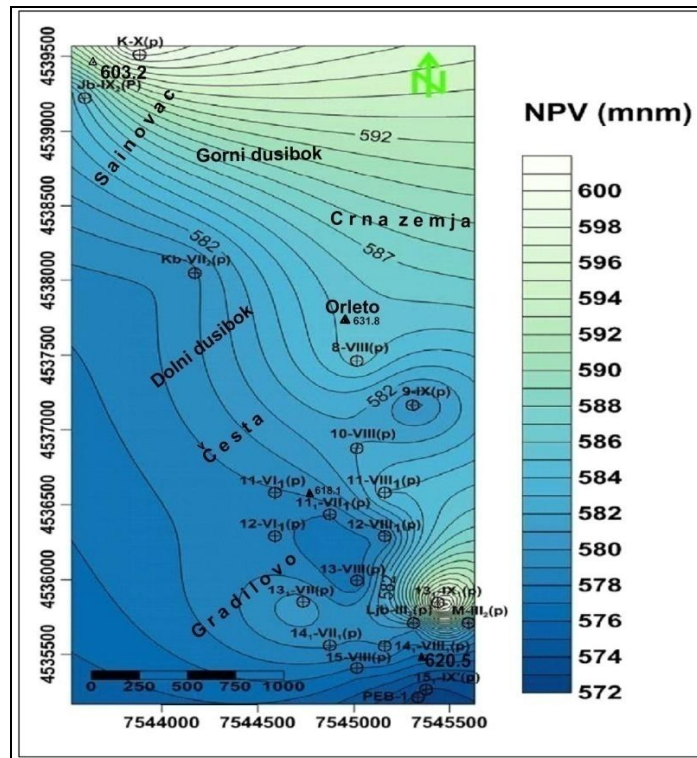
Podinska izdan ima kontinualno razviće u ležištu „Brod-Gneotino“. Formirana je u sivo-zelenim peskovima različite granulacije i šljunkovima, koji se smenjuju sa glinama u vertikalnom i horizontalnom pravcu. Debljina izdani je promenljiva i kreće se od 0,5 m do 35,8 m.

Podzemne vode su sa arteskim ili subarteskim nivoom. Subarteski nivo nalazi se u granicama od 2,0 do 44,3 m ispod površine terena (tabela 3.19 i slika 3.35). U delovima gde je prisutan arteski nivo pojedinačna izdašnost na samoizlivu bušotina kreće se u granicama od 0,52-0,62 l/s.

Filtaracioni parametri izdani određeni na osnovu rezultata granulometrijskih ispitivanja prikazani su u tabeli 3.20. Vrednosti koeficijenta filtracije kreću se od $1,67 \times 10^{-8}$ do $1,22 \times 10^{-2}$ m/s, a transmisibilnosti od $1,87 \times 10^{-8}$ do $2,29 \times 10^{-2}$ m²/s. Na osnovu vrednosti pomenutih parametara može se zaključiti da se centralni, jugoistočni i južni delovi izdani karakterišu boljom vodonosnošću u odnosu na ostale delove ležišta (slika 3.36).

Tabela 3.19. Veličine nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležišta "Brod-Gneotino" (30.08.2005 godina)

Oznaka pijezometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Oznaka pijezometra	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z (mnm)	NPV (m)	N ₀	Z (mnm)	NPV (m)
15 ₁ -IX'	574,65	2,5	12-VI ₁	610,32	32,0
15-VIII	593,01	16,7	11 ₁ -VII ₁	607,16	29,3
14 ₁ -VIII ₁	608,85	30,0	11-VIII ₁	613,70	29,6
14 ₁ -VII ₁	613,65	34,8	11-VI ₁	610,80	32,0
M-III ₂	623,93	44,3	10-VIII	618,48	36,4
Ljb-III ₂	622,02	42,9	9-IX	621,47	41,9
13 ₁ -IX ₁	623,71	45,3	8-VIII	625,62	40,0
13 ₁ -VII	603,39	22,4	Kb-VII ₂	608,77	29,3
13-VIII	608,39	31,3	K-X	621,55	20,5
12-VIII ₁	612,24	34,0	PEB-1	574,27	2,0

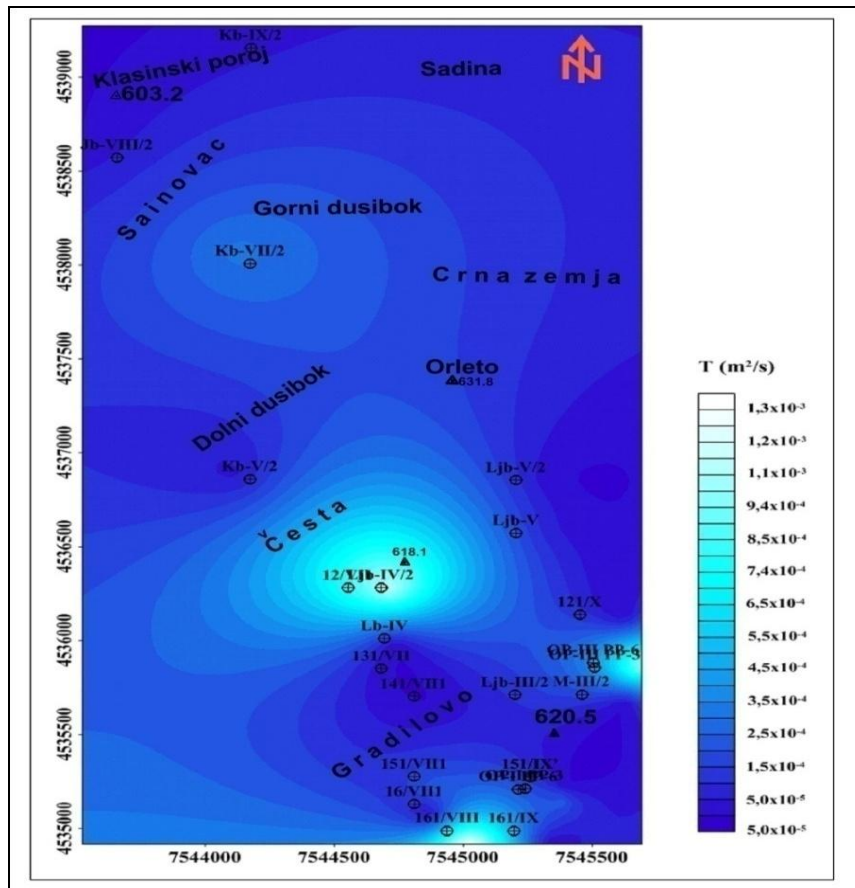


Slika 3.35. Karta nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) u ležištu "Brod-Gneotino" (30.08.2005 god.)

Prihranjivanje izdani u širem području je na račun doticaja podzemnih voda iz dubljih vodonosnih horizonata i na račun doticaja podzemnih voda pukotinske izdani u zoni kontakta.

Tabela 3.20. Vrednosti koeficijenta filtracije i transmisibilnosti podinske izdani (PI) ležišta "Brod- Gneotino"

Oznaka bušotine	Debljina podinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Oznaka bušotine	Debljina podinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N_0	H (m)	K (m/s)	T (m^2/s)	N_0	H (m)	K (m/s)	T (m^2/s)
12 ₁ /X	17,3	$9,78 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^{-6}$	Ljb-V/2	1,4	$9,68 \times 10^{-7}$	$8,38 \times 10^{-6}$
12 ₁ /VI ₁	6,0	$2,87 \times 10^{-6}$	$1,39 \times 10^{-4}$	Lb-IV	3,5	$1,72 \times 10^{-6}$	$1,63 \times 10^{-6}$
14 ₁ /VII ₁	0,5	$1,65 \times 10^{-7}$	$8,25 \times 10^{-8}$	Kb-V/2	10,0	$3,66 \times 10^{-6}$	$3,66 \times 10^{-5}$
15 ₁ /VII ₁	3,3	$6,97 \times 10^{-5}$	$2,30 \times 10^{-4}$	Kb-VII/2	7,0	$4,59 \times 10^{-5}$	$3,21 \times 10^{-4}$
15 ₁ /IX [?]	4,9	$5,83 \times 10^{-7}$	$3,56 \times 10^{-7}$	Kb-IX/2	4,8	$3,66 \times 10^{-6}$	$1,76 \times 10^{-5}$
16 ₁ /VII ₁	7,9	$5,41 \times 10^{-8}$	$4,27 \times 10^{-7}$	Jb-VIII/2	6,0	$9,04 \times 10^{-8}$	$5,42 \times 10^{-7}$
16 ₁ /VIII	3,8	$1,67 \times 10^{-8}$	$3,34 \times 10^{-4}$	M-III/2	8,0	$5,54 \times 10^{-7}$	$4,43 \times 10^{-6}$
16 ₁ /IX	3,0	$3,49 \times 10^{-7}$	$1,05 \times 10^{-6}$	OP-I PP-3	20,8	$1,28 \times 10^{-5}$	$2,66 \times 10^{-4}$
13 ₁ /VII	3,0	$4,45 \times 10^{-7}$	$1,34 \times 10^{-6}$	OP-I PP-6	20,8	$9,68 \times 10^{-6}$	$2,01 \times 10^{-4}$
Ljb-IV/2	8,0	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,08 \times 10^{-3}$	OP-III PP-3	9,5	$8,38 \times 10^{-5}$	$7,96 \times 10^{-4}$
Ljb-III/2	28,6	$4,56 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-4}$	OP-III PP-6	9,5	$1,12 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$
Ljb-V	41,5	$1,72 \times 10^{-6}$	$7,14 \times 10^{-5}$				



Slika 3.36. Karta transmisibilnosti podinske izdani (PI) u ležištu "Brod-Gneotino"

Povezanost podinske izdani (PI) sa ostalim izdanima neogenog kompleksa ovog ležišta je promenljiva. Sa krovinskim izdanima (KI) je slaba do relativno čvrsta - $r=0,17-0,71$ (slike 3.25 i 3.26). Sa prvom međuslojnom izdani (MI_1) povezanost je slaba skoro i da je nema - $r = 0,08$ (slika 3.29). Sa drugom međuslojnom izdani (MI_2) povezanost je promenljiva, a vrednosti koeficijena korelacije kreću se od 0,20-0,66, što govori o slaboj do veoma čvrstoj vezi (slika 3.33 i 3.34).

3.3. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA UGLJA „ŽIVOJNO“

Geološka građa terena i preovlađujući strukturni tipovi poroznosti, bili su osnov za izdvajanje izdani u okviru ležišta uglja „Živojno“ i njegove šire okoline (prilog 9).

Konkretno, izdvojeni su:

- zbijen tip izdani u aluvijalnim nanosima Crne Reke i Eleške reke,
- izdani u kompleksu neogenih sedimenata i
- pukotinski tip izdani.

Pored toga, izdvojeni su i tereni siromašni izdanima.

Prema hidrodinamičkim karakteristikama nivoa podzemnih voda, izdvajaju se:

- izdani sa slobodnim nivoom podzemne vode, i
- izdani sa nivoom podzemnih voda pod pritiskom (subarteeski i arteeski tip izdani).

Kako su zbijena izdan u aluvijalnim nanosima Crne Reke i Eleške reke, pukotinska izdan u kristalastim stenama i tereni siromašni izdanima, već opisani (poglavlja 2.2.1.1, 2.2.3 i 2.2.4) to će ovde detaljnije biti opisane samo hidrogeološke karakteristie izdani u neogenim naslagama, obzirom na njihovu vezu sa ugljenim slojevima.

3.3.1. Izdani u kompleksu neogenih sedimenata

Izdani u kompleksu neogenih sedimenata javljaju se u dva nivoa; iznad ugljenog sloja (KI - krovinske izdani) i u podini ugljenog sloja (PI - podinske izdani).

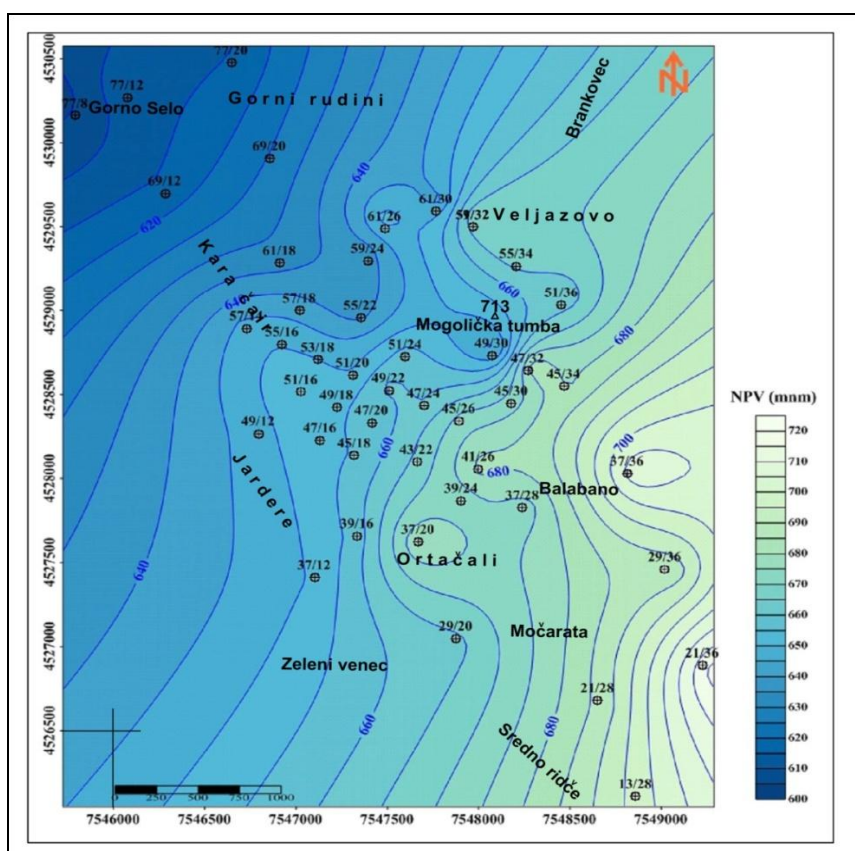
3.3.1.1. Krovinske izdani (KI)

Formirane su u prašinastim sitnozrnim ili srednozrnim peskovima. Vodonosni horizonti javljaju se na različitim dubinama. Odlikuju se promenljivom debljinom koja se kreće se u granicama od 4,2 m u jugozapadnom delu, do 71,6 m u severnom delu ležišta.

Podzemne vode su sa subarteeskom nivoom koji je se nalazi 1,5-41,7 m ispod površine terena (tabela 3.21, slika 3.37).

Tabela 3.21 Veličine nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u ležištu „Živojno“

Oznaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Oznaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z(mmm)	NPV(m)	N ₀	(mmm)	NPV(m)
37/12A	670,0	20,31	77/20A	641,0	26,32
43/14A	655,0	41,77	47/16A	688,0	33,50
49/12A	673,0	26,18	45/18A	685,0	29,80
57/14A	671,0	26,20	37/28A	697,0	23,12
51/16A	683,0	28,80	21/28A	703,0	15,39
49/18A	687,0	32,33	13/28A	713,0	14,48
51/20A	673,0	23,80	59/32A	687,0	16,86
51/24A	658,0	1,58	61/18A	635,0	3,52
47/24A	681,0	20,79	61/30A	646,0	28,11
49/22A	672,0	11,24	37/36A	730,0	20,57
47/20A	691,0	34,70	51/32A	688,0	17,21
43/22A	687,0	19,31	37/20A	704,0	24,71
39/24A	688,0	16,12	21/36A	735,0	12,33
41/26A	692,0	10,18	29/20A	685,0	21,30
45/26A	679,0	7,70	29/36A	696,0	9,16
49/30A	682,0	37,55	39/16A	684,0	27,40
57/18A	655,0	13,22	77/8A	621,0	18,49
69/12A	622,0	1,95	57/32A	692,0	15,61
53/18A	672,0	23,50	55/34A	689,0	19,37
55/16A	674,0	24,40	51/36A	688,0	25,21
45/34A	702,0	22,69	69/20A	667,0	41,46
59/24A	659,0	22,84	47/18	685,0	35,87
55/22A	646,0	8,67	47/36	715,0	39,11
45/30A	679,0	7,47	37/38	705,0	19,70
47/32A	697,0	13,35	77/12	633,0	20,35
61/26A	689,0	36,31			



Sl. 3.37. Karta nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) u ležištu „Živojno“ (15.06.2012 god.)

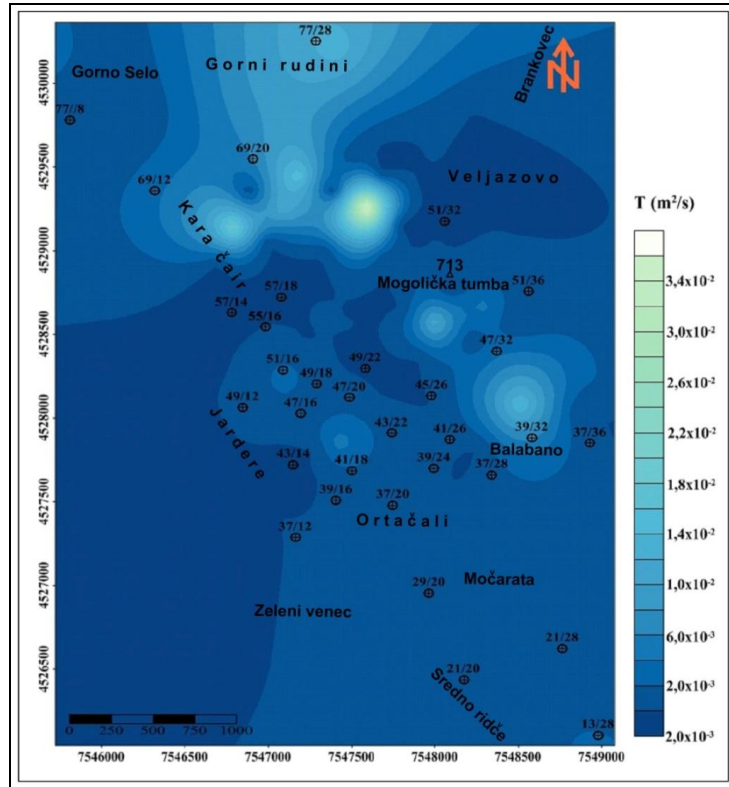
Krovinske izdani odlikuju se veoma promenljivim filtracionim parametrima, a rezultat su litološke nejednorodnosti terena (tabela 3.22).

Tabela 3.22. Vrednosti koeficijenata filtracije i transmisibilnosti krovinske izdani (KI) ležišta „Živojno“

Oznaka bušotine	Debljina krovinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Oznaka bušotine	Debljina krovinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost
N_0	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	N_0	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
13/28	14,9	$1,15 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-2}$	49/12	4,2	$4,70 \times 10^{-6}$	$1,97 \times 10^{-5}$
21/20	20,0	$3,15 \times 10^{-8}$	$6,30 \times 10^{-7}$	49/18	45,0	$3,50 \times 10^{-6}$	$1,58 \times 10^{-4}$
21/28	26,8	$1,18 \times 10^{-3}$	$3,15 \times 10^{-2}$	49/22	11,1	$2,07 \times 10^{-7}$	$2,30 \times 10^{-6}$
37/12	14,7	$1,07 \times 10^{-6}$	$1,57 \times 10^{-5}$	51/16	46,5	$2,95 \times 10^{-5}$	$1,37 \times 10^{-3}$
37/20	25,8	$9,51 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-2}$	55/16	48,7	$1,10 \times 10^{-5}$	$5,36 \times 10^{-4}$
37/28	38,9	$8,70 \times 10^{-4}$	$3,38 \times 10^{-2}$	57/14	20,7	$4,80 \times 10^{-7}$	$9,94 \times 10^{-6}$
37/36	22,1	$3,25 \times 10^{-8}$	$7,18 \times 10^{-7}$	57/18	17,5	$5,10 \times 10^{-8}$	$8,92 \times 10^{-7}$
39/24	26,9	$1,32 \times 10^{-5}$	$3,55 \times 10^{-4}$	69/12	57,0	$2,67 \times 10^{-6}$	$1,52 \times 10^{-4}$
39/32	19,0	$8,00 \times 10^{-8}$	$1,52 \times 10^{-6}$	77/28	71,6	$8,25 \times 10^{-8}$	$5,91 \times 10^{-6}$
41/38	8,9	$9,00 \times 10^{-8}$	$8,01 \times 10^{-8}$	77/8	34,9	$1,10 \times 10^{-7}$	$3,84 \times 10^{-6}$
41/26	44,2	$7,80 \times 10^{-3}$	$3,45 \times 10^{-1}$	29/20	35,0	$2,67 \times 10^{-7}$	$9,35 \times 10^{-6}$
43/14	24,0	$5,045 \times 10^{-7}$	$1,21 \times 10^{-3}$	39/16	42,6	$1,40 \times 10^{-7}$	$5,96 \times 10^{-6}$
43/22	28,7	$4,07 \times 10^{-5}$	$1,17 \times 10^{-3}$	51/32	44,9	$5,30 \times 10^{-5}$	$2,38 \times 10^{-3}$
45/26	14,7	$5,00 \times 10^{-7}$	$7,35 \times 10^{-6}$	51/36	40,5	$7,40 \times 10^{-7}$	$3,00 \times 10^{-5}$
47/16	41,6	$9,75 \times 10^{-5}$	$4,06 \times 10^{-3}$	55/16	48,7	$1,10 \times 10^{-5}$	$5,36 \times 10^{-4}$
47/20	33,5	$4,48 \times 10^{-6}$	$1,49 \times 10^{-4}$	69/20	37,4	$8,14 \times 10^{-8}$	$3,04 \times 10^{-6}$
47/32	9,5	$4,65 \times 10^{-4}$	$4,42 \times 10^{-3}$				

Vrednosti koeficijenata filtracije kreću se od $3,15 \times 10^{-8}$ do $7,8 \times 10^{-3}$ m/s, a transmisibilnosti od $6,3 \times 10^{-7}$ do $3,45 \times 10^{-1}$ m²/s (tabela 3.22).

Analizom vrednosti filtracionih parametra krovinske izdani, može se zaključiti da se centralni i severozapadni delovi ležišta karakterišu boljom vodonosnošću u odnosu na ostale delova ležišta (slika.3.38).

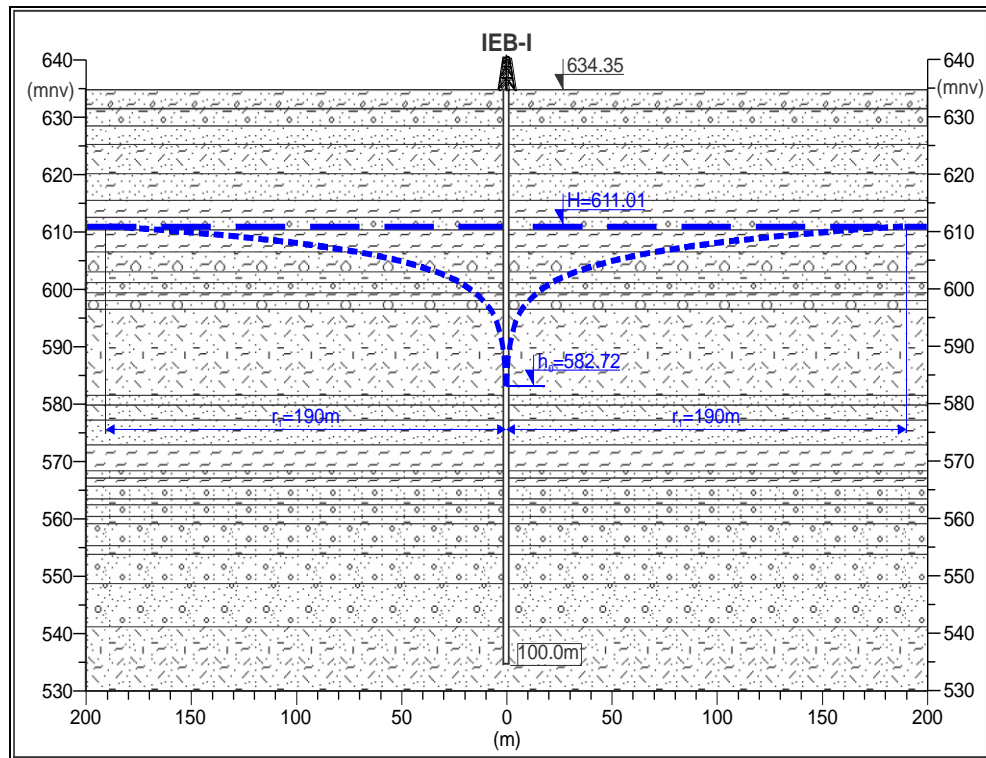


Slika 3.38. Karta transmisibilnosti krovinske izdani (KI) u ležištu uglja „Živojno“
 Hidrogeološki parametri krovinske izdani definisani su testiranjem istražno-
 eksploatacionih bunara (tabela 3.23).

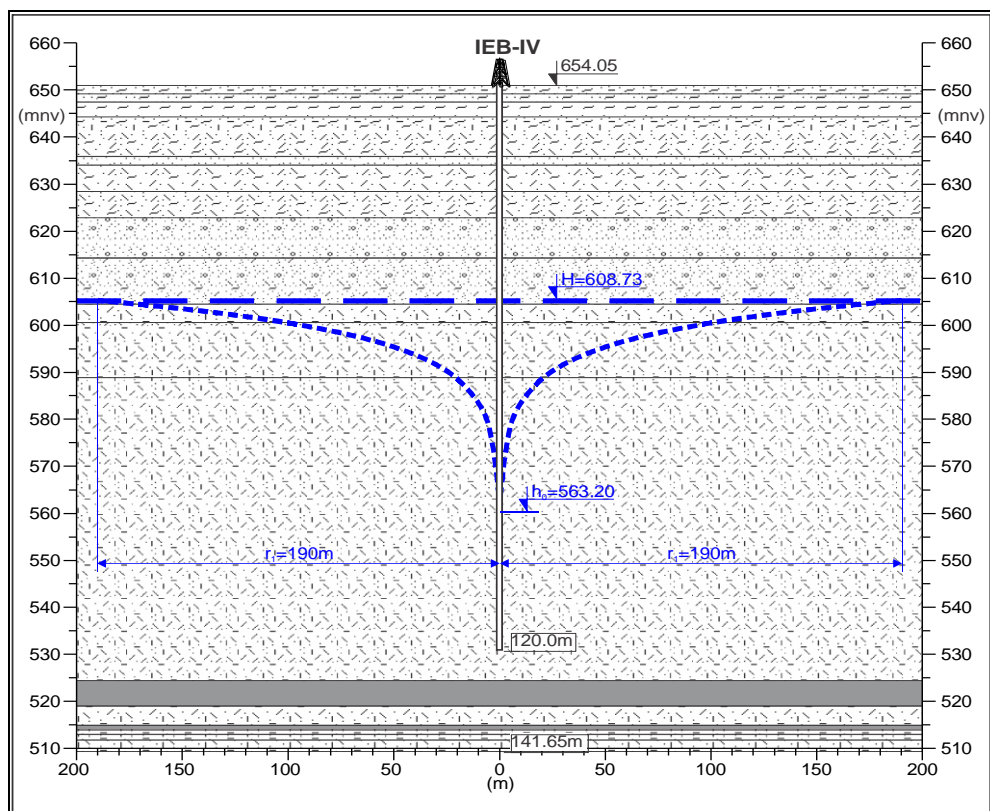
Tabela 3.23. Vrednost hidrogeoloških parametara krovinske izdani (KI) ležišta
 „Živojno“ dobijenih testiranjem bunara

Oznaka bunara	Kota terena	Dubina bunara	Debljina krovinske izdani	Izdašnost bunara	Dubina do nivoa podzemnih voda	Specifična izdaš. bunara	Koeficijent filtracije	Transmisibilnost	Radijus dejstva bunara
N_0	Z(mmm)	Dh (m)	H (m)	Q (l/s)	NPV (m)	q (l/s/m)	K (m/s)	T (m ² /s)	Ra (m)
IEB-I	634,3	100	70	16	23,34	0,229	$9,96 \times 10^{-6}$	$6,97 \times 10^{-4}$	190
IEB-IV	683,5	120	40	4,5	45,32	0,113	$2,24 \times 10^{-6}$	$8,96 \times 10^{-5}$	190

Na osnovu sračunatih vrednosti hidrogeoloških parametara krovinske izdani, konstruisane su piježometarske linije u zoni uticaja bunara IEB-I i IEB-IV (slika 3.39 i 3.40).



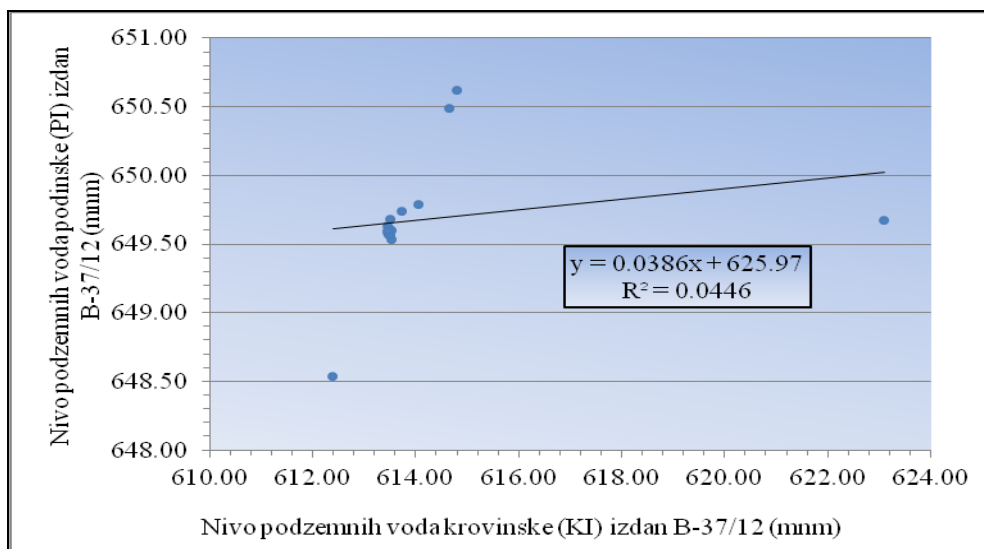
Slika 3.39. Pijezometarska linija u zoni istražno-eksploatacionog bunara IEB-I u ležištu “Živojno”



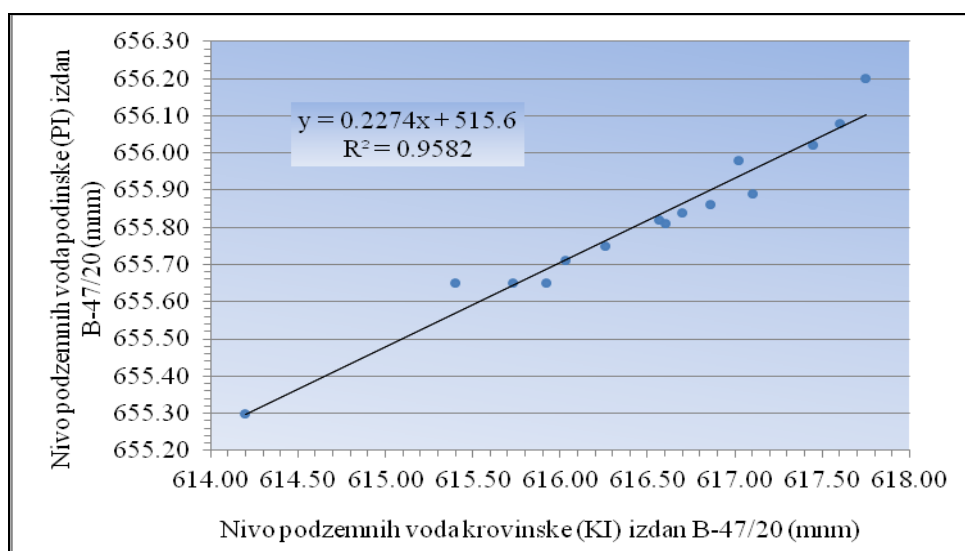
Slika 3.40. Pijezometarska linija u zoni istražno-eksploatacionog bunara IEB-IV u ležištu “Živojno”

Prihranjivanje izdani je na račun infiltracije atmosferskih padavina koje se direktno izlučuju na delove terena gde su vodonosne naslage otkrivene na površini. Isto može biti i na račun doticaja podzemnih voda sa podinskih izdani (PI), što je potvrđeno korelacijom nivoa podzemnih voda krovinske i podinske izdani - $r = 0,21 - 0,98$, što ukazuje na slabu veza do veoma čvrstu vezu (slika 3.41 i 3.42).

Dreniranje podzemnih voda ove izdani je preko bušotina i bunara čija izdašnost je promenljiva i kreće se u granici od 1,0–3,0 l/s.



Slika 3.41. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske (PI) izdani u bušotini B-37/12 za period 15.07.2011–15.06.2012 god.



Slika 3.42. Korelaciona zavisnost između nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske (PI) izdani u bušotini B-47/20 za period 15.07.2011–15.06.2012 god.

3.3.1.2. Podinska izdan (PI)

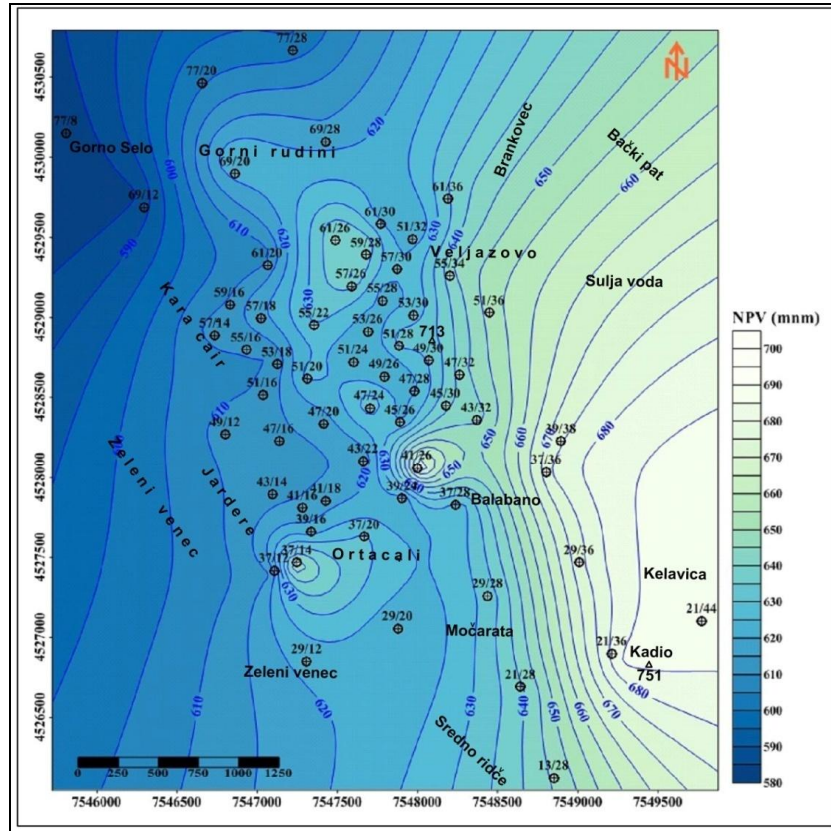
Formirana je u sitnozrnim do prašinstim peskovima, promenjlive debljine, od 8,8 do 45,3 m.

Podzemne vode su sa arteskim ili subarteskim nivoom. Subarteski nivoi nalaze se 9,13-72,85 m ispod površine terena (tabela 3.24, slika 3.43). Izdašnost bušotina na samoizlivu iznosu 0,5-1,0 l/s.

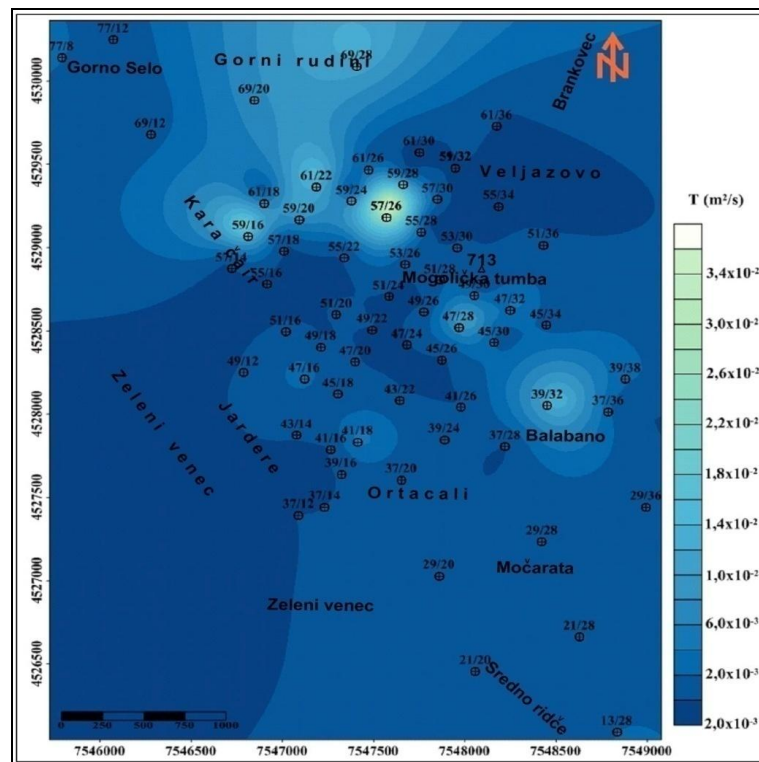
Tabela 3.24. Veličine nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) u ležištu „Živojno“

Oznaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Oznaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda	Oznaka bušotine	Kota terena	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z(mnm)	NPV(m)	N ₀	Z(mnm)	NPV(m)	N ₀	Z(mnm)	NPV(m)
13/28	713,0	65,88	45/30	679,0	39,72	57/14	671,0	64,08
21/20	679,0	47,2	45/34	702,0	54,98	57/18	655,0	31,23
21/28	703,0	61,59	47/16	688,0	74,32	57/26	667,0	26,92
21/36	735,0	48,93	47/20	691,0	74,65	57/30	682,0	57,12
21/44	735,0	48,51	47/24	681,0	47,25	59/16	655,0	38,94
29/20	685,0	63,56	47/28	672,0	47,78	59/20	639,0	14,99
29/28	691,0	54,23	47/32	697,0	53,39	59/24	659,0	26,85
29/36	696,0	19,46	49/12	673,0	62,27	59/28	697,0	56,41
37/12	670,0	55,72	49/18	687,0	70,08	59/32	688,0	25,86
37/14	680,0	29,77	49/22	672,0	43,69	61/18	635,0	10,35
37/28	697,0	68,47	49/26	664,0	44,44	61/20	643,0	36
37/36	730,0	53,13	49/30	682,0	48,24	61/22	653,0	25,52
39/16	684,0	61,74	51/20	673,0	46,78	61/26	689,0	50,61
39/24	688,0	66,67	51/24	658,0	37,75	61/30	671,0	49,78
39/32	703,0	20,59	51/28	675,0	42,4	61/36	646,0	9,13
39/38	697,0	20,66	51/32	688,0	68,23	69/12	622,0	37,86
41/16	674,0	57,69	51/36	688,0	33,65	69/20	667,0	41,05
41/18	682,0	65,97	53/18	672,0	58,62	69/28	667,0	51,87
41/26	692,0	19,85	53/26	659,0	37,18	77/8	621,0	39,78
43/14	655,0	42,5	53/30	674,0	47,29	77/20	641,0	32,31
43/22	687,0	71,26	55/16	674,0	62,87	77/28	619,0	19,1
43/32	689,0	48,12	55/22	646,0	13,97	29_дек	667,0	42,65
45/18	685,0	60,8	55/28	668,0	41,65	43/36	699,0	28,62
45/26	679,0	56,46	55/34	689,0	42,68	57/32	692,0	63,07

Vrednosti koeficijena filtracije izdani određene na osnovu rezultata granulometrijskih analiza kreću se od $1,9 \times 10^{-8}$ do $1,35 \times 10^{-3}$ m/s a transmisibilnosti od $4,275 \times 10^{-7}$ do $1,323 \times 10^{-2}$ m²/s (tabela 3.25). Na osnovu ovih vrednosti, proizilazi da bolju vodonosnost treba očekivati u centralnim, severnim i severozapadnim delovima ležišta (slika 3.44).



Slika .3.43. Karta nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) u ležištu „Živojno“



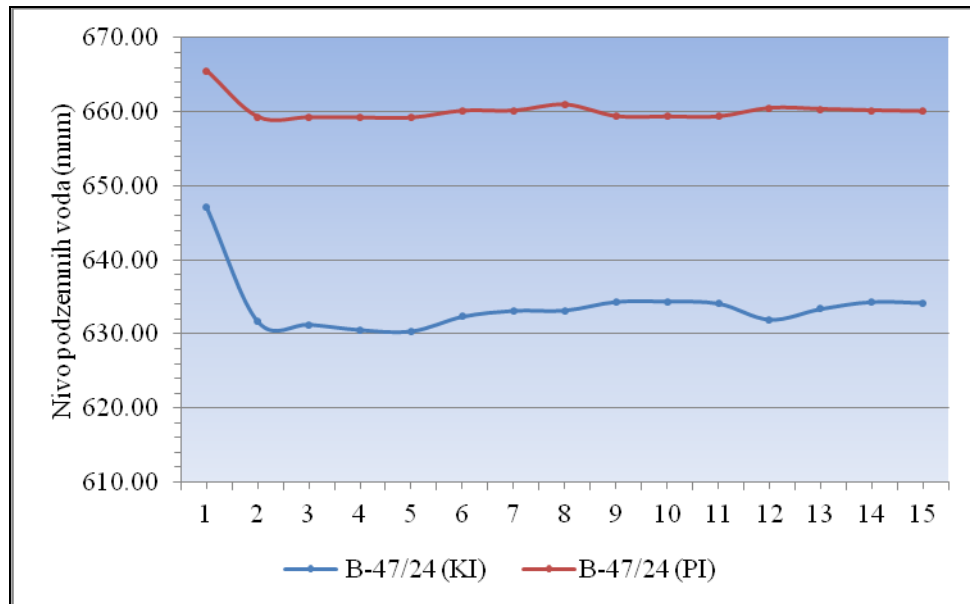
Slika 3.44. Karta transmisibilnosti podinske izdani (PI) ležišta „Živojno“

Tabela 3.25. Vrednosti filtracionih parametara podinske izdani (PI) ležišta „Živojno“

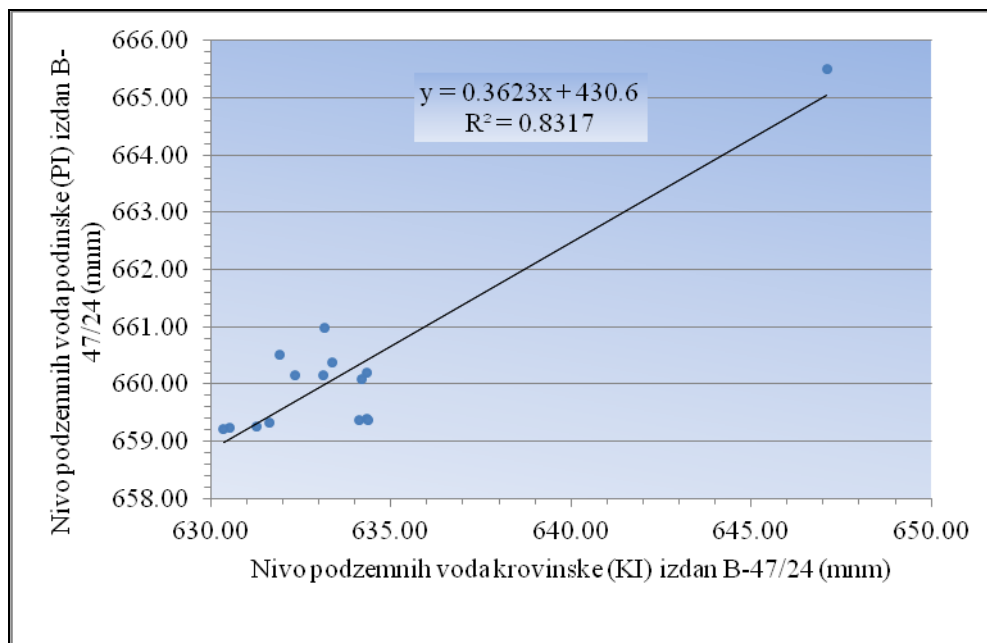
Oznaka bušotine	Debljina podinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisiбилност	Oznaka bušotine	Debljina podinske izdani	Koeficijent filtracije	Transmisiбилност
N_0	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)	N_0	H (m)	K (m/s)	T (m ² /s)
13/28	11,95	1,90x10 ⁻⁴	2,27x10 ⁻³	53/30	21,08	2,61x10 ⁻⁶	5,68x10 ⁻⁵
21/20	24,15	2,80x10 ⁻⁸	6,76x10 ⁻⁷	55/16	24,01	6,50x10 ⁻⁹	1,57x10 ⁻⁷
21/28	25,7	1,29x10 ⁻⁴	4,70x10 ⁻³	55/22	35,5	1,77x10 ⁻⁵	6,27x10 ⁻⁴
37/12	21,0	5,40x10 ⁻⁷	1,13x10 ⁻⁵	55/28	33,5	1,30x10 ⁻⁶	4,36x10 ⁻⁵
37/20	12,5	1,65x10 ⁻⁵	2,07x10 ⁻⁴	57/14	12,1	1,80x10 ⁻⁵	2,16x10 ⁻⁴
37/28	15,1	3,93x10 ⁻⁶	5,93x10 ⁻⁵	57/18	20,2	1,65x10 ⁻⁶	3,33x10 ⁻⁵
37/36	13,25	2,84x10 ⁻⁶	3,77x10 ⁻⁵	57/26	45,3	8,54x10 ⁻⁴	3,87x10 ⁻²
39/24	26,95	3,30x10 ⁻⁵	8,89x10 ⁻⁴	57/30	25,2	1,51x10 ⁻⁵	3,80x10 ⁻⁴
39/32	29,1	4,95x10 ⁻⁴	1,44x10 ⁻²	59/16	26,2	7,81x10 ⁻⁴	2,05x10 ⁻²
39/38	15,15	1,40x10 ⁻⁴	2,12x10 ⁻³	59/20	20,2	5,41x10 ⁻⁴	1,13x10 ⁻²
41/18	10,35	4,97x10 ⁻⁴	5,15x10 ⁻³	59/24	35,3	3,46x10 ⁻⁷	1,22x10 ⁻⁵
41/26	28,4	9,50x10 ⁻⁷	2,70x10 ⁻⁵	59/28	27,4	5,76x10 ⁻⁶	1,58x10 ⁻⁴
43/14	19,8	1,05x10 ⁻⁵	2,02x10 ⁻⁴	59/32	24,9	9,30x10 ⁻⁶	2,32x10 ⁻⁴
43/22	37,7	3,61x10 ⁻⁶	1,36x10 ⁻⁴	61/18	42,0	2,51x10 ⁻⁴	1,05x10 ⁻²
45/18	9,7	7,44x10 ⁻⁷	7,22x10 ⁻⁶	61/22	23,6	6,79x10 ⁻⁴	1,60x10 ⁻²
45/26	21,4	5,74x10 ⁻⁶	1,23x10 ⁻⁴	61/26	17,1	6,10x10 ⁻⁵	1,04x10 ⁻³
45/30	33,1	1,47x10 ⁻⁵	4,85x10 ⁻⁴	61/30	42,0	1,78x10 ⁻⁶	7,46x10 ⁻⁵
45/34	20,0	5,01x10 ⁻⁶	1,10x10 ⁻⁴	61/36	18,7	1,84x10 ⁻⁷	3,44x10 ⁻⁶
47/16	18,2	1,70x10 ⁻⁴	3,10x10 ⁻³	69/12	17,5	2,57x10 ⁻⁶	4,49x10 ⁻⁵
47/20	19,9	1,02x10 ⁻⁶	2,02x10 ⁻⁵	69/28	9,8	1,35x10 ⁻³	1,32x10 ⁻²
47/24	2,5	4,10x10 ⁻⁶	1,13x10 ⁻⁴	77/8	12,7	2,50x10 ⁻⁴	3,15x10 ⁻³
47/28	24,5	4,83x10 ⁻⁴	1,18x10 ⁻²	29/20	8,8	1,15x10 ⁻⁴	1,02x10 ⁻³
47/32	19,0	2,47x10 ⁻⁴	4,69x10 ⁻³	29/28	20,3	1,50x10 ⁻⁵	3,05x10 ⁻⁴
49/12	16,9	1,40x10 ⁻⁷	2,37x10 ⁻⁶	29/36	28,2	7,10x10 ⁻⁷	2,00x10 ⁻⁵
49/18	22,5	1,90x10 ⁻⁸	4,28x10 ⁻⁷	37/14	12,4	1,25x10 ⁻⁷	1,55x10 ⁻⁶
49/22	50,0	8,50x10 ⁻⁷	4,25x10 ⁻⁵	39/16	13,8	1,25x10 ⁻⁵	1,73x10 ⁻⁴
49/26	38,9	2,70x10 ⁻⁵	1,05x10 ⁻³	41/16	11,4	3,05x10 ⁻⁶	3,48x10 ⁻⁵
49/30	26,0	3,21x10 ⁻⁶	8,34x10 ⁻⁵	51/32	17,2	9,60x10 ⁻⁷	1,65x10 ⁻⁴
51/16	41,2	2,75x10 ⁻⁵	1,13x10 ⁻³	51/36	15,7	6,44x10 ⁻⁷	6,44x10 ⁻⁵
51/20	19,5	1,35x10 ⁻⁵	2,64x10 ⁻⁴	55/34	11,8	9,70x10 ⁻⁷	1,45x10 ⁻⁵
51/24	24,7	2,00x10 ⁻⁶	4,94x10 ⁻⁵	57/26	45,3	8,06x10 ⁻⁴	3,65x10 ⁻²
51/28	38,0	5,14x10 ⁻⁵	1,95x10 ⁻³	69/20	9,3	8,01x10 ⁻⁴	7,45x10 ⁻³
53/26	36,6	1,40x10 ⁻⁵	5,10x10 ⁻⁴	77/12	25,9	8,90x10 ⁻⁷	2,31x10 ⁻⁵

Prihranjivanje podinske izdani je na račun infiltracije atmosferskih padavina koja se odvija u zoni kontakta sa kristalastim stenama oboda.

Dreniranje izdani odvija se isticanjem preko samoizlivnih bušotina, izdašnosti 0,5–1,0 l/s. Deo podzemnih voda ove izdani drenira se u krovinsku izdan ovog ležišta. Veza ove dve izdani je potvrđena na uporednim dijagramima (slike 3.45 i 3.46).



Slika 3.45. Uporedni dijagrami nivoa podzemnih voda krovinske (KI) i podinske izdani (PI) u bušotini B-47/24 za period 15.07.2011–15.06.2012 god. (REK-Bitolj)



Slika 3.46. Korelaciona zavisnost između krovinske (KI) i podinske izdani (PI) u bušotini B-47/24 za period 15.07.2011–15.06.2012 god.

3.4. FIZIČKE OSOBINE I HEMIJSKI SASTAV POPDZEMNIH VODA U LEŽIŠTIMA UGLJA

Za potrebe definisanja fizičko-hemijskih karakteristika podzemnih voda u području ležišta uglja „Suvodol”, „Brod-Gneotino” i „Živojno” analizirani su uzorci podzemnih voda iz pukotinske izdani i zbijene izdani u neogenim naslagama.

Fizička i hemijska svojstva podzemnih voda pukotinskog tipa izdani definisana su na osnovu uzetih uzoraka voda sa izvora kod sela Makovo, Rapež, Suvodol, Germijan, Suvodolske reke i izvora reke Bazik (poglavlje 2.5.1).

Fizička i hemijska svojstva podzemnih voda zbijenog tipa izdani u neogenom kompleksu, definisana su na osnovu rezultata hemijskih analiza uzoraka voda krovinske, međuslojne i podinske izdani.

3.4.1. Krovinska izdani (KI)

Podzemne vode krovinske izdani analizirane su za sva tri ležišta uglja (tabela 3.26).

Tabela 3.26. Fizičke osobine i hemijski sastav podzemnih voda krovinske izdani ležišta „Suvodol”, „Brod-Gneotino” i „Živojno”

Vodosadržnik /bušotina /usek lokalnost	Temperatura T (°C)	pH-kiselost	Makrokomponente						Mikrokomponente			Tvrdoća (°dH)	Mineraliza-cija M (g/l)
			Katjoni (mg/l)			Anjoni (mg/l)			Fe	Mn	Sr		
			Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		
Suvodol													
Vodosa. Ak. "Suvodol"	15	6,8	413,9	20	12,15	158	701,5	194	0,4			30,8	1,10
Vodosa. "Klizište"	15,5	6	638,5	24	48,6	272	1159	302	0,9			-	1,83
Brod-Gneotino													
Usek		8,32	162,5	176	64,8	44	283,1	25,3	0,2	<0,01	0,09	25,3	0,76
8/VIII		8,32	135,9	20	52,8	15	100,2	12,2	1,63	0,26	0,29	14,9	0,34
10/VIII		6,42	176,2	40	45,6	40	223,3	23,7	1,19	0,09	0,84	15,9	0,55
12/VI ₁		8,49	184,7	32	76,8	42	239,7	24	2,13	0,22	0,11	22	0,60
15/VI ₁		6,12	255,5	56	146,4	33	711,3	36,5	1,89	0,19	0,18	41,2	1,24
15 ₁ /IX'		6,7	179	52	98,4	44	349,5	23,4	1,19	0,62	0,18	29,7	0,75
16 ₁ /IX		7,53	265,6	184	139,2	24	793	18,6	0,37	0,12	0,32	43,5	1,43
Živojno													
51/24		7,59	26,4	76,9	30,1	41,8	305	61,5	2,34	0,18		17,7	0,56
49/18		7,36	15,8	64,1	33,1	12,4	357,5	18,9	2,55	0,46		16,7	0,42
49/30		7,49	46,8	56,4	20,7	34	257,4	65,9	0,37	0,05		12,7	0,41

Ispitivane podzemne vode krovinske izdani (KI) ležišta uglja su bezbojne, prozračne, kiselog ukusa, "blatnjavog" mirisa i mirisa na H₂S.

Podzemne vode kod ležište „Suvodol” su sa temperaturom od 15-15,5⁰C.

pH vrednost podzemnih voda u ležištu „Suvodol” kreću se u granicama od 6,0–6,8 (slabo kisele do neutralne vode), kod ležište „Brod-Gneotino” od 6,12–8,49 (slabo

kisele-neutralne do alkalne vode), a kod ležište „Živojno” 7,36–7,59 (slabo alkalne vode).

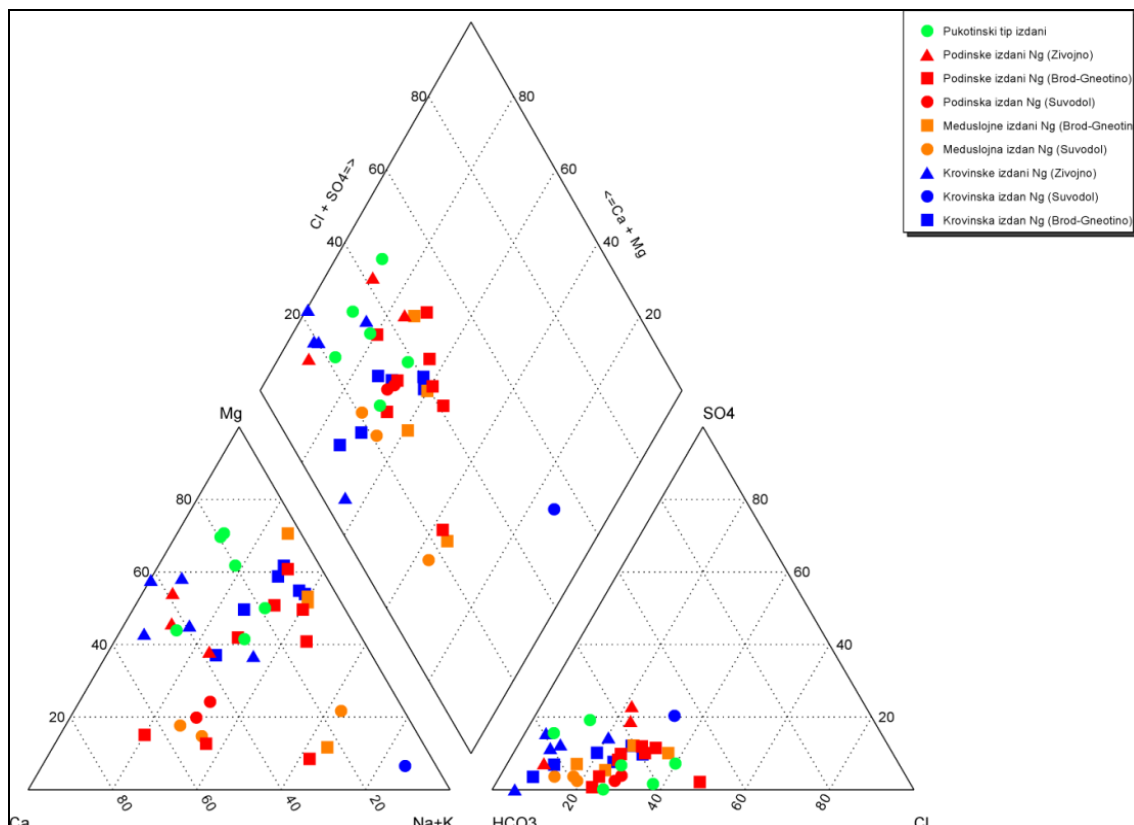
Prema tvrdoći saglasno klasifikaciji Kult-a (Dimitrijević, 1988), podzemne vode u ležištu „Suvodol” pripadaju grupi veoma tvrdih voda (do 30,8⁰dH). Iste su u ležištu „Brod-Gneotino” dosta tvrde do veoma tvrde vode (14,9–43,5⁰dH), a u ležištu „Živojno” dosta tvrde do tvrde vode (12,7 – 17,7⁰dH).

Mineralizacija podzemnih voda krovinske izdani je promenljiva. Kod ležišta „Suvodol” kreće se u granicama od 1,10–1,83 g/l (mineralne vode), kod ležišta „Brod-Gneotino” od 0,34-1,43 g/l (malo mineralizovana, mineralizovane do mineralne vode), a kod ležišta „Živojno” 0,42-0,56 g/l (malo mineralizovane vode).

Po hemijskom sastavu ispitivane podzemne vode pripadaju hidrokarbonatnoj klasi složenog katjonskog sastava. Sreću se kalcijumske, magnezijumske i natrijumsko-kalijumske vode (tabela 3.27, slika 3.47).

Tabela 3.27. Makrokomponentni sastav podzemnih voda krovinske izdani (KI) u ležištima „Suvodol”, „Brod-Gneotino” i „Živojno”

Vodosabirnik / usek / bušotina / lokalnost	Makrokomponente	
	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
Suvodol		
Vodosabirnik ispod akumulacije Suvodol	HCO ³ ₅₇ Cl ₂₂ SO ⁴ ₂₁	(Na+K) ₉₃
Vodosabirnik u Klizište	HCO ³ ₅₇ Cl ₂₃ SO ⁴ ₁₉	(Na+K) ₉₀ Mg ₇
Brod-Gneotino		
Usek	HCO ³ ₇₂ Cl ₁₉ SO ⁴ ₈	Ca ₄₁ (Na+K) ₃₃ Mg ₂₅
Bušotina 8/VIII	HCO ³ ₇₁ Cl ₁₈ SO ⁴ ₁₁	(Na+K) ₅₂ Mg ₃₉ Ca ₉
Bušotina 10/VIII	HCO ³ ₆₉ Cl ₂₁ SO ⁴ ₁₀	(Na+K) ₅₇ Mg ₂₇ Ca ₁₆
Bušotina 12/VI ₁	HCO ³ ₇₀ Cl ₂₁ SO ⁴ ₉	(Na+K) ₅₀ Mg ₄₀ Ca ₁₀
Bušotina 15/VI ₁	HCO ³ ₈₇ Cl ₇ SO ⁴ ₆	Mg ₄₇ (Na+K) ₄₃ Ca ₁₀
Bušotina 15/IX ²	HCO ³ ₇₇ Cl ₁₆ SO ⁴ ₇	Mg ₄₄ (Na+K) ₄₂ Ca ₁₄
Bušotina 16 ₁ /IX	HCO ³ ₉₂	(Na+K) ₃₆ Mg ₃₅ Ca ₂₉
Živojno		
Bušotina 47/16	HCO ³ ₈₄ SO ⁴ ₁₃	Mg ₄₅ Ca ₄₄ (Na+K) ₁₁
Bušotina 77/20A	HCO ³ ₈₃ SO ⁴ ₁₀ Cl ₆	Ca ₅₄ Mg ₄₅
Bušotina 61/18A	HCO ³ ₈₅ SO ⁴ ₉ Cl ₅	Ca ₆₁ Mg ₃₁ (Na+K) ₈
Bušotina 47/24A	HCO ³ ₉₇	(Na+K) ₄₄ Ca ₃₁ Mg ₂₅
Bušotina 43/14A	HCO ³ ₇₄ Cl ₁₃ SO ⁴ ₁₃	Ca ₃₂ Mg ₃₂ (Na+K) ₂₁



Slika 3.47. Pajperov dijagram hemijskog sastava podzemnih voda pukotinske i zbijene izdani (krovinske, međuslojne i podinske izdani)

3.4.2. Međuslojna izdan (MI)

Podzemne vode međuslojne izdani ležišta uglja „Suvodol” i „Brod-Gneotino” odlikuju se povećanim temperaturama koje se kreću od 22,0-23,0 °C (tabela 3.28).

pH vrednost podzemnih voda međuslojne izdani kod ležište „Suvodol” kreće se u granicama od 6,0-6,4 (slabo kisele vode), a kod ležišta „Brod-Gneotino” od 6,3-8,5 (slabo kisele-neutralne do alkalne vode).

Prema tvrdoći, podzemne vode ove izdani u ležištu „Suvodol” spadaju u grupu vrlo tvrdih voda (25,2-42,6 °dH). Iste u ležištu „Brod-Gneotino” su umereno do veoma tvrde vode (8,4–31,9 °dH).

Tabela 3.28. Hemijski sastav podzemnih voda prve (MI₁) i druge međuslojne izdani (MI₂) u ležištu „Suvodol” i „Brod-Gneotino”

Vodosabirnik /bušotina /usek /lokalnost	Temperatura T (°C)	pH-kiselost	Makrokomponente						Mikrokomponente			Tvrdoća (°dH)	Mineralizacija M (mg/l)
			Katjoni (mg/l)			Anjoni (mg/l)			Fe	Mn	Sr		
			Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		
Suvodol													
H-16 (MI ₁)	22,0	6,0	264,1	50,0	24,3	46,9	866,2	21,8	>100			25,2	830,0
F ₂ -22 (MI ₂)	22,0	6,4	168,1	254,0	30,4	83,4	1189,0	30,8	0,04			42,6	1150,0
G ₂ -18 (MI ₂)	23,0	6,2	182,5	204,0	23,1	83,4	1049,0	22,4	>100			33,9	1030,0
Brod-Gneotino													
10/VIII (MI ₁)		6,3	188,7	28,0	67,2	29,0	250,7	11,5	1,71	0,07	0,04	11,5	578,7
13/VIII (MI ₁)		8,5	230,8	32,0	86,4	38,0	248,3	30,7	0,06	0,01	0,05	24,2	666,8
12 ₁ /X (MI ₂)		7,5	191,3	52,0	9,6	40,0	549,0	31,4	0,71	0,02	0,02	8,4	550,9
13/VIII (MI ₂)		8,2	172,6	16,0	129,6	40,0	170,8	19,9	0,79	0,02	0,07	31,9	847,6

Mineralizacija podzemnih voda međuslojne izdani je promenljiva. Kod ležišta „Suvodol” kreće se u granicama 0,83–1,15 g/l (mineralne vode), a kod ležišta „Brod-Gneotino” 0,55-0,85 g/l (mineralizovane do mineralne vode).

Prema makrokomponentnom sastavu pripadaju hidrokarbonatnoj klasi voda složenog katjonskog sastava (tabela 3.29 i slika 3.47).

Tabela 3.29. Makrokomponentni sastav podzemnih voda prve (MI₁) i druge međuslojne izdani (MI₂) ležišta „Suvodol” i „Brod-Gneotino”

Vodosabirnik/usek /bušotina /lokalnost	Makrokomponente	
	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
Suvodol		
Bušotina H-16(MI ₁)	HCO ₃ ⁸⁹ Cl ₈	(Na+K) ₇₂ Ca ₁₅ Mg ₁₃
Bušotina F ₂ -22(MI ₂)	HCO ₃ ⁸⁶ Cl ₁₁	Ca ₅₇ (Na+K) ₃₂ Mg ₁₁
Bušotina G ₂ -18(MI ₂)	HCO ₃ ⁸⁶ Cl ₁₂	Ca ₅₂ (Na+K) ₃₉ Mg ₉
Brod-Gneotino		
Bušotina 10/VIII(MI ₁)	HCO ₃ ⁷⁹ Cl ₁₆	(Na+K) ₅₄ Mg ₃₆ Ca ₉
Bušotina 13/VIII(MI ₁)	HCO ₃ ⁷⁰ Cl ₁₈ SO ₄ ¹¹	(Na+K) ₅₄ Mg ₃₈ Ca ₈
Bušotina 12 ₁ /X(MI ₂)	HCO ₃ ⁸³ Cl ₁₀ SO ₄ ⁶	(Na+K) ₇₁ Ca ₂₂ Mg ₇
Bušotina 13/VIII(MI ₂)	HCO ₃ ⁶⁵ Cl ₂₆ SO ₄ ⁹	Mg ₅₆ (Na+K) ₄₀

Podzemne vode prve (MI₁) i druge međuslojne izdani (MI₂) u ležištu „Suvodol” i „Brod-Gneotino” pripadaju hidrokarbonatnoj klasi voda sa povećanim sadržajem jona hlorida. U katjonskom sastavu preovlađuju natrijum i kalijum, ali se sreću i kalcijumske i magnezijumske vode.

3.4.3. Podinska izdan (PI)

Hemijski sastav podzemnih voda podinske izdani ležišta uglja „Suvodol“, „Brod-Gneotino“ i „Živojno“ prikazan je u tabeli 3.28.

Tabela 3.28. Hemijski sastav podzemnih voda podinske izdani ležišta uglja „Suvodol“, „Brod-Gneotino“ i „Živojno“

Vodosabinik /bušotina /usek /lokalnost	Temperatura T (°C)	pH-kiselost	Makrokomponente						Mikrokomponente			Tvrdoća (°dH)	Mineralizacija M (mg/l)
			Katjoni (mg/l)			Anjoni (mg/l)			Fe	Mn	Sr		
			Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		
Suvodol													
H-18	19,6	6,2	150,9	166,0	32,8	118,9	829,6	28,2	0,26			30,8	900,0
G-22	21,0	6,4	158,1	202,0	29,2	126,0	939,4	19,2	0,03			35,0	990,0
Brod-Gneotino													
8/VIII		9,4	270,8	668,0	56,9	50,0	372	34,6	1,42	0,17	0,03	17,9	1462,9
10/VIII		8,5	209,6	40,0	72,0	44,0	259,3	32,4	1,46	0,05	0,17	22,0	672,2
13/VIII		7,9	173,7	28,1	115,2	41,0	204,4	22,1	1,14	0,04	0,12	30,3	587,4
14 _i /VII ₁		6,2	192,3	68,0	7,2	53,0	509,3	2,5	2,26	0,37	0,18	25,9	837,4
15 _i /IX'		7,5	180,8	36,0	98,4	41,0	311,2	23,7	0,75	0,07	0,89	27,5	693,9
16/VIII'		7,5	345,2	268,0	140,0	1310,0	4007,0	100,5	0,98	0,19	0,19	145,2	6172,2
16 _i /IX		8,5	268,6	100,4	115,2	91,0	833,5	24,9	2,29	0,39	0,74	40,5	127,9
Živojno													
47/161		7,5	16,4	59,3	36,9	8,5	344,0	40,0	3,76	0,54		16,8	390,0
77/20A		7,3	0,34	67,3	34,0	13,8	313,5	31,0	0,28	0,05		17,3	456,0
61/18A		7,5	11,1	72,1	22,4	10,6	308,7	27,0	3,33	0,31		15,3	300,0
47/24A		7,6	50,3	30,8	14,8	5,7	291,6	0	0,66	0,04		7,7	354,0
43/14A		6,9	33,7	64,1	27,2	32,8	311,0	42,3	10,26	0,27		15,3	437,0

Temperatura podzemnih voda podinske izdani ležišta „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ je u granicama 19,6-21,0 °C što ukazuje na blagu povćanost.

pH-vrednost ispitivanih podzemnih voda u ležištu „Suvodol“ kreće se u intervalu od 6,2-6,4, kod ležišta „Brod-Gneotino“ 6,2-9,4, a kod ležišta „Živojno“ u granicama od 6,9-7,6, što ih svrstava u grupu neutralnih do slabo alkalnih voda.

Tvrdoća podzemnih voda podinske izdani u ležištu „Suvodol“ kreće se između 30,8-35,0 °dH, u ležištu „Brod-Gneotino“ između 17,9- 145,2 °dH, au ležišta „Živojno“ 7,7-17,3 °dH. Prema ukupnoj tvrdoći vode podinske izdani u ležištu „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ spadaju u veoma tvrde do vrlo tvrde vode, a vode u ležištu „Živojno“ spadaju u grupi umereno do veoma tvrdih voda.

Mineralizacija podzemnih voda ove izdani kod ležišta „Suvodol“ kreće se u granici od 0,9-0,99 g/l, kod ležišta „Brod-Gneotino“ 0,13-6,17 g/l, a kod ležišta „Živojno“ 0,3-0,46 g/l. Na osnovu veličine mineralizacije podzemne vode podinske izdani Suvodolskog

ležišta pripadaju mineralizovanim do mineralnim, deo voda ležišta „Brod-Gneotino” i voda ležišta „Živojno” pripada malo mineralizovanim do mineralizovanim vodama.

Tabela 3.29. Makrokomponentni hemijski sastav podzemnih voda podinske izdani ležišta uglja “Suvodol”, “Brod-Gneotino” i “Živojno”

Vodosabirnik/usek /bušotina /lokalnost	Makrokomponente	
	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
Suvodol		
Bušotina G-22	$\text{HCO}^3_{79} \text{Cl}_{18}$	$\text{Ca}_{52} (\text{Na}+\text{K})_{32} \text{Mg}_{12}$
Bušotina H-18	$\text{HCO}^3_{77} \text{Cl}_{19}$	$\text{Ca}_{47} (\text{Na}+\text{K})_{37} \text{Mg}_{15}$
Brod-Gneotino		
Bušotina 8/VIII	$\text{HCO}^3_{74} \text{Cl}_{17} \text{SO}^4_9$	$\text{Ca}_{67} (\text{Na}+\text{K})_{24} \text{Mg}_9$
Bušotina 10/VIII	$\text{HCO}^3_{69} \text{Cl}_{20} \text{SO}^4_{11}$	$(\text{Na}+\text{K})_{53} \text{Mg}_{35} \text{Ca}_{12}$
Bušotina 13/VIII	$\text{HCO}^3_{67} \text{Cl}_{23} \text{SO}^4_9$	$(\text{Na}+\text{K})_{41} \text{Mg}_{51} \text{Ca}_8$
Bušotina 10/VIII	$\text{HCO}^3_{84} \text{Cl}_{15}$	$(\text{Na}+\text{K})_{68} \text{Ca}_{27}$
Bušotina 15/IX'	$\text{HCO}^3_{76} \text{Cl}_{35}$	$\text{Mg}_{46} (\text{Na}+\text{K})_{44} \text{Ca}_{10}$
Bušotina 16/VIII	$\text{HCO}^3_{63} \text{Cl}_{17} \text{SO}^4_7$	$(\text{Na}+\text{K})_{37} \text{Ca}_{33} \text{Mg}_{29}$
Bušotina 16 ₁ /IX	$\text{HCO}^3_{82} \text{Cl}_{15}$	$(\text{Na}+\text{K})_{45} \text{Mg}_{36} \text{Ca}_{19}$
Živojno		
Bušotina 51/24	$\text{HCO}^3_{67} \text{SO}^4_{17} \text{Cl}_{16}$	$\text{Ca}_{51} \text{Mg}_{33} (\text{Na}+\text{K})_{15}$
Bušotina 49/18	$\text{HCO}^3_{89} \text{SO}^4_6 \text{Cl}_5$	$\text{Ca}_{48} \text{Mg}_{41} (\text{Na}+\text{K})_{11}$
Bušotina 49/30	$\text{HCO}^3_{64} \text{SO}^4_{21} \text{Cl}_{15}$	$\text{Ca}_{43} (\text{Na}+\text{K})_{31} \text{Mg}_{26}$

Podzemne vode podinske izdani pripadaju hidrokarbonatnoj klasi sa povećanim sadržajima jona hlorida, osim vode ležišta “Živojno”, koje su hidrokarbonatno-sulfatne. U katjonskom sastavu preovlađuju kalcijumske vode i mestimično natrijumsko-kalijumske vode (tabela 3.29).

4. FORMIRANJE I VELIČINA PRILIVA RUDNIČKIH VODA

4.1. USLOVI OVODNJENOSTI

Ovodnjenost ležišta uglja “Suvodol” i “Brod-Gneotino” posledica je više prirodnih i veštačkih uslova u njihovom okruženju.

4.1.1. Prirodni uslovi ovodnjenosti

U grupu prirodnih uslova ovodnjenosti analizirani su:

- strukturno - geološki,
- hidrogeološki,
- geomorfološki,
- hidrometeorološki i
- hidrografsko - hidrološki uslovi.

4.1.1.1. Strukturno - geološki uslovi

Ležišta uglja “Suvodol”, “Brod-Gneotino” i “Živojno” formirana su u neogenim srednje do gornjepliocenskim sedimentima.

Podinu i neposredni obod basena čine prekambrijumske kristalaste stene (gnajsevi i mikašisti). Pomenute stene okružuju Suvodolsko ležište sa severne, severoistočne i istočne strane, ležište “Brod-Gneotino” sa istočne strane, a ležište “Živojno” sa severoistočne strane. Od nabornih oblika u kristalastim stenama konstatovane su sinklinale, a od rupturnih oblika: rasedi, rasedne zone i pukotine.

Sinklinalni oblici omogućavaju formiranje izdani pod pritiskom (arteskkih i subarteskkih). Generalno, ugljena formacija ležište „Suvodol“ ima sinklinalnu formu sa blagim padovima krila, koji se kreću od $5-15^{\circ}$ prema centralnim delovima ležišta, a dok ležište uglja „Brod-Gneotino” predstavlja blago nagnutu monoklinalu ka ZJZ sa padnim uglovima oko 10° (Karajovanović, 1988).

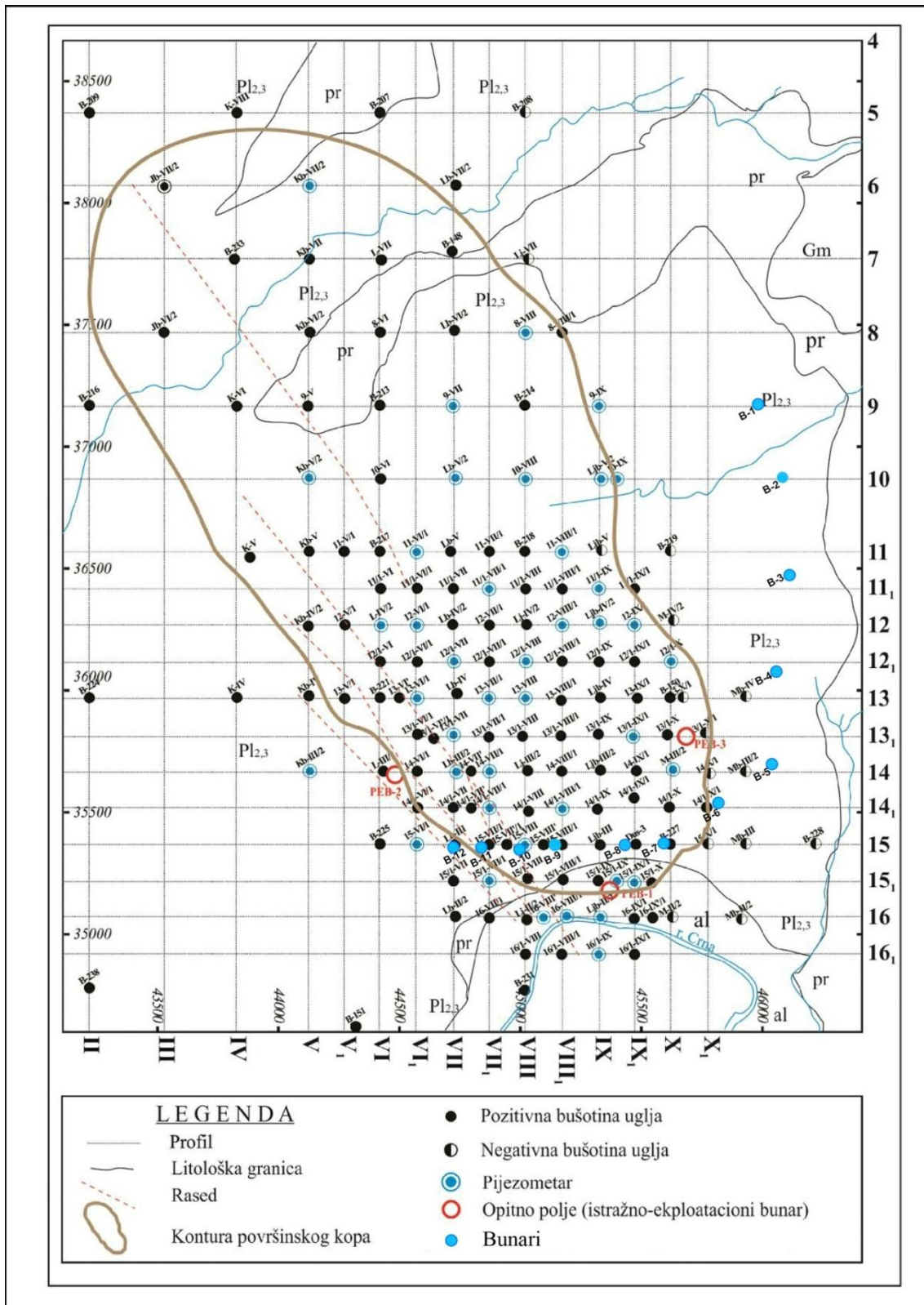
Rupturni oblici (rasedi, rasedne zone i pukotine), nemaju direktan uticaj na formiranje podzemnih voda u ležištima uglja, ali imaju indirektan preko formiranja podzemnih voda pukotinske izdani u kristalastim stenama paleoreljefa i neposrednog oboda. Pored

toga, razlomne strukture su od posebnog značaja jer predstavljaju puteve za cirkulaciju gasa CO₂, pri čemu se u pojedinim delovima ležišta javljaju mineralne ugljikisele vode.

Ležište „Suvodol” ima centriklinálnu strukturu. Od radijalnih tektonskih oblika, potvrđena su dva raseda sa pružanjem S–JI sa skokovima od 10–50 m, kao i jedan rased sa prostiranjem I–Z i skokom od 10–75 m (*Paskalev, 1985*).

U ležištu „Brod–Gneotino” potvrđeno je postojanje sistema normalnih, homotetičnih, komplarnih i ešaloniranih raseda sa pružanjem SZ–JI sa spuštenim jugozapadnim blokovima ka središnoj liniji tektonskog rova (*Dorđević i Lazarevski, 1988*). U zapadnom delu ležišta u zoni poprečnog profila 16₁–16 i 11, kao i u zoni podužnih profila IX–VIII₁ i IV javljaju se dve markantne dislokacione zone koje su sa pravcem pružanja SSZ–JJI (slika 4.1). Međusobno rastojanje dislokacionih zona je oko 400 m u severnom delu, odnosno do oko 100 m u južnom delu terena, što ukazuje na činjenicu da ove zone u pravcu prema jugu imaju tendenciju interferencije.

Tektonski blok prve rasedne zone posmatrajući pravac I–Z, na prostoru između poprečnih profila 16–14 je spušten oko 33 m (slika 4.1). Na ovom potezu najverovatnije zbog različitih intenziteta kontrakcije dislokacione zone, formirana je interesantna pozitivna morfostruktura, čije izdizanje se kreće u granicama od 15,0–30,0 m. Tektonski blok sledeće dislokacione zone navedenog prostora je neravnomerno spušten tako da je u zoni profila 16, isti je spušten za 9,0 m, a u zoni profila 15₁ ovaj 78,0 m.



Slika 4.1. Karta izvedenih istražnih bušotina u ležište uglja "Brod-Gneotino"

U okviru zone između poprečnih profila 11₁-6 i podužnih profila VI₁-II, konstatovana je još jedna dislokaciona zona sa pravcem pružanja identičnim kao i kod prethodnih

dislokacionih zona. Međusobno rastojanje ove od prve zone, prethodno analiziranog prostora (profilske linije: 11₁–10), je oko 350 m na profilu 11₁ do 550 m, na profilu 10, sa tendencijom povećavanja međusobnog rastojanja prema profilu 6.

Spuštanje tektonskih blokova zapadno od ove zone, kreće se u granicama od 15–55 m. Pukotine u okviru trepelita (glina), su subvertikalne, ređe kose. Mnogo manje su zastupljene horizontalne pukotine koje prate pravac sedimentacije (slika 4.2).



Slika 4.2. Rased u površinskom kopu „Brod-Gneotino“ (Foto. L. Ivanovski, 2012)

Neogeni sedimenti zajedno sa ugljenim slojem ležište uglja „Živojno“ predstavljaju monoklinalu koja je po pružanju blago zatalasana. U okviru nje razvijeni su manji ili veći sinklinalni i antiklinalni oblici (Ivanovski i saradnici, 2012).

Sa strukturno – tektonskog aspekta značajne su disjunktivne forme koje su intenzivno razvijene na ovome prostoru. Rasedi su sa pravcem pružanjem SSZ-JJI. Međusobno su paralelni i javljaju se u pratnji (zajedno) sa drugim manje paralelnim rasedima, zadržavajućii pravac zone kontakta Zapadno makedonske zone i Pelagonijskog horst antiklinorijuma. Sem ovih raseda izdvojeni su i mlađi rasedi pravca pružanja ISI – ZJZ, a koji na određenim mestima prave parket–strukturne forme.

4.1.1.2. Hidrogeološki uslovi ovodnjenosti

Hidrogeološke karakteristike sedimenta i stena u području ležišta, kao i prisustvo pojedinih tipova izdani, od posebnog značaja za ovodnjenost predmetnih ležišta uglja i samih rudarskih radova. Na ovodnjenost utiču izdani zbijenog tipa u aluvijalnim i neogenim naslagama intergranularne poroznosti.

Izdani formirane u kvartarnim peskovito-šljunkovitim naslagama samo manjim delom utiču na ovodnjenost ležišta.

U području ležišta „Suvodol” izdan u aluvijalnim nanosima ima nezatno rasprostranjenje, a sa aspekta ovodnjenosti rudarskih radova je beznačajna. Za razliku od nje, istražnim radovima potvrđeno je da aluvijalna izdan Crne Reke u području ležišta „Brod-Gneotino“ (južni deo) ima značajan uticaj na ovodnjenost rudarskih radova. Kod ležišta “Živojno” podzemne vode iz aluvijalne izdani Crne Reke sa severne strane i Eleške reke sa severoistočne strane, imaju uticaj na prihranjivanje podzemnih voda izdani formiranih u neogenim vodonosnim sredinama, a samim tim i indirektno na ovodnjenost budućih rudarskih radova.

Za razliku od podzemnih voda aluvijalne izdani, podzemne vode formirane u neogenom kompleksu imaju presudan značaj na ovodnjenost ležišta i samih rudarskih radova. Podzemne vode se javljaju u više vodonosnih horizonata (izdani) sa nivoom koji je uglavnom pod pritiskom (arteske i subarteske izdani). Pomenute izdani su u različitom odnosu prema ugljenim slojevima. Mogu biti iznad, ispod i između ugljenih slojeva.

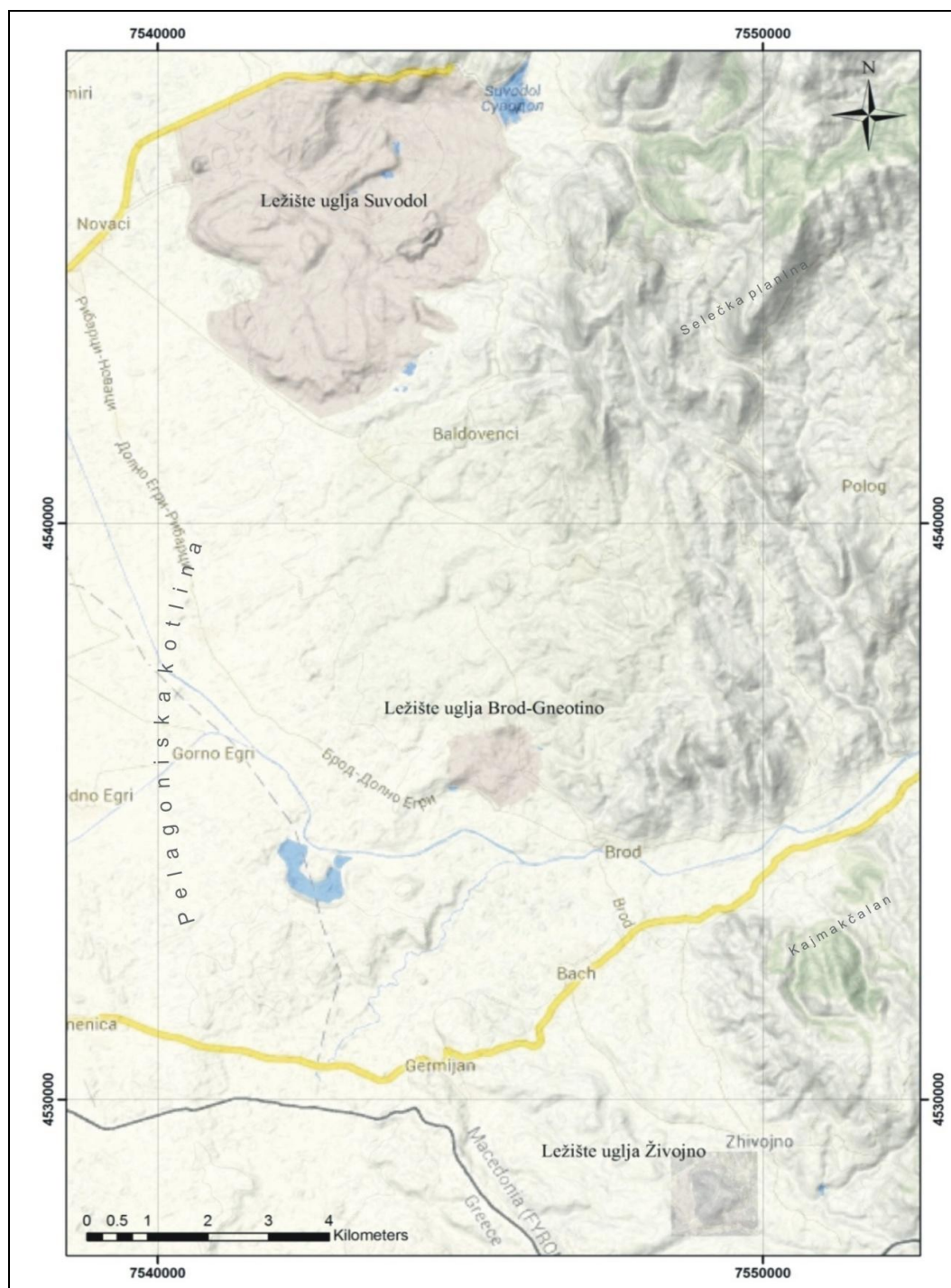
Pomenute izdani obiluju podzemnim vodama to se odražava i na formiranje ukupnih priliva rudničkih voda u rudarske radove..

4.1.1.3. Geomorfološki uslovi ovodnjenosti

Ležišta uglja u Pelagonijskom basenu nalaze se u zoni kontakta Pelagonijske kotline sa zapadne i ogranaka Selečke i Niđe planine sa južne i jugoistočne strane (slika 4.3).

Položaj u odnosu na reljef terena je nepovoljan sa aspekta ovodnjenosti iz razloga što se nalaze na obodu ili na padinama ovih planina gde su prisutni brojni stalni i povremeni vodotoci. S druge strane na povećanu ovodnjenost ležišta utiče i to, što se ona nalaze ispod lokalnog erozionog bazisa, tj. ispod nivoa Crne Reke i njenih pritoka, tako da

novostvorene depresije usled otkopavanja uglja postaju novi erozioni bazisi prema kojima se usmeravaju podzemne i površinske vode.



Slika 4.3. Položaj ležišta uglja “Suvodol”, “Brod-Gneotino” i “Živojno” u odnosu na Pelagonijsku kotlinu i visoke planinske masive

4.1.1.4. Hidrometeorološki uslovi ovodnjenosti

Od hidrometeoroloških uslova na ovodnjenost ležišta najveći uticaj imaju padavine koje se izluče direktno na samo gravitaciono područje površinskih kopova i indirektno putem infiltracije vode atmosferskih taloga duž ispucalih obodnih stenskih masa.

Za potrebe zaštite površinskih kopova potrebno je poznavanje sumarnih padavina za vremenske periode kraće od 24 h (intenziteti padavina kraćih trajanja), a koji su bitni radi određivanja maksimalnog oticaja sa sliva i kosina površinskih kopova, zbog toga što je vreme koncentracije površinskog oticaja sa sliva i kosina uglavnom kraće od 24 h. Za ove potrebe izvršen je izbor maksimalnih visina kiše za standardne vremenske intervale $\tau=5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720$ i 1440 minuta i izvršen je i izbor dnevnih maksimuma po običnom kišomeru na stanici Bitolj za period 1956-2003. godine (tabela 4.1).

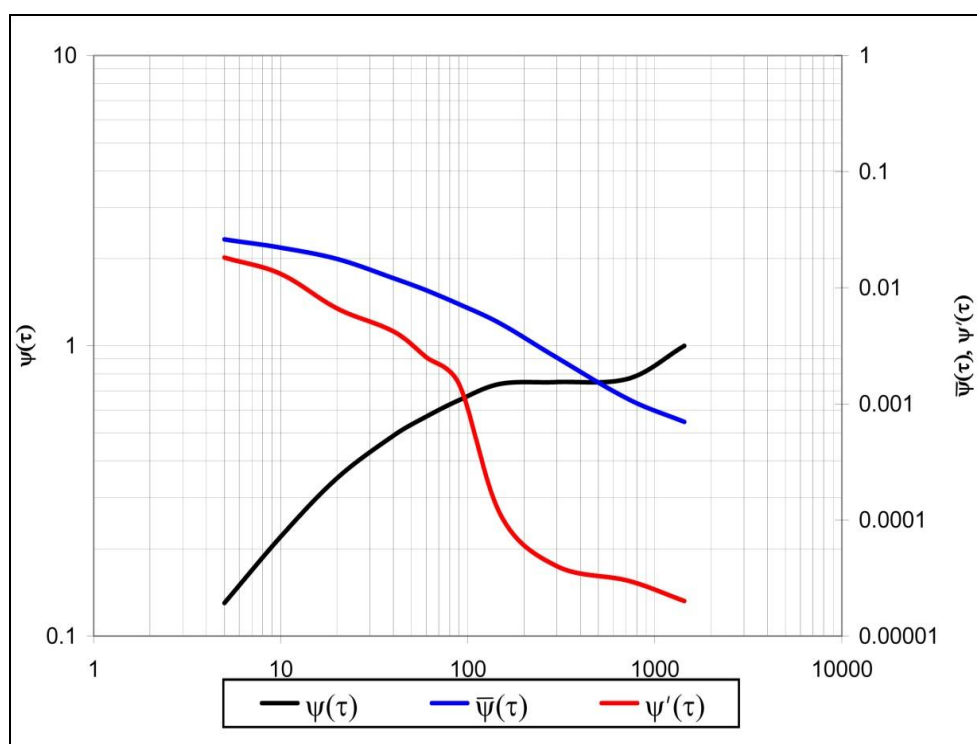
Tabela 4.1. Pregled maksimalnih dnevnih suma padavina za kišomernu stanicu Bitolj za period 1956-2003 godine (po podacima RHMZ-Skoplje)

Godina	Pdn,max (mm)	Godina	Pdn,max (mm)	Godina	Pdn,max (mm)	Godina	Pdn,max (mm)	Godina	Pdn,max (mm)
1956	33,7	1966	45,3	1976	39,2	1986	34	1996	46,6
1957	110,2	1967	40,2	1977	17,5	1987	41	1997	33,5
1958	25,9	1968	21,8	1978	45,3	1988	34,1	1998	44,7
1959	35,6	1969	21,6	1979	30,7	1989	45,3	1999	40,5
1960	22,9	1970	46,3	1980	32,7	1990	42,5	2000	30,5
1961	23,2	1971	17,3	1981	80,7	1991	33,1	2001	30,90
1962	34,1	1972	38,2	1982	48,7	1992	52,2	2002	65,4
1963	30	1973	34,3	1983	42,6	1993	40,8	2003	41,9
1964	41,5	1974	29,8	1984	24,6	1994	31,7		
1965	12,4	1975	21	1985	42,2	1995	56,8		

Koristeći rezultate statističke analize vremenskih serija ($P\tau$) i maksimalnih dnevnih kiša na običnom kišomeru (Pdn), za određeni povratni period (T_{god}), odnosno verovatnoću pojave ($p\%$) konstruisane su redukcione krive kiše maksimalnog, srednjeg i minimalnog intenziteta za m.s. Bitolj (tabela 4.2 i slika 4.4).

Tabela 4.2. Koordinate redukcionih kriva kiše, maksimalne visine kiše $\psi(\tau)$, maksimalnog srednjeg intenziteta $\bar{\psi}(\tau)$ i minimalnog intenziteta $\psi'(\tau)$ za m.s. Bitolj

Min	5	10	20	40	60	90	150	300	720	1.440
$\psi(\tau)$	0.13	0.22	0.35	0.49	0.57	0.65	0.74	0.75	0.77	1.00
$\bar{\psi}(\tau)$	0.0261	0.0221	0.0177	0.0121	0.0095	0.0072	0.0049	0.0025	0.0011	0.0007
$\psi'(\tau)$	0.01820	0.01315	0.00663	0.00421	0.00252	0.00147	0.00011	0.00004	0.00003	0.00002



Slika 4.4. Redukcione krive kiša maksimalnog, srednjeg i minimalnog intenziteta (m.s. Bitolj)

Na osnovu vrednosti maksimalne dnevne kiše određene verovatnoće P_{dn} , zatim na osnovu redukcionih krivih kiša čije su numeričke vrednosti date u tabeli 4.2, sračunate su vrednosti maksimalnih visina kiše $P_{max,\tau}$ (mm/min), srednjih maksimalnih i minimalnih intenziteta $I_{max,\tau}$ i $I_{min,\tau}$ (mm/min) za različita trajanja kiše i verovatnoće pojave p (%) (tabela 4.3).

Tabela 4.3. Računske karakteristike maksimalnih visina kiše $P_{max, \tau}$ (mm), srednji, maksimalni $\bar{I}_{max, \tau}$ (mm/min) i minimalni intenzitet $I_{min, \tau}$ (mm/min)

T (god)	p (%)	Oznaka	5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440
100	1	$P_{max, \tau}$ (mm)	12.77	21.60	34.37	48.12	55.97	63.83	72.67	73.65	75.61	98.20
		$\bar{I}_{max, \tau}$ (mm/min)	2.56	2.17	1.74	1.19	0.93	0.71	0.48	0.25	0.11	0.07
		$I_{min, \tau}$ (mm/min)	1.787	1.291	0.651	0.413	0.247	0.144	0.011	0.004	0.003	0.002
50	2	$P_{max, \tau}$ (mm)	11.23	19.01	30.24	42.34	49.25	56.16	63.94	64.80	66.53	86.40
		$\bar{I}_{max, \tau}$ (mm/min)	2.26	1.91	1.53	1.05	0.82	0.62	0.42	0.22	0.10	0.06
20	5	$P_{max, \tau}$ (mm)	9.22	15.60	24.82	34.74	40.41	46.09	52.47	53.18	54.59	70.90
		$\bar{I}_{max, \tau}$ (mm/min)	1.85	1.57	1.25	0.86	0.67	0.51	0.35	0.18	0.08	0.05
10	10	$P_{max, \tau}$ (mm)	7.71	13.05	20.76	29.06	33.80	38.55	43.88	44.48	45.66	59.30
		$\bar{I}_{max, \tau}$ (mm/min)	1.55	1.31	1.05	0.72	0.56	0.43	0.29	0.15	0.07	0.04

Statističkom analizom maksimalnih dnevnih suma padavina za period 1956-2003, dobijene su karakteristične sume dnevnih padavina za određenu verovatnoću pojavljivanja:

- Pdn,1%=98.2 mm (Povratni period T=100 god.)
- Pdn,2%=86.4 mm (Povratni period T=50 god.)
- Pdn,5%=70.9 mm (Povratni period T=20 god.)
- Pdn,10%=59.3 mm (Povratni period T=10 god.)

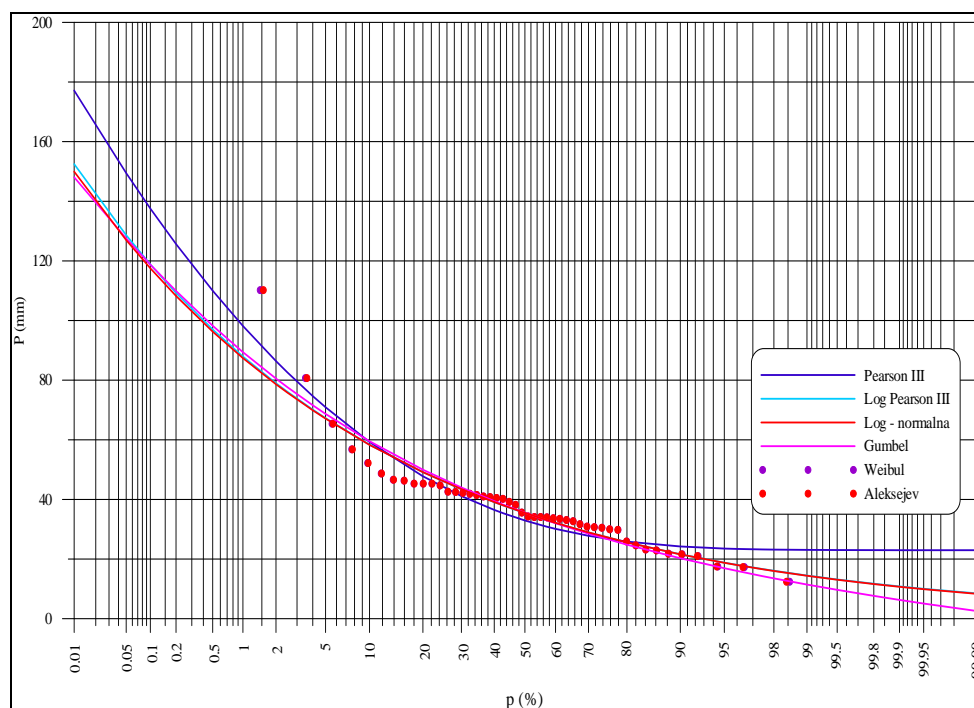
Korišćenjem Gumbelovog zakona raspodele izvršena je statistička analiza maksimalnih dnevnih suma padavina na kišomernoj stanici Bitolj (tabela 4.4), a rezultati ove analize dati su u vidu krive raspodele maksimalnih dnevnih padavina (slika 4.5).

Tabela 4.4. Pregled verovatnoća maksimalnih dnevnih padavina P (mm) m.s. Bitolj

Tip raspodele	p (%)								
	0.01	0.1	1	2	5	10	50	90	95
Gumbel	148.1	118.8	89.4	80.5	68.7	59.5	35.6	20.3	16.9

Prema vrednostima o intenzitetima padavina za određene povratne periode i njihovom analizom treba planirati zaštitu kopova od površinskih vode za sumu dnevnih padavina $P_{dn1\%}=98,2$ mm vodenog taloga.

U okviru ekstremnih slučajeva atmosferske vode imaju jako nepovoljan uticaj na ovodnjenosti površinskog kopa.



Slika 4.5. Raspadela dnevnih suma padavina na kišomernoj stanici Bitolj za period 1956-2003 god.

4.1.1.5. Hidrografsko-hidrološki uslovi ovodnjenosti

Ležište uglja "Suvodol" svojim položajem pripada slivu Suvodolske reke. Glavni recipijenti površinskih i atmosferskih voda su Suvodolska reka sa Orehovskim, Paralovskim i Sinjevirskim potokom. Vode Suvodolske reke Orehovskim i Sinjevirskim potokom zahvaćeni su izgradnjom Suvodolske akumulacije.

Suvodolska akumulacija izgrađena je neposredno iznad ležišta "Suvodol" u severoistočnom delu sa ciljem da štiti površinski kop od iznenadnih prodora površinskih voda. Pored toga njene vode korite se za rad termoelektrane.

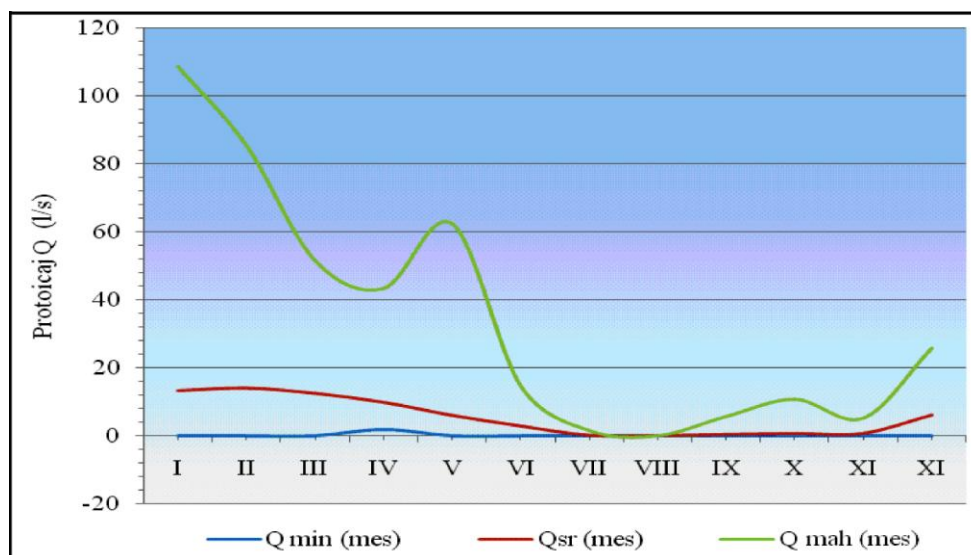
Izgradnjom akumulacije narušen je i prirodni režim podzemnih voda, pri čemu je omogućeno prihranjivanje podzemnih voda u neogenim naslagama Suvodolskog ležišta. Uticaj površinskih voda akumulacije na ovodnjenost ležišta, potvrđen je kroz uspostavljanje korelacione zavisnosti između nivoa vode u akumulaciji i nivoa podzemnih voda.

Drugi značajniji vodotok u području ležišta „Suvodol” je Paralovski potok povremenog karaktera. Srednjegodišnji proticaj Paralovskog potoka iznosi 66,31. Maksimalni

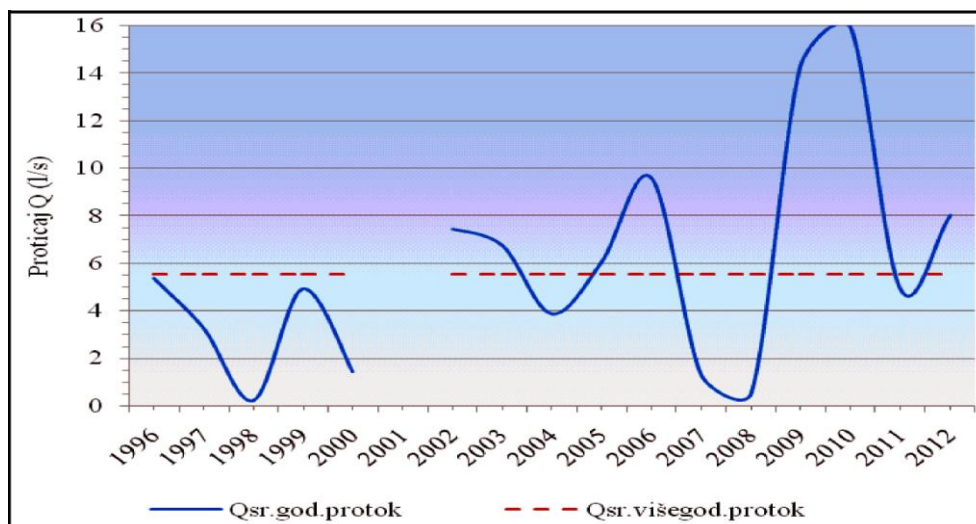
proticaji javljaju se u prolećnim mesecima, a u letnjim periodima uglavnom presušuju (tabela 4.5, slika 4.6 i 4.7).

Tabela 4.5. Srednjemesečni i srednje godišnji proticaj Paralovskog potoka za period 1996 – 2012 godine (Služba za odvodnjavanje "Rudnik Suvodol")

mesec godina	PROTICAJ Q (l/s)												Qsr.god (l/s)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1996	13,2	14,6	15,2	14,7	0	0	0	0	0	0	0,2	6,5	64,4
1997	3,8	7,4	10	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	38,9
1998	0	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6
1999	11,77	21,65	14,26	6,97	1,75	0	0	0	0	0	2,75	0	59,14
2000	1,8	3,291	5,94	2,22	4,08	0	0	0	0	0	0	0	17,33
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0	0	0	43,34	2,1	0	0	0	5,7	10,75	1,49	25,81	89,20
2003	26,61	26,51	13,09	10,38	2,29	0	0	0	0	0	0	1,925	80,80
2004	12,04	7,16	2,54	2,921	1,85	4,72	0	0	0	0	1,5	13,73	46,45
2005	13,57	25,58	23,51	8,38	1,55	0	0	0	0	0	0	0	72,59
2006	11,56	26,2	50,03	14,76	9,82	2,85	0	0	0	0	0	0	115,23
2007	0	0	0	1,8	0	12,2	0	0	0	0	0	1,49	15,49
2008	1,37	0,92	0	3,85	0,51	0	0	0	0	0	0	0	6,65
2009	108,6	5,28	5,47	5,47	1,53	14,7	1,54	0	0	0	5,2	23,71	171,5
2010	9,99	85,34	51,52	23,47	5,97	1,63	0	0	0	0	0	13,72	191,64
2011	12,02	14,78	11,83	5,35	7,75	7,35	0	0	0	0	0	0	59,08
2012	0	0	9,27	3,5	62,38	4,52	0	0	0	0	0	16,64	96,31
Q min	0	0	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
Qmah	108,6	85,34	51,52	43,34	62,38	14,7	1,54	0	5,7	10,75	5,2	25,81	414,89
Q sr	13,31	14,04	12,51	9,85	5,98	2,82	0,09	0	0,34	0,63	0,66	6,09	66,31



Slika 4.6. Dijagram maksimalne mesečne, srednje mesečne i minimalne mesečne proticaje Paralovskog potoka za period 1996 – 2012 god.



Slika 4.7. Dijagram srednjegodišnjeg i srednji višegodišnji protok Paralovskog potoka za period 1996 – 2012 god.

Crna Reka čini zapadnu, jugozapadnu i južnu granicu ležišta “Brod-Gneotino” i severnu granicu ležišta “Živojno”. To je glavni vodotok u području istraživanja, i glavni dren svih površinskih voda Pelagonijske kotline.

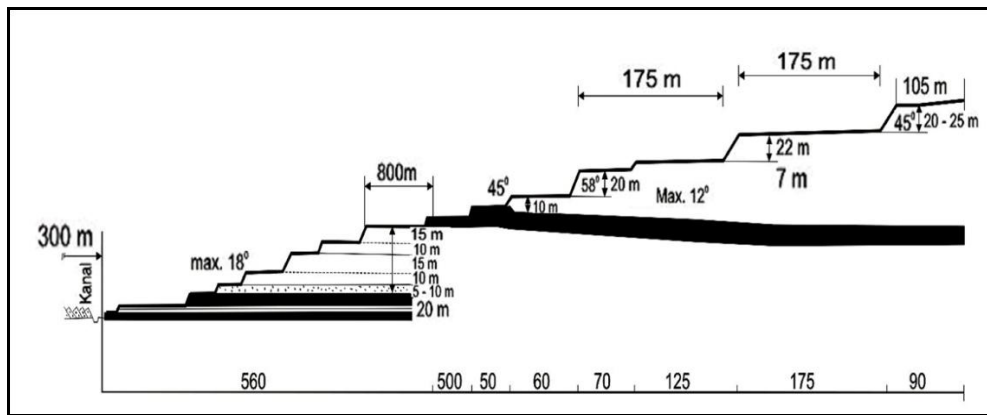
U zapadnom i južnom delu ležišta Crna Reka utiče na ovodnjenost ležišta, što je potvrđeno tokom istraživanjima u bunarskom polju OP-II.

Od drugih vodotoka, na ovodnjenost ležišta “Živojno” tokom buduće eksploatacije imaće Eleška reka, reka Bazik, kao i manji površinski vodotoci koji dotiču sa okolnih padina.

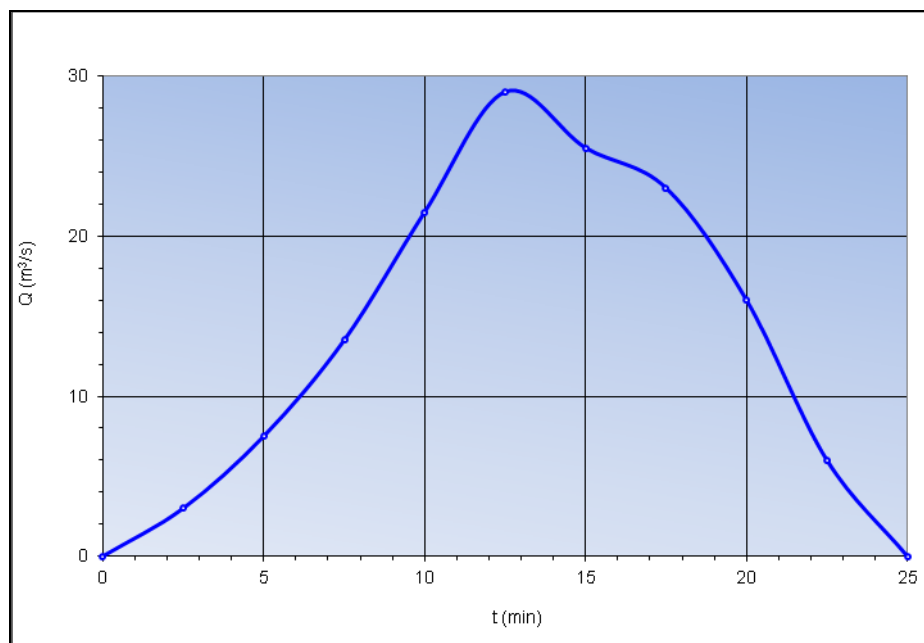
4.1.2. Antropogeni uslovi ovodnjenosti

Eksploatacija uglja u rudniku „Suvodol” traje preko 35 godina, u rudniku “Brod-Gneotino” počinje 2007 godine, dok je eksploatacija ležišta “Živojno” u pripremi. U rezultatu eksploatacije stvorene su depresije u reljefu (površinski kopovi) u koje se atmosferske vode izlučuju i dolaze u kontakt sa rudarskim radovima. S druge strane, eksploatacijom uglja, presečeni su vodonosni horizonti pri čemu je omogućeno nesmetano isticanje podzemnih voda u rudarske radove. Ovime je narušen prirodni režim u kome su se nalazile podzemne vode aluvijalnih izdani, a pre svega izdani u neogenom kompleksu. Promenjeni su pravci njihovog kretanja i usmereni u rudarske radove.

Kao posledica stvaranja dpresija u reliefu, intenzivira se uticaj atmosferskih padavina na odvodjenos trudarskih radsova. Da bi se sagledao koliki je uticaj ovih aktivnosti na odvodjenost radova, metodom izohrona urađen je proračun hidrograma velikih voda za površinski kop rudnika „Suvodol” (slika 4.8 i 4.9).



Slika 4.8. Proračunska šema hidrograma velikih voda u površinski kop ležište uglja "Suvodol"



Slika 4.9. Hidrogram oticaja sa površinskog kopa ležišta uglja "Suvodol" (Jovanov, 2003)

Na izmenu režima podzemnih voda i prirodnih uslova odvodjenosti ležišta uglja "Suvodol" i "Brod-Gneotino", pored sama eksploatacija uglja veliki uticaj ima i crpljenje podzemnih voda sistemom drenažnih bunara u cilju odvodnjavanja ležišta.

4.2. PRILIVI RUDNIČKIH VODA U RUDARSKE RADOVE LEŽIŠTA UGLJA

4.2.1. Formiranje priliva rudničkih voda

Prilivi rudničkih voda u rudarskim radovima u okviru rudnika “Suvodol” i “Brod-Gneotino” formiraju se na račun:

- atmosferskih padavina,
- podzemnih voda iz kvartarnih naslaga i
- podzemnih voda iz neogenog kompleksa (artenske i subartenske izdani).

Sve ove vode zajedno, kada dospeju u područje rudarskih radova (površinski kopovi), predstavljaju rudničke vode.

4.2.1.1. Prilivi vode na račun atmosferskih padavina

Atmosferske vode koje se direktno izlučuju u područje kopa ležišta uglja „Suvodol“ i “Brod-Gneotino” imaju veliki uticaj na formiranje i veličinu priliva rudničkih voda (tabele 4.6 i 4.7).

Tabela 4.6. Proračun godišnjeg bilansa voda rudnika "Suvodol" (period 1987-2012)

Godina	Padavine P	Isparavanje E	Količina vode (padavina) Q_p	Količina vode (isparavanja) Q_e	Količina vode (poniranja) $Q_{pon}=Q_p-Q_e$	Uk. količina crpljene vode Q_c	Ukupni podz. doticaj $Q_{pd}=Q_c-Q_{pon}$
	mm/god	mm/god	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$
1987	315	298.28	45.17	42.77	2.4	58.92	56.52
1988	444	380.12	63.67	54.51	9.16	58.98	49.82
1989	357	321.51	51.19	46.1	5.09	59.04	53.95
1990	488	400.05	69.98	57.36	12.61	59.1	46.49
1991	449	373.58	64.38	53.57	10.81	59.16	48.34
1992	451	381.78	64.67	54.74	9.93	59.21	49.29
1993	600	450.84	86.04	64.65	21.39	59.27	37.89
1994	267	261.84	38.29	37.55	0.74	59.33	58.59
1995	296	280.33	42.44	40.2	2.25	59.39	57.15
1996	615	459.09	88.19	65.83	22.36	59.45	37.09
1997	737	496.65	105.68	71.22	34.46	59.51	25.05
1998	699	493.07	100.23	70.7	29.53	59.57	30.04
1999	579	453.35	83.02	65.01	18.02	59.63	41.61
2000	414	365.35	59.36	52.39	6.98	59.69	52.71
2001	334	311.92	47.89	44.73	3.17	59.75	56.58
2002	764	281.13	109.55	40.31	69.24	59.75	-9.49
2003	527	263.97	75.57	37.85	37.72	59.75	22.03
2004	581	269.41	83.31	38.63	44.68	59.75	15.07
2005	500	260.72	71.7	37.39	34.31	59.75	25.43
2006	331.5	227.62	47.53	32.64	14.9	59.75	44.85
2007	516	262.69	73.99	37.67	36.32	59.75	23.42
2008	427	249.63	61.23	35.8	25.43	59.75	34.31
2009	836.5	284.01	119.95	40.72	79.22	59.75	-19.48
2010	702.5	278.05	100.73	39.87	60.86	59.75	-1.12
2011	351	233.02	50.33	33.41	16.92	59.75	42.83
2012	545	265.92	78.15	38.13	40.02	59.75	19.73
Sr.god.vr.	430	282.1	61.66	40.45	21.21	59.33	38.13

Tabela 4.7. Proračun godišnjeg bilansa voda rudnika "Brod-Gneotino" (period 2009-2012)

Godina	Padavine P	Isparavanje E	Količina vode (padavina) Q_p	Količina vode (isparavanja) Q_e	Količina vode (poniranja) $Q_{pon}=Q_p-Q_e$	Uk. količina crpljene vode Q_c	Ukupni podz. doticaj $Q_{pd}=Q_c-Q_{pon}$
	mm/god	mm/god	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$	$\times 10^{-3} m^3/s$
2009	836.5	284.01	119.95	40.72	79.22	209.50	130.28
2010	702.5	278.05	100.73	39.87	60.86	136.30	75.44
2011	351	233.02	50.33	33.41	16.92	119.60	102.68
2012	545	265.92	78.15	38.13	40.02	55.70	15.68
Sr.god	690.75	274.97	99.05	39.43	59.62	132.60	72.98

4.2.1.2. Prilivi podzemnih voda iz kvartarnih naslaga

Podzemne vode u okviru kvartarnih peskovitih naslaga ležište uglja „Suvodol“ raspoložu sa ukupnim statičkim rezervama $1,822 \times 10^6 m^3$ (tabela 4.8). Njihov priliv u

površinski kop je relativno mali i iznosi 2,0 l/s (tabela 4.8). Odvija se preko difuznog vlaženja i kapanja po etažama površinskog kopa.

4.2.1.3. Prilivi podzemnih voda iz neogenog kompleksa

Ukupni prilivi rudničkih voda u površinski kop "Suvodol" dobijeni su na osnovu merenja izdašnosti bunara i iznose 38,1 l/s, a od kojih oko 2,0 l/s su iz kvartarnih sedimenata. Ostale podzemne vode u iznosu od 36,1 l/s koje dotiču u površinski kop "Suvodol" su iz neogenih vodonosnih sredina i to: iz krovinske izdani (KI) 12,9 l/s, prve međuslojne izdani (MI₁) 13,5 l/s, iz druge međuslojne izdani (MI₂) je 1,33 l/s i iz podinske izdani (PI) 8,37 l/s.

4.2.2. Sumarni prilivi u rudarske radove

Ukupni priliv rudničkih voda u rudarskim radovima ležišta uglja "Suvodol" čine svi analizirani prilivi: iz izdani u kvartarnim naslagama, iz izdani u neogenom kompleksu i na račun izlučivanja atmosferskih padavina.

Pomenuti prilivi u površinski kop „Suvodol“ su iskazani numerički (tabela 4.6):

- 21,2 l/s na račun atmosferskih padavina i
- 38,1 l/s na račun isticanja podzemnih voda.

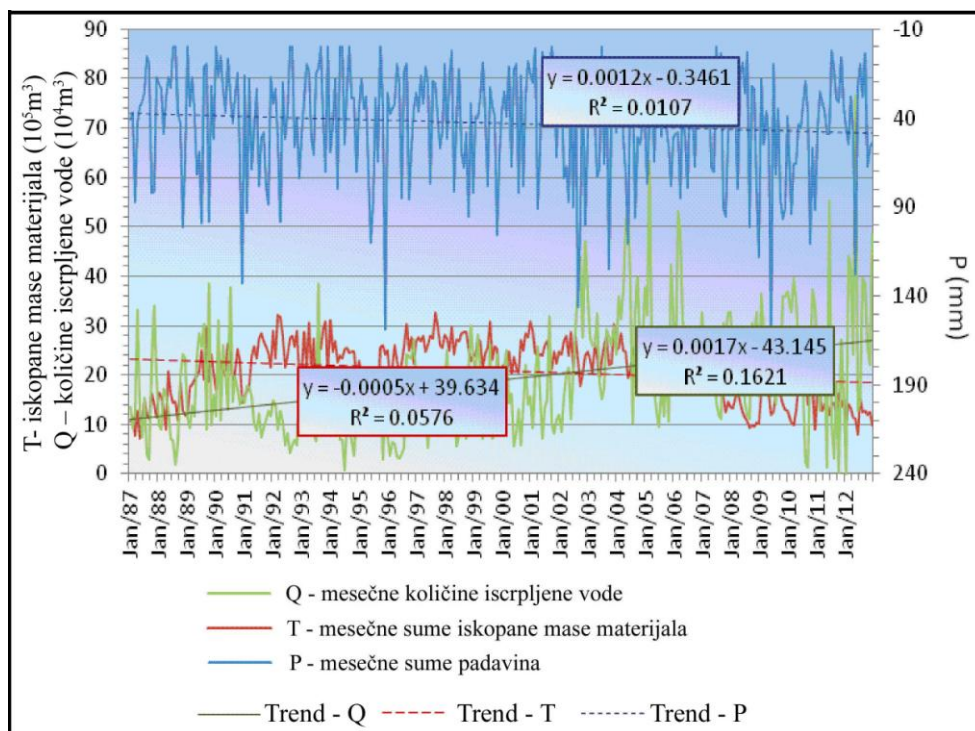
Od ukupno 38,1 l/s podzemnih voda koje dotiču u kop, deo u iznosu od 36,1 l/s odnosi se na doticaj podzemnih voda iz neogene peskovite sedimente, a ostali deo od 2,0 l/s je doticaj podzemnih voda iz kvartarnih sedimenatana.

U površinski kop "Brod-Gneotino" u proseku dotiče oko 59,6 l/s na račun atmosferskih padavina i oko 73,0 l/s na račun podzemnog isticanja iz neogenih sedimenata (tabela 4.7).

4.2.3. Prognoza priliva rudničkih voda u rudarske radove

Prognoza priliva rudničkih voda radi se za potrebe preuzimanja konkretnih mera zaštite površinskih kopova od iznenadnih prodora rudničkih voda, koje na prvom mestu mogu izazvati zastoj u eksploataciji.

Za oba ležišta koji su u eksploataciji: „Suvodol” i „Brod-Gneotino” proračun prognoze urađen je na osnovu dostupnih podataka o količini iskopanog rudnog i jalovinskog materijala, količini iscrpljene vode i količine atmosferskih voda koje se izlučuju u nebranjeno područje površinskih kopova. Radi uporednog sagledavanja pomenutih parametara, odnosno količina iskopanog materijala T , režima padavina P i količina iscrpljene vode Q , na slici 4.10 i 4.15 su dati ovi parametri na mesečnom novu i to za period za koji su bili dostupni. Za ležište Suvodol su bili dostupni podaci u vremenskom intervalu od 26 godina (period 1987-2012. godine, slika 4.10) dok za ležište "Brod-Gneotino" osmatrački period je bio znatno kraći, samo 4 kalendarske godine (period 2009-2012 godine, slika 4.15).



Slika 4.10. Uporedni dijagram mesečnih suma padavina P , količine iscrpljene vode Q i mesečne sume iskopane mase materijala T za ležište "Suvodol" za period 1987-2012 god.

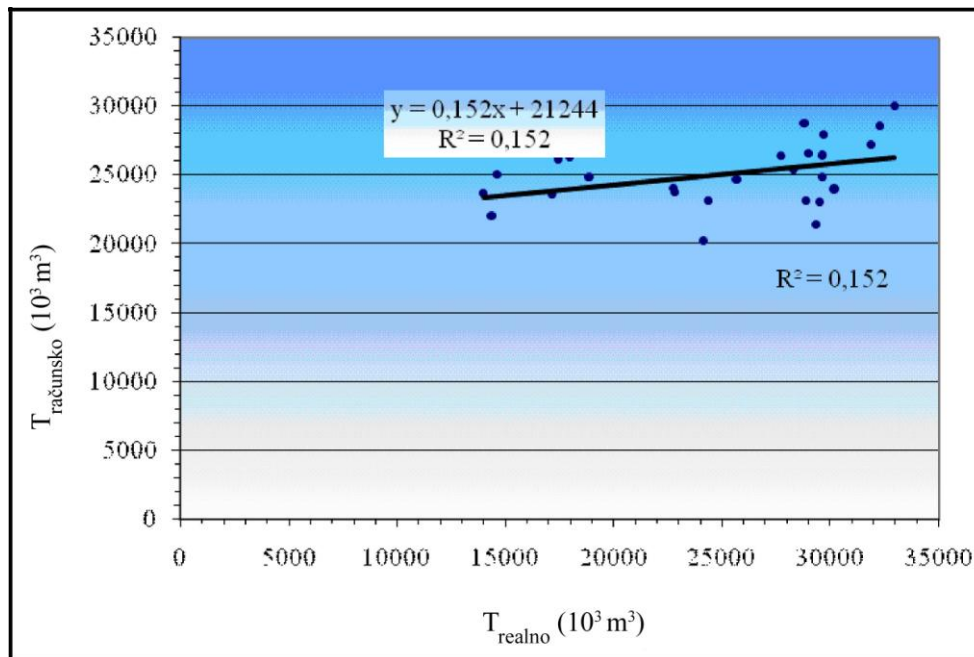
Sa dijagrama (slika 4.10) može se videti da je trend padavina za period 1987-2012 godine u porastu i da padavine utiču na količinu iskopane rude i crpljenja vode.

Za rudnik „Suvodol” godišnja količina iskopane rude definisana je funkcijom:

$$T_{god} = f(P_{god}, Q_{god}), \text{ odnosno,}$$

$$T_{god} = 24531,5 + 12,822 \cdot P_{god} - 2,622 \cdot Q_{god}$$

Koeficijent korelacije između sračunatih i realnih vredosti godišnjih suma iskopane rude dobijenih korišćenjem godišnje jednačine iznosi svega 0,39 (vidi sliku 4.11).



Slika 4.11 Sračunate i realne vredosti godišnjih suma iskopane rude rudnika "Suvodol" Korišćenjem višestruke linearne korelacije (Jovanov i Mitrev, 2016) urađena je i simulacija iskopane rude u funkciji takođe padavina i iscrpljene vode ali sada na mesečnom nivou. Korišćena je zavisnost sledećeg oblika:

$$T_i = a + b_1 \cdot T_{i-1} + b_2 \cdot P_i + b_3 \cdot P_{i-1} + b_4 \cdot Q_i + b_5 \cdot Q_{i-1}$$

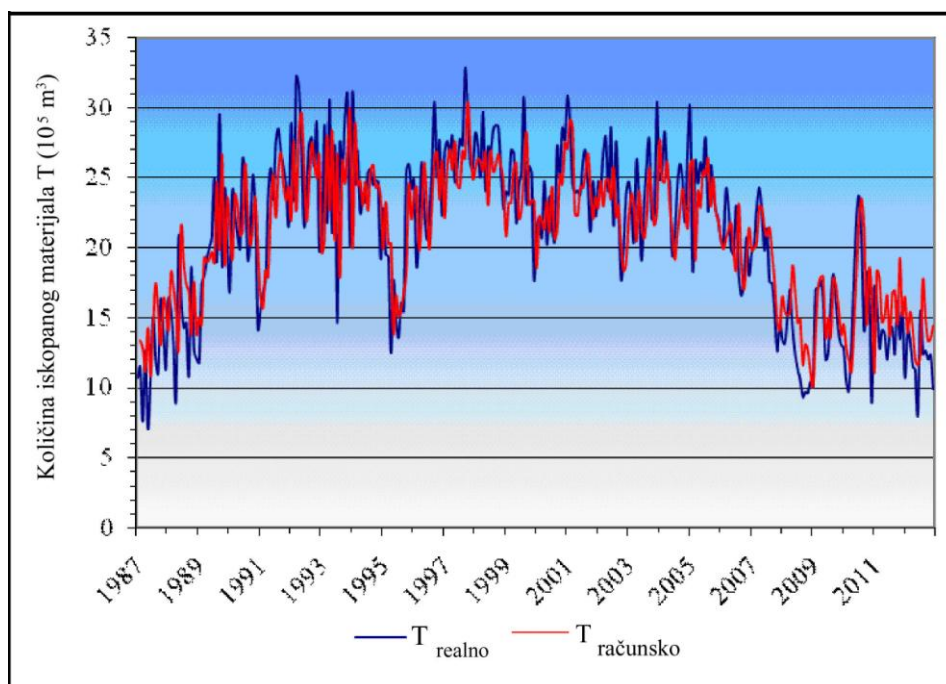
gde su: T_i i T_{i-1} ukupna količina iskopanog materijala tokom i -tog, odnosno $i-1$ -og meseca, P_i i P_{i-1} mesečna suma padavina registrovana tokom i -tog, odnosno $i-1$ -og meseca, i Q_{i-1} količina iscrpljenih voda tokom i -tog, odnosno $i-1$ -og meseca, parametri a , b_1 , ..., b_5 parametri modela.

Sračunavanjem parametara modela metodom najmanjih kvadrata jednačina dobija sledeći oblik:

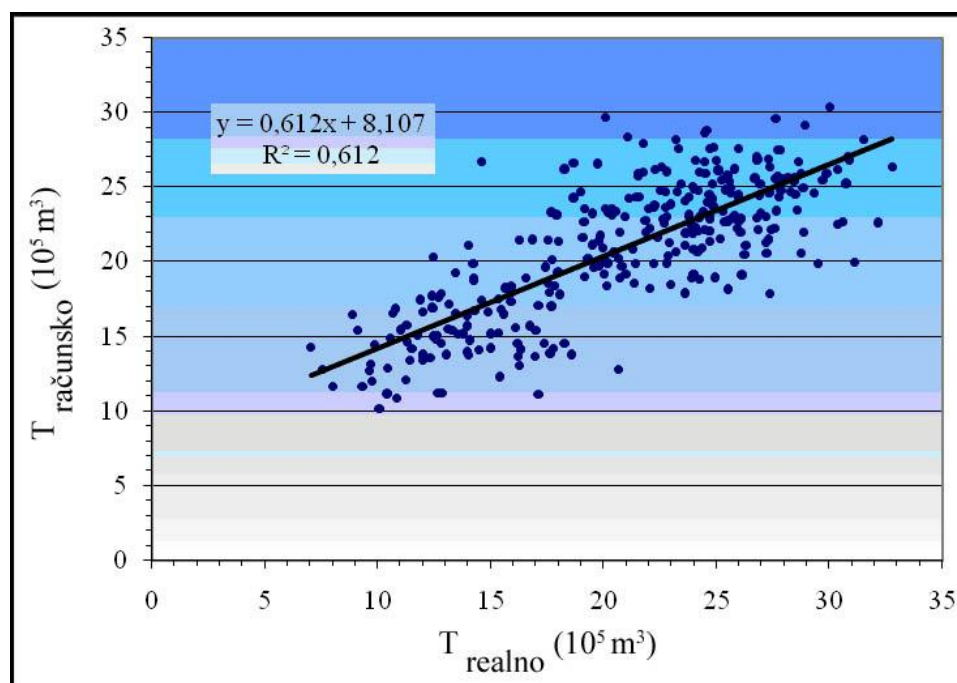
$$T_i = 6.773 + 0.760 \cdot T_{i-1} - 0.028 \cdot P_i - 0.0019 \cdot P_{i-1} + 0.0157 \cdot Q_i - 0.040 \cdot Q_{i-1} \quad \text{Na}$$

slici 4.12 date su realne i sračunate sumarne vrednosti iskopanog materijala u rudniku "Suvodol", dok je na slici 4.13 dat dijagram zavisnosti sračunatih u funkciji realnih vrednosti ovog parametra. Sa slike 4.13 može se videti da koeficijent korelacije između

realnih i sračunatih mesečnih suma iskopanog materijala iznosi 0,78 što se smatra dobrom korelacionom vezom.



Slika 4.12 Dijagram realnih i sračunatih sumarne vrednosti iskopanog materijala u rudniku "Suvodol" za osmatrački period 1987-2012. godine



Slika 4.13 Dijagram zavisnosti sračunatih i realnih vrednosti iskopanog materijala u rudniku "Suvodol" za osmatrački period 1987-2012. godine

Po istom principu je urađen i proračun mesečnih vrednosti priliva voda u rudni kop "Suvodol" korišćenjem sledeće jednačine

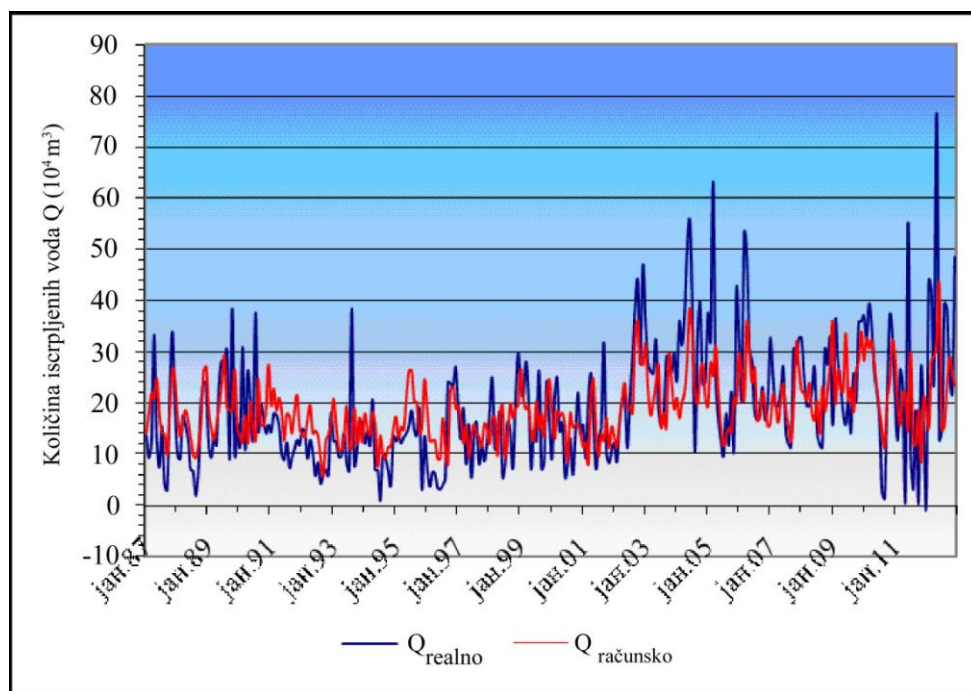
$$Q_i = a + b_1 \cdot Q_{i-1} + b_2 \cdot P_i + b_3 \cdot P_{i-1} + b_4 \cdot T_{i-1}$$

gde su: Q_i i Q_{i-1} količina iscrpljenih voda tokom i -tog, odnosno $i-1$ -og meseca, P_i i P_{i-1} mesečna suma padavina registrovana tokom i -tog, odnosno $i-1$ -og meseca, T_{i-1} ukupna količina iskopanog materijala tokom $i-1$ -og meseca, parametri a , b_1 , ..., b_4 parametri modela.

Sračunavanjem parametara modela metodom najmanjih kvadrata jednačina dobija sledeći oblik:

$$Q_i = 9.686 + 0.371 \cdot Q_{i-1} + 0.111 \cdot P_i + 0.038 \cdot P_{i-1} - 0.194 \cdot T_{i-1}$$

Na slici 4.14 date su realne i sračunate sumarne vrednosti količina iscrpljenih voda u rudniku "Suvodol" (koeficijent korelacije između sračunatih i realnih vrednosti iscrpljenih voda na mesečnom nivou iznosi 0,54).



Slika 4.14 Dijagram realnih i sračunatih vrednosti količina iscrpljenih voda u rudniku "Suvodol" za osmatrački period 1987-2012. godine

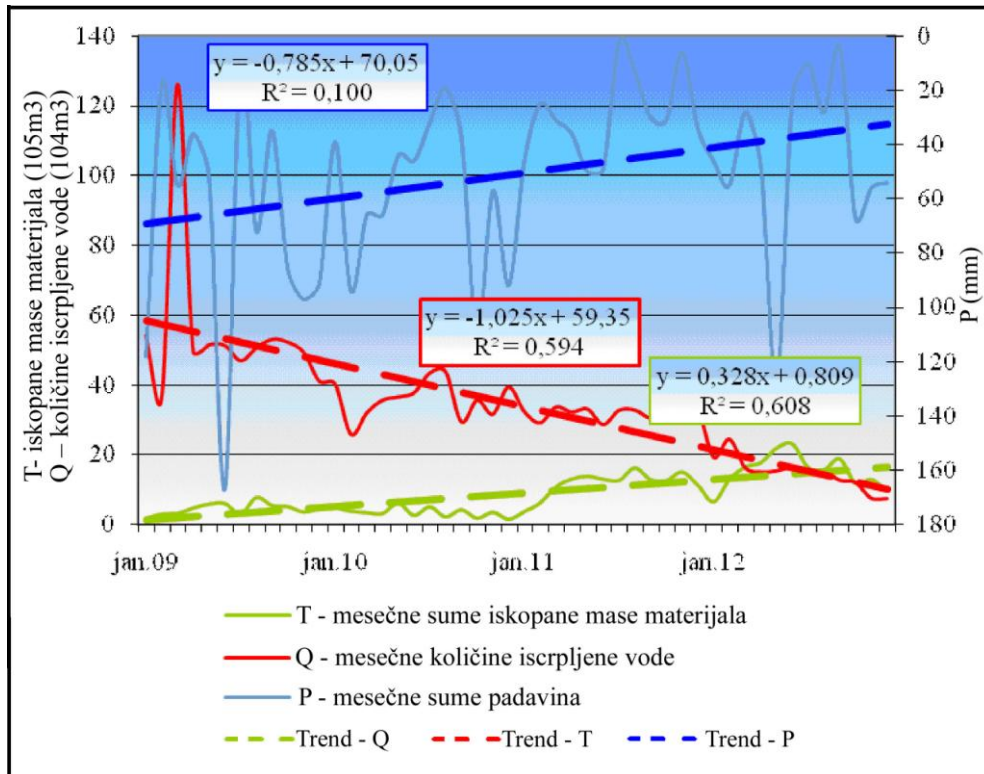
Za potrebe prognoza priliva rudničkih voda ležište uglja "Brod-Gneotino", urađen je uporedni dijagram između mesečnih suma padavina P , količine crpljene vode Q i mesečne sume iskopane mase materijala T (slika 4.15). Sa dijagrama 4.15 jasno se vidi

da je rudnik tek otpočeo sa eksploatacijom, odnosno da tona iskopane rude u toku prve 4 godine rada ovog rudnika skoro eksponencijalno raste. Iz ovog razloga primetan je jasan pozitivan trend tonaže iskopane rude sa jalovinom. Sa druge strane iznadni priliv u iznosu od $125 \times 10^4 \text{ m}^3$ vode koji se desio tokom marta 2009. godine kao rezultat otkopavanje vodonosne sredine ukazuje na dobru vodonosnost.

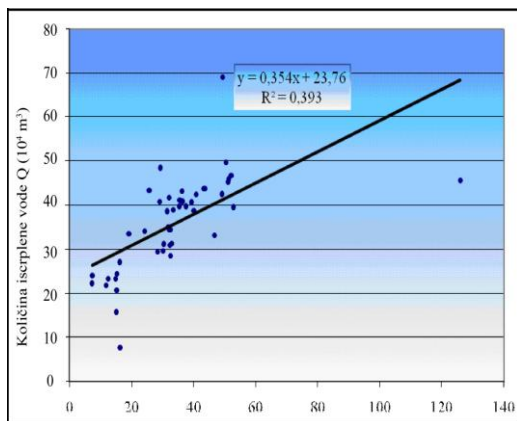
Dakle zbog gore navedenih razloga analize i simulacije koje slede treba ipak uzeti sa rezervom. Po istom principu kao i kod rudnika "Suvodol" pokušale se da se izvrši simulacija mesečnih vrednosti priliva voda u rudnik "Brod-Gneotino" korišćenjem jednačine. Konkretnom slučaju primenom metode najmanjih kvadrata sračunati su parametri korišćene jednačine, tako da ona dobija sledeći oblik:

$$Q_i = 39.129 + 0.302 \cdot Q_{i-1} + 0.012 \cdot P_i - 0.087 \cdot P_{i-1} - 1.356 \cdot T_{i-1}$$

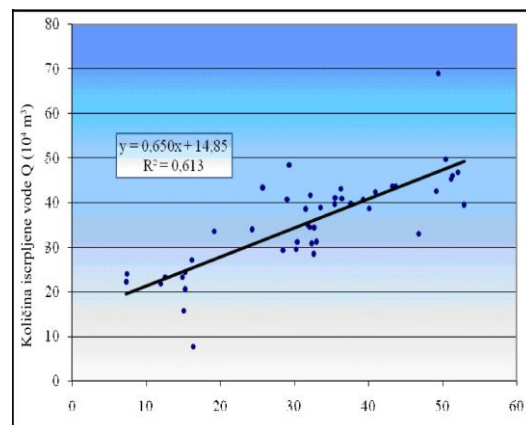
Korišćenjem dobijene jednačine sračunate su mesečne vrednosti iscrpljenih voda iz rudnika "Brod-Gneotino". Koeficijenti korelacija realnih vrednosti zabeleženih vrednosti iscrpljenih voda i sračunatih korišćenjem jednačine iznosi 0,63 što spada u relativno dobre korelacione veze (slika 4.16). Sa druge strane ukoliko se ukloni vrednost priliva voda registrovanih marta 2009. godine kao ekstremni slučajan događaj, koeficijent korelacije u ovom slučaju iznosi 0,78 što spada u dobre korelacione veze (slika 4.17). Radi boljeg vizuelnog uvida odnosa sračunatih i osmotrenih vrednosti priliva voda na slici 4.18 dat je uporedni hidrogram mesečnih vrednosti iscrpljenih voda iz rudnika "Brod-Gneotino" za period od početka eksploatacije zaključno sa 2012. godinom.



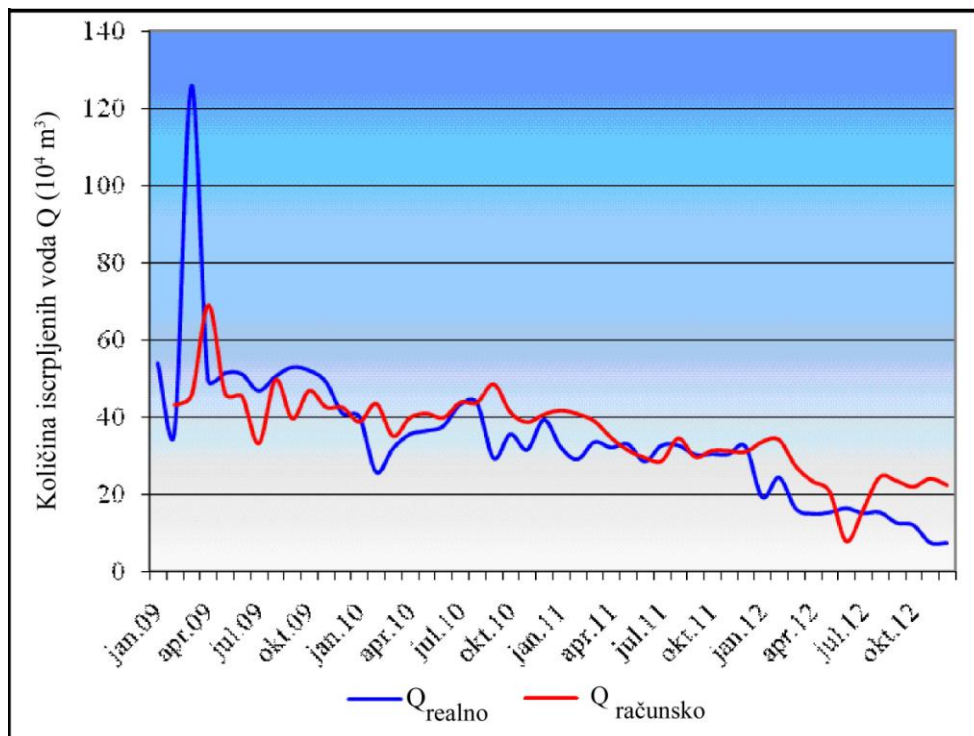
Slika 4.15. Uporedni dijagram mesečnih suma padavina P, količine iscrpljene vode Q i mesečne sume iskopane mase materijala T za ležište "Brod-Gneotino" za period 2009-2012 god.



Slika 4.16: Dijagram zavisnosti između sračunatih i realnih vrednosti priliva voda u rudnik "Brod-Gneotino"



Slika 4.17: Dijagram zavisnosti između sračunatih i realnih vrednosti priliva voda u rudnik "Brod-Gneotino" (bez ekstremnog slučajnog događaja)



Slika 4.18 Hidrogram realnih i sračunatih vrednosti količina iscrpljenih voda u rudniku "Brod-Gneotino" za osmatrački period 2009-2012. godine

Na kraju treba podvući da je trend iscrpljenih voda u padu a rezultat je manjeg uticaja padavina (mala slivna površina jer je rudnik tek u početku eksploatacije), male rezerve podzemnih voda u pojedinim slojevima, i manja vodunosnost krovinske izdani. Povećanjem eksploatacije realno bi bilo da se priliv podzemnih voda poveća.

5. HIDROGEOEKOLOŠKI ASPEKTI EKSPLOATACIJE UGLJA U PELAGONIJSKOM BASENU

Eksploatacije uglja u Pelagonijskom basenu, praćena odvodnjavanjem ležišta, dovodi do drastičnih izmena životne sredine. Izmjenama su obuhvaćeni pre svega reljef terena, flora i fauna, površinske i podzemne vode. Da bi se sagledale razmere pomenutih izmena, analizirani su hidrogeološki uslovi pre započinjanja i u toku procesa otkopavanja ugljenih slojeva.

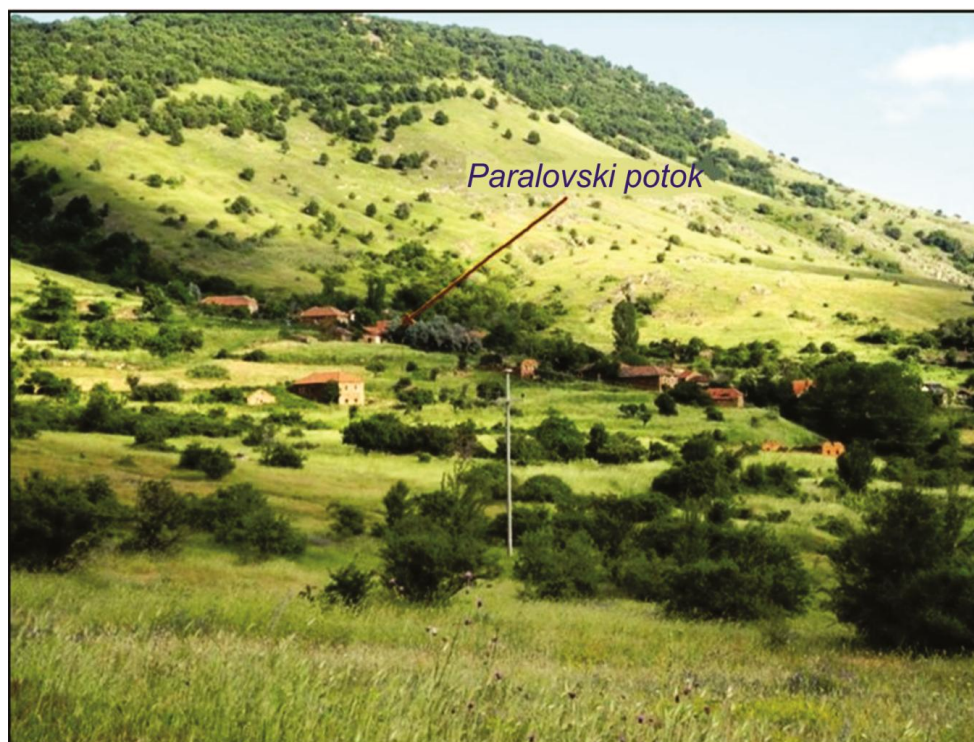
5.1. HIDROGEOEKOLOŠKI USLOVI PRE POČETKA AKTIVNOSTI NA EKSPLOATACIJI UGLJA

Pre početka eksploatacije uglja u Pelagonijskom basenu, reljef terena, hidrografska mreža, režim površinskih i podzemnih voda, flora i fauna, nalazili su se u prirodnom nenarušenom stanju.

5.1.1. Reljef terena

Ležišta uglja nalaze se u podnožju Selečke planine sa istočne i prostrane Pelagonijske kotline sa zapadne strane. Prirodni reljef u ovom području čini brdovit teren sa jedne strane i prostrana ravnica s druge strane. Obe ove morfološke celine presecaju vodotoci stalnog ili povremenog karaktera (slika 5.1).

Ravničarski teren Pelagonijske kotline u kome su smeštena ležišta uglja, izgrađen je od neogenih i najmlađih kvartarnih naslaga (slika 5.2 i 5.3).



*Slika 5.1. Paralovski potok kod sela Paralovo jugoistočno od ležišta uglja “Suvodol”
(Foto: Jovanov, 2013)*



*Slika 5.2. Obodni deo Pelagonijske kotline kod sela Dedebalci
(Foto: Jovanov, 2013)*



*Slika 5.3. Reljef terena sela Živojno u okolini istoimenog ležišta uglja
(Foto: Jovanov, 2013)*

Pre započinjanja aktivnosti na razradi i eksploataciji ležišta „Suvodol“, reljef terena je bio slično današnjem u okolini ležišta „Živojno“ čija eksploatacija nije započeta. Početka eksploatacije uglja teren u okviru ležišta „Suvodol“ bio je u prvobitnom stanju predstavljao je ravnicu obraslu travnatom vegetacijom sa blagim padom prema centru kotline (slika 5.2).

Reljef terena u široj okolini ležišta „Brod-Gneotino“ pre početka eksploatacije, takođe je bio blago zatalasan i ispresecan povremenim vodotocima koji dotiču sa Selečke planine.

5.1.2. Flora i fauna

Područje sadašnjih ležišta uglja u eksploataciji karakterisala su se uglavnom travnato i žbunastom vegetacijom. Drvenaste biljke, odnosno listna vegetacija bila je nešto manje zastupljena.

Listna vegetacija u nižim delovima terena bila je zastupljena sledećim vrstama, kao što su: hrast, divlja kruška i badem. Za više brdovite delove terena karakteristično je

prisustvo bukve. Postojeća šumska zajednica pripada Egejskoj grupi podvrsta *Ostryo-Carpinion aegaeicum*, čija je karakteristika veća kontinentalnost, manje padavina, povećane ekstremne temperature i plići pripovršinski sloj (zemljište).

Listna vegetacija se sreće u ravničarskom delu kotline, neposredno pored Crne Reke i njenih pritoka. Predstavljena topolom i vrbom.

Travne zajednice su često sekundarnog porekla. Primarno su formirane destrukcijom niskih šuma (slika 5.4 i 5.5). Zastupljene su sa više asocijacija koje pripadaju klasi *Festuco-Brometea*.

Područje neposredno pored Crne Reke češće su plavljena u prošlosti, što je i razlog zatravljanja terena, formiranja močvarnog zemljišta i blata, vlažne šume i trske.



Slika 5.4. Tereni obrsli travnomi retkom listnom vegetacijom u okolini ležišta uglja „Brod–Gneotino“ (Foto: Jovanov, 2013)

Za prostor pored Crne Reke i njenih pritoka česte su promene vegetacije i usled plavljenja. Melioracijom plavljenih površina za posledicu ima pokrivenost terena savremenim poljoprivrednim kulturama.

U nižim delovima terena na padinama i u dolinama rečnih tokova, pored zasada vinove loze, sreću se površine zasejane pšenicom, suncokretom, duvanom, uljnom repicom i dr. (slika 5.6 i 5.7).



*Slika 5.5. Travna, žbunasta i šumska vegetacija u okolini ležišta uglja “Suvodol”
(Foto: Jovanov, 2013)*



Slika 5.6. Ravničarski deo terena Pleagonijske kotline u blizini sela Novaci zasejan uljnom repom (Foto: Jovanov, 2013)



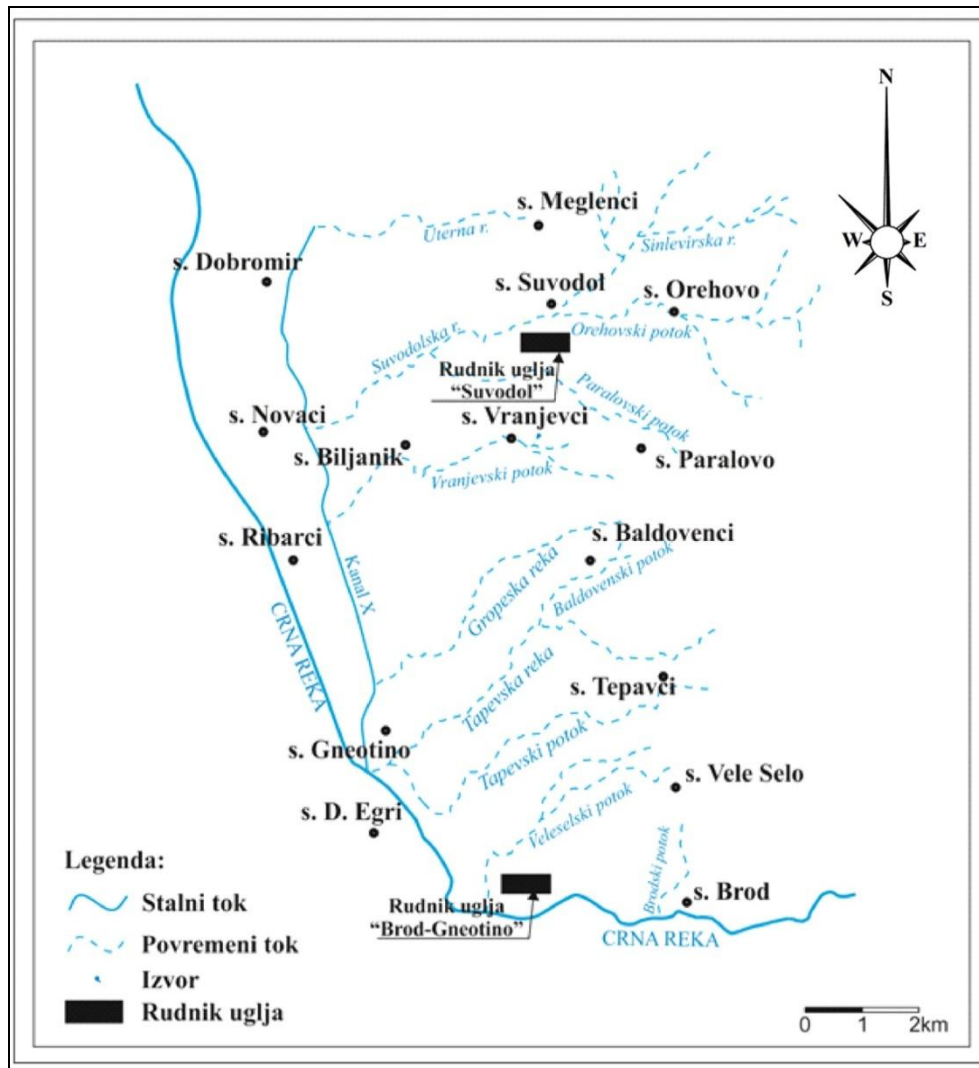
Slika 5.7. Zasad vinove loze u Pelagonijskoj kotlini (Foto: Jovanov, 2013)

Fauna u obodnim delovima pelagonijske kotline i ograncima Selečke planine pre početka eksploatacije, bila je zastupljena brojnim vrstama. Tu su se sretali medved, vuk, divlja svinja, lisica, zec, jež i kornjača. Od ptica prisutne su bile sledeće vrste: vrabac, lastavica, roda i gavran. Gmizavaci (zmijske i gušteri), takođe su bili brojni u obodnim delovima kotline u području sadašnjih rudnika.

Za ravničarske uglavnom močvarne delove terena bile su karakteristične sledeće vrste: divlja guska, pelikan i čaplja. Površinske vode bile su bogate ribom i žabama.

5.1.3. Površinske vode

Crna Reka predstavlja glavni vodotok koji drenira sve površinske vode u ovom delu Pelagonijske kotline (slika 5.8). U području ležišta „Suvodol“, to su Suvodolska reka, Sinjevirski, Paralovski i Vranjevski, potok, Svi ovi vodotoci su bili povremenog karaktera.



Slika 5.8. Hidrografska mreža neogenog ugljenog basena jugoistočnog dela Pelagonijske kotline (prvobitno stanje)

U slivu ležišta uglja „Brod-Gneotino“ površinski vodotoci su takođe bili povremenog karaktera. To su potoci kod sela Baldovenci, sela Tepavci i sela Veleselo. Svi oni su se ulivali u Crnu Reku.

Glavni vodotok u slivu ležišta „Živojno“ je Eleška reka koja dotiče sa juga iz Grčke, i teče ka severu prema Crnoj Reci. Ona predstavlja stalni vodotok. Od manjih vodenih tokova koji prolaze kroz samo ležište, treba spomenuti reku Bazik i Jarderejski potok (slika 5.9). Oba vodotoka su povremenog karaktera koji u letnjim mesecima uglavnom presušuju.



Slika 5.9. Reka Bazik u blizini sela Živojno (Foto: Jovanov, 2013)

Za potrebe sagledavanja kvaliteta površinskih voda pre stupanja u područje rudarskih radova, uzeti su uzorci vode za hemijska ispitivanja iz Suvodolske, Eleške i Bazik reke (tabela 5.1).

Tabela 5.1. Hemijski sastav površinskih voda Suvodolske, Eleške i Bazik reke

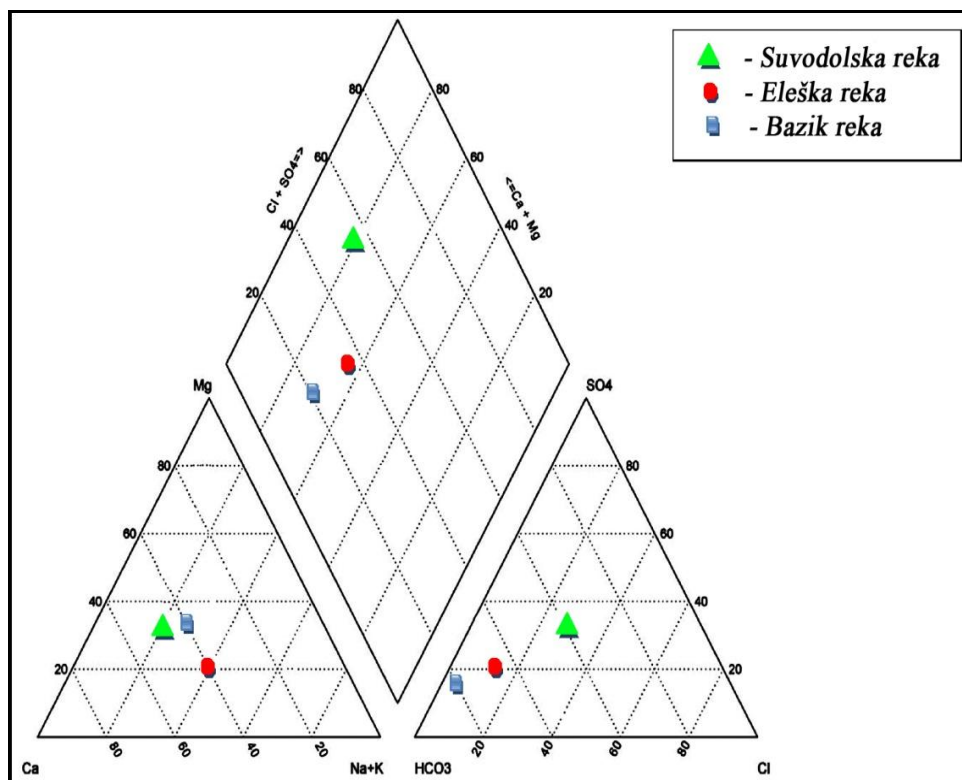
Ispitivani parametri	Merne jedinice	Suvodolska reka	Eleška reka	Bazik reka
Ukupna tvrdoća	°dH	9,24	9,24	
Karbonatna tvrdoća	°dH	4,2	7,56	
Ca-tvrdoća	°dH	4,2	4,2	
m-alkalitet	mval	1,5	2,7	
p-alkalitet	mval	0	0	
Provodljivost	µS/sm	302	336	
pH-kiselost		7,21	6,92	
Sus.mat. TDS	mg/l	128	144	
Organ.materii	mg/l	18,96	22,75	
Hloridi Cl ⁻	mg/l	30	13	17,1
Sulfati SO ₄ ²⁻	mg/l	89,64	75,56	0
Kalcium Ca ²⁺	mg/l	30	30	31,9
Nagnezijum Mg ²⁺	mg/l	21,87	21,87	28,5
Natrium i Kalium Na+K	mg/l			39,6
Hidrokarbonati HCO ₃ ⁻	mg/l	91,5	164,7	82,9

Ispitivane površinske vode odlikuju se dobrim kvalitetom. To su bezbojne i prozirne vode, bez mirisa i ukusa. Na osnovu vrednosti pH (6,9–7,2) one pripadaju neutralnim vodama, a na osnovu tvrdoće (9,24 °dH), saglasno klasifikaciji Klut–a spadaju u grupu tvrdih voda. Mineralizacija ispitivanih voda je mala i kreće se u granici od 0,13–0,14 g/l što ih svrstava u malomineralizovane vode. U vodama nisu detektovane zagađujuće supstance.

Po hemijskom sastavu to su pretežno hidrokarbonatne vode složenog hemijskog sastava (tabela 5.2, slika 5.10).

Tabela 5.2. Makrokomponentski sastav površinskih voda Suvodolske, Eleške i Bazik reke

Vodotok	Makrokomponente	
	Anjoni (% ekv)	Katjoni (% ekv)
Suvodolska reka	SO ₄ ⁴ _{44,3} HCO ₃ ³ _{35,6} Cl _{20,1}	Mg _{42,7} Ca _{35,5} (Na+K) _{21,8}
Eleška reka	HCO ₃ ³ _{58,2} SO ₄ ⁴ _{33,9} Cl _{7,9}	Mg _{38,8} Ca _{32,3} (Na+K) _{28,9}
Bazik reka	HCO ₃ ³ _{73,8} Cl _{26,2}	Mg _{41,4} (Na+K) _{30,4} Ca _{28,2}



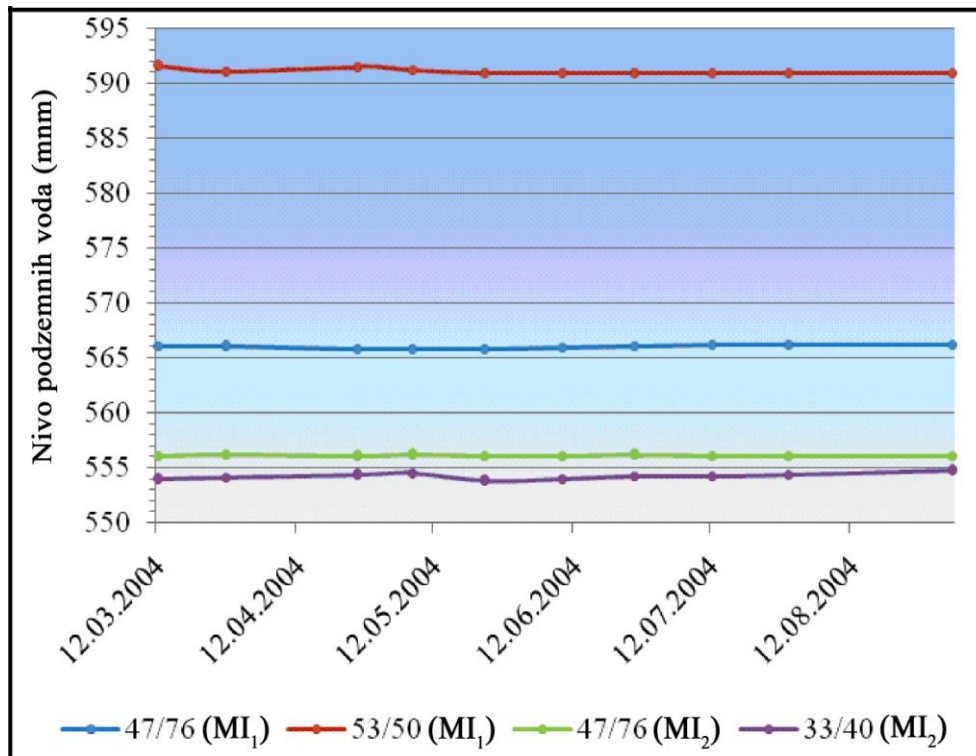
Slika 5.10. Pajperov dijagram hemijskog sastava površinskih voda Suvodolske, Eleške i reke Bazik

5.1.4. Podzemne vode

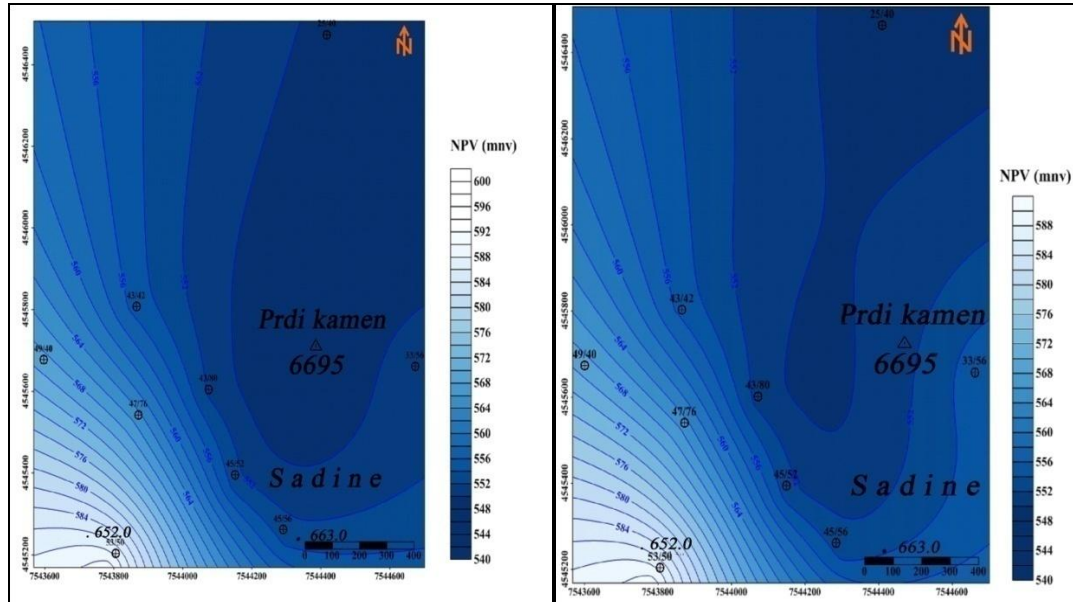
Podzemne vode su tokom istraživanja ležišta uglja registrovane u okviru zbijene izdani u kvartarnim sedimentima i u neogenom kompleksu sedimenta. U odnosu na ugljene slojeve, podzemne vode nalaze se u krovini i podini, kao i između ugljenih slojeva. Sve podzemne vode u ležištima uglja, odlikovale su se subarteskimi ili arteskimi nivoom. Za razliku od neogenih, nivo podzemnih voda u aluvijalnim izdanima bio je sa slobodnim nivoom.

U okviru krovinske izdani (KI) neogenog kompleksa u sredine iznad ugljenog sloja kod ležišta „Suvodol“, podzemne vode su bile pod pritiskom, subarteskog ili arteskog karaktera. Subarteski nivo podzemnih voda registrovan je kod bušotina u istočnom i severoistočnom delu ležišta, a kretao se 1,0–3,0 m ispod površine terena. Nivo podzemnih voda u severnom delu ležišta je bio pod pritiskom i kretao se do +1,5 metara iznad površine terena. Pojedinačna izdašnost bunara u ovim delovima terena iznosila je i preko 6,0 l/s. U južnom delu terena, podzemne vode su bile takođe sa arteskimi nivoom, koji se kretao do +2,0 metara iznad površine terena, sa pojedinačnom izdašnošću bunara i preko 7,0 l/s.

Međuslojne izdani su se javljale u dva nivoa, a nivo u njima imao subarteski i arteski karakter. Karakterisale su se relativno stabilnim nivoom podzemnih voda (slika 5.11). Kod prve međuslojne izdani (MI₁), nivo se kretao u granicama od +5,8 do 14,6 m ispod površine terena, a kod druge (MI₂), u granicama od +1,96 do -39,6 metara ispod površine terena (slika 5.12 i 5.13).



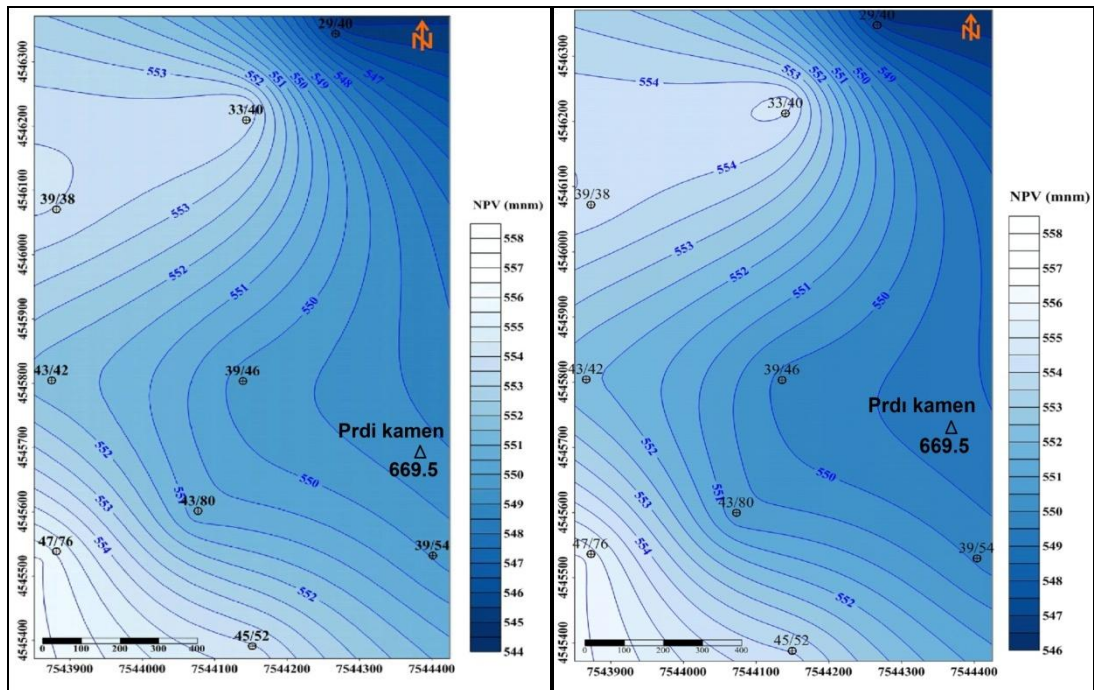
Slika 5.11. Promena nivo podzemnih voda prve (MI₁) i druge (MI₂) međuslojne izdani ležište uglja „Suvodol“ u periodu osmatranja 12.03.2004-03.09.2004 godina



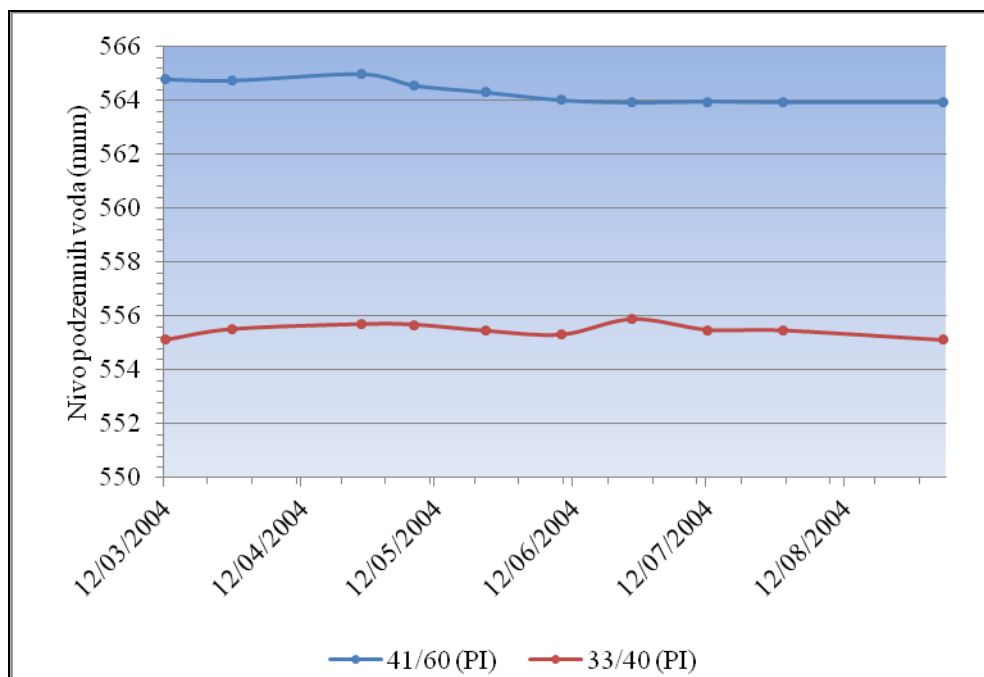
Slika 5.12. Karta nivoa podzemnih voda prve međuslojne izdani (MI₁) ležište uglja „Suvodol“ (datum merenja 09.06.2004 i 03.09.2004 godina)

Podzemne vode podinske izdani takođe su sa subarteskim i arteskim nivoom. Režim nivoa podzemnih voda ove izdani je stabilan bez nekih značajnih promena (slika 5.14).

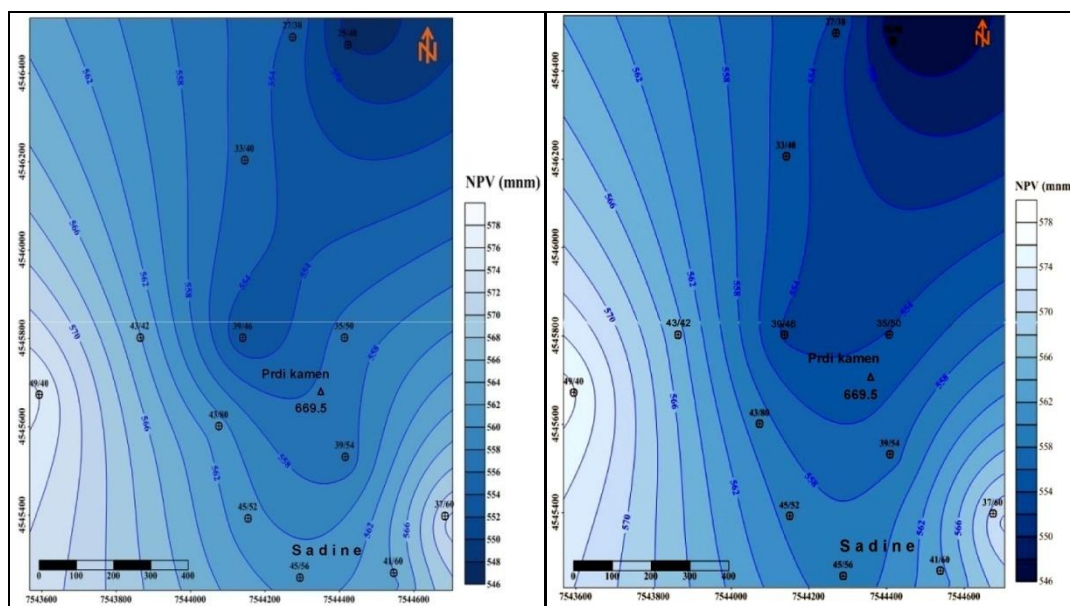
Nivo podzemnih voda kretao se u granicama od +11,1 do 28,4 metara ispod površine terena (slika 5.15).



Slika 5.13. Karta nivoa podzemnih voda druge međuslojne izdani (MI_2) ležište uglja „Suvodol“ u periodu osmatranja 12.03.2004-03.09.2004 godina



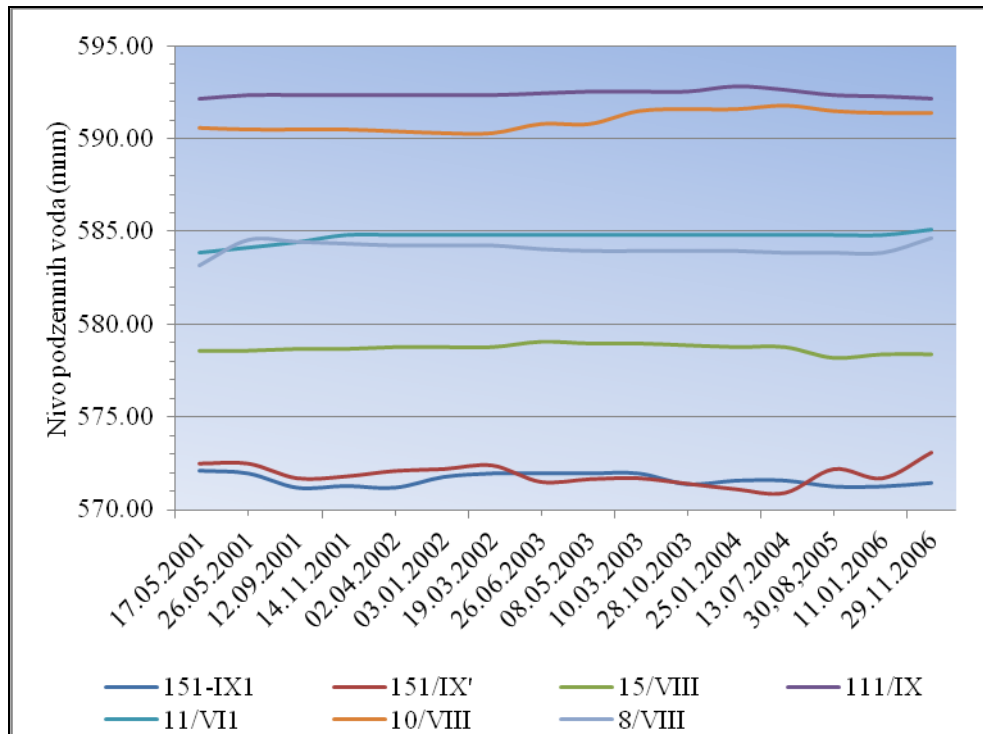
Slika 5.14. Promena nivo podzemnih voda podinske izdani (PI) ležište uglja „Suvodol“ u periodu osmatranja 12.03.2004-03.09.2004 godina



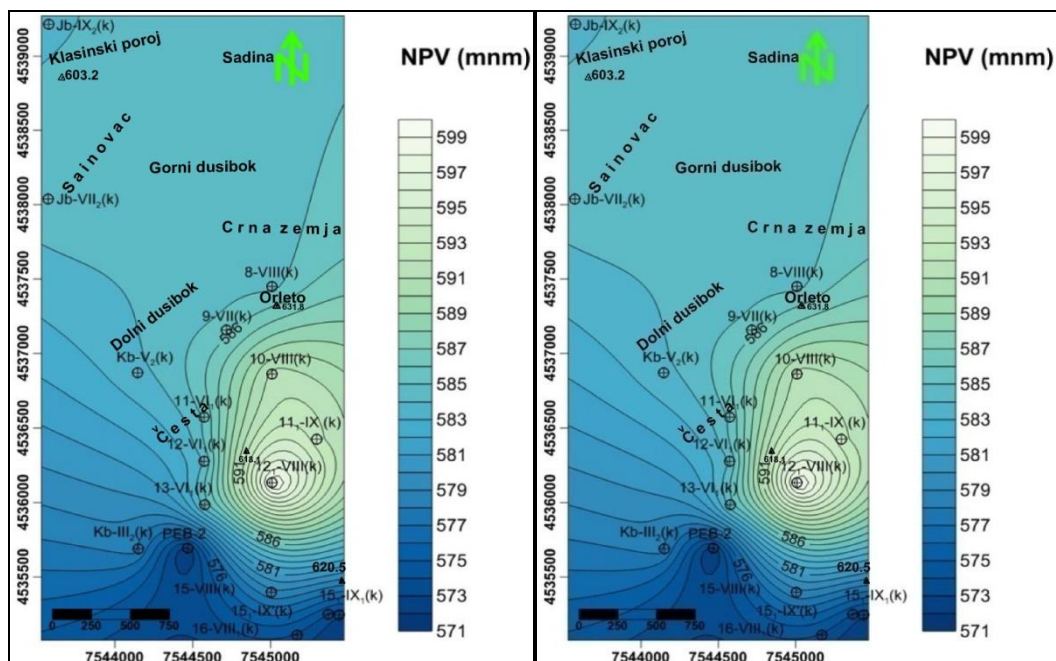
Slika 5.15. Karta nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležište uglja „Suvodol“ u periodu osmatranja 12.03.2004-03.09.2004 godina

Podzemne vode ležišta uglja „Brod-Gneotino“ u neogenom kompleksu javljaju se u krovini, između ugljenih slojeva i u podini ispod ugljenog sloja predviđenog za eksploataciju.

Nivo podzemnih voda u krovinskoj izdani bio je bez većih oscilacija, što ukazuje na stabilan režim (slika 5.16). U zavisnosti od položaja izdani i konfiguracije terena kretao se u granicama 2,5 do 41,8 m ispod površine terena (slika 5.17).



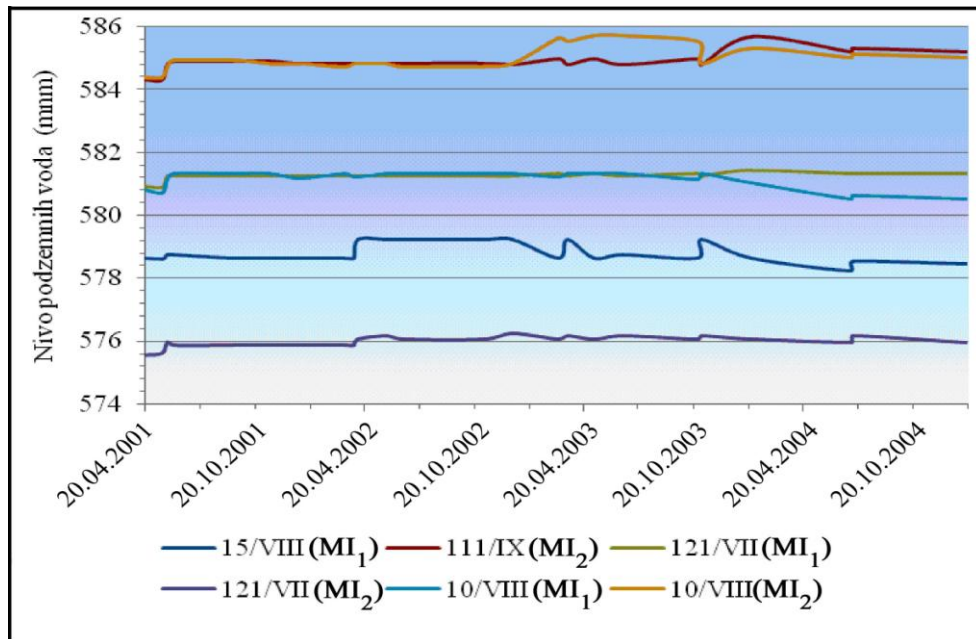
Slika 5.16. Promena nivo podzemnih voda krovinske izdani (KI) ležište uglja „Brod-Gneotino“ u periodu osmatranja 17.05.2001-29.11.2006 godina



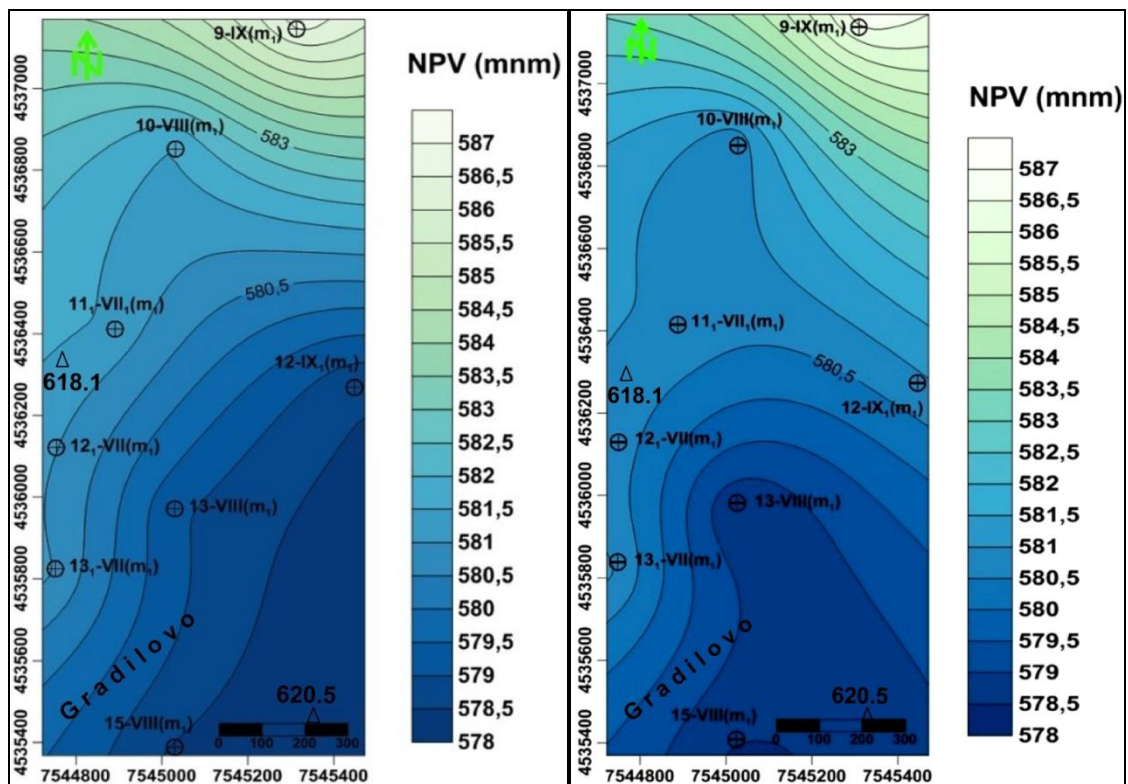
Slika 5.17. Karta nivoa podzemnih voda krovinske izdani(KI) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ (datum merenja 11.01.2006 i 29.11.2006 godina)

Međuslojne izdani javljaju se u dva nivoa. Prisutne su izdani sa subarteskim i izdani sa arteskim nivoom. Karakterišu se stabilnim režimom nivoa podzemnih voda (slika 5.18).

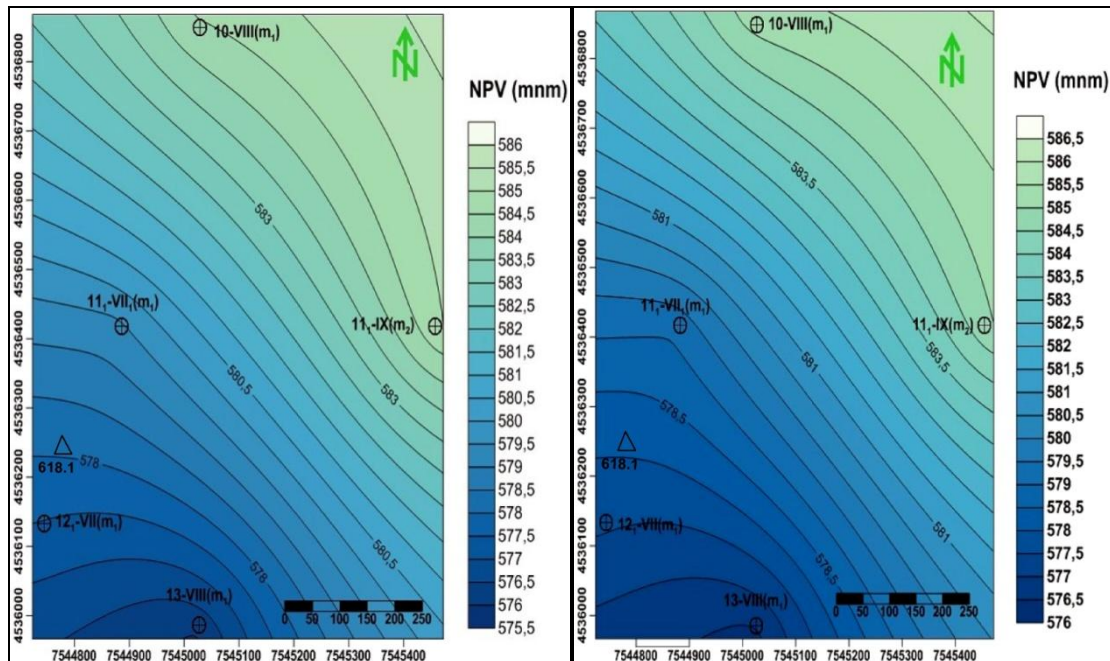
Nivo podzemnih voda prve međuslojne izdani (MI_1) kretao se u granicama 15,0-38,0 m, a druge (MI_2), 27,4-30,0 m ispod površine terena (slika 5.19 i 5.20).



Slika 5.18. Promena nivoa podzemnih voda međuslojne (MI_1) i (MI_2) izdani ležišta uglja „Brod-Gneotino“ za period osmatranja 17.05.2001- 29.11.2006 godina

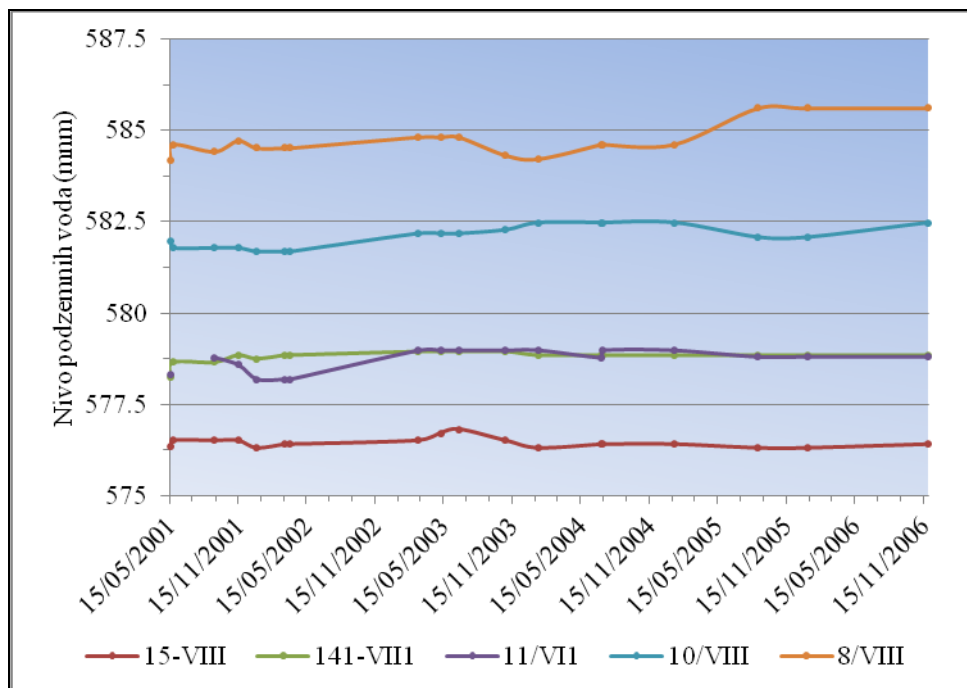


Slika 5.19. Karta nivoa podzemnih voda prve međuslojne izdani (MI_1) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ (datum merenja 11.01.2006 i 29.11.2006 godina)

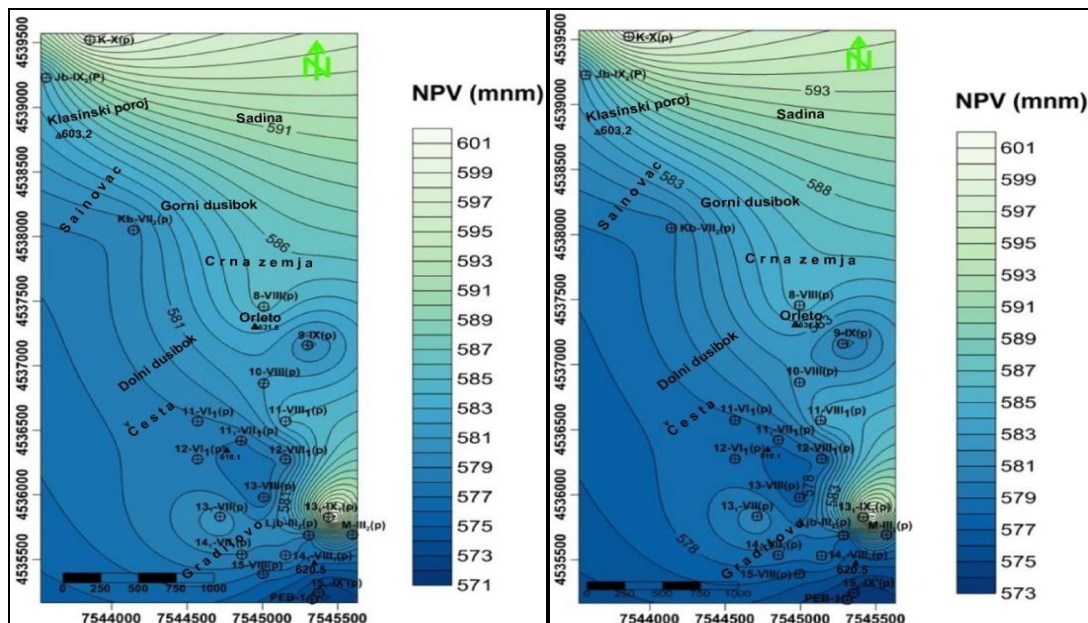


Slika 5.20. Karta nivoa podzemnih voda druge međuslojne izdani (MI_2) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ (datum merenja 11.01.2006 i 29.11.2006 godina)

Podzemne vode podinske izdani, takođe su sa subarteskim ili arteskim nivoom. Režim nivoa podzemnih voda ove izdani je stabilan bez nekih značajnih promena (slika 5.21). Kreće se u granicama 1,0-44,8 m ispod površine terena (slika 5.22).



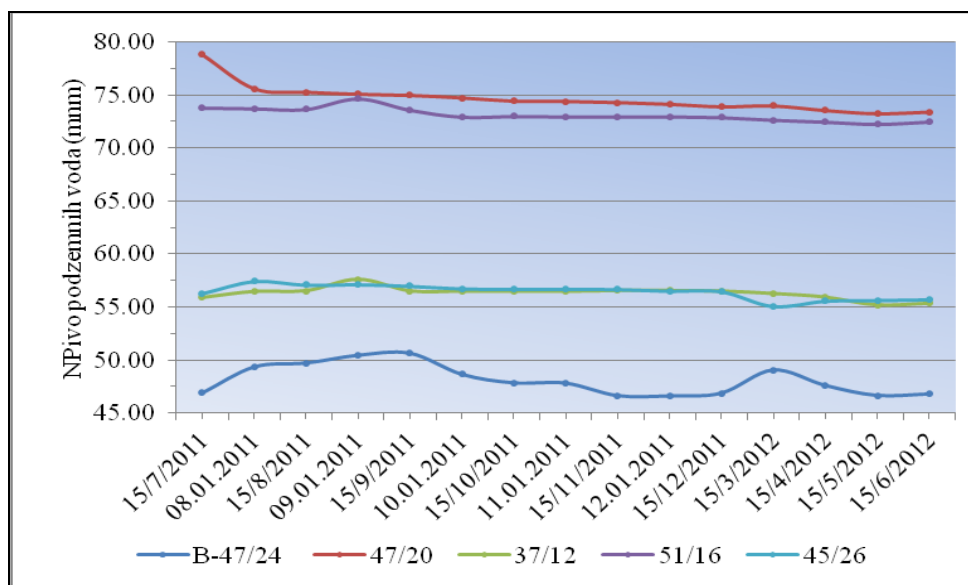
Slika 5.21. Promena nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ za period osmatranja 17.05.2001-30.08.2005 godina



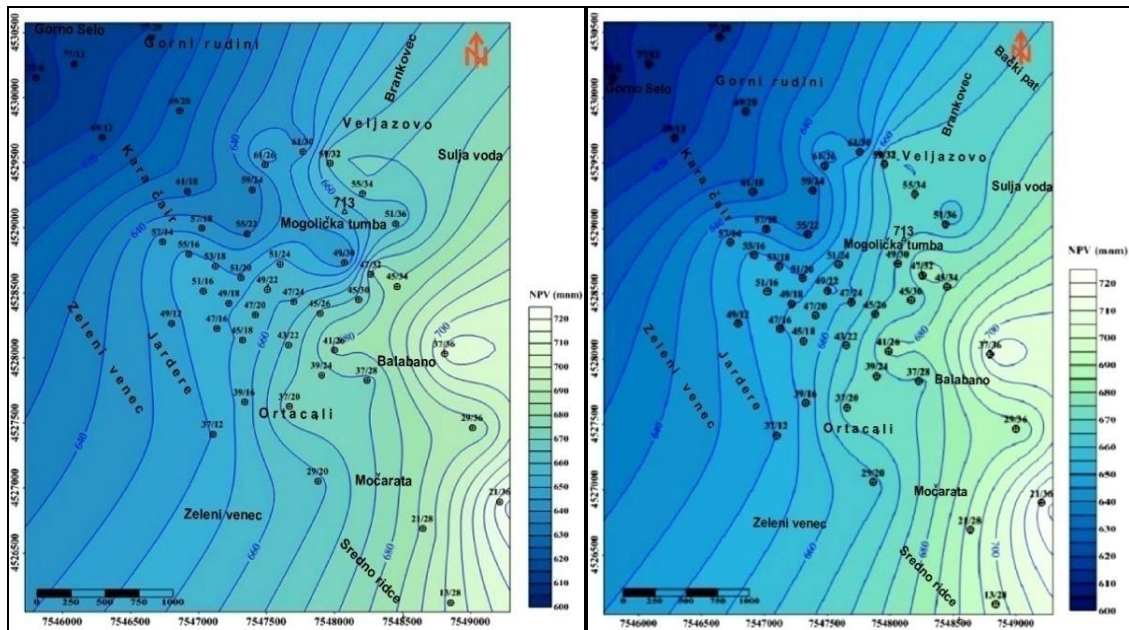
Slika 5.22. Karta nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ (datum merenja 11.01.2006 i 29.11.2006 godina)

U okviru ležišta uglja „Živojno“ konstatovane su izdani u krovini i podini ugljenog sloja.

Režim nivoa podzemnih voda krovinske izdani je stabilan (slika 5.23). Zavisno od položaja vodonosne sredine i konfiguracije terena, nalazi se 1,5-38,6 m ispod površine terena (slika 5.24).

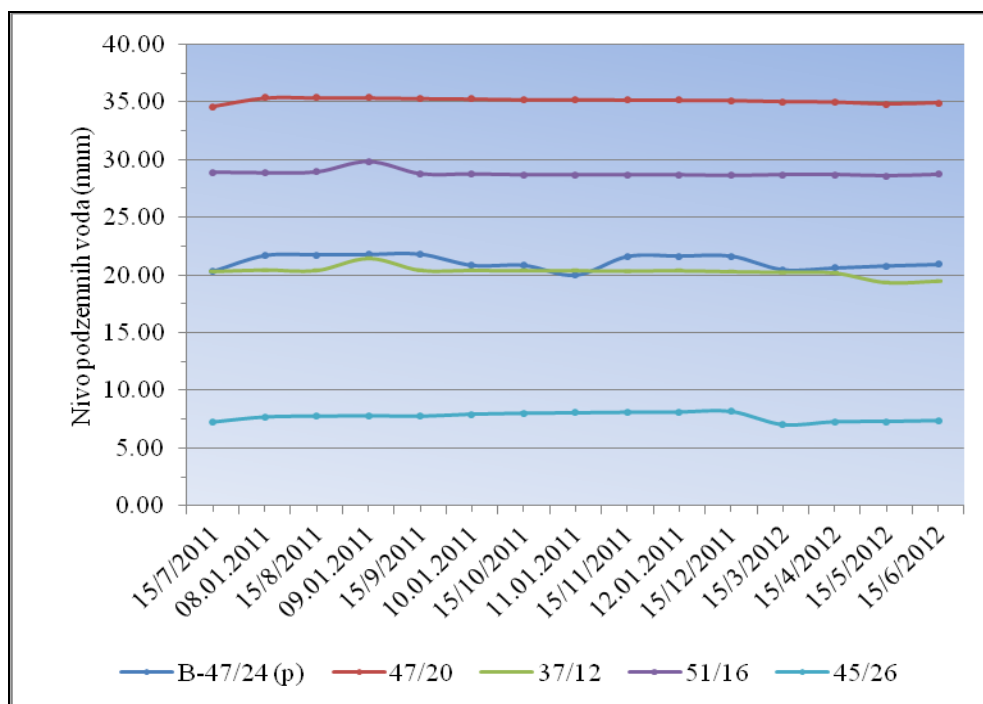


Slika 5.23. Promena nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) ležišta uglja „Živojno“ za period osmatranja 15.07.2011-15.06.2012 godina

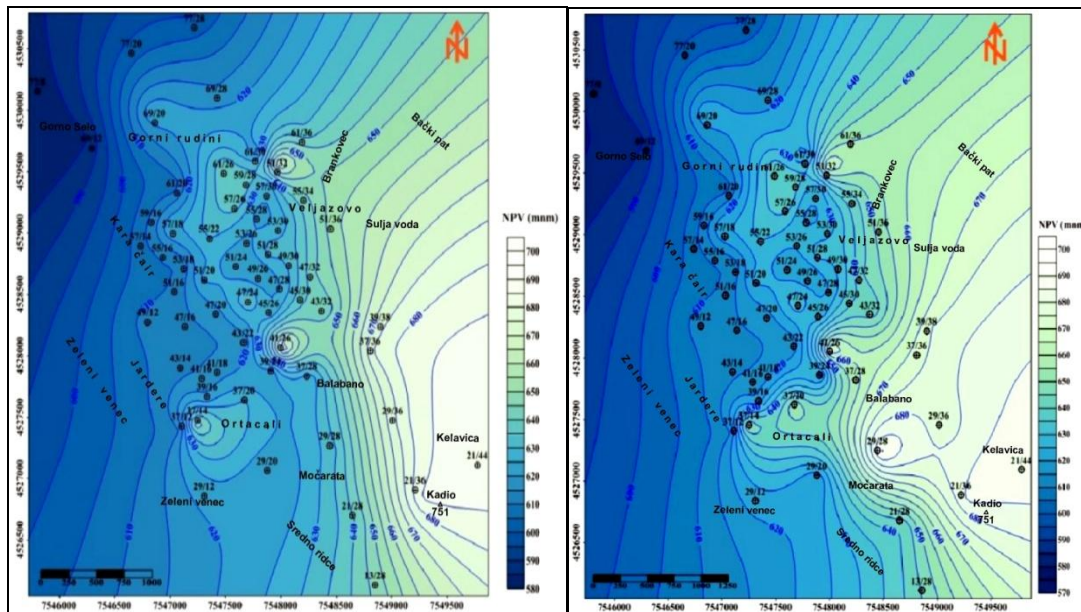


Slika 5.24. Karta nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) ležišta uglja „Živojno“ (datum merenja 15.07.2012 i 15.09.2012 godina)

Podzemne vode podinske izdani (PI), takođe se odlikuju subarteskim i arteskim nivoom. Režim nivoa podzemnih voda je stabilan (slika 5.25). Kreće se u granicama od 9,5-74,2 m (slika 5.26).



Slika 5.25. Promena nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležišta uglja „Živojno“ za period osmatranja 15.07.2011-15.06.2012 godina



Slika 5.26. Karta nivoa podzemnih voda podinske izdani (PI) ležišta uglja „Brod-Gneotino“ (datum merenja 15.07.2012 i 15.09.2012 godina)

Kvalitet podzemnih voda zbijenih izdani u neogenom kompleksu u području ležišta uglja, prikazan je u poglavlju 3.4. Podzemne vode su po svom sastavu pretežno hidrokarbonatne, složenog katjionskog sastava, gde prevladavaju kalcijum i natrijum. Sa dubinom se povećava mineralizacija podzemnih voda, pa one u pojedinim delovima ugljenog basena prelaze u mineralne ugljokisele vode sa visokim koncentracijama gasa CO₂. Kao takve ove podzemne vode primenom određenog tretmana mogu se koristiti za flaširanje, što je već i slučaj. Iste se dogrevanjem mogu se koristiti i u enegretske svrhe za zagrevanje objekata (Jardon et al., 2013).

Deo ovih voda krovinske izdani posle odgovarajućih tretmana se može koristiti i za vodosnabdevanja i navodnjavanja, šta je već slučaj sa podzemnim vodama u obližnjem rudniku uglja Kožani u severnoj Grčkoj (Dimitrakopoulos et al., 2012).

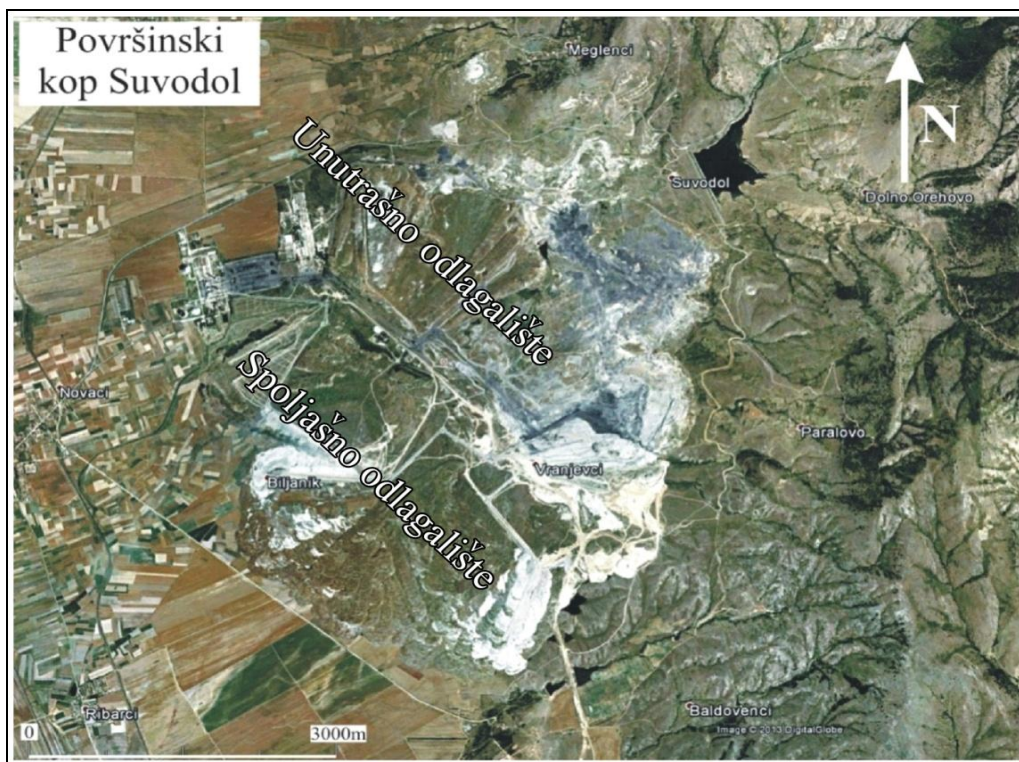
5.2. IZMENE HIDROGEOKOLOŠKIH USLOVA TOKOM EKSPLOATACIJE UGLJA

Uticao eksploatacije uglja sa ležištama „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ na izmeni hidrogeoloških uslova sredine ogleda se preko promene reljefa, uništavanje vegetacije, raseljavanje faune, zagađivanje zemljišta i vazduha, izmene režima površinskih i podzemnih voda i dr.

5.2.1. Reljef

Sa ciljem da se dođe do slojeva uglja koji će se eksploatisati, uklanjene su ogromne količine tzv. jalovinskog materijala, što je dovelo do drastičnih lokalnih izmena reljefa. Ove izmene se ogledaju u nastanku depresija u reljefu s jedne strane, a sa druge strane uzvišenja u reljefu usled odlaganja rudne jalovine.

Rudarske aktivnosti u rudniku „Suvodol“ traju već oko 35 godina, pri čemu je proces eksploatacije prouzrokovao velike promene prirodnog reljefa, pre svega kao rezultat kopanja i odlaganja jalovine na spoljašnjim i unutrašnjim odlagalištama (slika 5.27 i 5.28). U rudniku „Suvodol“ od početka eksploatacije (1977 godina) do sada je iskopano preko 10^9 tona materijala t.j. uglja i „jalovine“. Jalovinski materijal u većim delom odlaže se na spoljnjim odlagalištima, a samo manji deo u okviru unutrašnjih odlagališta. Odlaganjem „jalovinskog“ materijala u zoni rudnika formiran je antropogeni reljef u vidu novostvorenih uzvišenja



Slika 5.27. Degradiran teren – površinski kop ležište uglja “Suvodol”



Slika 5.28. Degradiran teren – površinski kop ležište uglja “ Suvodol”

U ležištu uglja „Brod–Gneotino“, eksploatacija započinje 2007 godine. Usled otkopavanja uglja u proteklom period, došlo je do izmene prvobitnog izgleda terena (slika 5.29 i 5.30). Da bi se došlo do ugljenih slojeva, u nekim delovima ležišta bilo je potrebno odstraniti jalovinski materijal i do dubine od 50,0–80,0 m od površine terena.



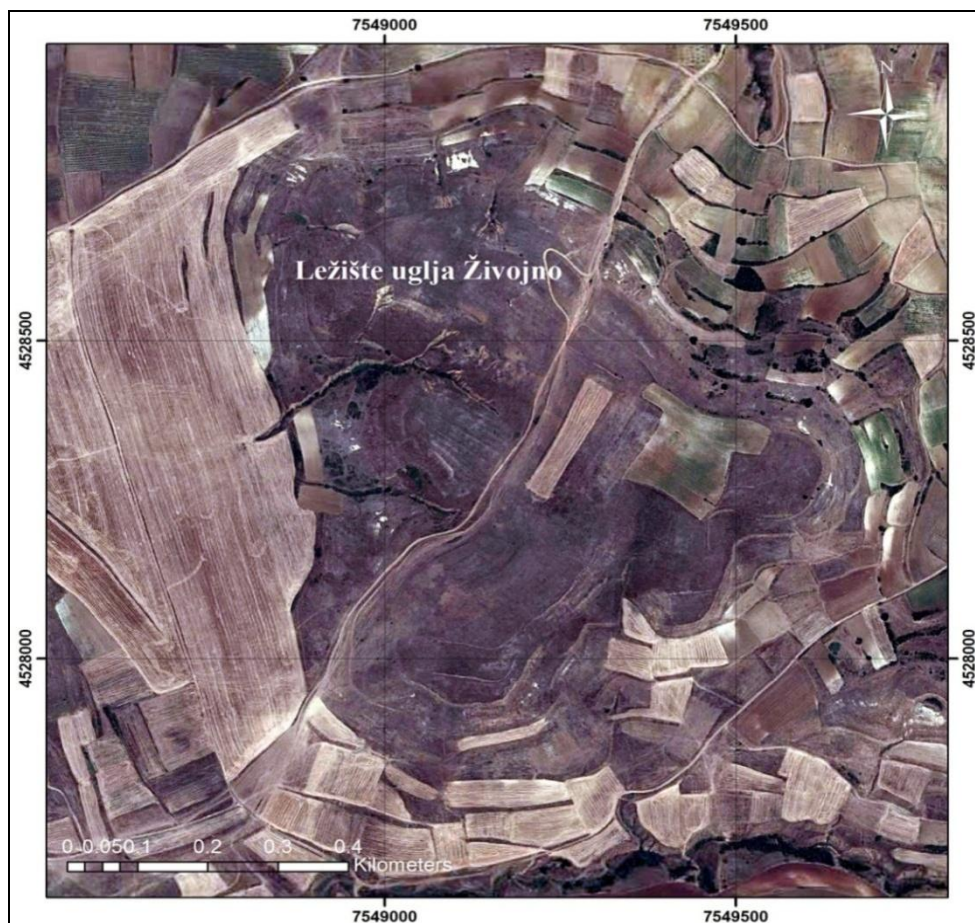
Slika 5.29. Degradiran teren – površinski kop ležišta uglja „Brod-Gneotino“



Slika 5.30. Degradiran teren – površinski kop ležišta uglja „Brod-Gneotino“ sa unutrašnjim odlagalištem (Foto: Jovanov, 2013)

Negativni uticaji rudarske aktivnosti pored izmene reljefa, ogleda se i u izmeni strukture zemljišta novoformiranog reljefa, nastalog odlaganjem iskopanog materijala. Tako su odlomci pliocenskih sedimenata odlagani preko kvartarnih naslaga.

U okviru ležišta „Živojno“, tokom drugog svetskog rata vršena je organizovana eksploatacija uglja, ali u manjim razmerama. Eksploatacija uglja vršena je uglavnom metodama podzemnog otkopavanja, osim u jednom manjem delu, gde je vršena površinska eksploatacija uglja. Sam proces eksploatacije doprineo je izmeni prvobitnog stanja terena na manjem delu površine ali takođe i u manjim delu u unutrašnjosti terena (slika 5.31 i 5.32).



Slika 5.31. Degradiran teren – stari površinski kop ležišta uglja „Živojno“



Slika 5.32. Degradiran teren – stari podzemni rudarski radovi ležišta uglja „Živojno“ (Foto: Jovanov, 2013)

5.2.2. Flora i fauna

Eksplatacija uglja i odvodnjavanje rudarskih radova, značajno su izmenili postojeću floru i faunu, do te mere da su mnoge biljne i životinjske vrste trajno eliminisane sa ovih prostora.

Već u fazi pripremnih radova za eksploataciju ležišta uglja „Suvodol“, izgradnjom akumulacije na Suvodolskoj reci, dolazi do izmene režima površinskih voda, pri čemu neki vodotoci nestaju. Za potrebe eksploatacije ležište „Brod-Gneotino“ takođe su regulisani postojeći vodotoci, a neki su potpuno uništeni. Sam proces eksploatacije doprineo je uništenju dela vodotoka. Same promene režima površinskih voda dovode do nestanka pojedinih vrsta. Pored toga, uništavanjem pojedinih vodotoka prekinuta je veza sa podzemnim vodama u kvartarnim sedimentima. Usled toga dolazi do lokalnog sniženja nivoa podzemnih voda u kvartarnim sedimentima, odumiranja pojedinih biljnih vrsta biljnih i životinjskih. Tako su uništene travna vegetacija, trska, ševar i sl., a od faune ribe, žabe, puževi i pojedine vrste insekata.

Analizom uticaja eksploatacije uglja na floru i faunu, može se konstatovati da je ona ugrožena u najvećoj meri putem efekta zauzimanja površine, zagađivanja vazduha, isušivanja vodotokova i sniženja nivoa podzemnih voda.

Sam proces površinske eksploatacije podrazumeva degradaciju velikih površina, što znači da se uništavaju i prirodna staništa mnogih biljnih i životinjskih vrsta.

Vegetacija koja je bila prisutna (trava, cveće i usamljeno drveće) tokom eksploatacije u zoni eksploatacionih polja ležišta "Suvodol" i "Brod-Gneotino" u celosti je uništena. Pored uništavanja vegetacije, otkopavanjem je uništen i površinski sloj terena. Uusled mešanja sa jalovinskim materijalom, gornji sloj zemljišta izgubio je na kvalitetu. Usled degradacije prirodnog staništa, postojeća fauna migrira ka sredinama koje više odgovaraju uslovima za njihov život.

Rudarska aktivnost, učestala buka i prisutne vibracije u području površinskih kopova, uticale su na migraciju brojne faune. Tako su iz ovog područja migrirali vukovi, lisice, zečevi, ježevi, kornjače i žabe. Deo ptičje faune takođe je smanjen. Manje su prisutni vrabci, lastavice, rode i gavrani. Isto tako manje su prisutni i gmizavci (zmije i gušteri).

Usled sniženja nivoa podzemnih voda u pojedinim vodonosnim sredinama u kvartarnim i neogenim naslagama, dolazi do izumiranja pojedinih vrsta, kao što su trska i ševar.

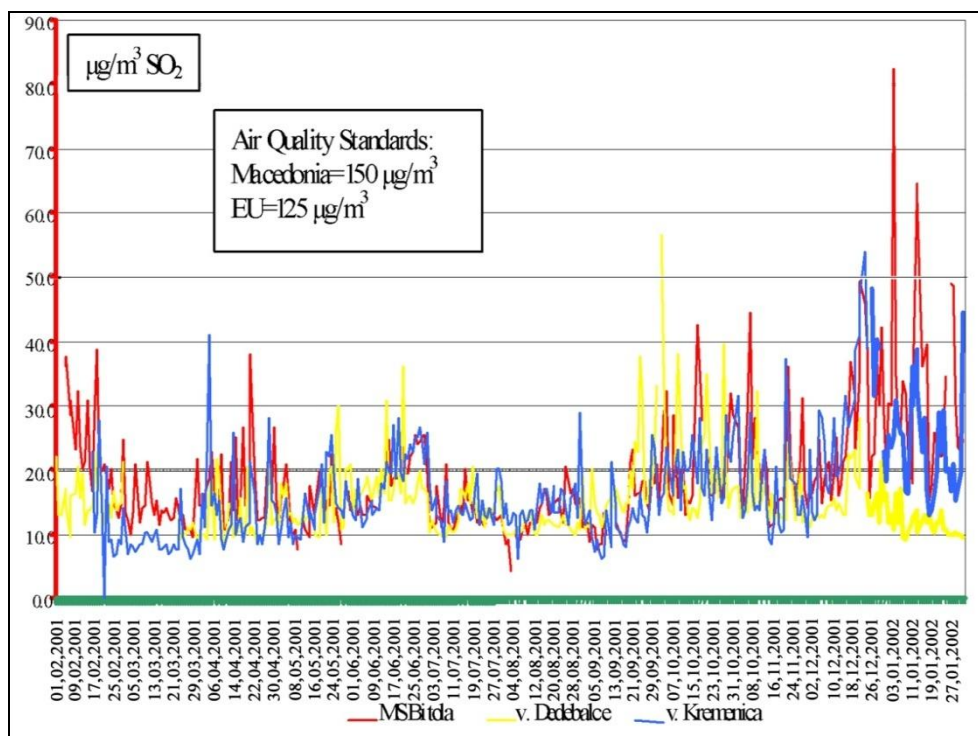
5.2.3. Zagađivanje vazduha

Zagađivanje vazduha u procesu eksploatacije uglja i njegovim sagorevanjem u termocentrali, pored mogućeg negativnog uticaja na ljudsko zdravlje ima uticaj i na okolinu (povećavanje kiselosti vode i tla, redukcije aktivnosti mikroorganizama, smanjenje mineralizacije azota). Zagađeni vazduhima negativan uticaj na kontaminaciju zemljišta i postojeće flore, a indirektno preko atmosferskih padavina na promenu kvaliteta podzemnih voda, a samim tim i flore, a koja posredno uzrokuje i migraciju faune.

U rudnicima uglja „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“, kao zagađivači vazduha javljaju se i izduvni gasovi iz transportnih vozila (CO, NO_x, ugljovodonici, olovo) i čestica u vidu praha nastale tokom eksploatacije i transporta uglja, odlaganja jalovine i sagorevanja uglja u termocentrali REK Bitolj.

Sagorevanje uglja u termocentrali doprinosi povećanju koncentracije prašine i gasova NO_x i SO_2 u vazduhu. Merenjem koncentracije SO_2 , može se zapaziti da su kod stanice Bitolj one više u odnosu na m.s. Dedebalci i Kremenica (slika 5.33).

Prosečne mesečne koncentracije SO_2 registrovane kod stanice Bitolj su više i u odnosu na druga osmatračka mesta i kreću se u granicama od $13,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (juli 2001) do $30,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (januar 2002). Iste su ispod maksimalno dozvoljene koncentracije SO_2 u Makedoniji ($150,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

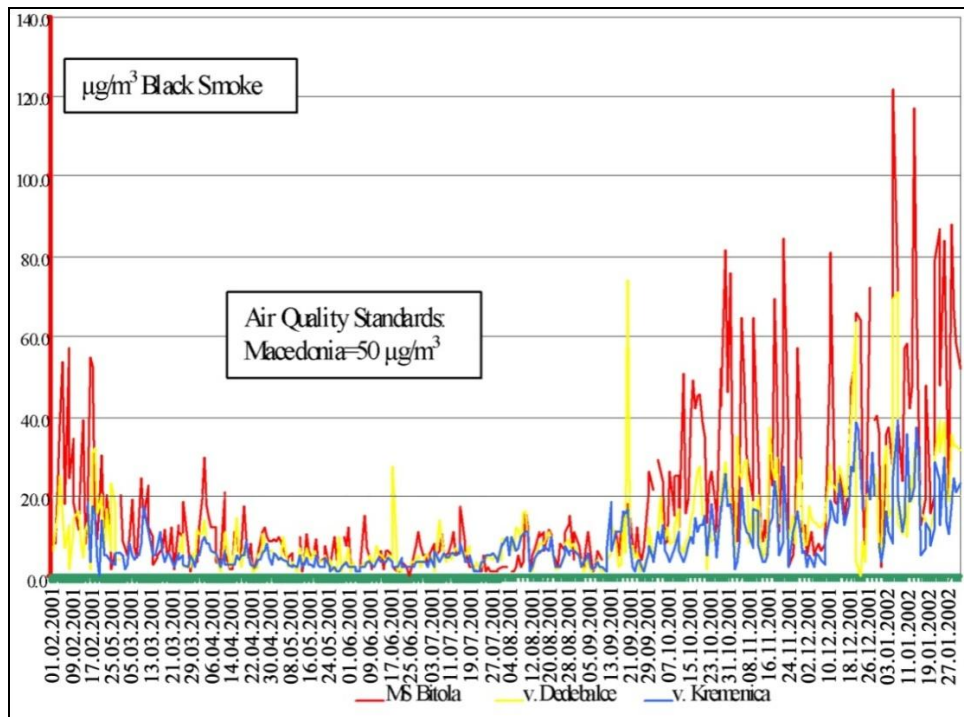


Slika 5.33. Sadržaj 24 časovne koncentracije SO_2 kod monitoring stanice Bitolj i mernih stanica s. Dedebalci i s. Kremenica za period merenja 01.02.2001-21.01.2002 godine

Koncentracije crnog dima registrovane na stanici Bitolj tokom perioda oktobar 2001 - januar 2002 češće su bile veće od maksimalno dozvoljene koncentracije ($50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kod m.s. Dedebalci samo tokom tri dana koncentracije su bile iznad, a kod m.s. Kremenica, bile su kontinuirano niže u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije (slika 5.34).

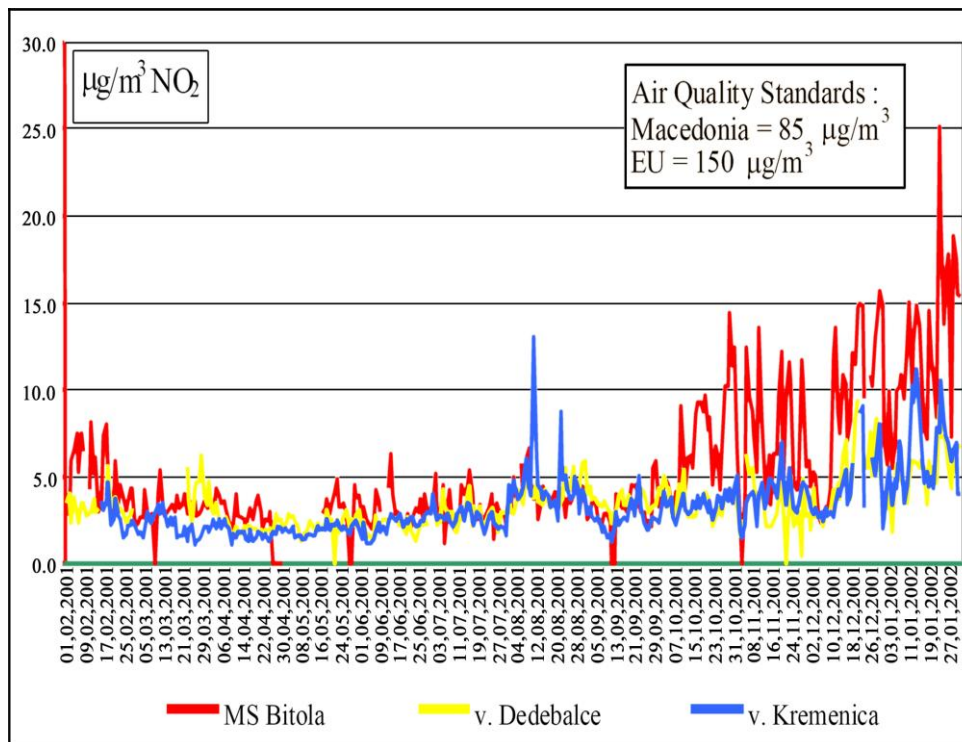
Prosečne mesečne koncentracije crnog dima kod monitoring stanice Bitolj su bile malo više u odnosu na iste kod m.s. Dedebalci i Kremenica i kretale su se u granicama od $4,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (juni 2001) do $50,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (januar 2002).

Tokom perioda merenja 9,05 % dana, koncentracije crnog dima kod stanice Bitolj su bile iznad maksimalno dozvoljene koncentracije, a kod m.s. Dedebalci, ovoj procent je mnogo manji i iznosi 1,16%.



Slika 5.34. Sadržaj 24-časovne koncentracije crnog dima kod monitoring stanice Bitolj i mernih stanica Dedebalci i Kremenica, period 01.02.2001-21.01.2002 godina

Koncentracija azot dioksida NO₂ tokom ispitivanja kod sva tri merna mesta, bila je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije -85 µg/m³ (slika 5.35).



Slika 5.35. Sadržaj 24-časovne koncentracije NO_2 kod monitoring stanice Bitolj i mernih stanica Dedebalci i Kremenica, period 01.02.2001-21.01.2002 godina

Prosečne mesečne koncentracije NO_2 kod monitoring stanice Bitolj su bile malo veće u odnosu na iste kod m.s. Dedebalci i Kremenica i kretale su se u granicama $2,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (april 2001) i $12,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (januari 2002).

Zagađivanje vazduha nastalo eksploatacijom i sagorevanjem uglja u REK Bitolj potvrđeno je merenjem emisija gasova SO_2 , CO_2 , NO_x i čvrstih čestica (prašine). Rezultati merenja pokazuju da eksploatacijom i sagorevanjem uglja u REK-Bitolj sa bloka-II emituju se sledeće supstance:

- $1.075.725,75 \text{ m}_n^3/\text{h}$ ispusni gasovi,
- $163,02 \text{ kg/h}$ ili $5,55 \%$ čvrste čestice (prašine),
- $16,84 \text{ kg/h}$ ili $0,57 \%$ CO ,
- $2.343,98 \text{ kg/h}$ ili $79,9 \%$ SO_2 i
- $411,26 \text{ kg/h}$ ili $14,01 \%$ NO .

Iz bloka-III emituju se:

- $1.119.509,41 \text{ m}_n^3/\text{h}$ ispusni gasovi,

- 167,41 kg/h ili 4,89 % čvrste čestice (prašine),
- 23,47 kg/h ili 0,69 % CO,
- 2.798,03 kg/h ili 81,75 % SO₂ i
- 433,96 kg/h ili 12,68 % azotni oksidi.

Sam proces eksploatacije uglja nema neki posebno značajan uticaj na promenu kvaliteta vazduha, već termoelektrana preko ispuštanja crnog dima i gasova u atmosferu.

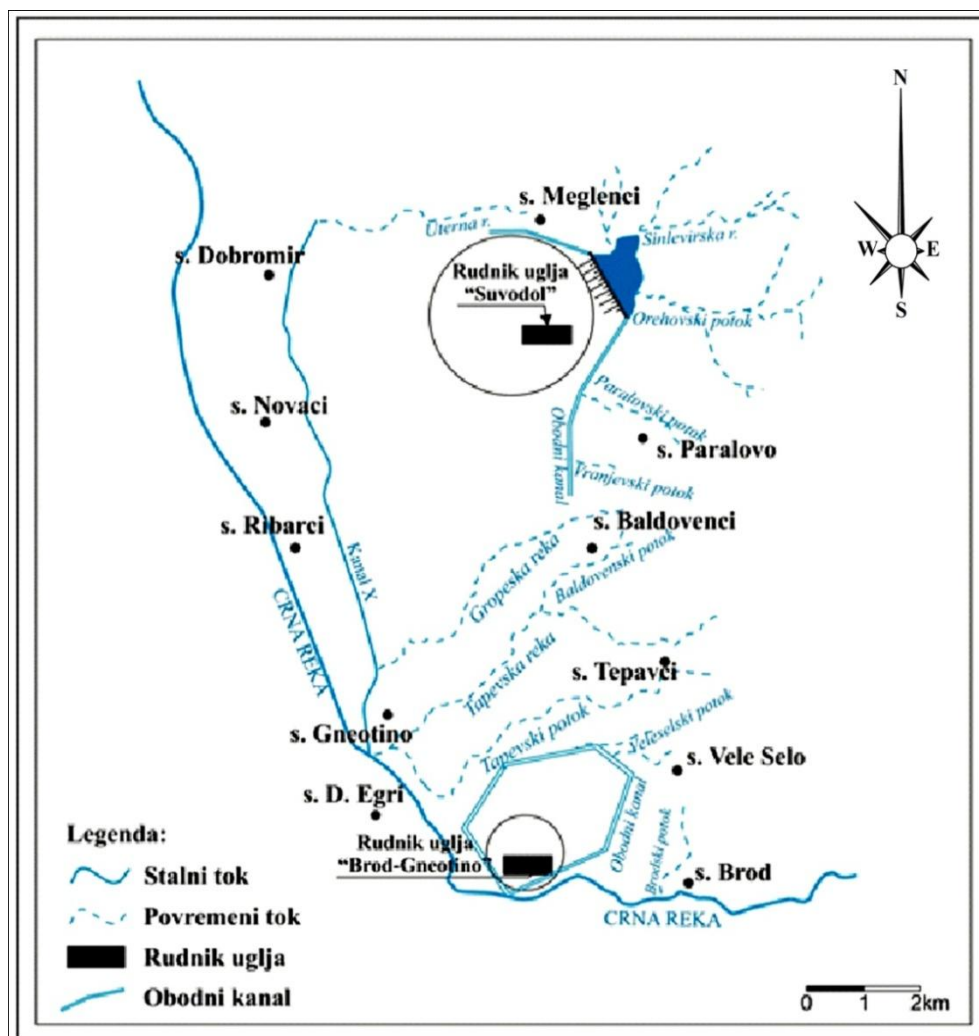
5.2.4. Površinske vode

Eksploatacija i odvodnjavanje ležišta uglja na površinske vode utiče kroz izmenu režima nivoa i proticaja, a pre svega kvaliteta.

Pre početka razrade i eksploatacije ležišta uglja, u zoni uticaja budućih rudarskih radova regulisani su svi površinski vodotoci, što je dovelo do izmene njihovog režima (slika 5.36).

Na Suvodolskoj reci tokom 1977 godine izgrađena je akumulacija sa ciljem da štiti površinski kop od plavljenja površinskim vodama. Akumulacijom su pored voda Suvodolske reke, zahvaćene i vode Sinjevirskog, Orehovskog i Paralovskog potoka (slika 5.36). Za potrebe predodvodnjavanja budućih rudarskih radova, obodnim kanalima su zahvaćeni i svi manji povremeni vodotoci sa severne, istočne i jugoistočne strane ležišta „Suvodol“.

Površinski vodotoci kod s. Vele Selo koji su gravitirali ka ležištu „Brod-Gneotino“, su takođe regulisani izradom obodnog kanala i odvedeni u Crnu Reku (slika 5.36).



Slika 5.36. Hidrografske mreža u zoni ležišta uglja „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ (sadašnje stanje)

Presecanjem i izmeštanjem vodotokova kod ležišta uglja „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“, lokalno je izmenjena hidrografska mreža, uništena su mnoga rečna korita, prekinuto prihranjivanje podzemnih voda u aluvijalnim i neogenim sedimentima i dovelo do lokalnog sniženja nivoa podzemnih voda.

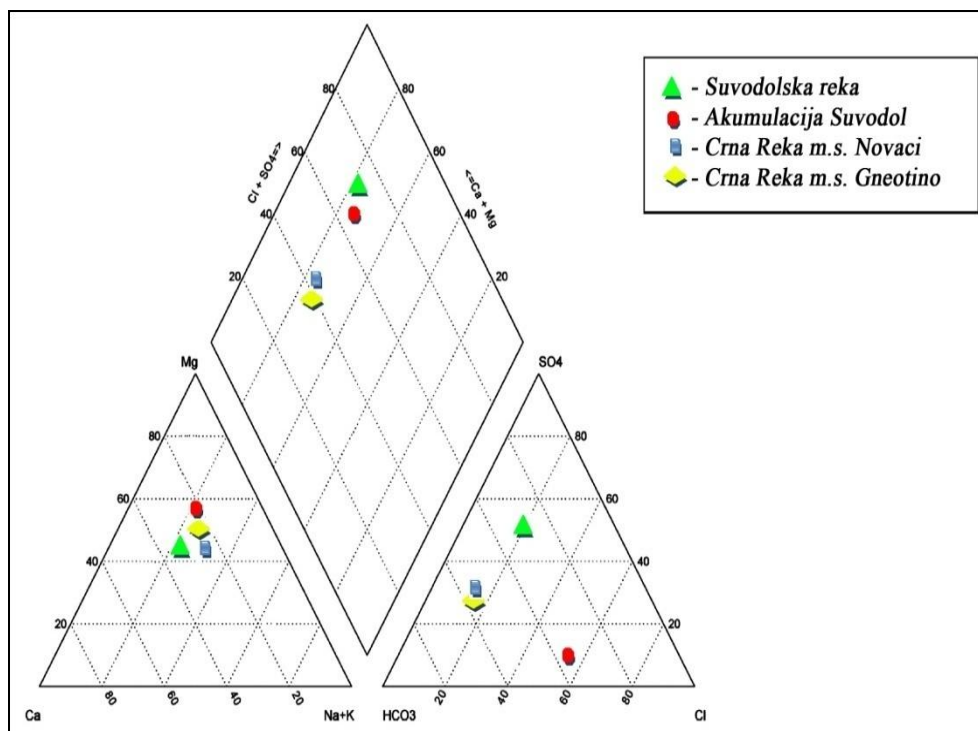
Površinske vode nastale na račun obaranja atmosferskih padavina koje dotiču u površinske kopove sa padina zahvataju se drenažnim obodnim kanalima. One se dalje kanalima odvođe u taložno jezero gde se mehanički prečišćavaju. Nakon fizičkog prečišćavanja, vode sa taložnog jezera pumpama se izbacuju u rečno korito Crne Reke.

Za potrebe ocene kvaliteta površinskih voda, izvršena su odgovarajuća hemijska ispitivanja. Njima su obuhvaćene vode iz Suvodolske reke, akumulacije Suvodol i Crne Reke kod mernih mesta s. Novaci i s. Gneotino (tabela 5.3.).

Tabela 5.3. Hemijski sastav površinskih voda akumulacija Suvodol, Suvodolska reka i Crna Reka kod merna mesta s. Novaci i Gneotino (06.01.2013 god)

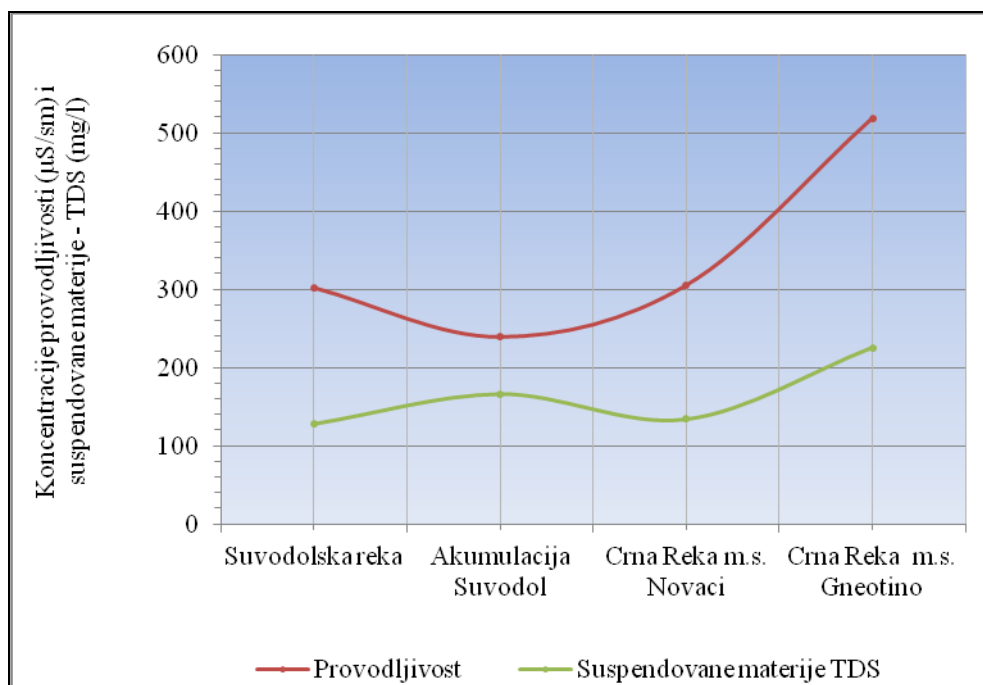
Ispitivani parametri	Merne jedinice	Akumulacija Suvodol	Suvodolska reka	Crna Reka s. Novaci	Crna Reka s. Gneotino
Ukupna tvrdoća	°dH	7,0	9,24	8,04	12,6
Karbonatna tvrdoća	°dH	5,6	4,2	7,28	11,2
Ca- tvrdoća	°dH	4,2	4,2	3,36	3,64
m-alkalitet	mval	2,0	1,5	2,6	4,0
p-alkalitet	mval	0	0,0	0,0	0,0
Provodljivost	µS/sm	239,0	302,0	305,0	519,0
pH-vrednost		7,59	7,21	6,85	6,97
Sus.mat. TDS	mg/l	166,0	128,0	134,0	225,0
Organ.materije	mg/l	24,65	18,96	13,9	18,96
Hloridi Cl ⁻	mg/l	5,0	30,0	29,0	43,0
Sulfati SO ₄ ²⁻	mg/l	65,54	89,64	44,84	70,44
Kalcijum Ca ²⁺	mg/l	30,0	30,0	24,0	26,0
Magnezijum Mg ²⁺	mg/l	12,15	21,87	21,87	38,89
Hidrokarbonati HCO ₃ ⁻	mg/l	122,0	91,5	158,6	244,0

Kvalitet voda površinskih voda Suvodolske akumulacije je dobar, što se odnosi i na kvalitet Suvodolske reke. Vode su male mineralizacije, uglavnom meke do umereno tvrde vode. Po hemijskom sastavu pripadaju hidrokarbonatnoj klasi sa povećanim sadržajima sulfata, složenog katjonskog sastava (slika 5.37).



Slika 5.37. Pajperov dijagram hemijskog sastava površinskih voda akumulacije Suvodol, Suvodolske i Crne reka kod merna mesta s. Novaci i Gneotino

Na osnovu provodljivosti i sadržaja suspendovanih materija slika 5.38 se može videti da su vode Crne Reke slabijeg kvaliteta u odnosu vode Suvodolske reke i akumulacije, t.j. odlikuju se većem sadržajem rastvorljivih materija u nje.



Slika 5.38. Koncentracije provodljivosti i suspendovane materije Suvodolske reke, akumulacije Suvodol i Crne reke kod mernih mesta s. Novaci i s. Gneotino

5.2.5. Podzemne vode

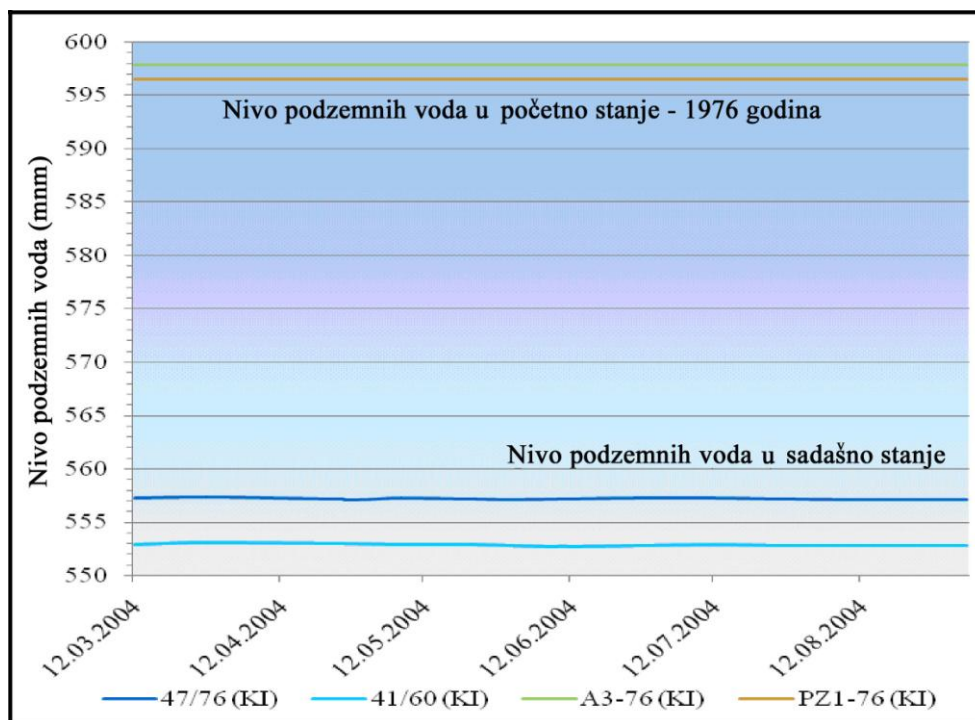
Uticaj rudarstva na ugroženost podzemnih voda može biti povezan sa mnogim društveno - ekonomskih i ekoloških efekata. Sa gledišta procene ugroženosti podzemnih voda na zagađenje, efekti rudarstva na podzemne vode uglavnom zavise od lokalnih geoloških i hidrogeoloških uslova, nivo aktivnosti u rudniku itd. (Bukowski et al. 2006).

Negativan uticaj rudarske aktivnosti na podzemne vode u okviru rudnika "Suvodol" i „Brod-Gneotino“ uglavnom se ogleda preko promene njihovog režima (promene nivoa podzemnih voda, proticaja, pravaca kretanja i kvaliteta vode t.j. njihovo fizičko i hemijsko zagađenje).

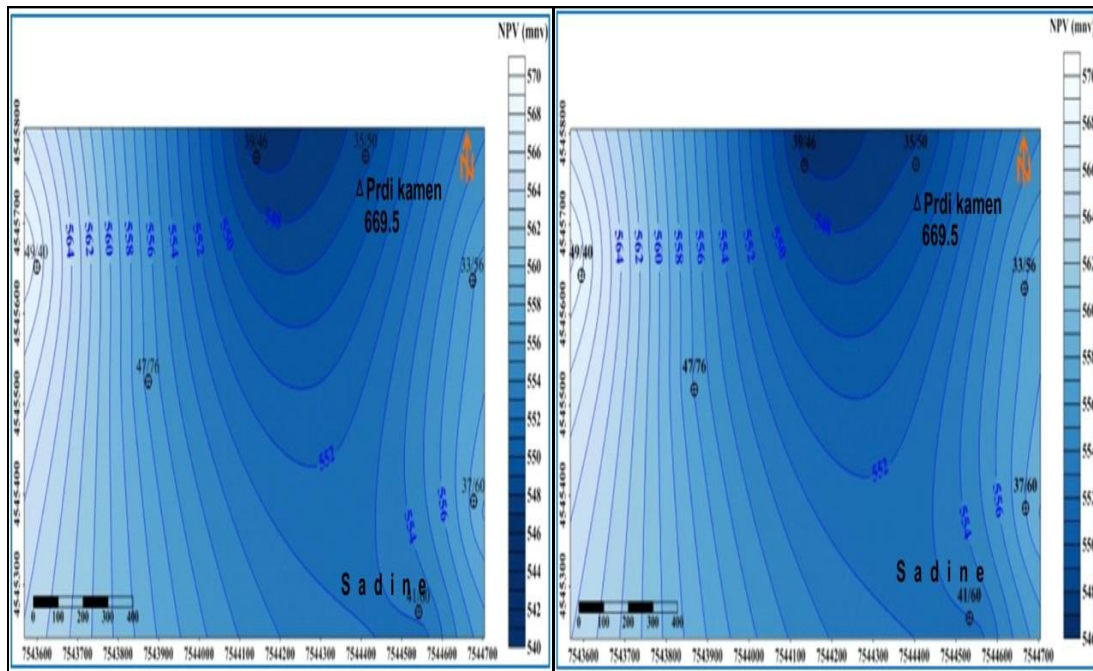
U okviru rudnika Suvodol na izmenu režima podzemnih voda uticaj imaju površinski kop i Suvodolska akumulacija.

Površinski kop, kao što je i ranije rečeno, u sadašnjim uslovima predstavlja vid drenažnog rova nastao eksploatacijom uglja i “jalovine”. Kop zahvata površinu od oko 10 km² a najveća dubina je > 80,0 m, i kao takav ima uticaj na izmeni režima podzemnih voda u celini.

Pre narušavanja prirodnih uslova, u okviru ležišta podzemne vode u okviru kvartarnih sedimenata javljale su se na dubini od 2,0-3,0 m ispod površine terena, u neposrednoj okolini ležišta registrovani su kaptirani i nekaptirani izvori. Napredovanjem eksploatacije, izvori su presušili a nivo podzemnih voda se spustio, tako da je u sadašnjim uslovima u okolini ležišta, nivo podzemnih voda u kvartarnim sredinama na dubinama 5,0-6,0 m ispod površine terena. U neogenim sedimentima (krovinska izdani–KI) u delovima gde se vrši eksploatacija, nivo podzemnih voda u odnosu na početno stanje, snižen je i preko 40 m (slika 5.39). Nivo podzemnih voda krovinske izdani u sadašnjem stanju kreće se u granicama od 0,7–15 metara ispod površine terena (slika 5.40).



Slika 5.39. Dijagrami promene nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) i njihov položaj u odnosu na početno stanje (ležište uglja „Suvodol“)



Slika 5.40. Karta nivoa podzemnih voda krovinske izdani (KI) ležište uglja „Suvodol“ (datum merenja 29.07.1994 i 03.09.2004 godina)

Rudarska aktivnost, pored sniženje nivoa podzemnih voda dovela je i do promene pravaca kretanja podzemnih voda. U nenarušenim uslovima, podzemne vode su imale generalan pravac kretanja SI-JZ, dok u sadašnjim uslovima u okviru ležišta ima više lokalnih pravca, koji su rezultat presecanja podzemnih tokova i sniženja nivoa podzemnih voda.

Indirektan uticaj eksploatacije na podzemne vode ogleđa se preko sniženja nivoa vode u izdanima i isušivanje određenih sredina kao i stvaranje uslova za sleganje terena i pojava prslina i pukotina u zoni rudnika i njegove bliže okoline (Dimitrakopoulos *et al.* 2012).

Drenažne bušotine u područjima ležišta doprinose rasterećenju pritisaka podzemnih voda u okviru prisutnih izdani. Njima se vrši dreniranje podzemnih voda direktno u površinski kop. Tako u površinski kop „Suvodol“ preko bušotina ističe oko 25 l/s podzemnih voda.

Kod ležišta „Brod-Gneotino“ u fazi istraživanja, pored drugih radova izveden je i jedan probno eksploatacioni usek, a u fazi pripreme za potrebe izrade useka izvedeno je ukupno 12 bunara (tabela 5.4 i prilog 11).

Probno eksploatacioni usek je sa dimenzijama 20x50 m, odlikuje se izdašnošću od 30,0 l/s, moćnosti sredine prosečno oko 14,0 m, srednji koeficijent filtracije $6,64 \times 10^{-3}$ m/s, srednji koeficijent transmisibilnosti $9,29 \times 10^{-2}$ m²/s i radijus dejstva useka 255,1 m. U suštini usek predstavlja jedan veliki bunar koji drenira podzemne vode krovinske izdani.

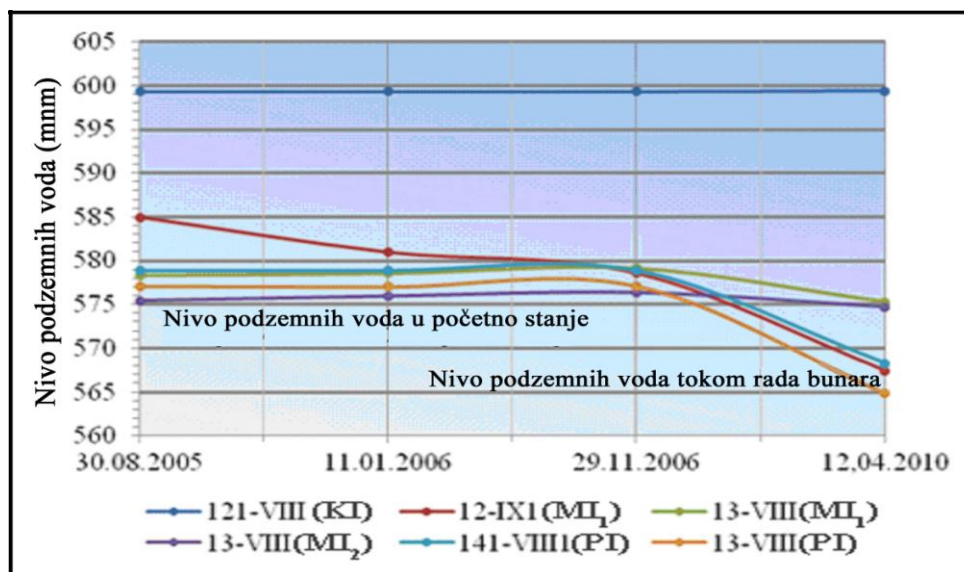
Tabela 5.4. Nivo podzemnih voda, kapaciteti crpljenja, sniženje nivoa vode u bunarima i specifična izdašnost bunara ležišta uglja „Brod-Gneotino“)

Bunar broj	Dubina bunara	Dubina do nivoa podzemnih voda	Kapacitet crpljenja	Sniženje u bunaru	Specifična izdašnost bunara
N ₀	Db(m)	NPV (m)	Q (l/S)	S (m)	q (l/s/m)
B-1	77,5	37,0	20	17,08	1,24
B-2	71,0	33,93	0,55	23,59	0,023
B-3	72,0	34,7	3,3	23,51	0,14
B-4	61,0	12,9	10	30,48	0,42
B-5	57,5	10,62	12,4	31,38	0,49
B-6	57,5	0,0	36	16,83	2,53
B-7	59,5	0,0	36	17,63	2,63
B-8	60,0	0,0	10	42,13	0,28
OP-I	69,0	0,0	3,5	42,35	0,092
B-9	69,0	0,0	36	40,23	1,52
B-10	70,0	0,0	36	24,2	3,72
B-11	82,0	0,0	1,5	12,86	0,027

Testiranjem dobijena je pojedinačna izdašnost bunara od 0,55-36,0 l/s, dok se sniženje podzemne vode u njima kreće u granici od 12,86-42,35 metara ispod površine terena. Tokom 2010. godine sa bunarima prosečno je crpljeno 130,28 l/s, tokom 2011. godine crpljeno je prosečno 75,44 l/s i tokom 2012. godine prosečno je crpljeno 102,68 l/s. Sam proces eksploatacije bunara utiče na opadanje nivoa podzemnih voda u zoni njihovog uticaja (slika 5.41). Sa slike može se videti da od početka eksploatacije do 2010 godine nivo podzemnih voda u bunarima je opalo za 10,0 – 15,0 m, šta znači kako eksploatacija nepreduje isto je u trendu opadanja.

U području površinskih kopova veliki problem predstavljaju otpadne vode, koje se najčešće ispuštaju u površinske tokove bez prethodnog prečišćavanja i na taj način dovode do njihovog zagađivanja, koje je u pojedinim slučajevima alarmantno.

Centralni vodosabirnik u rudniku „Suvodol“ prima sve površinske i podzemne vode, koje gravitiraju ka površinskom kopu. U vodosabirniku se prethodno vrši mehaničko prečišćavanje rudničkih voda nakon čega se one pumpama izbacuju u korito Crne Reke koja je udaljena od rudnika oko 5 km.



Slika 5.41. Promena nivoa podzemnih voda krovinske, međuslojne i podinske izdani pre i tokom rada bunara u ležištu uglja „Brod-Gneotino”

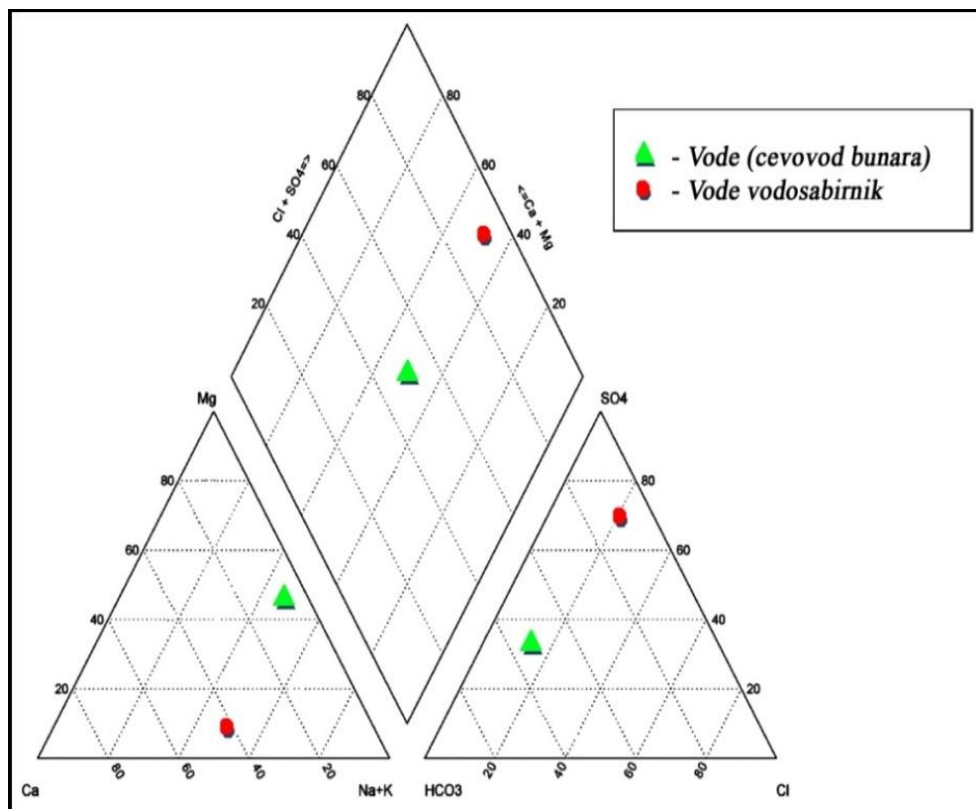
Kvalitet podzemnih voda, koje sa rudnika se ispuštaju u Crnu Reku, redovno se prati. Na osnovu rezultata ispitivanja ulaznih i izlaznih parametra rudničkih voda površinskog kopa ležišta uglja "Suvodol", može se reći da nema neke velike razlike u kvalitetu (tabeli 5.4 i slika 5.42).

Tabela 5.4. Hemijski sastav ulaznih, izlaznih, cevododa bunara i voda vodosabirnika površinskog kopa rudnika "Suvodol"

Ispitani parametar	Merna jedinica	Ulazna voda	Izlazna voda	Cevovod bunari Suvodol	Vodosabirnik Suvodol
Kiselost – pH		7,7	7,7	6,07	6,25
Ukupna tvrdina	° dH	13,18	6,44	21	47,6
Karbonatna tvrdina	° dH	12,88	13,18	21	5,04
Kalcijumova tvrdina	° dH	8,12	2,8	2,8	12,6
p – alkalitet	mVal/l	0	0	0	0
m – alkalitet	mVal/l	4,6	4,7	7,5	6,7
Kalcijum (Ca)	mg/l	58	20	20	90
Magnezijum (Mg)	mg/l	21,96	15,79	79,99	15,2
Mangan (Mn)	mg/l	0,01	0		
Gvoždje (Fe)	mg/l	0,32	0,01		
Nitrati (NO ₂)	mg/l	0,18	0,25		
Hloridi (Cl)	mg/l	6	6	71	32
Sulfati (SO ₄)	mg/l	23	40	81,96	355,88
HPK	mg/l	13	13		
Provodljivost	mS/cm	549	589	868	1281
Hrom (Cr)	mg/l	1,05	1,05		
Cink (Zn)	mg/l	0,2	0,1		
Bakar (Cu)	mg/l	0,1	0,1	0	0,1
Fosfati	mg/l	0,01	0		
Ukupan azot (N)	mg/l	2,1	2,1		
Bikarbonati HCO ₃	mg/l			457,5	109,8
Mineralizacija	mg/l			368	590

U dosadašnjem radu rudnika nisu primećena ozbiljnija hemijska zagađenja rudničkih voda, a prilog tome je i mineralni sastav sedimenata basena u koji ne postoji mogućnost pojave zakiseljavanja ili drugih hemijskih kontaminacija rudničkih voda. Takođe, niske koncentracije piritita i drugih sulfidnih minerala, značajnije reduciraju mogućnost povećanja mineralizacije i zakiseljavanja rudničkih voda.

Prema kvalitetu ove vode spadaju u visoku II-klasnu, koja se kao takva može koristiti za tehnološke namene i navodnjavanje poljoprivrednih površina.



Slika 5.42. Pajperov dijagram hemijskog sastava voda cevovoda bunara i voda vodosabirnika površinskog kopa rudnika „Suvodol“

Za potrebe ispitivanja sumarnog kvaliteta voda i njihovog uticaja na opremu i životnu sredinu u okviru otvorenog površinskog kopa ležišta uglja „Brod–Gneotino“ uzeti su uzorci vode iz vodosabirnika površinskog kopa, cevovoda bunara (tabela 5.5).

Tabela 5.5. Fizičke karakteristike i hemijski sastav voda cevovoda bunara i vodosabirnika površinskog kopa „Brod- Gneotino“

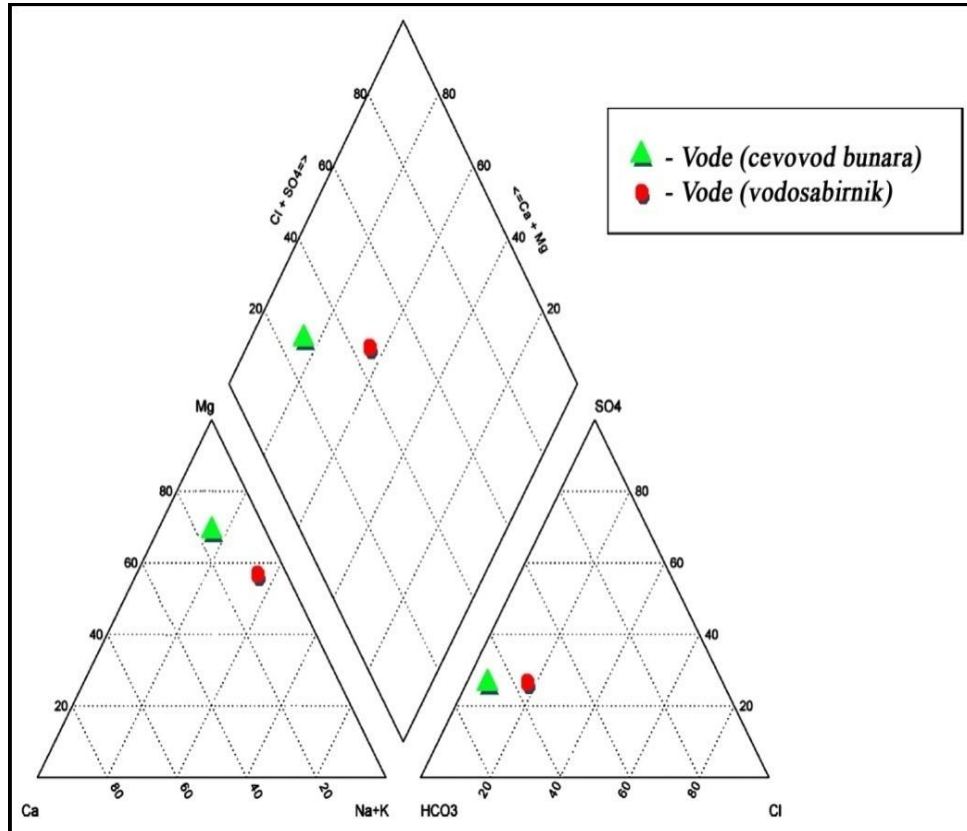
Ispitani parametri	Merna jedinica	Koncentracija		Cevovod bunari Brod-Gneotino	Vodosabirnik u rudnik
		od	do		
Kiselost – pH		6,12	9,43	5,98	6,62
El. provodljivost – eH	(mS/cm)	382,2	8.005,00	776	915
Hloridi (Cl)	(mg/l)	15	1.310,00	25	88
Sulfati (SO ₄)	(mg/l)	2,5	100,5	117,8	117,8
Kalcijum (Ca)	(mg/l)	16	668	34	26
Magnezijum (Mg)	(mg/l)	7,2	146,4	74,13	75,34
Ukupna tvrdoća	(dH°)	8,4	145,2	21,84	21
Karbonatna tvrdoća	(dH°)	7,82	184,9	18,76	19,88
Kalcijumova tvrdoća				4,76	3,64
m-alkalnost	(mg/l)	29,9	657	6,7	7,1
Bikarbonati (HCO ₃)	(mg/l)	100,19	4.007,00	408,7	433,1
Uk.mineralizacija (M)	(mg/l)	127,9	6.172,19	330	394

Vode iz vodonosnih sredina ležišta uglja „Brod–Gneotino” su hidrokarbonatnog porekla, natrijumsko-kalijumsko, magnezijumsko–kalcijumskog tipa voda. Uglavnom su neutralne od 6,12–9,43, mada se kreću od slabo kiselih do alkalnih voda, tvrde do veoma tvrde, malo mineralizovane, sem u južnom delu ležišta u zoni aluvijalne ravni gde su mineralizovane. Sve podzemne vode neogenog kompleksa sadrže gas CO₂ i imaju povećano prisustvo Fe, Mn, Pb, SO₄ i dr.

Široke prostorne varijacije elektrolitske sprovodljivosti od 382,2–8005,0 (mS/cm), sulfata od 2,5–100,5 (mg/l), hlorida od 15,0–1310,0 (mg/l) može se pripisati razlikama u litologija i hidroloških procesa. Na primer sulfat obično potiče od oksidativnog raspadanja sulfidnih minerala poput pirita (FeS₂) i dr. (Singh *et al.* 2010).

Analizom podataka o kvalitetu podzemnih voda može se zaključiti da vode ovog ležišta prema fizičko-hemijskim i bakteriološkim karakteristikama mogu se koristiti za tehnološke potrebe i navodnjavanje. Takođe iste se mogu koristiti i za piće ali posle procesa dezinfekcije i uklanjanja gvožđe, cinka i olova iz nje. Prema koncentracija parametara koji su analizirani može se zaključiti da su svi parametara u okviru dozvoljenih nivoa.

Prema makrokomponentnog sastava t.j. anjona i katjona koji preovlađavaju u rudničkim vodama po anjonski sastav su HCO₃⁻-SO₄²⁻-Cl tip voda, a po katjonski sastav su Mg-(Na+K)-Ca tip vode (slika 5.43)



Slika 5.43. Pajperov dijagram hemijskog sastava voda cevovoda bunara i vodosabirnika površinskog kopa „Brod- Gneotino“

Generalno sa aspekta hemijskog zagađenja rudničkih voda, može se zaključiti da rudarska aktivnost ne utiče mnogo na zagađivanje podzemnih i površinskih voda koje gravitiraju zoni kopa.

Za konkretnije analize daljeg rada rudnika, poželjno je posebno pratiti kvalitet podzemnih voda koje dotiču u površinski kop, atmosferske vode, zatim kvalitet atmosferilija koje se slivaju po etažama kopa i u zoni jalovišta.

U pogledu agresivnosti može se reći da su ove vode agresivne na beton i rudničku opremu. Radi povećanog prisustva soli i gasa CO_2 , prisutna je ugljenokiselinska agresivnost. Opšta kiselinska agresivnost, koja može da izazove koroziju na beton javlja se kod voda koje imaju veliki sadržaj vodonikovog jona. To su vode uglavnom u okviru krovinske vodonosne sredine kod pijezometarske bušotine 10/VIII, 15/VI₁ i 15₁/IX', u okviru prve međuslojne vodonosne sredine kod bušotine 10/VIII i u okviru podinske vodonosne sredine kod bušotone 14/VII₁, gde je $rN < 6.8$. Ipak treba naglasiti da u konkretnom slučaju se radi o slaboj opšte-kiselinskoj agresivnosti.

5.3. PROGNOZA RAZVOJA DEPRESIJE PODZEMNIH VODA U OKRUŽENJU U ZAVISNOSTI OD DINAMIKE EKSPLOATACIJE UGLJA I ODVODNJAVANJA

Poznavanjem stanja razvoja nivoa podzemnih voda tokom eksploatacije je od bitnog značaja radi postavljanja adekvatne zaštite kopova od negativnog uticaja podzemnih voda.

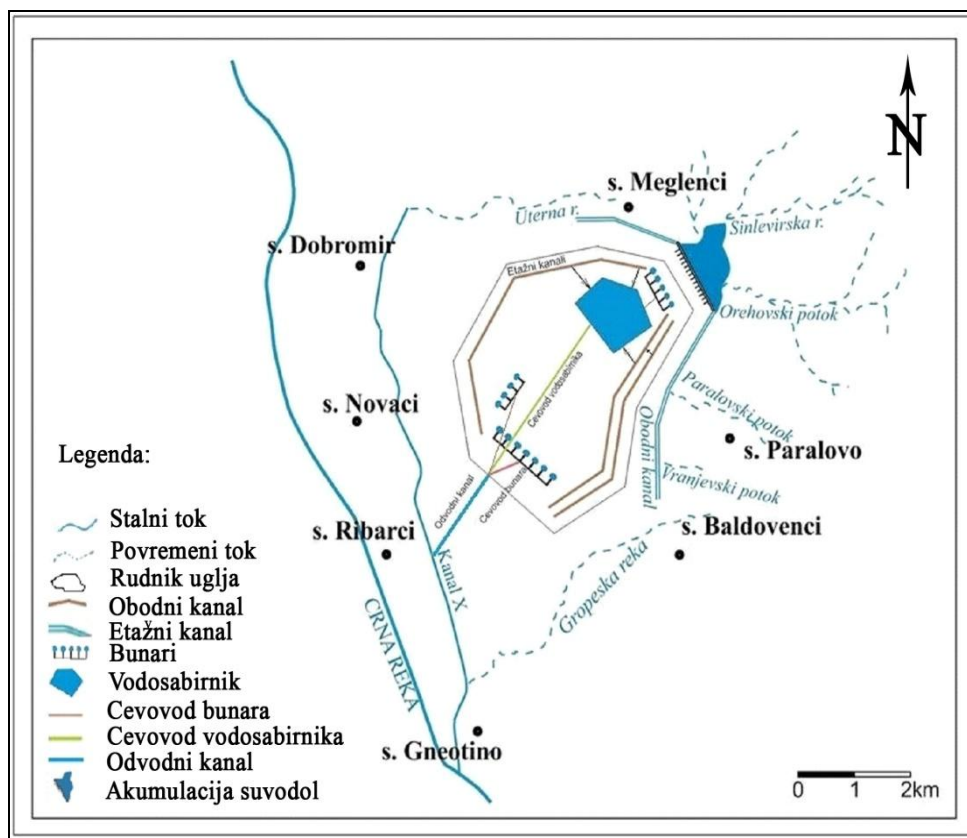
Prognoza razvoja nivoa podzemnih voda je urađena samo za ležište „Suvodol“ za potrebe odvodnjavanje podinske ugljene serije, iz razloga što ima više mernih podataka u kontinuitet, a i radi složenosti same eksploatacije uglja (velika dubina, blizina akumulacije i dr.).

U sledećem tekstu dat je opis postojećeg stanja odvodnjavanje rudnika „Suvodol“, karakteristika bunara za predodvodnjavanje podinske ugljene serije, hidrodinamička analiza režima podzemnih voda šireg područja ležišta, prognoza razvoja nivoa podzemnih voda i prognoza hidrogeoloških uslova zatvaranja i konzervacije rudarskih radova.

5.3.1. Postojeće stanje odvodnjavanja ležište uglja „Suvodol“

Eksploatacija glavnog ugljenog sloja u rudniku „Suvodol“ je u završnoj fazi. Za potrebe nesmetanog rada pre početka eksploatacije izvršena je njegova zaštita od plavljenja i iznenadnih prodora površinskih voda, a tokom eksploatacije vrši se kontinuirano odvodnjavanje rudnika (slika 5.44).

U fazi otvaranja rudnika izgrađena je akumulacija na Suvodolskoj reci, kao i obodni drenažni kanali kojima se zahvataju sve vode koje sa okolnih padina gravitiraju ka površinskom kopu. Ovim zahvatima, površinski kop „Suvodol“ štiti se od površinskih voda Suvodolske reke i slivanja voda sa okolnih padina (slike 5.45 i 5.46).



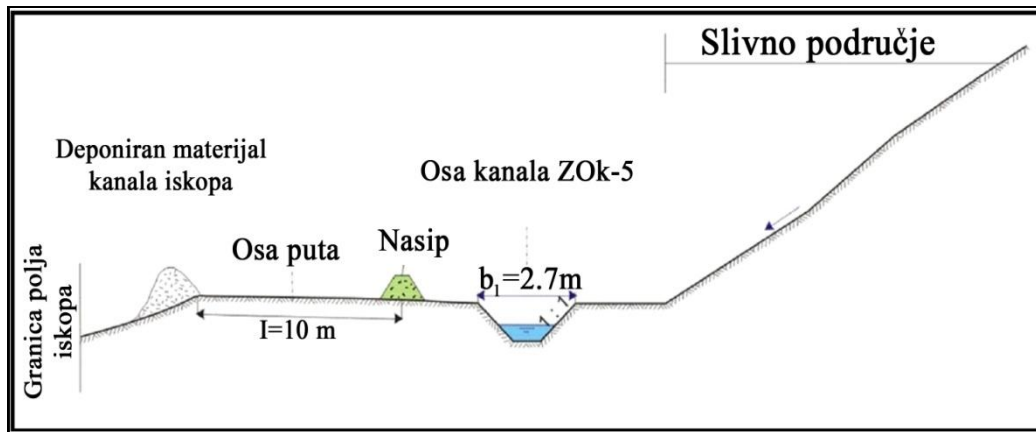
Slika 5.44. Šematski prikaz odvodnjavanja ležište uglja „Suvodol“

a) Akumulacija Suvodol

b) Obodni drenažni kanal

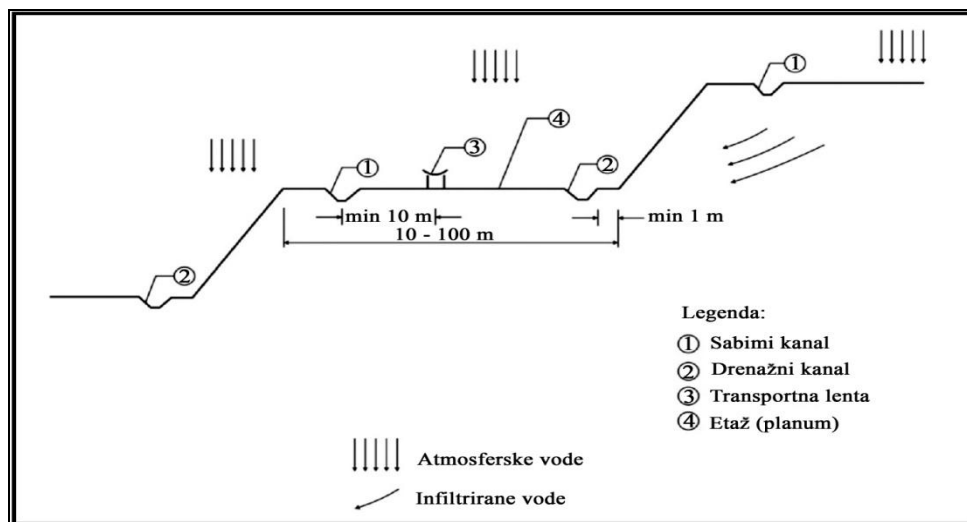


Slika 5.45. Akumulacija suvodol i obodni drenažni kanal za zahvatanje površinskih i atmosferskih voda (Foto: Boševski, 2011)



Slika 5.46. Šematski prikaz drenažnog perifernog kanala za zahvatanje atmosferske vode ZOK-5 nagib kosina 20° i 50° (Boševski S. i dr., 2011)

Podzemne vode iz kvartarnih sredina i krovinske izdani (KI) neogenog kompleksa koji se proceđuju po etažama zahvaćene su etažnim kanalima (slika 5.47). Deo voda koji iz akumulacije podzemno otiče ka rudarskim radovima, zahvata su drenažnim bunarima. Sve vode (rudničke vode) koje dospevaju u gravitaciono područje površinskog kopa usmeravaju se u centralni vodosabirnik (slika 5.48). Iz vodosabirnika se pumpama transportuje u Crnu Reku.



Slika 5.47. Šematski prikaz kanala na radnim etažama u površinski kop „Suvodol“ (Boševski i saradnici, 2011)



Slika 5.48. Centralni vodosabirnik u površinskom kopu „Suvodol“ (Foto: Boševski, 2011)

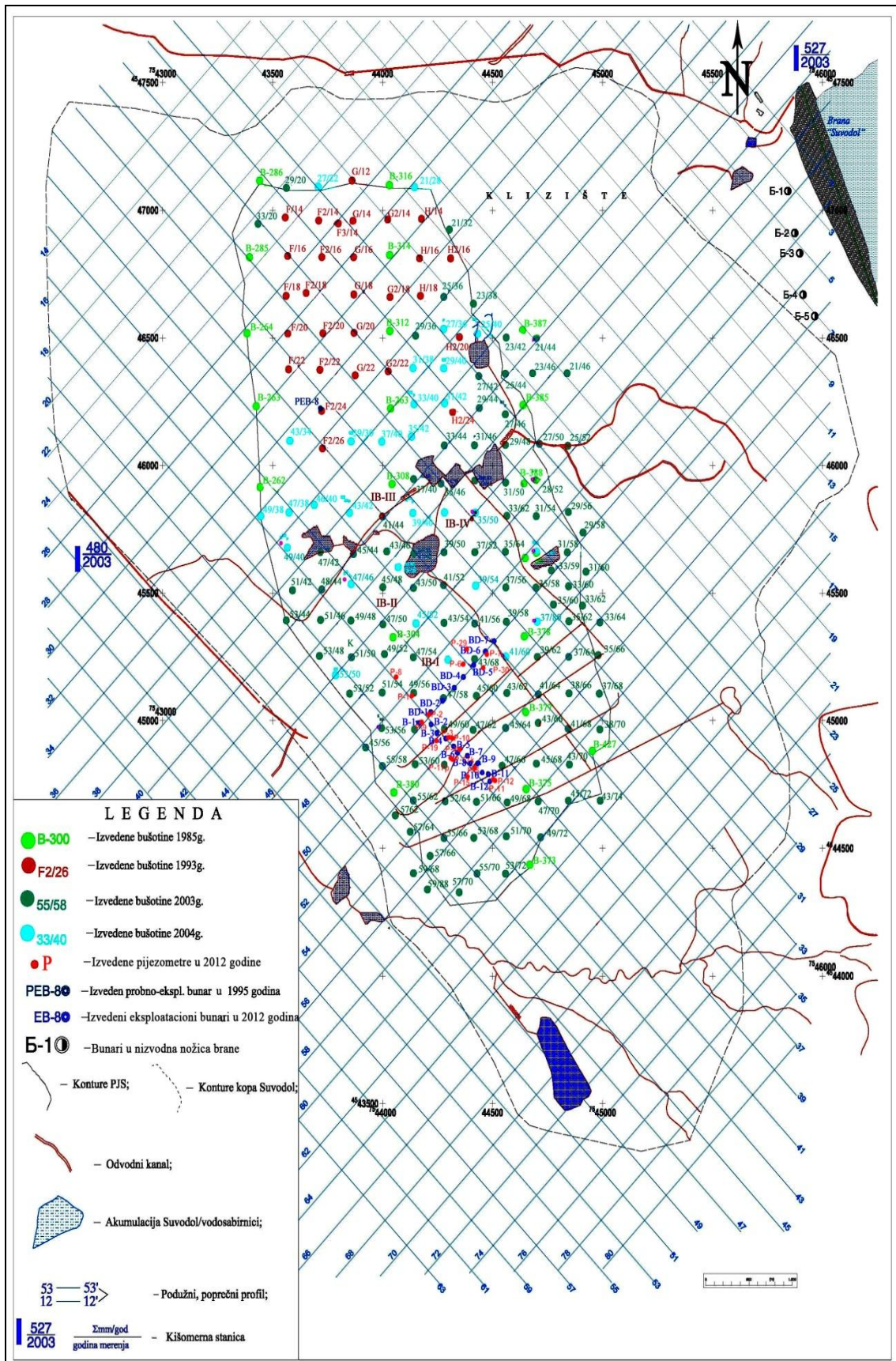
Zadnjih nekoliko godina, za potrebe pripreme eksploatacije podinske ugljene serije, izvršena su hidrogeološka istraživanja prostora centralnog dela ležišta. U zoni projektovanog useka, a za potrebe predodvodnjavanje podinske ugljene serije, urađeno je 19 bunara.

Funkcija bunara je definisati hidrogeološke parametre vodonosne sredine, kapaciteti crpljenja, sniženje nivoa podzemnih voda, kao i za potrebe prognoze razvoja depresije podzemnih voda.

5.3.2. Karakteristike eksploatacionih bunara za odvodnjavanje useka otvaranja podinske ugljene serije

Eksploatacioni bunari raspoređeni su u dva niza, i to jedan deo u pravcu SZ-JZ po profilu 49, dok je drugi deo bunara izveden u pravcu JZ-SI (slika 5.49).

Za potrebe zahvatanja podzemnih voda sa krovinske i podinske izdani izvedeno je 5 bunara (prilog 12). Nivo podzemnih voda u bunarima se pre početka crpenja kretao u granicama od 5,7-11,8 m ispod površine terena. Tokom testiranja, nivo podzemnih voda snižen je na 16,1-32,3 m ispod površine terena (tabela 5.6).



Slika 5.49. Karta istražnih radova ležište uglja „Suvodol“

Tabela. 5.6. Izdašnost bunara i nivo podzemnih voda u bunarima i pijezometrima u okviru krovinske (KI) i podinske izdani (PI) u ležištu „Suvodol“

Oznaka bunara	Kota bunara	Dubina do nivo podzemnih voda	Izdašnost bunara	Sniženje bunara	Oznaka pijezometra	Rastojanje pijezometra od bunara	Sniženje u pijezometru
N_0	Z (mnm)	NPV (m)	Q (l/s)	S_0 (m)	N_0	R_p (m)	S_1 (m)
B-1	566,35	11,8	11	17,7	P-9	77	3,3
B-3	563,24	8,8	16,6	7,3	P-3	84	1,5
B-5	560,98	6,3	19	10	P-10	89	5,3
B-7	559,63	7,1	38	9,9	P-17k	88	5,9
B-11	558,46	5,7	29	26,6	P-11	75	1,9

Za potrebe odvodnjavanja krovinske izdani, izvedeno je 7 bunara (prilog 13). Nivo podzemnih voda u bunarima pre crpenja kretao se u granicama od 4,6-10,2 m ispod površine terena. Tokom testiranja bunara nivo podzemnih voda je snižen na 11,8 do 46,7 m ispod površine terena (tabela 5.7). Pojedinačna izdašnost bunara je promenljiva i kreće se u granicama od 12,0-37,0 l/s, a posledica je velike litološke nejednorodnosti u prostoru.

Tabela 5.7. Izdašnost bunara i nivoi podzemnih voda u bunarima i pijezometrima krovinske (KI) izdani za potrebe predodvodnjavanja useka podinske ugljene serije ležišta „Suvodol“

Oznaka bunara	Kota bunara	Dubina do nivoa podz.voda	Izdašnost bunara	Sniženje nivoa vode u bunaru	Oznaka pijezometra	Rastojanje pijezometra od bunara	Sniženje u pijezometru
N_0	Z (mnm)	NPV(m)	Q (l/s)	S_0 (m)	N_0	r_1 (m)	S_1 (m)
B-2	564,54	10,18	16,4	9,25	P-2	30	2,71
B-4	562,03	8,82	12	3	P-19	18	1,61
B-6	560,03	5,35	16,8	9,83	P-4	55	0,33
B-8	559,74	7,1	37	10,34	P-5	43	2,95
B-9	558,95	6,53	36,8	14,66	P-5	16	6,53
B-10	558,75	6,24	35	18,56	P-15	24	7,08
B-12	557,71	4,59	32	23,28	P-12	21	2,97

Za potrebe odvodnjavanja podzemnih voda podinske izdani (PI), izvedeno je 7 bunara (prilog 14). Nivo podzemnih voda u bunarima pre crpenja, kretao se u granicama od 4,6 do 10,2 m ispod površine terena. Tokom testa crpenja nivo podzemnih voda kretao se u granicama od 25,8-56,9 m ispod površine terena (tabela 5.8). Pojedinačna izdašnost bunara je promenljiva i kreće se od 3,0-20,0 l/s.

Tabela. 5.8. Izdašnost bunara i nivo podzemnih voda u bunarima i pijezometrima podinske izdani (PI) za potrebe predodnjavanja useka sa podinske ugljane serije ležište „Suvodol“

Oznaka bunara	Kota bunara	Dubina do nivoa podz.voda	Izdašnost bunara	Sniženje nivoa vode u bunaru	Oznaka pijezometra	Rastojanje pijezometra od bunara	Sniženje u pijezometru
N_0	Z (mnm)	NPV(m)	Q (l/s)	S_0 (m)	N_0	r_1 (m)	S_1 (m)
BD-1	576,39	22,95	22,0	23,8	P-2	50,0	11,52
BD-2	564,6	19,50	20,0	22,57	P-1	78,0	0,36
BD-3	559,87	9,02	8,6	41,28	P-8	80,0	1,1
BD-4	563,73	13,45	15,0	30,65	P-6	68,0	0,42
BD-5	564,75	14,80	5,0	42,08	P-30	65,0	0,15
BD-6	567,22	16,65	3,0	32,35	P-29	50,0	0,12
BD-7	569,91	18,72	7,0	7,13	P-7	36,0	0,05

Tokom ovih ispitivanja izvršeno je i grupno crpenje bunara B-1 do B-7 u trajanju 24 dana. Na početku crpenja ukupni kapacitet bunara iznosio je 153,0 l/s, nakon trećeg dana isti je opao na 126,5 l/s, posle desetog dana opao je na 107,8 l/s i na kraju posle sedamnaestog dana isti je opao na 89,7 l/s (*Petreski i Trpčevska, 2014*). Ista situacija se dešava i sa sniženjem nivoa podzemnih voda u bunarima i pijezometrima kao i sa specifičnom izdašnošću bunara. Ovakva situacija je posledica toga što su bunari postavljeni blizu odnosno u zoni međusobnog uticaja.

Tokom rada bunara kapacitet crpenja kod svih bunara opao je i to od 1,0-13,0 l/s, a nivo podzemnih voda snižen za više od 40 m ispod površine terena.

5.3.3. Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda na širem području ležišta uglja „Suvodol“

Za potrebe definisanja strujanja podzemnih voda u okviru ležišta uglja „Suvodol“, urađen je hidrodinamički model.

Pri izradi hidrodinamičkog modela korišćeni su podaci o crpenju vode iz bunara i stanje nivoa podzemne vode u bunarima i pijezometrima za dva vremenska preseka: 24. januar 2013. i 31. oktobar 2013. godine (tabela 5.9 i 5.10).

Tabela 5.9. Količina crpenja i nivo podzemnih voda u bunarima za odvodnjavanje podinske ugljene serije ležišta uglja "Suvodol"

Oznaka bunara	Kota bunara	Kapacitet crpenja	Dubina do nivoa podzemnih voda	Kapacitet crpenja	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z (mm)	Q (l/s) 24.01.2013	NPV(m) 24.01.2013	Q (l/s) 30.10.2013	NPV (m) 30.10.2013
B-1	566,35	5,0	15,32	4,0	47,7
B-2	564,54	7,0	16,3	4,0	25,2
B-3	563,24	13,0	15,2	4,5	57,9
B-4	562,03	12,0	19,0	5,0	34,0
B-5	560,98	15,0	17,1	3,0	59,9
B-6	560,03	10,0	15,8	5,0	59,5
B-7	559,63	15,0	14,3	7,0	30,5
B-8	559,74	15,0	14,0	7,0	32,8
B-9	558,95	13,0	13,3	0,0	29,8
B-10	558,75	10,0	13,0	9,0	58,0
B-11	558,46	10,0	11,9	5,0	27,3
B-12	557,71	10,0	11,3	7,0	33,8
B-13	576,39	10,0	59,7	4,0	64,3
B-14	564,6	10,0	45,8	7,0	45,8
B-15	559,87	6,0	58,0	3,5	60,7
B-16	563,73	8,0	62,0	2,5	76,0
B-17	564,75	4,0	55,0	0,5	67,0
B-18	567,22	2,5	50,0	0,8	60,0
B-19	569,91	5,0	35,2	3,0	36,8

Tabela 5.10. Nivo podzemnih voda u pijezometrima za odvodnjavanje podinske ugljene serije ležišta uglja "Suvodol"

Oznaka pijezometra	Kota Pijezometra	Dubina do nivoa podzemnih voda	Dubina do nivoa podzemnih voda	Dubina do nivoa podzemnih voda
N ₀	Z (mm)	NPV (m)-početno stanje	NPV(m)31.01.2013	NPV (m) 30.10.2013
P-1(MI)	572,81	21,14	46,47	39,20
P-5	559,00	6,25	31,80	34,79
P(KI,MI,PI)	566,89	15,11	59,38	54,90
P-6	560,77	29,05	10,10	14,39
P-9	565,71	12,12	18,99	24,57
P-10	561,43	8,56	19,27	33,44
P-12	557,26	4,66	20,74	19,27
P-15	558,47	5,64	12,48	23,52
P-17 (KI)	559,68	6,14	23,97	32,80
P-19	561,85	8,84	16,93	26,77
P-3	561,69	7,14	24,30	54,22
P-4	560,27	6,,78	21,12	33,44
P-7	564,72	17,60	50,14	64,88
P-8	580,59	14,21	51,60	62,20
P-11	557,33	4,91	11,26	21,40
P-29	558,00	15,86	9,50	12,60
P-30	562,19	15,92	13,20	20,02
P-17(PI)	559,60	6,75	18,21	30,31

Koncepcija izrade hidrodinamičkog modela kopa „Suvodol“ zasniva se na simulaciji trodimenzionalnog strujanja.

Strujanje podzemnih voda je u 3D koordinatnom sistemu sa različitim filtracionim karakteristikama u pravcu koordinatnih osa sa elementima vertikalnog bilansa podzemnih voda u nestacionarnim uslovima, predstavljeno je parcijalnom diferencijalnom jednačinom:

$$\frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(K_{xx} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(K_{yy} \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \left(K_{zz} \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

Gde su:

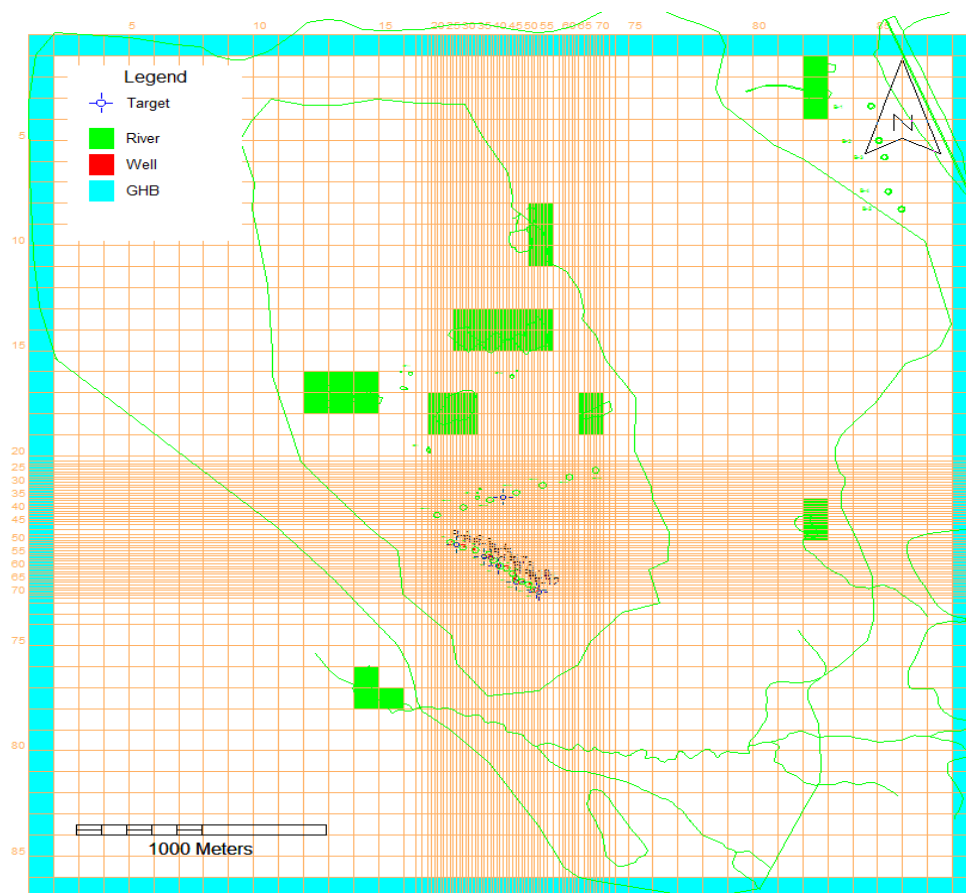
- $\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial h}{\partial y}, \frac{\partial h}{\partial z}$ parcijalni izvodi promenljivih veličina nivoa podzemnih voda duž x, y i z ose,
- $\frac{\partial h}{\partial t}$ parcijalni izvodi promenljivih veličina nivo podzemne vode u vremenu,
- W - infiltracija (parametar vertikalnog bilansa),
- $K_{(x,y i z)}$ koeficijent filtracije i
- S_s - specifično uskladištenje (1/m).

Posmatrano u vertikalnom profilu, hidrodinamički model kopa „Suvodol“ je koncipiran i izrađen kao troslojeviti model. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i rezultata sprovedenih analiza terenskih istražnih radova. Prvi modelski sloj izgrađen je od sivih, i sivozelenih peskova i peskovitih prašina koje zahvataju prostor iznad glavnog sloja uglja sa podinske ugljane serije ležište „Suvodol“. Drugi modelski sloj izgrađen je od sivih prašinstih do zaglinjenih peskova koji zahvataju prostor između ugljenih slojeva sa podinske ugljene serije ležišta „Suvodol“. Treći modelski sloj predstavljen je sivim peskovima koji su na pojedinim mestima zaglinjeni i zahvataju prostor ispod podine ugljenih slojeva predviđenih za eksploataciju.

Krovinu i podinu svih ovih vodonosnih sedimenata čine gline, ugljeviste gline i ugallj, koji su po svojim hidrogeološkim karakteristikama slabovodopropusne do bezvodne sredine, pa samim tim predstavljaju barijeru kretanju podzemnih voda.

Osnovne dimenzije matrice modela kojom je obuhvaćen izučavani teren su 3750 m x 4050 m, što obuhvata površinu od 15,2 km². Diskretizacija strujnog polja u planu je izvedena sa osnovnom veličinom ćelija 100 m x 100 m, koja je u zoni bunara pogošćena mrežom kvadrata dimenzija 12,5 m x 12,5 m (slika 5.50).

Strujanje podzemnih voda je na modelu računato i simulirano kao realno strujanje, pod pritiskom, ili sa slobodnim nivoom, u svakom polju diskretizacije pojedinačno, pri čemu su uslovi strujanja tokom vremena na modelu menjani u skladu sa realnim uslovima.



Slika 5.50. Prikaz diskretizacije strujnog polja i graničnih uslova na kopolu „Suvodol“ (zelena polja–granični uslov reka, plava polja–granica opšteg nivoa, crveni kvadrati–eksploatacioni bunari, plavi krugovi–osmatrački objekti)

Podaci o podini i povlati korišćeni za potrebe zadavanja modelskih slojeva uzeti su iz istražnih bušenja tokom istraživanjima za potrebe definisanja rezervi uglja i hidrogeoloških parametra zbijenog tipa izdani u neogenom kompleksu (poglavlje 3.1).

Kao početne vrednosti koeficijenta filtracije porozne sredine zadavane su vrednosti dobijene obradom podataka crpenja (tabela 5.6., 5.7 i 5.8).

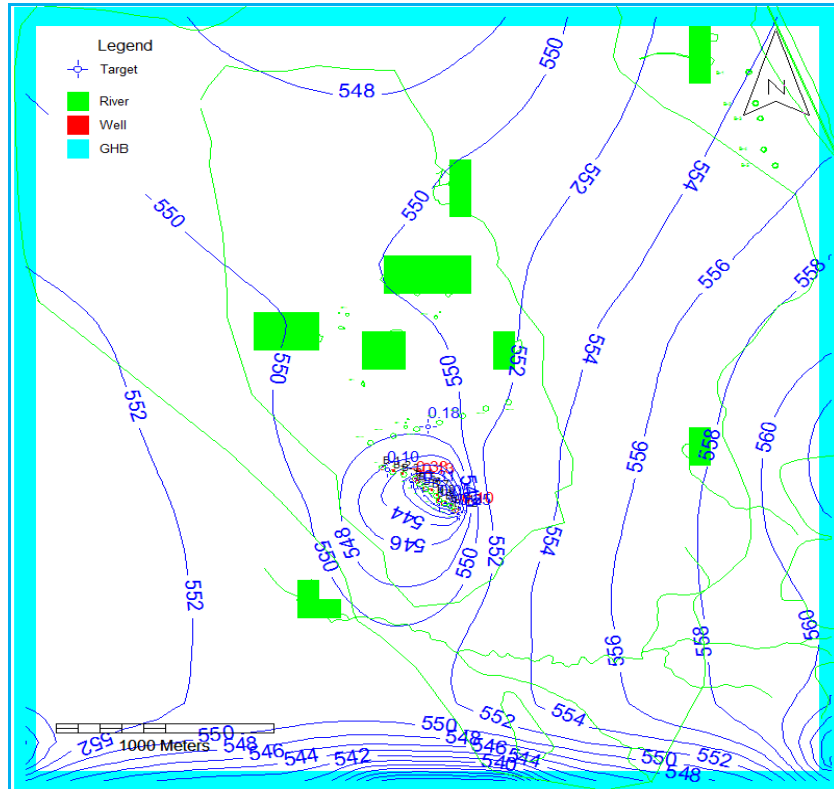
U hidrodinamičkom modelu kopa „Suvodol“, primenjeni su sledeći granični uslovi (slika 5.51):

- granica opšteg pijezometarskog nivoa–granica kojom se simulira prihranjivanje ili dreniranje analizirane strujne oblasti. Ovaj tip graničnog uslova je zadan u prvom i trećem modelskom sloju.
- granični uslov reka–kojim je simuliran hidraulički uticaj površinskih tokova i koji je zadan samo u prvom modelskom sloju.
- granični uslov sa definisanim proticajem, kojim su zadati eksploatacioni bunari (u prvom i trećem modelskom sloju).
- infiltracija padavina–zadana je infiltracija u vrednosti od 20 % prosečne višegodišnje vrednosti padavina za analizirane mesece, samo u prvom modelskom sloju.

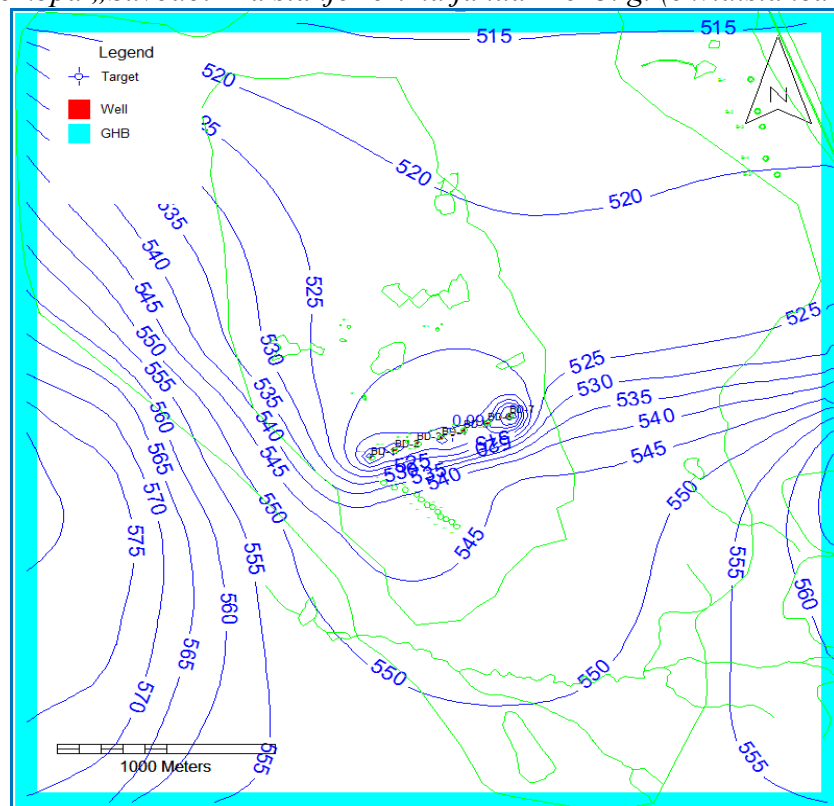
Etaloniranje modela rađeno je za stacionarne uslove strujanja podzemnih voda za stanje režima iz januara 2013.g. dok je njegova verifikacija urađena za stanje režima od oktobra 2013.godina (tabela 5.9).

Rađena je manuelna i automatska (pomoću programa PEST) kalibracija modela. Proces kalibracije modela je završen kada je dobijena zadovoljavajuća saglasnost između registrovanih nivoa podzemnih voda i nivoa dobijenih proračunom (*Brown K, and Trott S, 2014*).

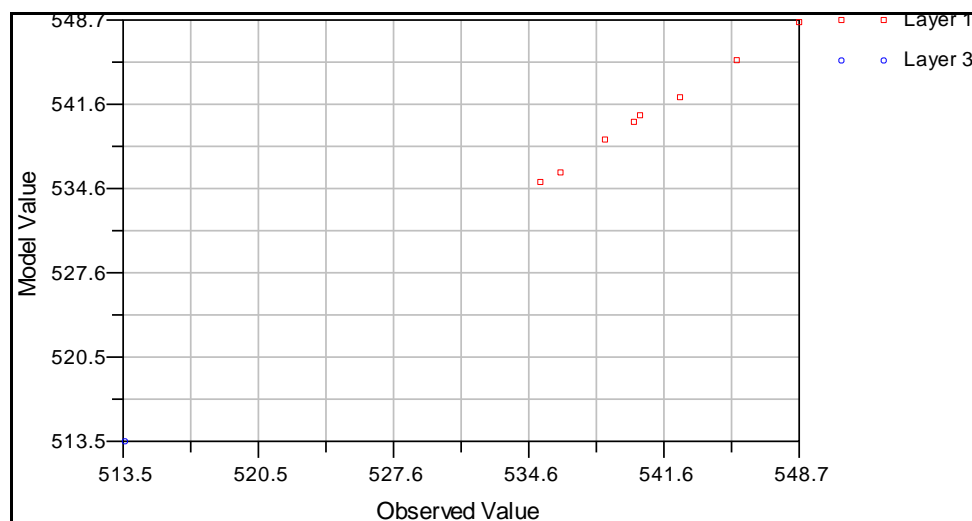
Na slikama 5.51 i 5.52 (*Polomčić i saradnici, 2015*), prikazani su rasporedi pijezometarskih nivoa u izdanima iznad glavnog podinskog ugljenog sloja i u izdani ispod podine ugljanih slojeva predviđenih za eksploataciju, za stanje režima od januara 2013. g., a na slici 5.53 korelaciona zavisnost merenih i proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima.



Slika 5.51. Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u prvom modelskom sloju šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima januar 2013. g. (ekvidistanca $e=2$ m)



Slika 5.52. Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u trećem modelskom sloju šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima januar 2013. g. (ekvidistanca $e = 5$ m)



Slika 5.53. Korelaciona zavisnost merenih i proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od januara 2013.g.

Na osnovu korelacione zavisnosti merenih i proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od januara 2013.g. može se reći da je postignuta dobra usaglašenost registrovanih i proračunatih nivoa podzemnih voda.

Prema rasporedu pijezometarskog nivoa u prvom modelskom sloju šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od januara 2013. g. može se reći da ima njegovo prihranjivanje sa istočne, jugoistočne i zapadne strane terena. Dok prema severu i jugu ima isticanje podzemnih voda sa ovog modelskog sloja.

Za treći modelski sloj (podinske izdani) prema rasporedu pijezometarskog nivoa u njemu i široj okolini kopa „Suvodol“ za stanje režima januar 2013. g. može se reći da prihranjivanje ovog sloja se obavlja na račun podzemnih voda iz pravca zapada, juga i jugoistoka, dok se u pravcu prema severu vrši dreniranje ovih izdani.

Analiza bilansa podzemnih voda je izvedena za stanje režima podzemnih voda za isti vremenski period, posebno za prvu i drugu izadan (tabela 5.11).

Tabela 5.11. Elementi bilansa podzemnih voda šireg područja kopa „Suvodol“ za sumarni kapacitet bunara od 180,5 l/s (januar 2013.g.)

Granični uslov /zona	Modelski sloj	Doticaj (l/s)	Oticaj (l/s)
1. Severna granica	MI ₁ -gornja međusl.izdan		6,5
	PI-podinska izdan		13,0
2. Zapadna granica	MI ₁ -gornja međusl.izdan	68,0	
	PI-podinska izdan	31,0	
3. Južna granica	MI ₁ -gornja međusl.izdan		9,5
	PI-podinska izdan	6,5	
4. Istočna granica	MI ₁ -gornja međusl.izdan	76,0	
	PI-podinska izdan	21,0	
5. Infiltracija padavina	MI ₁ -gornja međusl.izdan	7,0	
	PI-podinska izdan	-	
6. Eksploatacioni bunari	MI ₁ -gornja međusl.izdan		135,0
	PI-podinska izdan		45,5
Total		209,5	209,5

Analizom elemenata bilansa može se zaključiti da sa severne granice nema doticaj podzemnih voda u Suvodolsko ležište iz razloga što u ovom delu stene su slabo ispucale (gnajsevi i mikašisti). Podzemne vode neogenog kompleksa i kvartarnih sedimenata nemaju uticaja na prihranjivanje sa severne strane radi njihov pravac kretanja I-Z. Deo voda vodonosnih sredina ležišta otiče u otvorenim vodonosnim sredinama prema severu (oko 19,5 l/s).

Zapadna granica je otvorena prema pelagonijskoj kotlini, u kojoj se na više nivoa javljaju vodonosni sedimenti neogenog kompleksa, a koji su otvoreni prema samom ležištu i kao takva vrši prihranjivanje podzemnim vodama ležište „Suvodol“. Ukupno iz ove sredine u ležište „Suvodol“ dotiče oko 99,0 l/s podzemnih voda.

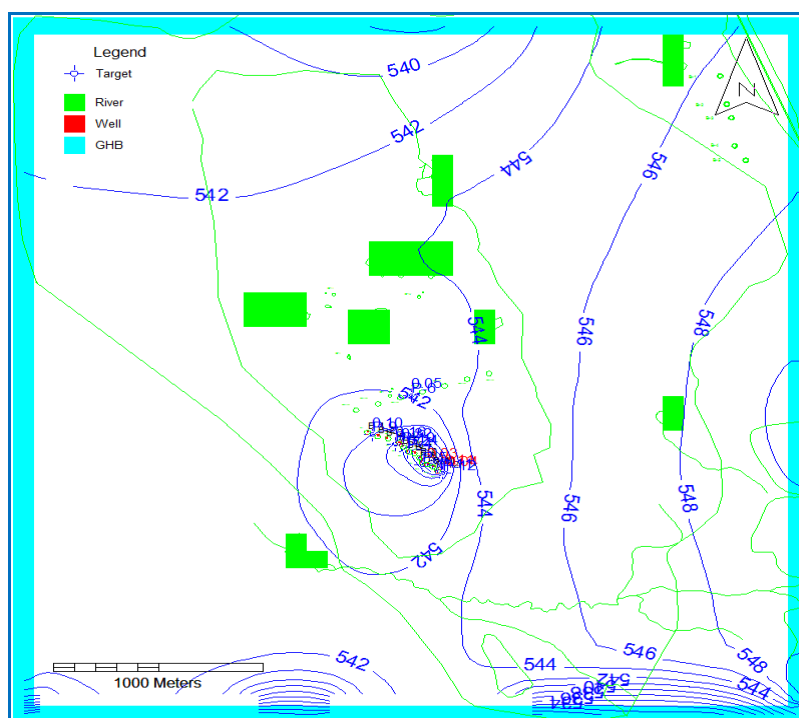
U zoni južne granice ležište „Suvodol“ iz krovinske zone imamo oticaj podzemnih voda oko 9,5 l/s u vodonosne sredine neogenog kompleksa, dok iz podinske zone (III-treći modelski sloj), kao rezultat rada bunara imamo doticaj podzemne vode i to oko 6,5 l/s u ležište.

Sa istočne strane u oba modelska sloja imamo doticaj podzemnih voda u ležište „Suvodol“. Ukupno sa ove strane u ležište dotiče oko 97,0 l/s vode. Dotok vode je iz sredina pukotinske izdani koje čine obod ležišta, a koje su na hipsometrijski višem nivou u odnosu na vodonosne sredine ležišta. Takođe, dotok vode je i iz akumulacije na Suvodolskoj reci.

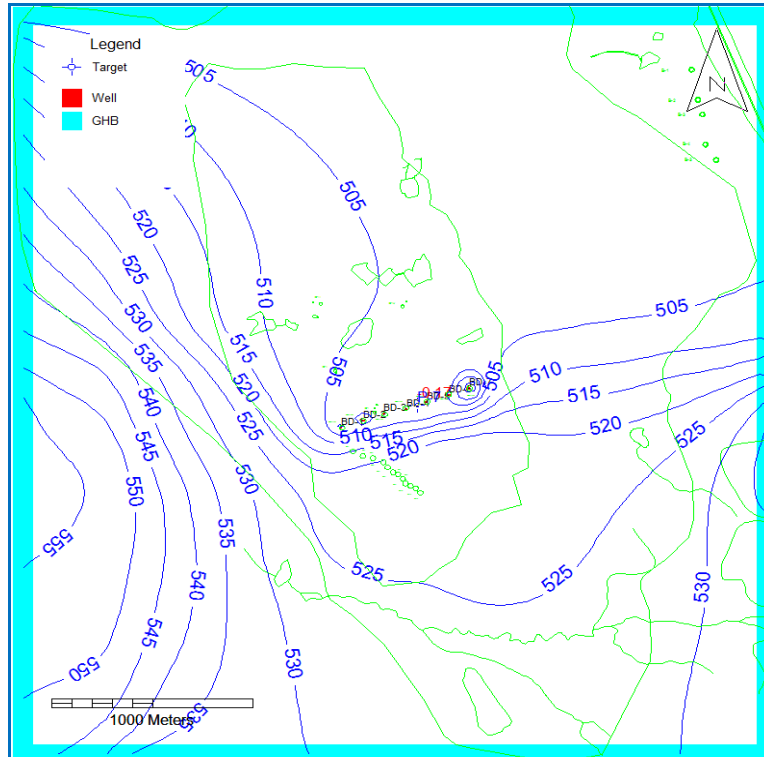
Na račun atmosferskih padavina u gornji modelski sloj infiltracijom u podzemlje ukupno dotiće oko 7,0 l/s.

Verifikacija modela rađena je za stacionarne uslove strujanja podzemnih voda za stanje režima iz oktobra 2013. godine (tabela 5.9).

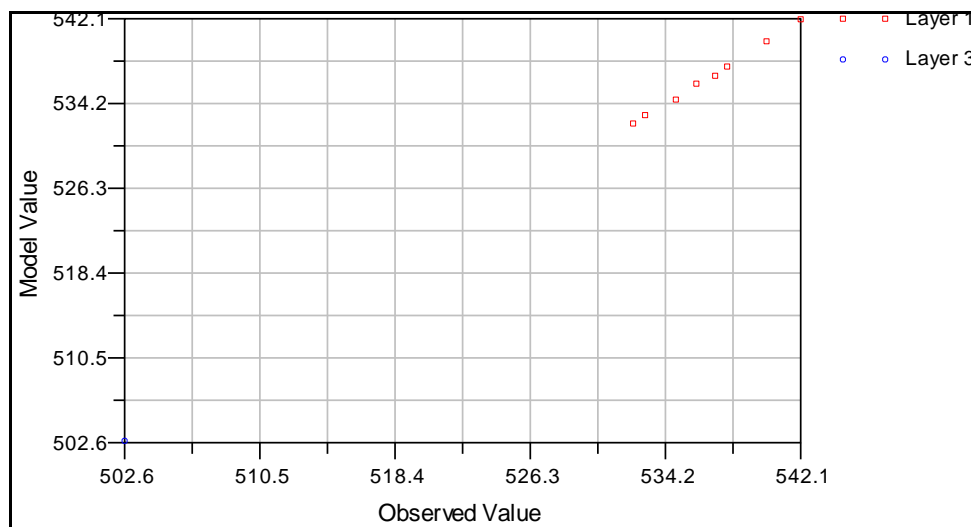
Na slikama 5.54 i 5.55 prikazani su rasporedi pijezometarskih nivoa u izdanima iznad glavnog podinskog ugljenog sloja (I-modelski sloj) i u izdanima ispod donjeg ugljenog sloja sa podinske ugljene serije predviđenog za eksploataciju (III-modelski sloj) za stanje režima od oktobra 2013. g., a na slici 5.56 data je korelaciona zavisnost merenih i sračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima.



Slika 5.54. Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u prvom modelskom sloju šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013.g. (ekvidistanca $e=2$ m)



Slika 5.55. Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u trećem modelskom sloju šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013.g. (ekvidistanca $e = 5\text{ m}$)



Slika 5.56. Korelaciona zavisnost merenih i proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013.g.

Na osnovu korelacione zavisnosti merenih i proračunatih vrednosti nivoa podzemnih voda u osmatračkim objektima šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013. g. može se reći da je postignuta dobra usaglašenost registrovanih i proračunatih nivoa podzemnih voda.

Prema rasporedu pijezometarskog nivoa u međuslojne izdan (MI_1) šire okoline kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013.g. može se reći da ima njegovo prihranjivanje sa istočne i jugoistočne strane. Dok prema zapadu, severozapadu i severu ima isticanje podzemnih voda sa ove međuslojne izdan.

Za treći modelski sloj (podinska izdan) prema rasporedu pijezometarskog nivoa u njemu i u široj okolini kopa „Suvodol“ za stanje režima od oktobra 2013. g. može se reći da se prihranjivanje ovog sloja vrši na račun podzemnih voda iz pravca zapada, juga i jugoistoka, dok se u pravcu severa ove vode dreniraju.

Analiza bilansa podzemnih voda je izvedena za stanje režima podzemnih voda od oktobra 2013. g., posebno za prvu i drugu izdan (tabela 5.12).

Tabela 5.12. Elementi bilansa podzemnih voda šireg područja kopa „Suvodol“ za sumarni kapacitet bunara od 81,8 l/s (oktobar 2013.g.)

Granični uslov /zona	Modelska sloj	Doticaj (l/s)	Oticaj (l/s)
1. Severna granica	MI_1 -gornja međusl.izdan		5,2
	PI-podinska izdan		8,0
2. Zapadna granica	MI_1 -gornja međusl.izdan	31,4	
	PI-podinska izdan	13,8	
3. Južna granica	MI_1 -gornja međusl.izdan		7,5
	PI-podinska izdan	6,0	
4. Istočna granica	MI_1 -gornja međusl.izdan	39,4	
	PI-podinska izdan	9,5	
5. Infiltracija padavina	MI_1 -gornja međusl.izdan	2,5	
	PI-podinska izdan	-	
6. Eksploatacioni bunari	MI_1 -gornja međusl.izdan		60,5
	PI-podinska izdan		21,3
Total		102,6	102,5

Analizom elemenata bilansa može se zaključiti da sa severne granice nema doticaj podzemnih voda u Suvodolsko ležište iz istog razloga t.j. u ovom delu stene su slabo ispucale (gnajsevi i mikašisti). Podzemne vode neogenog kompleksa i kvartarnih sedimenata radi njihov pravac kretanja I-Z nemaju uticaj na prihranjivanje ležišta „Suvodol“. Deo voda vodonosnih sredina ležišta oko 13,2 l/s otiče u otvorenim vodonosnim sredinama prema severu.

Zapadna granica ležišta „Suvodol“ je otvorena prema pelagonijskoj kotlini, u okviru koje se na više nivoa javljaju vodonosni sedimenti neogenog kompleksa i kao takva vrši

njegovo prihranjivanje. Ukupno iz nje u ležište „Suvodol“ dotiče oko 45,2 l/s podzemnih voda.

Sa krovinske zone južne granice ležište „Suvodol“ oticaj podzemnih voda u vodonosne sredine neogenog kompleksa je oko 7,5 l/s, dok iz podinsku izdan (PI), kao rezultat rada bunara ima doticaj podzemne vode u ležište i to oko 6,0 l/s.

Sa istočne strane u gornja međuslojna (MI₁) i podinska izdan (PI) ima doticaj podzemne vode u ležište „Suvodol“. Ukupno sa ove strane u ležište dotiče oko 48,9 l/s vode. Dotok vode sa sredina pukotinske izdani koje čine obod ležišta, a nalaze se na hipsometriski višem nivou u odnosu na vodonosne sredine ležišta i iz akumulacije na Suvodolskoj reci.

Na račun atmosferskih padavina u gornja međuslojna izdan (MI₁) infiltracijom u podzemlje ukupno se drenira oko 2,5 l/s.

U odnosu na januari dobijeni bilansni parametri su manji, a rezultat su opadanja kapaciteta bunara t.j. predimenzioniranje bunara.

Prema ovome može se zaključiti da bunari koji su izvedeni za potrebe odvodnjavanja useka su u međusobnom uticaju, usled čega se tokom eksploatacije javlja tendencija opadanja kapaciteta crpenja i opadanja nivoa podzemnih voda u njima i u piježometrima.

Sa ciljem uvida u stanje podzemnih voda u okviru rudnika uglja “Suvodol” a u funkciji racionalnog odvodnjavanja potrebno je formirati osmatračku mrežu i redovno meriti nivoa podzemnih voda. Prilikom projektovanje bunara za crpljenje podzemnih voda sa krovinske i podinske izdani, treba voditi račun o tip bunara, njihov raspored t.j isti da je prema hidrogeoloških parametara i da nisu u zoni međusobnog uticaja, odrediti pojedinačni i grupni kapacitet crpljenja bunara.

Ovakvim pristupom projektovanja sistema odvodnjavanja stvaraju se realni uslovi pri projektovanju kapaciteta crpljenja bunara i sniženja nivoa podzemnih voda u njima.

5.3.4. Prognoza razvoja nivoa podzemnih voda

Otvoranje kopa sa podinske ugljane serije ležište uglja „Suvodol“ predviđeno je sa dva spoljašnja i jednim unutrašnjim usekom sa jugozapadne strane t.j. sa same granice ležišta, u zoni poprečnih profila 48-48' (slika 5.49).

Osa useka otvaranja je paralelna sa profilskom linijom 53/53', koja je dužine 1.225 m (slika 5.57).

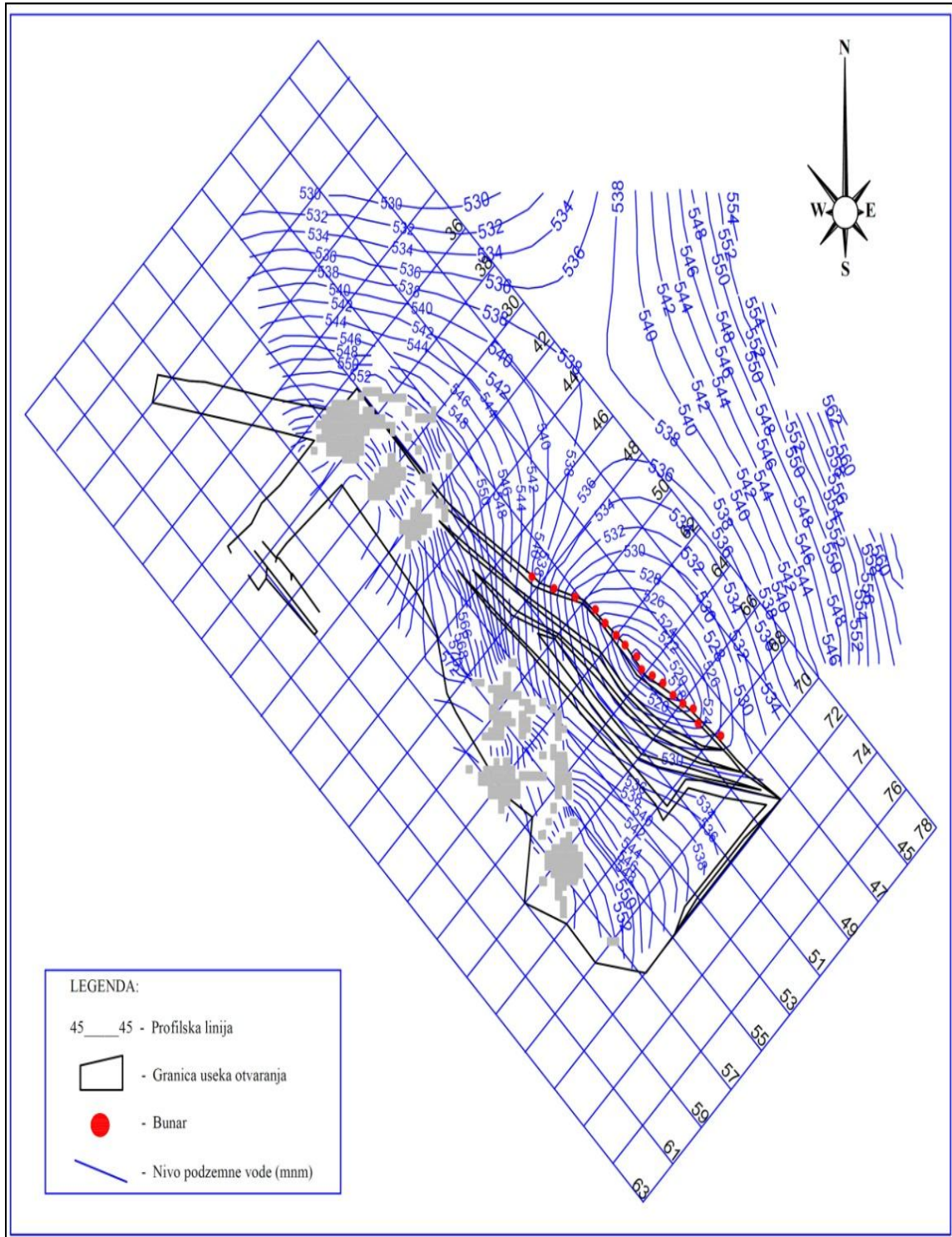
Za potrebe nesmetanog rada tokom eksploatacije urađena je prognoza razvoja depresija podzemnih voda prve međuslojne izdan sa podinske ugljane serije rudnika „Suvodol“ za prve dve godine rada sistema bunara.

Boševski S., Vujić S. i Dražić M., (2009) uradili su hidrodinamički matematički model za jednoslojnu sredinu u uslovima strujanje podzemnih voda pod pritiskom i u uslovima sa slobodnim nivoom, primenom softvera Groundwater Vistas, verzija 4.

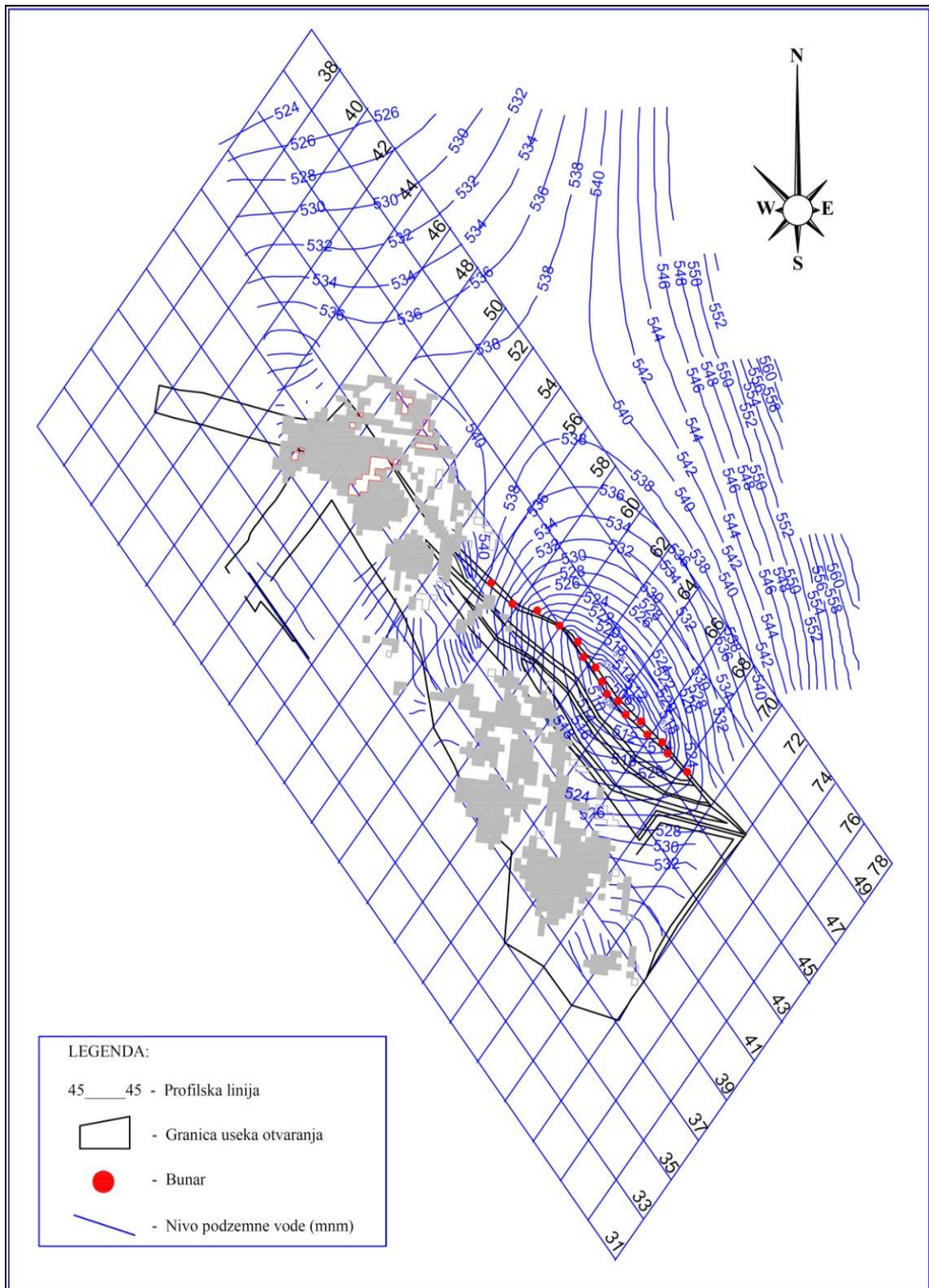
Hidrodinamičkom modelu napravljena je simulacija odvodnjavanja izdani nakon 12 i 24 meseci rada sistema bunara (slika 5.57 i 5.58). Posle prve godine odvodnjavanja očekuje se da se smanji pijezometarski pritisak ispod prve etaže kroz celu dužinu useka, ispod treće etaže na deonici između profilске linije 60–60' i 66–66', dok kod drugih deonica ispod druge etaže (slika 5.57).

Posle druge godine odvodnjavanja očekuje se da se smanji pijezometarski pritisak ispod najniže kote useka po celoj dužini, sem u deonici između profilске linije 64–64' i 68–68' (slika 5.58).

Dakle, posle 12 i 24 meseci rada bunara realno je očekivati prilive podzemnih voda sa istočne, jugoistočne i zapadne strane ležišta. Kao što je i ranije navedeno sa istočne strane glavni faktor koji utiče na prihranjivanju je Suvodolska akumulacija i deo podzemnih voda koji dotiču iz sredina pukotinskog tipa izdani, dok sa zapadne strane basen je otvoren tako da prihranjivanje je nesporno.

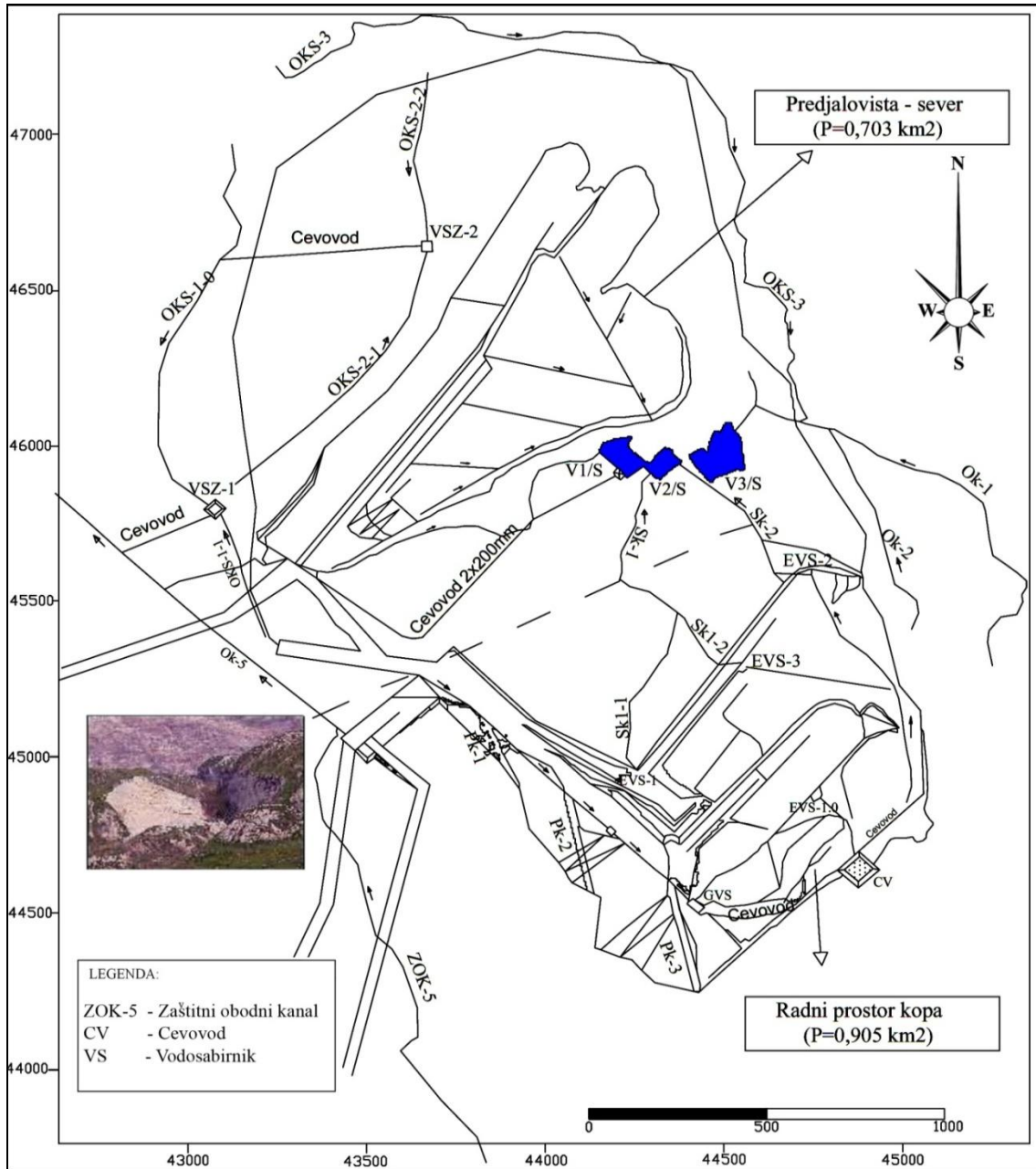


Slika. 5.57. Prognozni nivoi podzemnih voda krovinske izdani u zoni useka otvaranja podinske ugljane serije ležište uglja „Suvodol“ nakon 12 meseci rada bunara



Slika. 5.58. Prognozni nivoi podzemnih voda krovinske izdan u zoni useka otvaranja podinske ugljane serije ležište uglja „Suvodol“ nakon 24 - meseci rada bunara

Prognoza promene nivoa podzemnih voda tokom napredovanja eksploatacije u prve dve godine su u funkciji odvodnjavanja ležišta uglja „Suvodol“ i adekvatnog postavljanja vodosabirnika, kanala i pumpne stanice (slika 5.59).



Slika 5.59. Plan vodosabirnika, kanala, pumpne stanice i drenažnih bunara krajem druge godine eksploatacije uglja sa podinske ugljene serije ležišta "Suvodol"

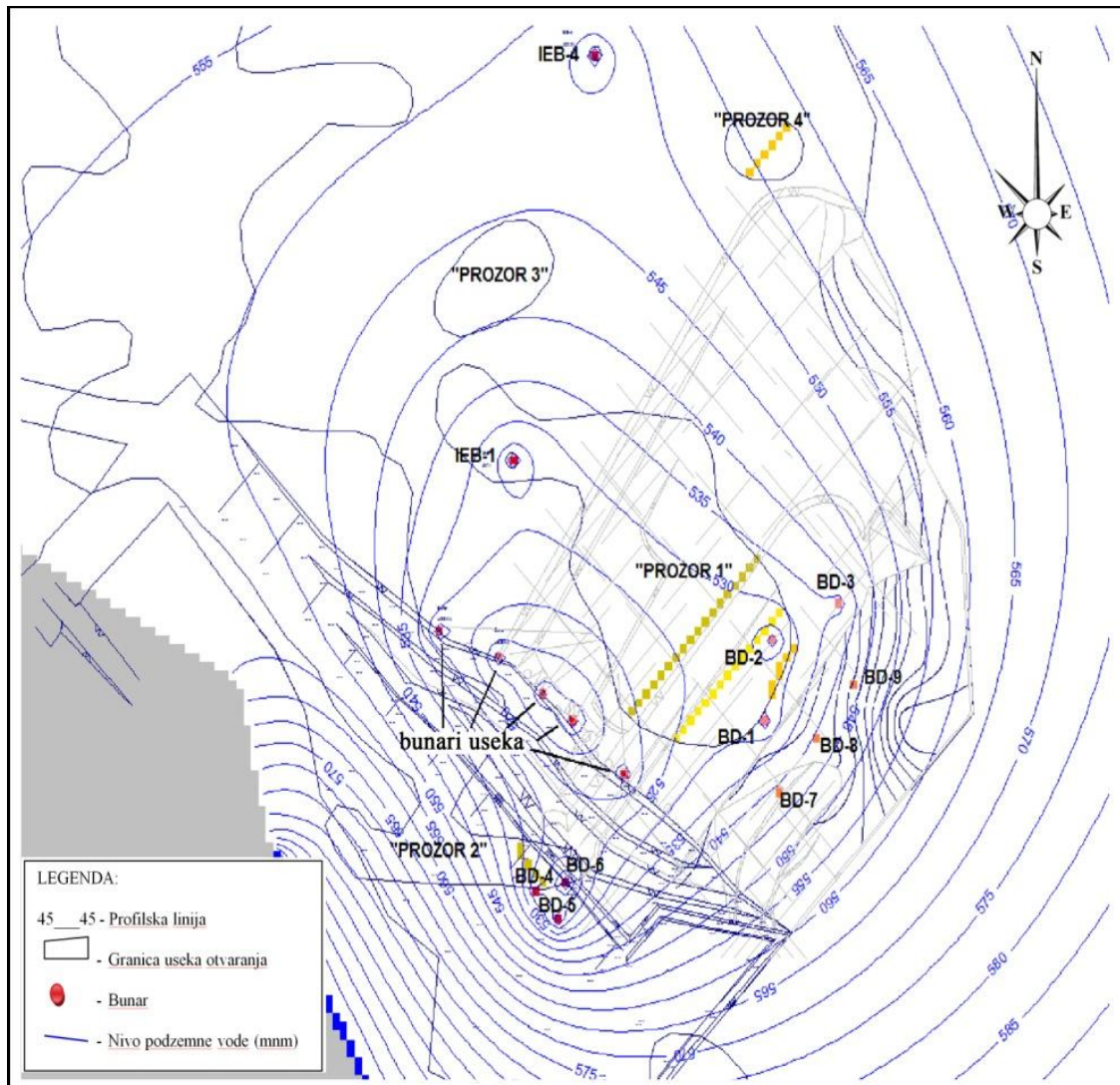
Isti autori za potrebe prognoze razvoja depresija podzemnih voda podinske izdani rudnika „Suvodol“ kao granični uslovi modela zadali su hidrodinamički uslovi zone prihranjivanja kao konture sa zadatim potencijalom u polje kao drenažni objekti, pri čemu po potrebi ubacuju se bunari ili horizontalni drenažni kanali.

U model postavljeni su „prozori“-zone direktnog kontakta podinske izdani sa ugljenom serijom, preko kojih je omogućen izlaz podzemnih voda na površinu terena tokom eksploatacije uglja. Sam momenat otvaranja „prozora“ je kritičan obzirom da u podinskoj izdani imamo visoke pritiske, zbog kojih je potrebno predodvodnjavanjem obezbediti normalne uslove za eksploataciju uglja.

Za potrebe odvodnjavanja koriste se bunari i drenažni kanali. Funkcija bunara je obaranje nivoa podzemnih voda i smanjenje pritisaka u zoni „prozora“ i šire, a drenažni kanali imaju funkciju zahvatanja vode, a ujedno i da prate front napredovanja eksploatacije na etaži. Predviđeno je ukupno pet bunara u fazi predodvodnjavanja za odvodnjavanje krovinske izdani sa ukupnim kapacitetom od 24,0 l/s i dva postojeća bunara IEB-1 i IEB-4 sa ukupnim kapacitetom od 10,0 l/s.

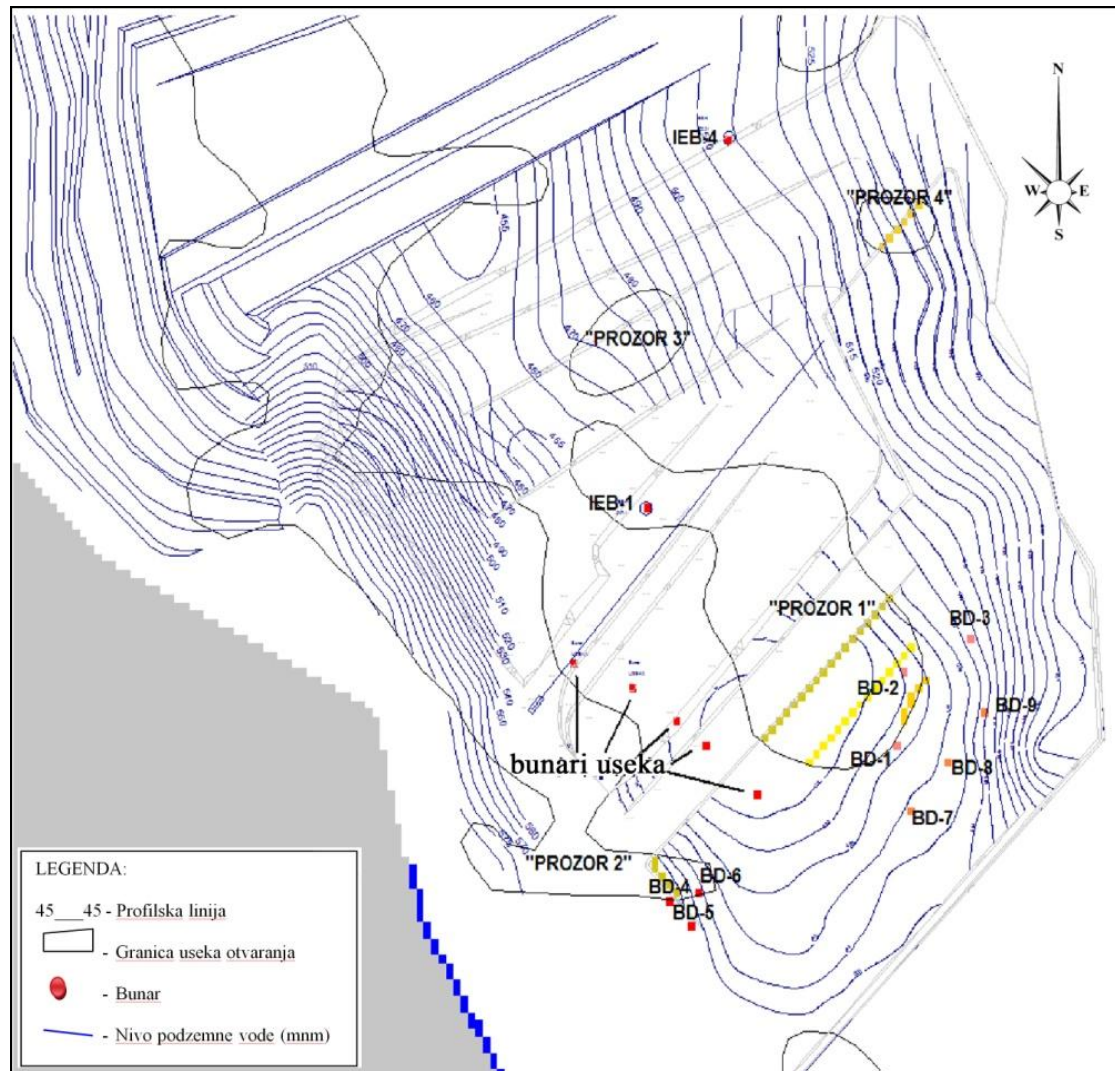
Pored ovih bunara u zoni „prozor 1“ urađena su tri bunara sa ukupnim kapacitetom od 12,0 l/s i tri bunara u zoni „prozor 2“ sa ukupnim kapacitetom od 18,0 l/s.

U prve dve godine rada bunara pijezometarski nivo podinske izdani u zoni useka snizio bi se na 515 mm, a dok u zoni prozora -1 na 525 mm (slika 5.60).



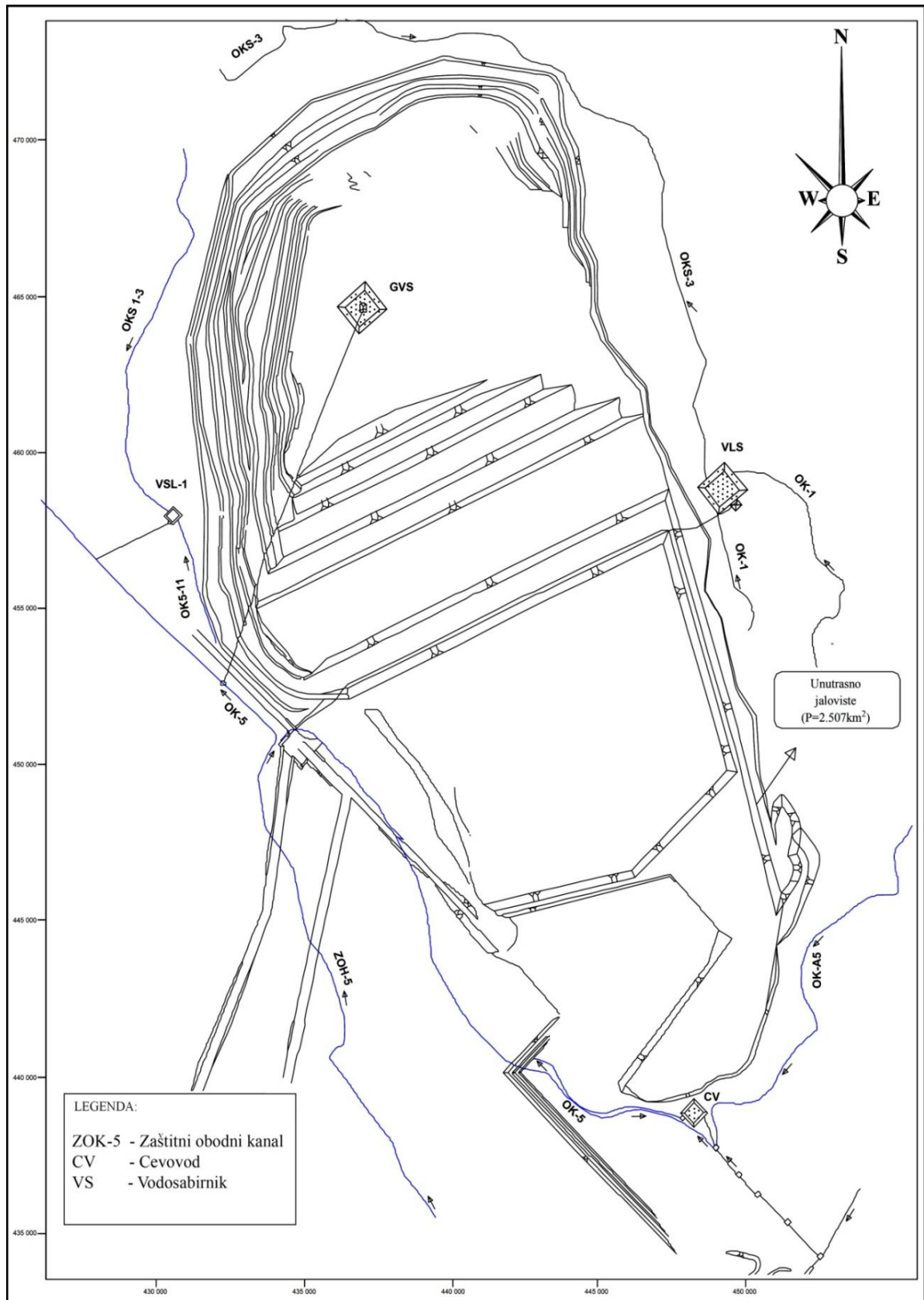
Slika 5.60. Pijezometarski nivo podinske izdani po dve godine rada bunarskog sistema sa ukupnim kapacitetom crpljenja 64,0 (l/s)

Prognoza režima podzemnih voda krajem 10-te godine eksploatacije urađena je za potrebe planiranja i postavljanja sistema za odvodnjavanje (slika 5.61). Prognoza je neizvesna radi karakteristike podinske izdani i njihov značaj u eksploataciji podinske serije, pored registrovanih pritisaka, potvrđen je i diskontinuitet t.j. fizički i hidraulički kontakt izdani sa podinom uglja, znači postoje prozori čije zone predstavljaju potencijalnu opasnost na bezbednost rada u određenim vremenskim uslovima. Zatim režim podzemnih voda podinske izdani u periodu eksploatacije podinske ugljene serije uglavnom zavisi od položaja fronta napredovanja i na kraj promene morfologije terena na unutrašnjim odlagalištima, koja bi imala uticaj na opterećenje terena i promenu režima podzemnih voda t.j. povećanje arteskog pritisaka podzemnih voda dubljih vodonosnih sredina i dr.



Slika 5.61. Konture fronta napredovanja eksploatacije podinske ugljane serije krajem 5 i 10 godine eksploatacije

Prognoza promene nivoa podzemnih voda napredovanjem eksploatacije tokom desete godine, kao i na kraju eksploatacije su u funkciji odvodnjavanja ležišta uglja „Suvodol“ i adekvatnog postavljanja vodosabirnika, kanala i pumpne stanice (slika 5.62).



Slika 5.62. Plan vodosabirnika, kanala, pumpne stanice i drenažnih bunara krajem eksploatacije uglja sa podinske ugljane serije ležište „Suvodol“

5.4. PREDLOG MERA ZAŠTITA PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA OD NEGATIVNIH EFEKTA EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA UGLJA

Eksploatacija uglja u rudnik „Suvodol“ i neposrednoj okolini ima negativni uticaj na izmeni hidrogeoloških uslova terena. Isti ogleđa se preko izmeni režima podzemnih voda t.j. promene nivoa podzemne vode tokom eksploatacije, promene kvaliteta podzemnih voda i promenu struktura zemljišta.

U funkciji zaštite podzemnih i površinskih voda od negativnih efekta eksploatacije uglja u oba rudnika pre i tokom eksploatacije potrebno je sprovesti određene mere i to: odlaganje rudne jalovine, prečišćavanjem rudničkih voda, konzervacija radova na mestima gde je završena eksploatacija, rekultivacija jalovišta, smanjenje emisija čestica iz termoelektrane i monitoring podzemnih voda.

Eksploatacija uglja na površinskim kopovima, dovodi do gubitka zemljišta, a iskopom jalovine (sloja zemlje iznad i između uglja) nastaju deposoli koji se deponuju na površini zemlje ili delovima iskopa. U zoni rudnika „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ deposoli su uglavnom na površinama koje su prekrivala plodna deluvijalna – aluvijalna zemljišta. Plodna, poljoprivredna zemljišta su praktično uništena, a na mestima gde je izvršen iskop, za formirane deposole slobodno se može reći da nemaju proizvodni potencijal. Novonastali otkopi katastrofično odslikavaju ove prostore, a spontana vegetacija koja se pojavljuje posle dužeg niza godina tek donekle ublažuje ovu sliku. Stoga, tehnologija koja se trenutno primenjuje pri iskopu i eksploataciji lignita, bez revitalizacije deposola i formiranih pepelišta termoelektrana, ima za posledicu brojne ekološke, geomorfološke i hidrološke promene.

Eksploatacija uglja sa jedne i odlaganje „jalovinskog“ materijala sa druge strane su uzroci pojave rizika u neposrednoj okolini ležišta.

Od rizika koji bi se javili u okviru ležišta eksploatacijom uglja i “jalovine” i njeno odlaganje očekuju se: ispiranje materijala, sleganje terena, stvaranje jaruga i potkopavanje (klizanje terena).

Ispiranje materijala t.j. mehaničko iznošenje materijala vetrom sa kosinama i površinama kojima se odlaže materijal, a koje nisu rekultivirane.

Sleganje terena očekuje se prilikom povećavanja zbijenosti tla i dodatnog opterećenja, ako je kao takvo može da predizvika pojava pukotina, klizanje terena i dr.

Pojava jaruga po kosinama prilikom intenzivnih padavina, kao takve utiču na izmene veštačkog reljefa. Iste u sliv jezera svojim tokom nose material i vrše njegovo zapunjavanje, a lokalno utiče na promenu kvaliteta voda prilikom hemijskog rastvaranje materijala.

Potkopavanje i klizanje terana nastaje kvašenje zemljišta vode u zoni kontakata između oboda jezera i kosine odlagališta, a koja prouzrokuje njegovo potkopavanje, pojava pukotina, stvaranje kliznih površina i klizanje terena.

U funkciji zaštite neophodno je pre početka eksploatacije tretirati zemljište namenjeno za potrebe odlaganje jalovine, a dok tokom eksploatacije postaviti sistem kojima bi se zahvatile sve drenirane vode koje bi oticale sa kosinama jalovišta i takođe prethodnom tehnološkom obradom pre ispuštanje u rečne tokove (*Dragišić, 2005*).

Pvršinski kopovi uvek su izloženi eroziji što ima za posledicu značajnije povećanje čvrstih čestica u vodi. Ovakve pojave direktno utiču na kvalitet voda, koji se prenosi i na kvaliteta biocenoze koja obitava u njima. Sa druge strane povećani sadržaj metala i čvrstih čestica u vodi utiče na smanjenje sadržaja kiseonika u vodama pri čemu se smanjuje i prozračnost vode a koja dovodi do prekida osnovnih procesa u razmeni materija u vodenim ekosistemima.

Pošto veza između vodenog ekosistema zavisi od koncentracija opasnih materija uzrokovanih rudničkim aktivnostima a samo zagađenje može se proširiti i na širi region rudnika. Međutim, ipak se ne očekuju veći uticaji zagađenja otpadnim rudničkim vodama putem voda Crne Reke, koja se uliva u reku Vardar odnosno kasnije dospeva i u Egejsko more iz razloga što otpadne vode sa rudnika su za sada boljeg kvaliteta od kvaliteta voda same reke.

Kvalitet podzemnih voda za sada je u nenarušeno stanje, šta znači da su podzemne vode dobrog kvaliteta, no za potrebe praćenje kvaliteta podzemnih voda i prognoze rizika tokom eksploatacije potrebno je uspostaviti monitoring t.j. pratiti kvalitet površinske i podzemne vode, kao i njihove fizičke, hemijske, geološke i hidrogeološke karakteristike sredina. U funkciji tretmana voda modeliranjem u ArcView GIS potrebo je raditi analizu površinskog oticaja (*Gomes et al., 2011*).

Kvalitet otpadnih voda u rudnicima uglja uključujući i otpadne vode koje se skupljaju u vodosabirnicima u površinskim kopovima „Suvodol“ i „Brod - Gneotino“ redovno se prate (tabela 5.13).

Tabela 5.13. Fizička svojstav i hemijski sastav otpadnih voda u REK- Bitolj (datum analize 10. 04.2006 godine)

Indeks	Merna jedinica	Dobijene vrednosti	Makro i mikroelementi	Merna jedinica	Dobijene vrednosti
Ukupna tvrdoća	°dH	57,4	Anjoni		
Karbonatna tvrdoća	°dH	3,08	Hlor (Cl)	mg/l	7,5
Kalciumova tvrdoća	°dH	11,2	Sulfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	251
Alkalitet-"m"	mVal	1,1	Fosfati (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0,04
Alkalitet „p“	mVal	0	Katjoni		
Silikati-SiO ₂	mg/l	12	Amonijak (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,13
pH-vrednost		7,62	Kalcium (Ca ²⁺)	mg/l	80
Konduktivnost	µS/cm	1600	Magnezium (Mg ²⁺)	mg/l	200
HPK	mg/l	48,8	Ukupno gvožđe	mg/l	0,09
KMnO ₄	mg/l	31,6	Mangan (Mn ²⁺)	mg/l	0,59
Suspendovane materije	mg/l	39	Olovo (Pb ²⁺)	mg/l	0,77
Suvi ostatak filtrirana voda	mg/l	1640	Cink (Zn ²⁺)	mg/l	0,04
Ukupni azot	mg/l	2	Nikel (Ni ²⁺)	mg/l	0,2
Fenoli	mg/l	0,13	Bakar (Cu ²⁺)	mg/l	0,01
Nitriti (NO ₂ -N)	mg/l	0,004	Kadmium (Cd ²⁺)	mg/l	0,01
Nitrati (NO ₃ -N)	mg/l	2,2	Hrom (Cr ^{3+;6+})	mg/l	0,01

Na osnovu upoređenja dobijenih rezultata sa dozvoljenim vrednostima može se zaključiti da je koncentracija izmerenih parametra u okviru dozvoljenih granica. Vode koje se ispuštaju u Crnu Reku kontrolišu se tako da njihov kvalitet svaki put odgovara kvalitetu kategorije vode same reke.

U REK-Bitolj postoje dva tipa voda koje se ispuštaju i to vode koje su mehanički zagađene i vode koje su hemijski zagađene. Voda koja su mehanički zagađene prečišćavaju se sedimentacijom čestica u taložnom jezeru, pri čemu se posle tretmana mogu ponovo koristiti. Deo ovih voda se pumpama izbacuje u korito Crne Reke.

Hemijski zagađene vode se podvrgavaju odgovarajućim tretmanima. Tretiraju se kiselinom ili bazom u zavisnosti od trenutne pH-vrednost sakupljene vode. Po završetku tretmana voda treba da ima pH vrednosti između 6 i 9. Posle ovog tretmana voda ide u taložnik, pri čemu se po završetku taloženja i neutralizacije ista odvodi do rudnika i koristi se za prskanje pepela u toku transporta. Oko 99 % tretirane vode koristi REK-Bitolj, a deo vode posle tretiranja ispušta se u rečno korito Crne Reke.

Jedna od mera, a u funkciji zaštite životne sredine je i smanjenje emisija čestica iz termoelektrane. U REK-Bitolj redovno se kontroliše emisija čestica koje iz termoelektrane se ispuštaju u atmosferu, u funkciji njihovog smanjenja potrebno je pratiti savremene tehnologije i primenjivati tipova filtra koji bi minimizirali emisiju ispusnih gasova u atmosferi.

Promene nivoa podzemne vode tokom eksploatacije sagledan je kroz prognozu razvoja nivoa podzemnih voda u ležište „Suvodol“ tokom eksploatacije (poglavje 5.3.4). Prema nje podzemne vode posle 10-te godine eksploatacije u ležište „Suvodol“ bile bi na nivo od oko 515 mm, a dok u zoni krajne konture kopa one bi bili na nivo oko 585-590 mm (slika 5.61). Za potrebe sagledavanje i praćenje stanje nivoa podzemnih voda i preuzimanje konkretnih mera za sprečavanje problema potrebno je uspostaviti redovan monitoring podzemnih voda u oba rudnika, pri čemu za ove namene potrebno je formirati osmatračku mrežu.

Za potrebe održavanja stabilnosti novoformiranog reljefa neophodan proces posle svake eksploatacije mineralnih sirovina je izrada plana za rekultivaciju, revitalizaciju i uređenje prostora eksploatacionog polja (slika 5.63).

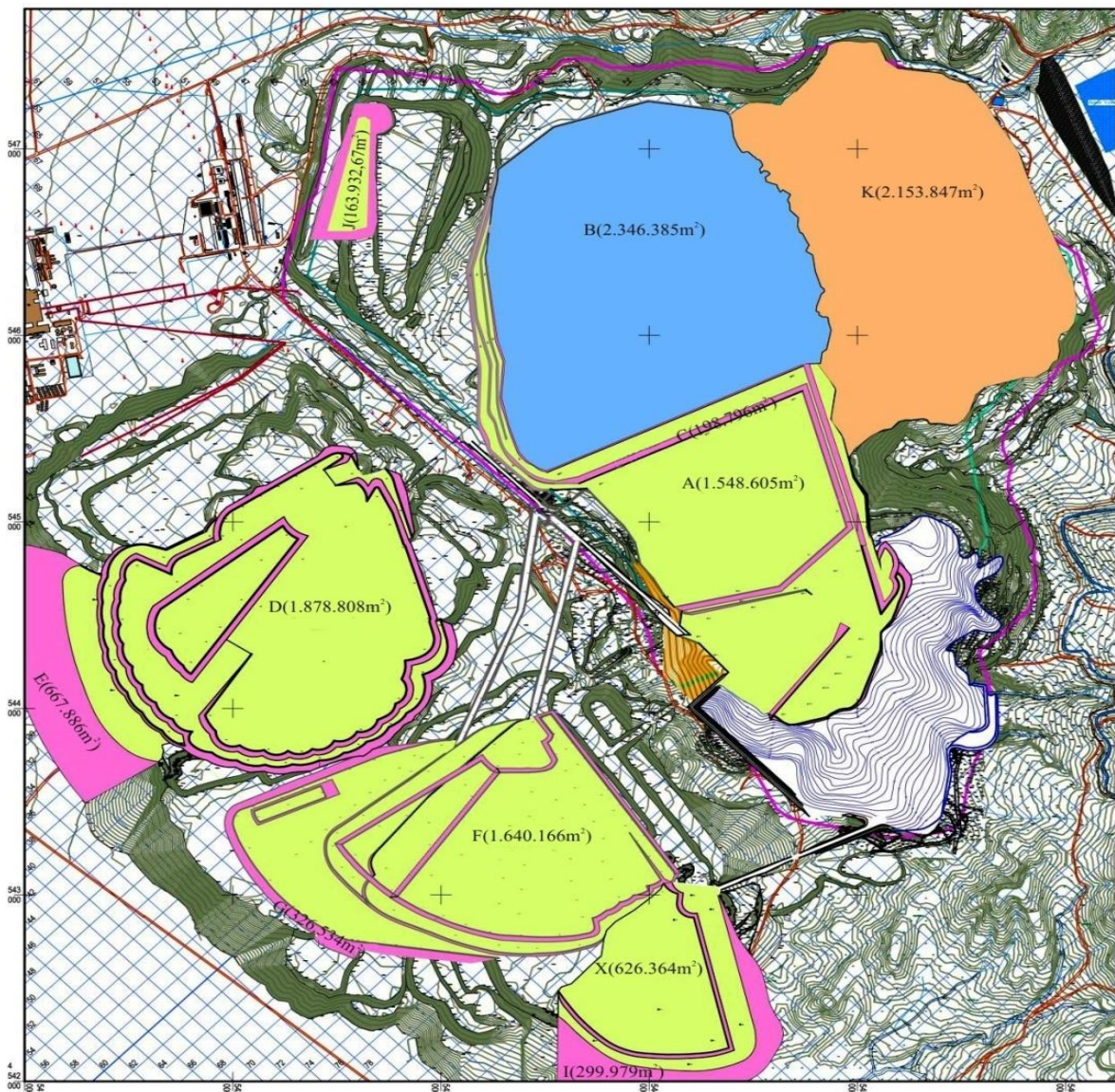
Plan za zatvaranje rudnika “Suvodol” pored rekultivacije novonastalih površina predviđa i formiranje novo jezero u najdublji delovi površinskog kopa. Za potrebe popunjavanje vodom jezero procena potrebnog vremena zasniva se na njegov obim i bilans voda (padavine, isparavanje i podzemni dotok vode) t.j ukupni prilivi vode u rudnik "Suvodol" (*Sena C, and Molinero J, 2009*). Na osnovu bilansa vode na račun atmosferskih padavina u površinski kop “Suvodol” prosečno dotiče $61,66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, od kojih na isparavanje ide $40,45 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (tabela 4.6), a dok na račun podzemnog dotoka u kop imamo ukupno dotiče 38,13 l/s.

Potrebnog vremena popunjavanje vode jezero je proizvod proračuna zapremine jezera i priliva vode u njemu. Za površinu jezera od $2.346.385,00 \text{ m}^2$ i prosečnu dubinu jezera od 10 m potrebno vreme za zapunjavanjem vode jezero je oko 12,5 godina.

Površine koje treba rekultivirati su: unutrašnje odlagalište, kosine oko unutrašnjeg odlagališta i jezero, zapadno spoljašnje odlagalište, jugozapadno spoljašnje odlagalište, ukupno spoljašnje odlagalište i kosine oko njih, sever-severozapadna deponija i orografski stabilizaciono neregulirano klizište ispod brane (tabela 5.13).

Ukupne površine koje treba rekultivirati su 9.506.917,67 (m²), od kojih na odlagališta i konture površinskog kopa 7.189.138 (m²), u čijoj strukturi imamo 5.695.943 (m²) ravne površine i 1.493.195 (m²) kosih površina, a završetkom eksploatacije uglja doći će i do prestanak rada pridružnih objekata.

Rekultivacija kosina sa unutrašnjeg odlagališta i jezero predviđena je sađenjem žbunjastih biljaka i trave. U zoni jezera ravne površine zasadiće se travom i topole, a dok u zoni spoljašnjih odlagališta rekultivacija ravnih površina i kosina biće sađenjem crnog bora, bagrema i dr.



Slika 5.63. Površinski kop podinske ugljene serije ležišta „Suvodol“ predviđen za rekultivaciju

Legenda: A-unutrašnje odlagalište, B-jezero, K- klizište ispod brane, J-deponija, D i F-zapadno spoljašno odlagalište, X-jugozapadno spoljašno odlagalište

Tabela 5.13. Površine predviđene za rekultivaciju površina i kosina po završetku eksploatacije uglja sa podinske ugljane serije ležišta uglja „Suvodol“

Redni broj	Lokacija		Površina (m ²)		Kosina (m ²)	Ukupno (m ²)
1	Unutrašnje odlagalište	A	1.548.605			1.548.605
2	Kosine unutrašnje odlagalište i jezero			C	198.796	198.796
3	Zapadno spoljašno odlagalište	D	1.878.808	E	667.886	2.546.694
4	Zapadno spoljašno odlagalište	F	1.640.166	G	326.534	1.966.700
5	Jugozapadno spoljašno odlagalište	H	628.364	I	299.979	928.343
6	Ukupna spoljašna odlagališta i kosine oko njih		4.147.338	H	1.294.399	5.441.737
7	Sever-severozapadna deponija	J	163.932,67	-	-	163.932,67
8	Orografski i stabilizaciono neregulirano klizište ispod brane	-	-	K	2.153.847	2.153.847
9	Ukupno:		5.859.875,67		3.647.042	9.506.917,67

Pozitivni efekti rekultivacije novoformiranog reljefa završetkom eksploatacije uglja ležište „Suvodol“ su preko oplemenjivanje površine i njihovo stavljanje u korisno stanje, očuvanja zdrave životne sredine, restauracija i obogaćenje biodiverziteta koji je uništen tokom eksploatacije uglja kao i lokalni razvoj turizma neposrednog regiona.

Ekološki značaj budućeg jezera je veoma značajno t.j. stvoriće se povoljni mikroklimatski uslovi, povećaće se biodiverzitet biljnog i životinskog sveta, dok ekonomska valorizacija je putem stvaranje uslova za odgajanje ribe, rekreaciju, sport i.t.d.

U funkciji tretmana voda modeliranjem u Arc View GIS potrebno je raditi analizu površinskog oticaja (*Gomes et al., 2011*). Za te potrebe t.j. prognoze rizika tokom eksploatacije potrebno je uspostaviti monitoring za praćenje kvaliteta površinske i podzemne vode, kao i praćenje njihove fizičke, hemijske, geološke i hidrogeološke karakteristike sredine.

6. ZAKLJUČAK

Ležišta uglja koja se predmet istraživanja, nalaze se u krajnjem jugoistočnom i južnom delu Pelagonijske kotline. Ovaj deo Makedonije karakteriše umereno kontinentalna klima, sa izuzetno niskim količinama padavina, toplim i sušnim letima i dosta hladnim zimama. Hidrografska mreža u ovom delu Pelagonijske kotline je slabo razvijena. Najveći vodotok je Crna Reka koja pripada slivu Vardara, odnosno Egejskog mora. Po obodu kotline izdižu se visoke planine (Selečka, Baba, Nidže i Ilinske planine), sa nadmorskom visinom i preko 2000 m.n.m.

Paleoreljef kotline čine starije prekambrijumske kristalaste stene (mikašisti i gnajsevi), preko kojih su nataložene mlađe neogene i kvartarne naslage. Za neogene naslage Pelagonijske kotline vezana su značajna ležišta uglja („Suvodol“, „Brod-Gneotino“ i „Živojno“), od kojih su prva dva u eksploataciji, a treće u pripremi. Ugalj se javlja u više slojeva različite debljine, između kojih se nalaze klastični sedimenti (glinae, peskovi i dr.).

U hidrogeološkom pogledu dominiraju izdani u kompleksu neogenih, pretežno peskovito-glinovitih sedimenata. Za peskovite delove kompleksa vezane su izdani zbijenog tipa, koje zavisno od strukturno-geoloških i morfoloških uslova mogu imati slobodan ili nivo pod pritiskom. Izdani se nalaze ispod, između ili iznad ugljenih slojeva. To su tzv. podinske, međuslojne i krovinske izdani. U određenim hidrogeološkim uslovima, neke od pomenutih izdani mogu biti povezane. Po hemijskom sastavu to su najčešće malomineralizovane podzemne vode hidrokarbonatne grupe složenog katjonskog sastava. Tako se sreću natrijumske, kalcijumske i magnezijumske vode. Za pojedine delove ugljenog basena, karakteristično je prisustvo mineralnih ugljokiselih voda sa visokim sadržajima gasa CO₂, koji na nekoliko lokaliteta komercijalno se eksploatišu.

U podini ugljenog basena nalaze se kristalaste stene sa prisutnim pukotinskim tipom izdani. Generalno, ove stene se slabo ovodnjene, bez značajnijih rezervi podzemnih voda.

Na ovodnjenost ležišta uglja, odnosno rudarskih radova u rudnicima „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“, utiče niz prirodnih i antropogenih faktora. Od prirodnih treba istaći strukturno-geološke, hidrogeološke, geomorfološke, meteorološke i hidrografsko-

hidrološke, a od antropogenih, pre svega metodu eksploatacije i odvodnjavanja ležišta. Tokom eksploatacije uglja, u rudarskim radovima (površinski kopovi), formiraju se rudničke vode. Njihovo formiranje vezano je za isticanje podzemnih voda, pre svega iz izdani u peskovitim naslagama neogene starosti. Pored podzemnih, na formiranje priliva rudničkih voda, značajnu ulogu imaju i atmosferske vode. Prosečni prilivi voda u konture površinskog kopa "Suvodol" iznose oko 120 l/s, a u konture površinskog kopa "Brod-Gneotino" u proseku dotiče oko 130 l/s.

Odvodnjavanje ležišta uglja u rudnicima „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ vrši se kombinovano, pomoću obodnih kanala za prihvatanje površinskih voda koje se slivaju sa padina, kanala za prihvatanje vode na etažama kopova i eksploatacionih bunara za crpenje podzemnih voda.

Sve podzemne vode koje se crpe bunarima i atmosferske vode koje se slivaju u ležištama uglja „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ cevovodima i etažnim kanalima zahvataju se i sprovode se u centralni vodosabirnici iz kojih pumpama pomoću cevovoda izbacuju se u Crnu Reku.

Eksploatacija uglja u rudnicima „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“, značajno je uticala na okolnu sredinu, pre svega kroz degradaciju prirodnog reljefa i hidrografske mreže, izmenu flore i faune, izmenu režima podzemnih voda i zagađivanje površinskih voda.

Uticaj eksploatacije uglja na flor i fauna u zoni područja rudnika u najvećoj meri je putem efekta zauzimanja površine, zagađenje vazduha i sniženje nivoa podzemnih voda.

Eksploatacijom uglja stvorene su depresije velikih površina, pri čemu je uništena lokalna hidrografska mreža. Iz prirodnog okruženja otkopane su velike mase uglja i okolnih sedimenata, što je neminovno izazvalo i uništenje delova izdanskih zona, a preko njih i trajni gubitak kvalitetnih podzemnih voda. Sa otkopavanjem uglja i sedimenata kroz degradaciju površine terena, i sniženje nivoa podzemnih voda usled odvodnjavanja, vezano je odumiranje pojedinih biljnih i životinjskih vrsta. Kao posledica ovih aktivnosti u potpunosti je uništena postojeća vegetacija i deo faune. Pomenute aktivnosti pored buke i vibracija uticale su migraciju faune.

Zagađenje vazduha eksploatacijom i sagorevanjem uglja u okviru ležišta „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“ pored mogućeg negativnog uticaja na ljudsko zdravlje ima uticaj i na okolinu (povećavanje kiselosti vode i tla, redukcije aktivnosti mikroorganizama,

smanjenje mineralizacije azota). Uticaj zagađenog vazduha je rezultata povećane koncentracije SO₂ i crnog dima u njemu, a ogleda se direktno kontaminacijom flore i indirektno preko atmosferskih padavina na promenu kvaliteta podzemnih voda pa samim tim i flore, a koja posredno uzrokuje i migraciju faune.

Negativan uticaj rudarske aktivnosti na podzemne vode manifestuje se preko izmene njihovog režima (promene nivoa podzemnih voda, proticaja, lokalno pravaca kretanja, precrcpljivanje rezervi i promena kvaliteta vode t.j. njihovo fizičko i hemijsko zagađivanje). Primera radi, nivo podzemnih voda u neogenim sedimentima krovinske izdani u ležištu „Suvodol“, u odnosu na prirodno stanje, snižen je za više od 40 metara ispod površine terena.

Podzemne vode u ležište uglja „Suvodol“ formirane su iz atmosferskih padavina u iznosu od 2,5 l/s i podzemne vode neogenim sedimentima koje dotiču sa zapadne, istočne, južne i jugoistočne strane u količini oko 94,1 l/s.

U funkciji zaštite podzemnih i površinskih voda od negativnih efekta eksploatacije uglja u oba rudnika pre i tokom eksploatacije potrebno je sprovesti određene mere tokom odlaganje rudne jalovine, prečišćavanjem rudničkih voda, konzervacija radova na mestima gde je završena eksploatacija, rekultivacija jalovišta, smanjenje emisija čestica iz termoelektrane i monitoring podzemnih voda.

Za potrebe racionalnog planiranje i postavljanje adekvatnog sistema odvodnjavanja potrebno je formirati osmatračku mrežu i redovno vršiti monitoring podzemnih voda kod oba rudnika „Suvodol“ i „Brod-Gneotino“.

Pozitivni efekti završetkom eksploatacije uglja ležište „Suvodol“, a u funkciji očuvanja zdrave životne sredine ogledaju se preko preuzimanja konkretnih mera tokom zatvaranja, konzervacije rudarskih radova i rekultivaciju terena (zatravljanje i pošumljavanje kosina jalovišta, uređenje prostora i obala oko vodene površine).

LITERATURA

1. Aleksandrov M, Ivanovski A, Ristevski P, Ilievski D i Georgievski S, 2001: Elaborat za klasifikacija i kategorizacija na rezervite na jaglen vo naogjališteto "Brod-Gneotino (sostojba juni 2001 godina), Kniga 1 GEING, Skopje.
2. Andreevski B, 1995: Jagleni. Posebno izdanie, Rudarsko-geološki fakultet, Štip.
3. Arsovski M, 1997: Tektonika na Makedonija, Rudarsko-geološki fakultet, Štip.
4. Boreli M, 1966: Bilans podzemnih voda, Seminar Jugoslovenskog komiteta za međunarodnu hidrološku deceniju, Beograd.
5. Boševski M, 1977: Razvojniot pat na vodostopanstvoto na Pelagonija i negovoto značenje vo razvojot na vkupnoto stopanstvo. Fond na Vodostopanstvo Bitola.
6. Boševski S, Vujić S, Dražić M, 2009: Glaven rudarski proekt za otvoraње i eksploatacija na jaglenot od PJS rudnik „Suvodol”, Studija za vlijanieto na PK. PJS vrz životnata sredina. Fond na AD Elektrani na Makedonija – Skopje.
7. Brown K, and Trott S, 2014: Ground water Flow Models in Open Pit Mining: Can We Do Better? Mine Water Environ, pp. 187-190).
8. Bukowski P, Bromek T, and Augustyniak I, 2006: Using the DRASTIC System to Assess the Vulnerability of Ground Water to Pollution in Mined Areas of the Upper Silesian Coal Basin. Mine Water and the Environment, pp. 15-22.
9. Cvijić J, 1906: Osnovi za geologiju i geografiju Makedonije i stare Srbije. Skan, knj. 1, Beograd,
10. Dimitrakopoulos D, Louloudis G, Koumantakis J, 2012: Environmental Impacts in Relation to the Ground Water in Open Lignite Mines of P.P.C, Greece. International Mine Water Association, pp. 243-253.
11. Dimitrijević N, 1988: Hidrohemija, metode hemijskih analiza prirodnih voda i hidrohemijskih istraživanja. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
12. Dimov M, 2005: Elaborat za hidrogeološki i inženerskogeološki istraživanja na podinskata jaglenova serija vo P.K. "Suvodol". Fond Gradežen institut „Makedonija“ AD Skopje.
13. Dragišić V, 1997: Opšta hidrogeologija. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

14. Dragišić V, 2005: Hidrogeologija ležišta mineralnih sirovina. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
15. Dumurđanov N, Hristov S, Pavlovski B i Ivanova V, 1981: Tolkuvač i Osnovna geološka karta za listovite Vitolište i Kajmakčalan. Izd. Sojunzi zavod Beograd. Fond na Geološki Zavod -Skopje.
16. Dumurđanov N, Serafimovski T and Burchfiel C, 2008: Geneza i litostratigrafija na neogenskite i pleistocenskite baseni vo Makedonija. I-Kongres na geolozi na RM, Zbornik na trudovi Ohrid, s. 29-52.
17. Đorđević N, Lazarevski J, 1998: Tektonika ugljanih basena u Makedoniji. I Međunarodno savetovanje o površinskoj eksploataciji uglja, Beograd, s. 353-363.
18. Gligorijević Lj, 1977: Završen elaborat za inženersko geološki i geomehanički ispitivanja na pregradnoto mesto "Suvodol" i naogališta na gradežen materijal. Institut za Geotehnika i Hidrogeologija. Fond na Geološki zavod, Skopje.
19. Gomes C, Mendes C, Costa J, 2011: The Environmental Impact of Coal Mining: A Case Study in Brazil's Sangao Watershed. Mine Water Environ, s. 159-168.
20. Filipović B, 1981: Metode hidrogeoloških istraživanja I. Naučna knjiga Beograd.
21. Ilijovski Z i Mihailovski S, 2013: Završen izveštaj od izvedba na eksploatacioni bunari vo PK-PJS vo REK – Bitola. Fond na Elektrani na Makedonija A.D. Skopje.
22. Ivanovski L i Pešovska S, 2008: Konečen Elaborat od izvedeni 12 eksploatacioni bunari na lokalitet „Brod-Gneotino“–Bitola, fond na Gradežen institut „Makedonija“ A.D, Skopje.
23. Ivanovski L, Paskov P, Raleva E, i Kostaovski V, 2012: Geološki i strukturno-tektonski karakteristiki na jaglenovoto naogjalište „Živojno“. II-Kongres na geolozite na Republika Makedonija, Kruševo, s. 139-146.
24. Ivanovski L i Raleva E, 2012: Elaborat za klasifikacija i kategoriyacija i presmetka na rezervite na jaglen vo jaglenovoto naogalište „Živojno“. Fond Gradežen institut „Makedonija“ AD, Skopje.

25. Jardon S, Ordones., Alvares R, Cienfuegos P and Loredó J, 2013: Mine Water for Energy and Water Supply in the Central Coal Basin of Asturias (Spain). *Mine Water Environ*, pp. 139-151.
26. Jovanov K, Micevski E, 1994: Elaborat od hidrogeološkite istraživanja vo podinskata jaglenova serija "Suvodol". Fond na "Geohidroproekt", Skopje.
27. Jovanov K, 1995: Elaborat za detalni hidrogeološki istraživanja vo P.J.S. (Probno eksploatacionen bunar i piezometar za nabljuduvanje). Fond na "Kruna-Dril", Skopje.
28. Jovanov K, 1997: Hidrogeološki karakteristiki i hemizam na podzemnite vodi vo zbijeniot tip na izdani vo Suvodolskiot basen. III Sovetuvanje na Vodostopanstvo na R. Makedonija, Ohrid, s. 263-272.
29. Jovanov K, 1997: Uticaj rudnika "Suvodol" na vodoprivrednu problematiku šireg područja. Seminarski rad na Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
30. Jovanov K, 1999: Rezerve i bilans podzemnih voda rudnika "Suvodol". XII Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženerskoj geologiji, Novi Sad, 91-98.
31. Jovanov K, 1999: Hidrometeorološke karakteristike i hidrogrami oticaja sa sliva Suvodolske reke i površinskog kopa rudnika "Suvodol". XII Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženerskoj geologiji, Novi Sad, s. 99-108.
32. Jovanov K, 2000: Elaborat od izvedenite istraživanja so presmetka na rezervite na mineralna voda i jaglenoroden dvoosid gas CO₂ od naogališteto na lokalitetot s. Egri, opština Bitola. Fond na „Geoinženering-M“ DOOEL, Skopje.
33. Jovanov K, 2003: Hidrogeološke karakteristike i uslovi ovodnjenosti ležišta uglja "Suvodol". Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
34. Jovanov K, Stolić N i Georgievski S, 2003: Elaborat za hidrogeološkite istražuvawa i ispitivanja vo podračjeto na jaglenovoto naogjalište "Brod-Gneotino" II-faza Izveduvanje na probno-eksploatacioni polinja, GEING, Skopje.
35. Jovanov K, Stolić N, 2006: Hidrogeološki parametri na jaglenovoto naogalište „Brod – Gneotino” vo zonata na usekot. Zbornik na trudovi, ZEMAK –Ohrid, s. 591-602.

36. Jovanov K, 2008: Priliv na rudničkite vodi vo jaglenovoto naogalište „Suvodol”. I-Kongres na geolozi na Republika Makedonija, Zbornik na trudovi Ohrid, s. 457-466.
37. Jovanov K, Todorova D, 2012: Hidrogeološki karakteristiki na jaglenovoto naogalište „Živojno“. II - Kongres na geolozite na Republika Makedonija, Kruševo, s. 395-402.
38. Jovanov K, Mitrev S, 2016: Forecast of influx and calculating the balance of groundwater in the mine "Suvodol" - Bitola, Republic of Macedonia, journal Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences. Vol 69, issue No2.
39. Jovanovski M, 1996: Elaborat od izvršenite geološki, inženerskogeološki i hidrogeološki istraživanja vo severoistočniot del na ležišteto "Suvodol". kniga 1, Fond na Gradežen fakultet, Skopje.
40. Jovanovski M, 1998: Elaborat od izvršenite geološki, inženerskogeološki i hidrogeološki istraživanja i ispitivanja vo zonata na mikrolokacija 5 vo istočniot del na P.K. "Suvodol", kniga 1. Katedra za Geotehnika. Gradežen fakultet, Skopje.
41. Karajovanović M, Ivanovski T, 1979: Tolkuvač za osnovnata geološka karta na listovite Bitola i Lerin. Izd. Sojuzen zavod Beograd. Fond na Geološki Zavod, Skopje.
42. Karajovanović M, 1984: Elaborat za rudnite rezervi na jaglen na ležišteto „Živojno”. Fond na Geološki Zavod, Skopje.
43. Karajovanović M, 1988: Elaborat za klasifikacija i kategorizacija na rudnite rezervi na jaglen na ležišteto „Brod-Gneotino”. Fond na Geološki Zavod, Skopje.
44. Kotevski G, 1987: Hidrogeologija na mineralnite termalnite i termomineralnite vodi vo teritorijata na SRM. Samoupravna praktika, Skopje.
45. Lončar I, 1975: Elaborat za hidrogeološkite odliki na jaglenoviot basen "Suvodol" Bitola. Fond na Geološki Zavod, Skopje.
46. Lončar I, 1976: Izveštaj za hidrogeološkite istraživanja na terenot istočno od s. Aglarci-Bitola, Fond na Geološki Zavod, Skopje.

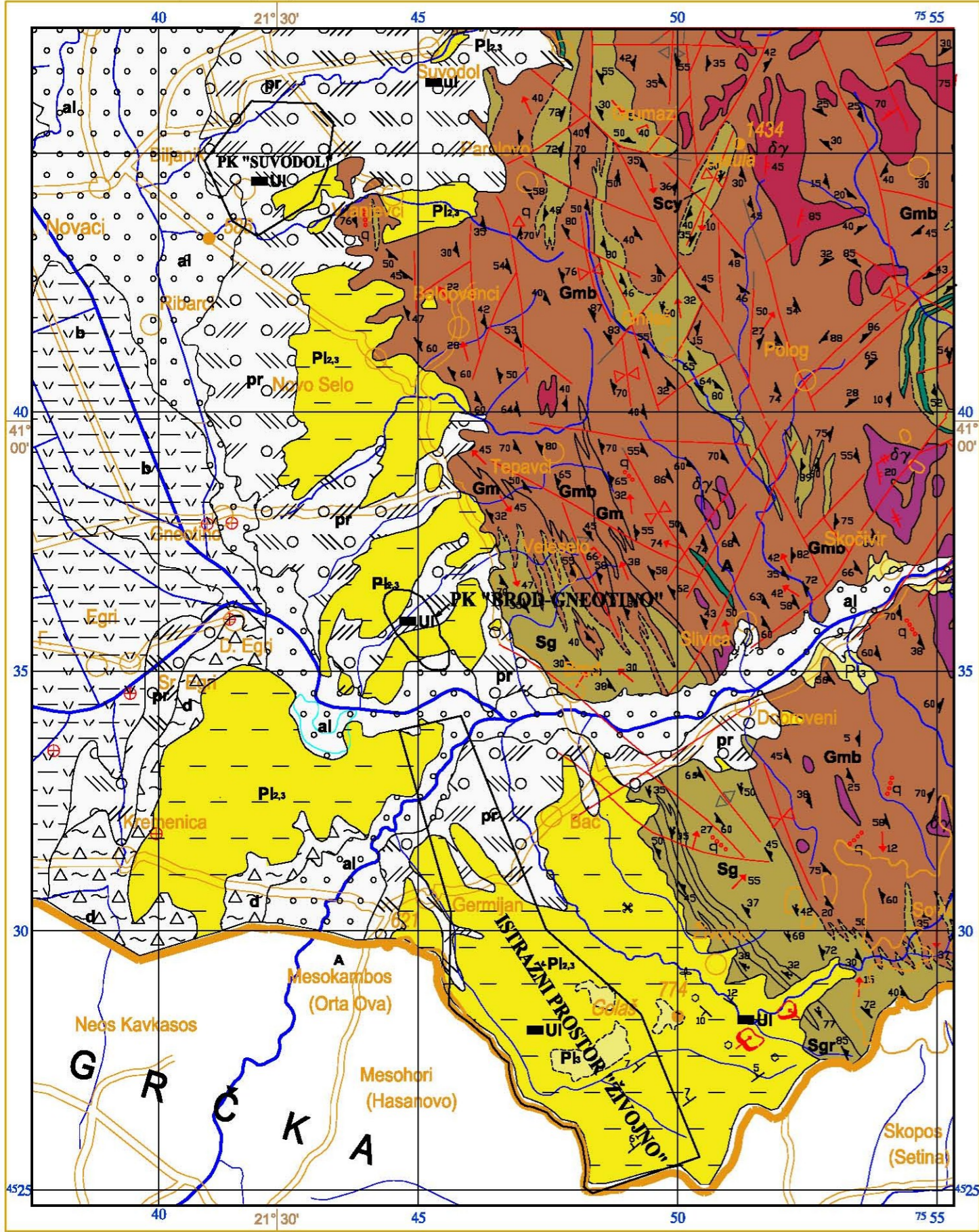
47. Lončar I, 1977: Elaborat od izvedenite eksploatacioni raboti za vodosnabdevanje na s Aglarci - Bitola, Fond na Geološki Zavod, Skopje.
48. Micevski E, Stolić N, 2001: Elaborat i Aneksza hidrogeološkite istraživanja i ispitivanja na jaglenovoto naogjalište "Brod-Gneotino" (Sostojba juni 2001) Kniga 2, "Geohidroproekt", Skopje,
49. Ognjanova-Rumenova H, Dumurđanov N, 2008: Biostratigrafija i paleoekologija na slatkovodnite naslaga vo Makedonija vrz osnova na neogenite dijatomei. I -kongres nageolozi na R. Makedonija, Ohrid, s. 5-20.
50. Paskalev V, 1985: Jagleni vo SR Makedonija. Fond na Geološki Zavod, Skopje.
51. Petrevski Lj, Trpčevska M, 2014: Godišen izveštaj za rabota na bunarite vo PK-PJS „Suvodol“ za period 2013 godina. Fond na REK Bitola.
52. Petrov D, Eftimov M, 2008: Elaborat od izvedenite istraživanja za ispitivanje na potencijalot so mineralna voda i jaglenoroden dvoooksid CO₂ na Bitolski del na Pelagoniskata kotlina. Fond na Ministerstvo za ekonomija, Skopje.
53. Petrov D, 2011: Elaborat od izvedenite istraživanja so presmetka na rezervite na mineralna voda i jaglenoroden dvoooksid gas CO₂ od naogališteto na lokalitetot „Ložišta“ s. Logovardi, opština Bitola. Fond na „Geoinženering-M“ DOOEL, Skopje.
54. Petrović Č, 1986: Elaborat za rudni rezervi na jaglen vo jaglenovata serija na ležišteto "Suvodol" REK - Bitola. Kniga II, Fond na REK, Bitola.
55. Pešovska S, i Ivanovski L, 2008: Izvedba na sistem na bunari za odvodnuvawe na ležišteto Brod-Gneotini. I-Kongres na geolozi na Republika Makedonija, Zbornik na trudovi, Ohrid, s. 445-455.
56. Pešovska S, i Ilijovski Z, 2012: Tolkuvač i Osnovna hidrogeološka, list Bitola i Lerin. Izd. Gradežen Institut „Makedonija“ - Skopje. Fond na Ministerstvo za ekonomija -Skopje.
57. Polomčić Dušan, Ristić Vakanjac Vesna, Bajić Dragoljub, Čokorilo Ilić Marina, Jovanov Kosta, Močević Jelena, 2015: Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda ležišta uglja "Suvodol" (Republika Makedonija), Zbornici Srpskog geološkog

- društva, Rudarsko geološki fakultet (Ed. Zoran Stevanović), str. 31-42, ISSN 0372-9966, COBISS.SR-ID 70169095
58. Prohaska S, Ristić V, 1996: Hidrologija kroz teoriju i praksu. Rudarsko-geološki, Beograd.
59. Sena C, and Molinero J, 2009: Water Resources Assessment and Hydrogeological Modelling as a Tool for the Feasibility Study of a Closure Plan for an Open Pit Mine (La Respina Mine, Spain). *Mine Water Environ*, pp. 94-101.
60. Singh A, Mahato M, Neogi B, and Singh K, 2010: Quality Assessment of Mine Water in the Raniganj Coalfield Area, India. *Mine Water Environ*, pp. 248-262.
61. Spasovski O, Petrov D and Eftimov M, 2009: Sanation of wrecked bore-hole with mineral water and CO₂ around the village Medjitlija, Bitola, R. Macedonia. *Juornal Geodrilling*, pp. 30-31.
62. Stolić N, 2008: Proekt za eksploatacija na mineralnata surovina mineralna voda i jaglenoroden dvoooksid - gas CO₂ od naogališteto vo atarot na s. Miditlija - Bitola. Fond na Geologing” DOO, Skopje
63. Tanev S, 1988: Elaborat od rezultatite od hidrogeološkite istraživanja na jaglenovoto naogjalište “Brod-Gneotino” vo period 1983-1984 godina, Geološki zavod, Skopje,
64. Tasevski A, Veljovski S, Demjanski K, Dimitrievski Lj, Ilievski D, Ilievska F, Trajkovska M, Popov S, 2004: Fisibiliti studija za početak na otvaranje i eksploatacija na površinski kop “Brod-Gneotino” vo tekot na 2004 – 2005 godina, Rudarski institut - Skopje i Geing, Skopje.
65. Tasevski A, Gligorijević Lj, Stolić N, i Geprgievski S, 2006: Glaven rudarski proekt za eksploatacija na površinski kop “Brod-Gneotino” “Proekt za zaštita na površinskiot kop od površinski i podzemni vodi, kniga VI”, Rudarski institut - Skopje i Geing, Skopje.
66. Tasevski A, Ilievski D, Menkovska S, Andonovska S i Ilievska F, 2006: Ekološka studija za procena na vlijanieto vrz životnata sredina za otvoreniot površinski kop „Brod-Gneotino”. Fond na REK, Bitola.

67. Tasevski V, 1992: Elaborat od izvršenite hidrogeološki istražni raboti na del od ležišteto za prekategorizacija na geološkite rudni rezervi na jaglenosnoto ležište “Brod-Gneotino” Bitolsko, kniga 2, Geohidroproekt, Skopje.
68. Todorova D, Ivanovski L, 2012: Elaborat od izvedeni inženerskogeološki i hidrogeološki istražni i ispitivački raboti na jaglenovoto naogalište „Živojno”. Fond na Gradežen institut „Makedonija” AD, Skopje.
69. Tomić V, 1991: Hidrogeološko kartiranje. Naučna knjiga. Beograd.

GEOLOŠKA KARTA UGLJONOSNIH BASENA U PELAGONISKOJ KOTLINI 1: 100 000

Avtori: Dumurdzanov N., Hristov S., Karajovanovic M. i Ivanovski T.



LEGENDA

KARTIRANE JEDINICE

KVARTAR		ALUVIUM
		PROLUVIUM
		DELUVIUM
		ORGANSKO BARSKI SEDIMENTI
PLIOCEN		ŠLJUNAK, PESAK I SUKLINE
		ŠLJUNAK, PESAK I GLINE
PALEOZOIK		GRANODIORIT
		PORFIROIDNI GRANODIORITI
		AMFIBOLITI I AMFIBOLSKI SKRILJCI
		GRAFITICNI MIKAŠISTI
PREKAMBRIJA		GRANAT-DISTENSKI MIKAŠISTI
		GRANAT-STAUROLITSKI MIKAŠISTI
		TRAKASTI MUSKOVITSKI GNAJSEVI
		TRAKASTI MUSKOVITSKI-BIOTITSKI GNAJSEVI
		OKCASTO-AMIGDALOIDNI DVOLISKUNSKI GNAJSEVI
		OKCASTO-AMIGDALOIDNI DVOLISKUNSKI GNAJSEVI

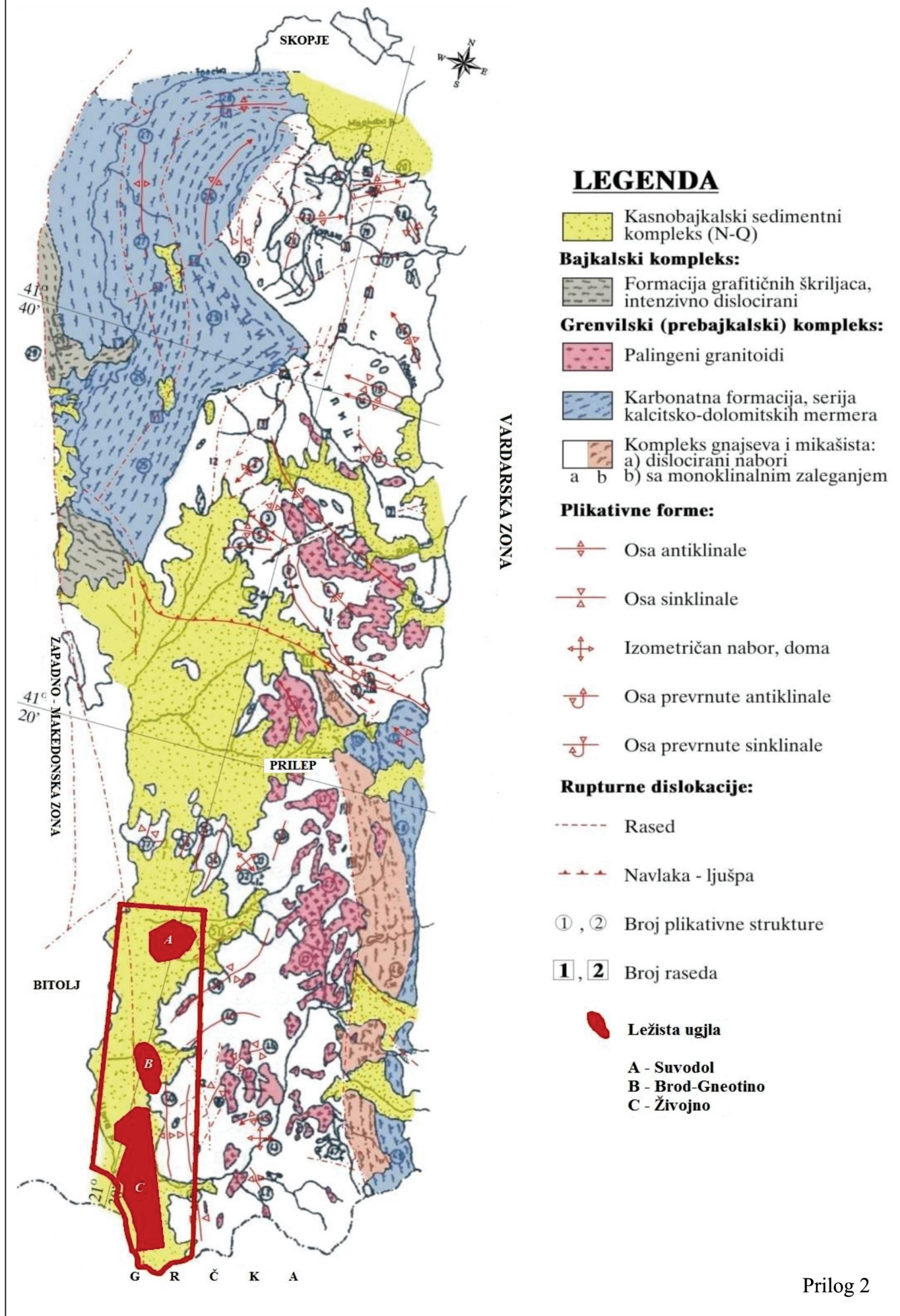
STRUKTURNE OZNAKE I TEKTONSKI ELEMENTI

	Utvrđena geološka granica
	Pokrivena geološka granica
	Utvrđena eroziona granica
	Pokrivena eroziona granica
	Utvrđen litološki prelaz
	Postupan litološki prelaz
	Elementi pada folijacije i vertikalne folijacije
	Elementi pada sloja i stratifikacije
	Elementi pada pukotine, pojedinačno merenje i sistema pukotine
	Elementi pada ose malih nabora
	Utvrđen rased
	Pretpostavljen rased
	Osa antiklinale i sinklinale
	Tonjenje ose antiklinale ili sinklinale
	Utvrđeno čelo navlake
	Pokriveno čelo navlake
	Klizište

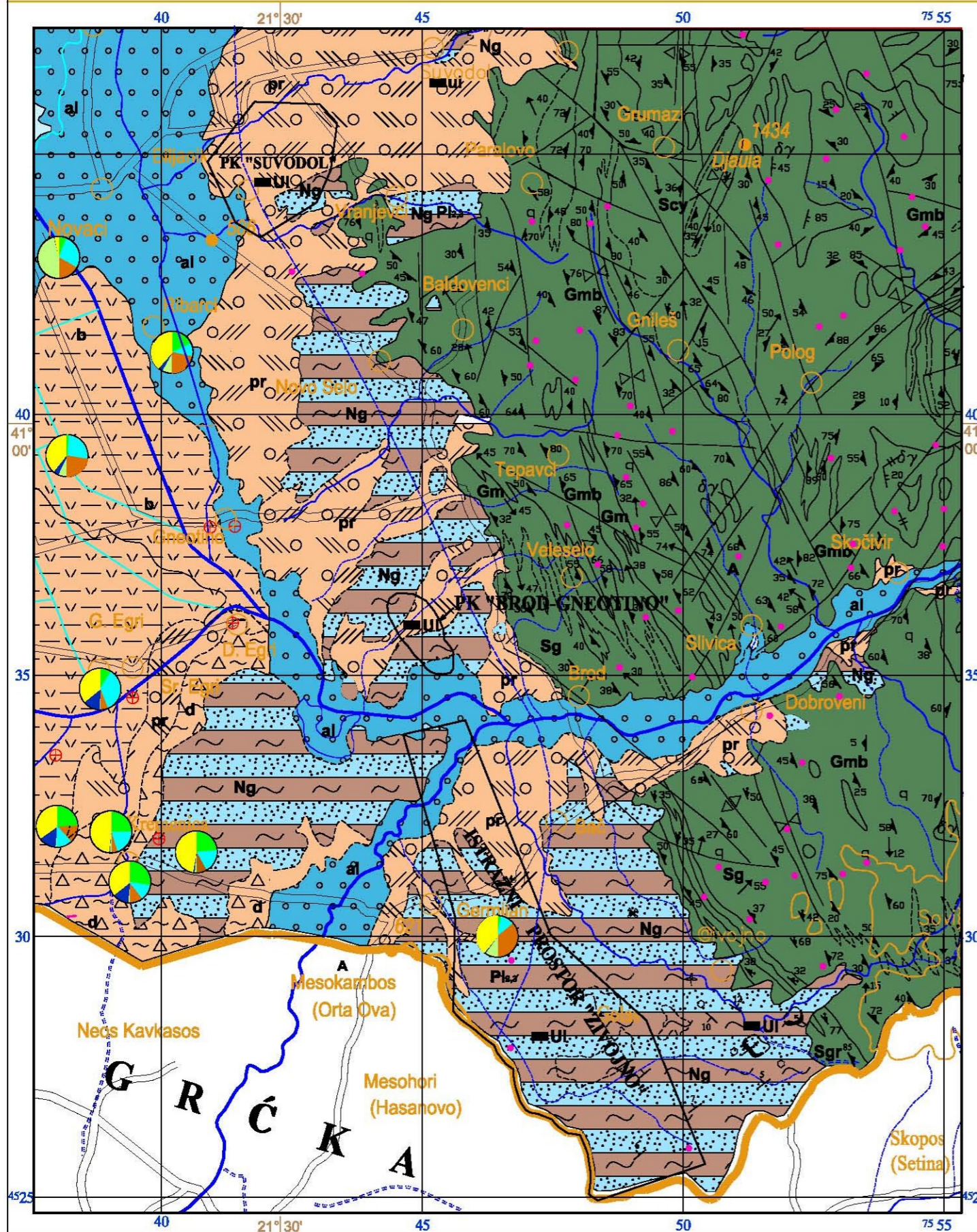
ISTRAŽNI RADOVI

	Istražna bušotina: pojedinačna ili grupa
	Ležiste uglja - lignit

KARTA SINKLINALNIH FORMI PELAGONIJSKOG HORSTA ANTIKLINORIJUMA (Arsovski 1977)



HIDROGEOLOŠKA KARTA UGLJONOSNIH BASENA U PELAGONISKOJ KOTLINI 1: 100 000



LEGENDA

TIP VODONOSNE SREDINE

- Zbijen tip izdani u aluvijalnim sedimentima (al)
- Tereni siromašni sa izdanima (b,d,pr)
- Zbijen tip izdani u neogenim sedimentima (Ng)
- Pukotinski tip izdanima (Sgr, Scy, Sg, Gm, Gmb)

HIDROGEOLOŠKE OZNAKE

- Izvor postojan
- Postojan površinski vodotok;
- Površinska vododelnica
- Povremen površinski vodotok;
- Hemiski sastav podzemnih voda

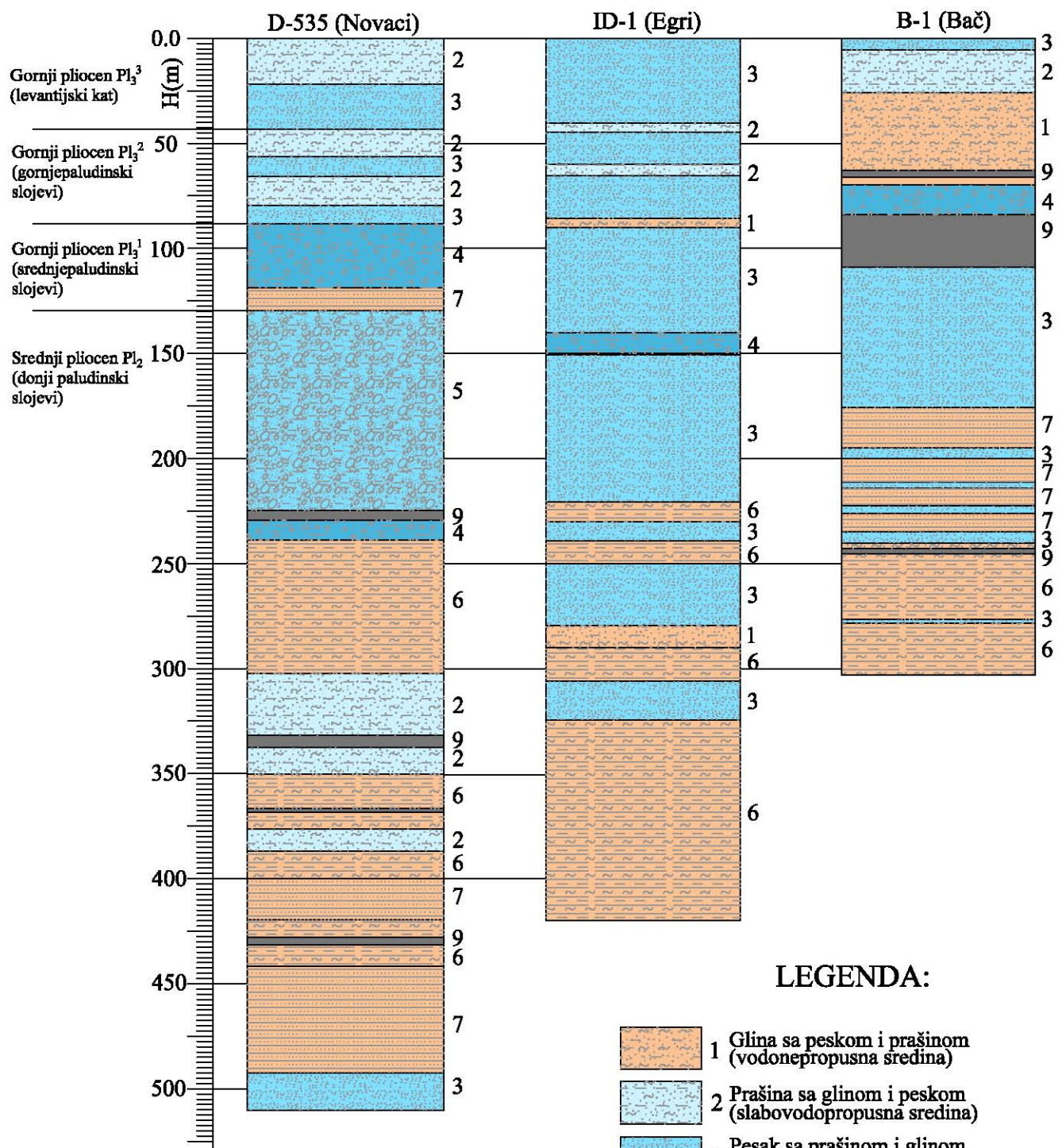
STRUKTURNE OZNAKE I TEKTONSKI ELEMENTI

- Utvrđena geološka granica
- Pokrivena geološka granica
- Utvrđena eroziona granica
- Pokrivena eroziona granica
- Utvrđen litološki prelaz
- Postupan litološki prelaz - pokriven
- Elementi pada folijacije i vertikalne folijacije
- Elementi pada sloja i stratifikacije
- Elementi pada pukotine, pojedinasno merenje i sistema pukotine
- Elementi pada ose malih nabora
- Utvrđeno čelo navlake
Pokriveno čelo navlake
- Osa antiklinale i sinklinale
- Tonaenje ose antiklinale ili sinklinale
- Čelo navlake: utvrđeno i pokriveno
- Klizište

ISTRAŽNI RADOVI

- Istražna bušotina: pojedinačna ili grupa
- Ležište uglja - lignit

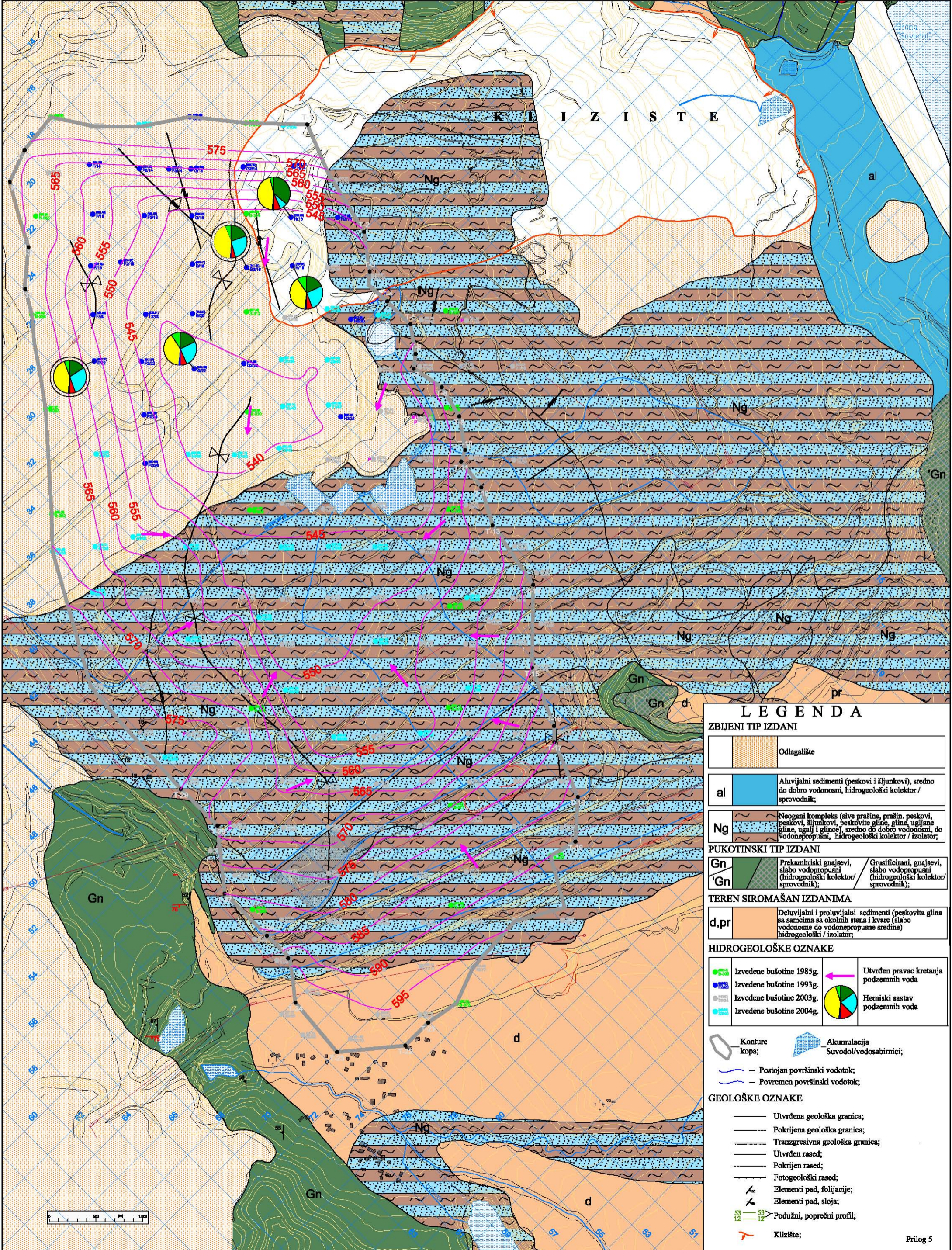
HIDROGEOLOŠKI STUBOVI NEOGENOG KOMPLEKSA NA LOKACIJAMA BUŠOTINA KOD NOVACI, BAČ I EGRI



LEGENDA:

- 1 Glina sa peskom i prašinom (vodonepropusna sredina)
- 2 Prašina sa glinom i peskom (slabovodopropusna sredina)
- 3 Pesak sa prašinom i glinom (sredno vodopropusna sredina)
- 4 Šljunak sa peskom, prašinom i glinom (dobro vodopropusna sredina)
- 5 Fluvioglacijski nanos (slabo vodopropusna sredina)
- 6 Laporovita glina (vodonepropusna sredina)
- 7 Peščar (vodonepropusna sredina)
- 8 Kristalinska osnova od granitognajseva i škriljaca (vodonepropusna sredina)
- 9 Ugalj sa glinom (vodonepropusna sredina)

HIDROGEOLOŠKA KARTA LEZIŠTE UGLJA "SUVODOL"

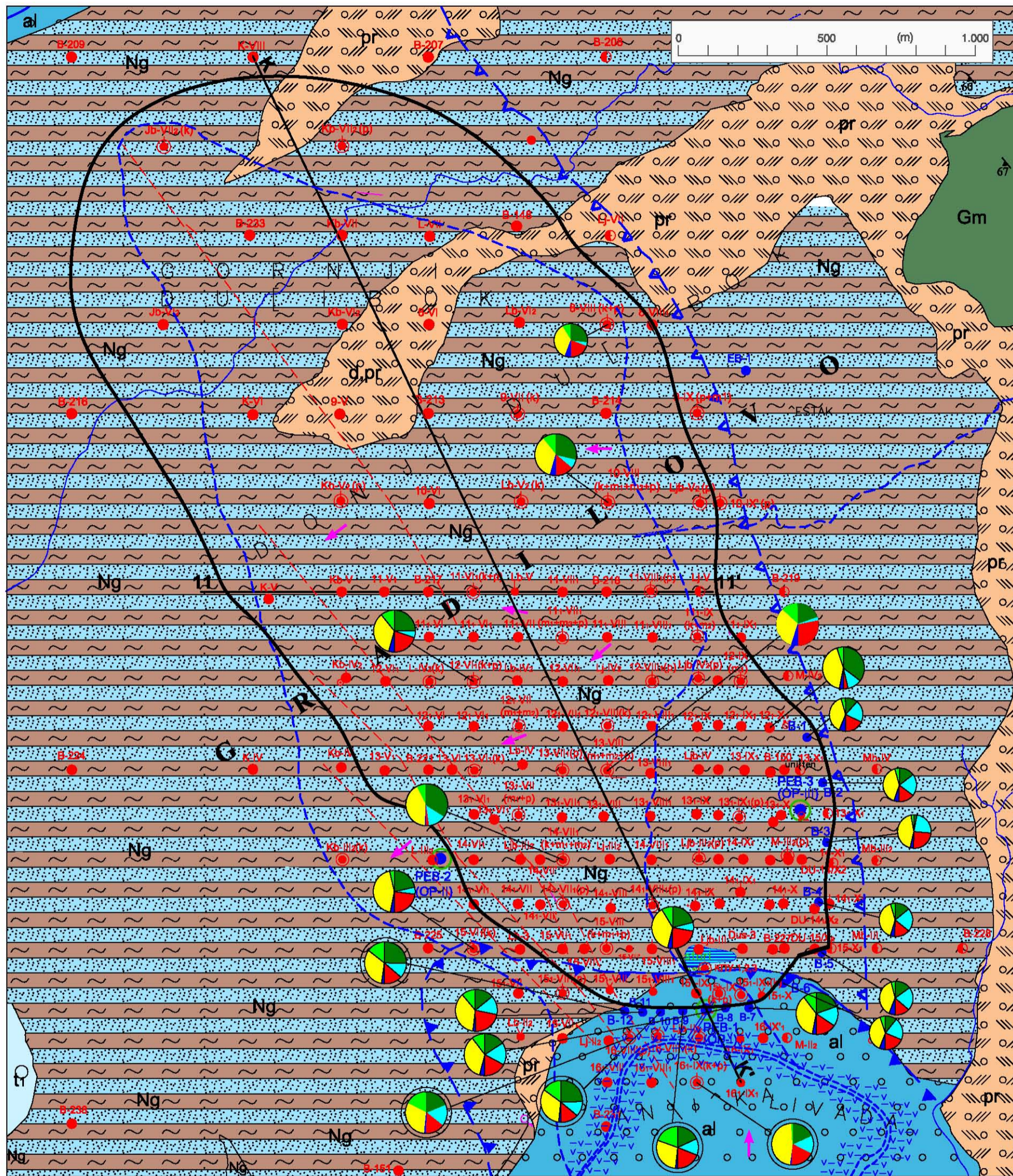


LEGENDA

- ZBIJENI TIP IZDANI**
- Odlagalište
 - al Aluvijalni sedimenti (peskovi i šljunkovi), sredno do dobro vodonošni, hidrogeološki kolektor / sprovodnik;
 - Ng Neogeni kompleks (sive prašine, prašin, peskovi, peskovi, šljunkovi, peskovite gline, gline, ugljane gline, uglj i gline), sredno do dobro vodonošni, do vodonepropusni, hidrogeološki kolektor / izolator;
- PUKOTINSKI TIP IZDANI**
- Gn Prekambrski gnajsevi, slabo vodopropusni (hidrogeološki kolektor / sprovodnik);
 - Gn Grusificirani, gnajsevi, slabo vodopropusni (hidrogeološki kolektor / sprovodnik);
- TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA**
- d,pr Deluvijalni i proluvijalni sedimenti (peskovita gline sa suncima sa okolnih stena i kvarce (slabo vodonošne do vodonepropusne sredine) hidrogeološki / izolator;
- HIDROGEOLOŠKE OZNAKE**
- Izvedene bušotine 1985g.
 - Izvedene bušotine 1993g.
 - Izvedene bušotine 2003g.
 - Izvedene bušotine 2004g.
 - Utvrđen pravac kretanja podzemnih voda
 - Hemisksi sastav podzemnih voda
 - Konture kopa;
 - Akumulacija Suvodol/vodosabimici;
 - Postojan površinski vodotok;
 - Povremen površinski vodotok;
- GEOLOŠKE OZNAKE**
- Utvrđena geološka granica;
 - Pokrijena geološka granica;
 - Tranzgresivna geološka granica;
 - Utvrđen rased;
 - Pokrijen rased;
 - Fotogeološki rased;
 - Elementi pad, folijacije;
 - Elementi pad, sloja;
 - Podužni, poprečni profil;
 - Klizište;

HIDROGEOLOŠKA KARTA LEŽISTE UGLJA "BROD-GNEOTINO"

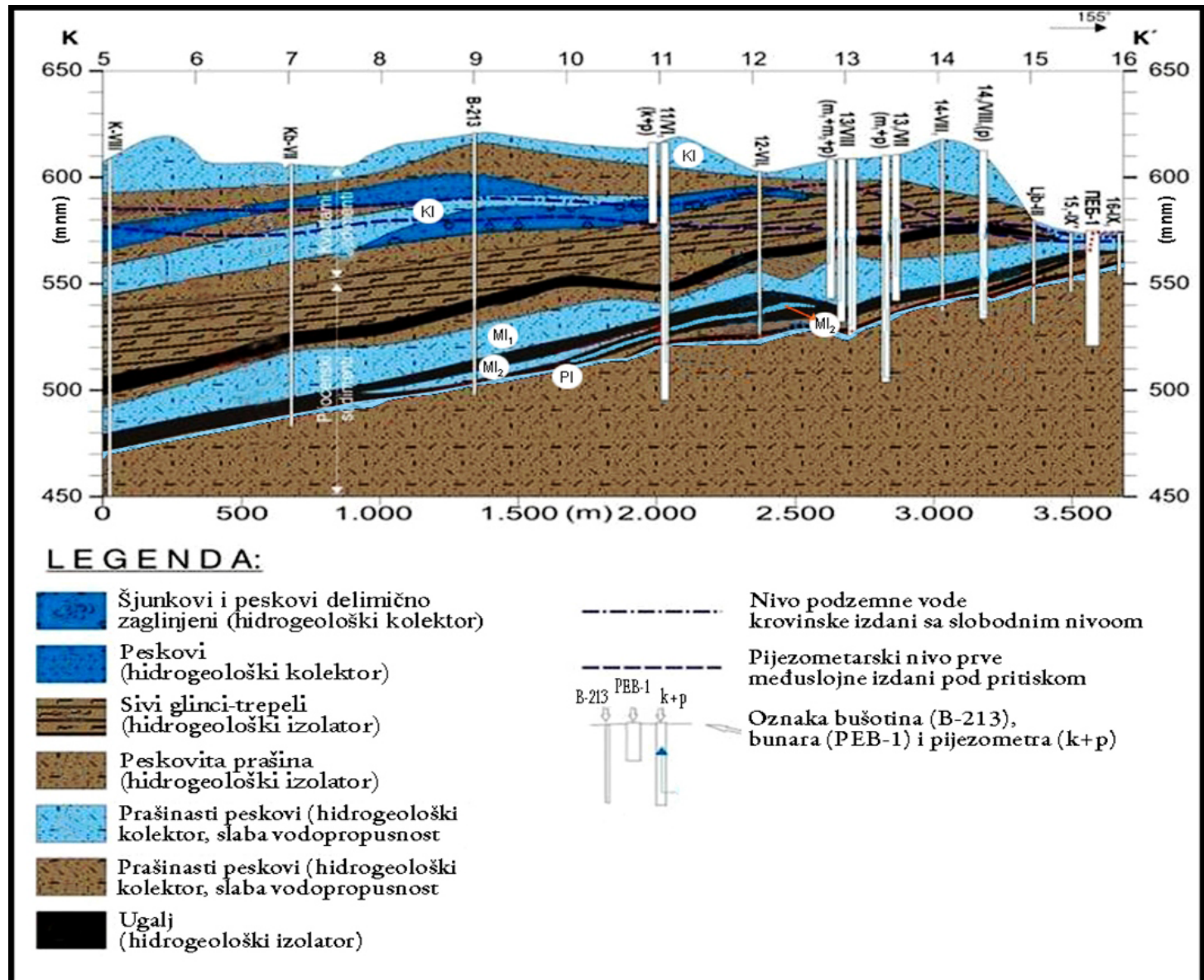
1:10 000



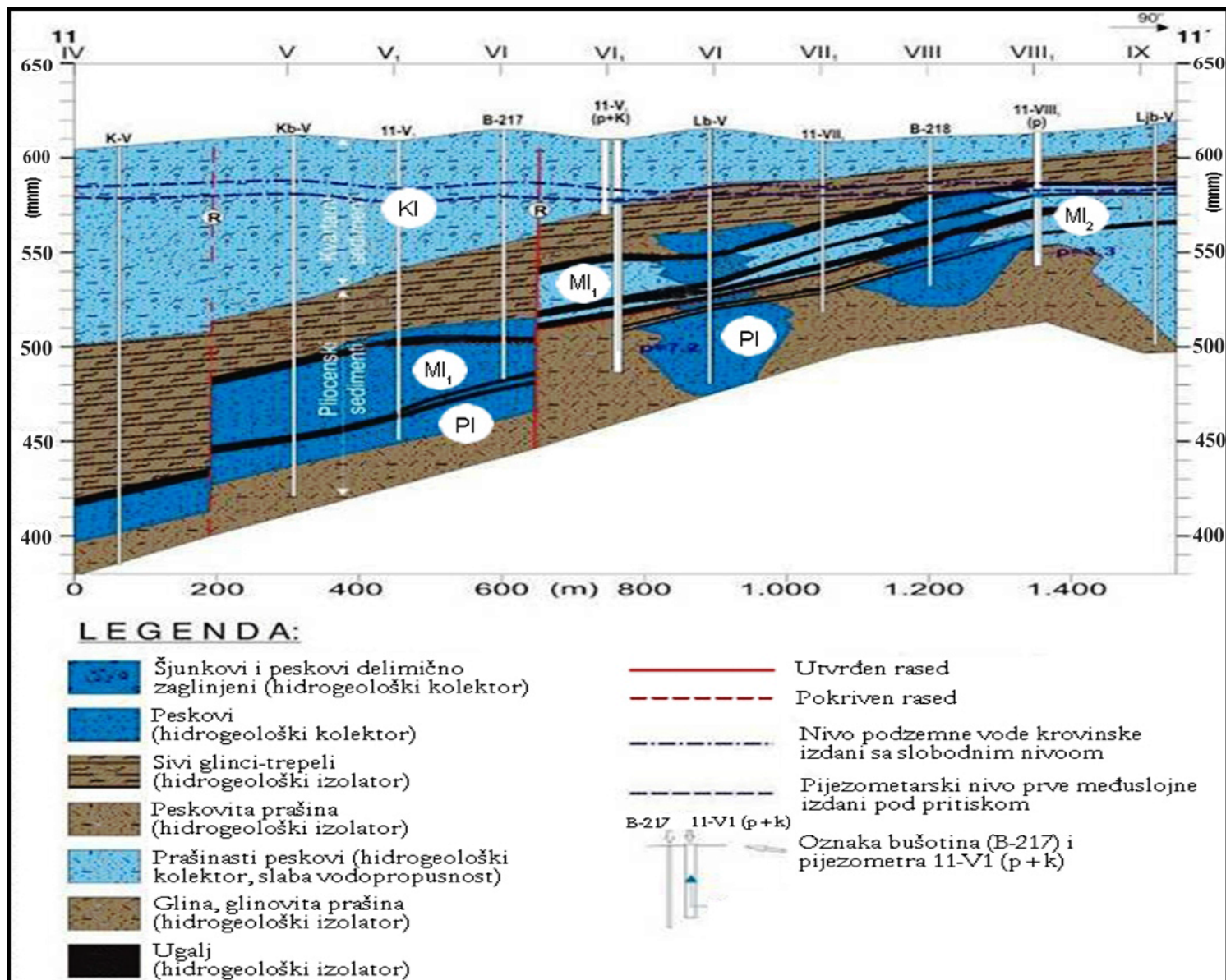
LEGENDA:

Litološki sastav		Hidrogeološke karakteristike		Hidrogeološke i hidrološke pojave		Istražni radovi		
	al Aluvijalni sedimenti, šljunkovi i peskovi	Zbijen tip izdani	Veoma dobro vodopropusni i izdašni tereni preko $Q=10$ l/s ($k_f > 10^{-4}$ m/s)		a) Stalni površinski tok: a)-regularan, b)-neregularan		K—K' Uzdužni profil	
	ti Rečna terasa: šljunkovi, peskovi i prašine			Dobro vodopropusni i izdašni tereni $Q=1-10$ l/s ($k_f > 10^{-4} - 10^{-6}$ m/s)		Povremeni površinski tok		5—5 Poprečni profil
	pr Proluvijalni sedimenti: peskovite gline i glinoviti peskovi					Izvor izdašnosti $Q=0,1-1,0$ l/s		
	Ng Pliocenski sedimenti: pesčari	Slabo vodopropusni i slabo izdašni tereni $Q=0,1-1,0$ l/s ($k_f < 10^{-6}$ m/s)		Vlažna zona (močvarna)			Negativna bušotina	
	Ng Pliocenski sedimenti: peskovi i gline			Bušotina sa pojavom artesiske vode			Pijezometarska bušotina	
	Gm Trakasti muskovitski gnajsevi	Pukotinski tip	Slabo vodopropusni i slabo izdašni tereni sa izvorima od $Q < 1,0$ l/s		Bušotina sa pojavom subartesiske vode		(k) Krovinski pijezometar	
					Pravac kretanja podzemne vode		(m1) Prvi međuslojni pijezometar	
					Hidrogeološka granica		(m2) Drugi međuslojni pijezometar	
					Pretpostavljena granica subartesiske izdani		(p) Podinski pijezometar	
					Pretpostavljena granica artesiske izdani		OP-I B-1 Opitno polje (OP) i eksploatacioni bunar (B)	
					Pretpostavljena granica krovinske izdani sa slobodnim nivoom		Kontura projekovanog površinskog kopa	
					Hemijski sastav vode			

UZDUŽNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL K-K' KROZ LEŽIŠTE UGLJA "BROD-GNEOTINO"

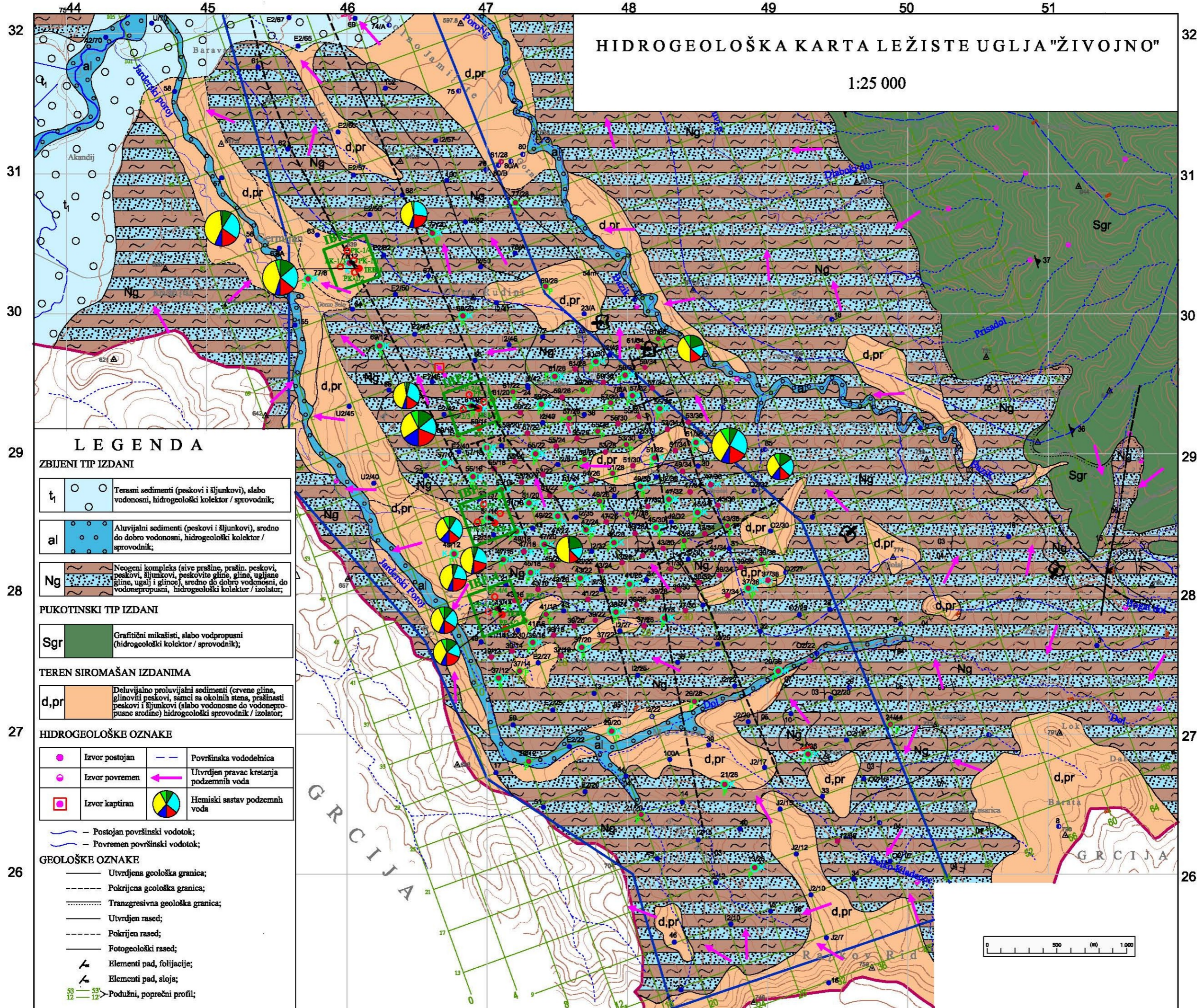


**POPREČNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL 11-11' KROZ LEŽIŠTE UGLJA
"BROD-GNEOTINO"**



HIDROGEOLOŠKA KARTA LEŽISTE UGLJA "ŽIVOJNO"

1:25 000



LEGENDA

ZBIJENI TIP IZDANI

t ₁	○ ○	Terasni sedimenti (peskovi i šljunkovi), slabo vodonosni, hidrogeološki kolektor / sprovodnik;
al	○ ○ ○ ○	Aluvijalni sedimenti (peskovi i šljunkovi), sredno do dobro vodonosni, hidrogeološki kolektor / sprovodnik;
Ng	~ ~ ~ ~	Neogeni kompleks (rive prašine, prašin, peskovi, peskovi, šljunkovi, peskovite gline, gline, ugljane gline, uglj i gline), sredno do dobro vodonosni, do vodonepropusni, hidrogeološki kolektor / izolator;

PUKOTINSKI TIP IZDANI

Sgr	■	Grafitični mikašiti, slabo vodopropusni (hidrogeološki kolektor / sprovodnik);
-----	---	--

TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA

d,pr	■	Deluvijalno prolivljajni sedimenti (crvene gline, glinoviti peskovi, samci sa okolnih stena, prašnasti peskovi i šljunkovi (slabo vodonosne do vodonepropusne sredine) hidrogeološki sprovodnik / izolator;
------	---	---

HIDROGEOLOŠKE OZNAKE

●	Izvor postojan	— — —	Površinska vododelnica
○	Izvor povremen	←	Utvrđen pravac kretanja podzemnih voda
□	Izvor kaptiran	● ● ● ●	Hemiski sastav podzemnih voda

- — — Postojan površinski vodotok;
- — — Povremen površinski vodotok;

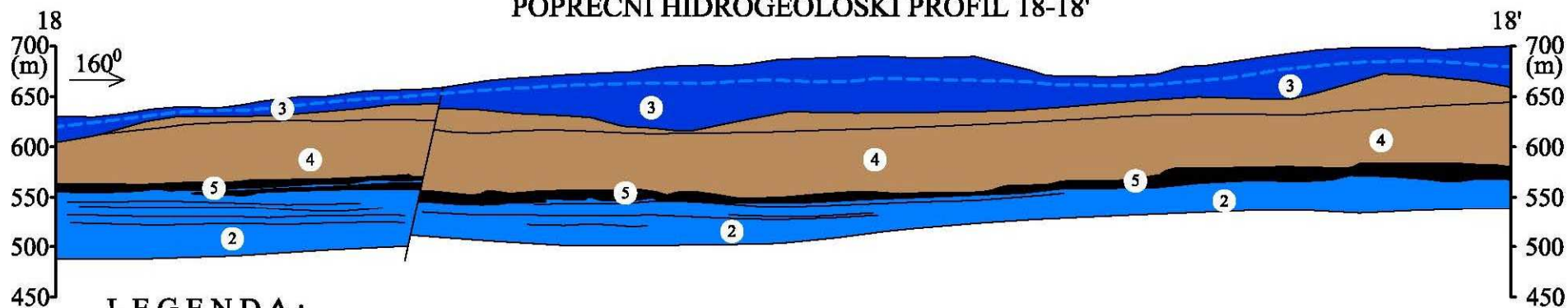
GEOLOŠKE OZNAKE

- — — Utvrđena geološka granica;
- - - - - Pokrijena geološka granica;
- · · · · Tranzgresivna geološka granica;
- — — Utvrđen rased;
- - - - - Pokrijen rased;
- — — Fotogeološki rased;
- ↙ ↘ Elementi pad, folijacije;
- ↙ ↘ Elementi pad, sloje;
- — — — — Podužni, poprečni profil;

LEŽISTE "ŽIVOJNO"
POPRECNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL 77-77'



LEŽISTE "ŽIVOJNO"
POPRECNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL 18-18'

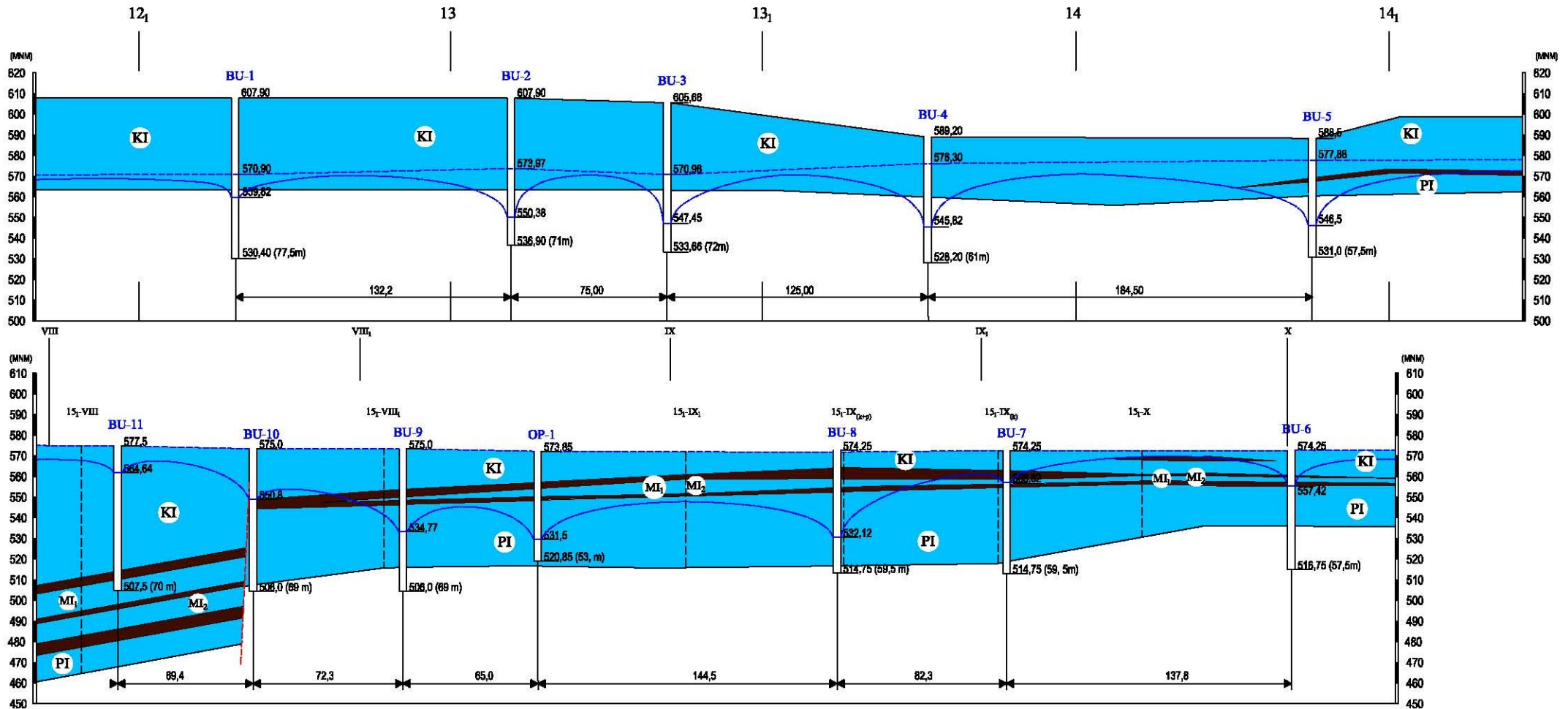


LEGENDA :

- 1 Aluvijalni, proluvijalni i deluvijalni sedimenti slaba do sredna vodopropusnost (hidrogeološki kolektor)
- 2 Zaglinjeni peskovi, slabo vodopropusne, (hidrogeološki kolektori)
- 3 Peskovi, glina zaglinjena prašina, šljunak i dr. sedimente, srednje vodopropusne (hidrogeološki kolektor)
- 4 Slabo dijagenizirani alevroliti-trepeli, zaglinjene prašine, zaglinjene peskove, ugleva glina, vodopropusne (hidrogeološki kolektor)
- 5 Ugalj vodonepropusan (hidrogeološki izolator)

- Geološka (hidrogeološka) granica;
- Pretpostavljeni rased;
- Statičko nivo podzemnih voda

EKSPLOATACIONI BUNARI ZA ODVODNUVANJA USEKA OTVARANJA LEŽIŠTE UGLJA "BROD-GNEOTINO"



LEGENDA:

ZBIJEN TIP IZDANI

Kompleksa peskove i prašine: peskove, prašineste peskove, prašine i pesoklivo prašine, (hidrogeološki kolektor/sprovodnik)

TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA

Ugalj (hidrogeološki izolator)

a) Utvrđena geološka granica;

b) Pretpostavljena geološka granica;

Pretpostavljeni rased;



B-4 Izvedene bunare;

6.85 m

Statičko nivo podzemnih voda

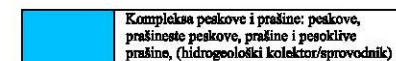
10.62 m

Dinamičko nivo podzemnih voda

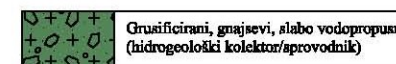
PROFIL BUNARA B-1, B-3, B-5, B-7 I B-11 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA KROVINSKE I PODINSKE IZDANI LEŽIŠTE "SUVODOL"

LEGENDA :

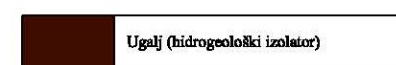
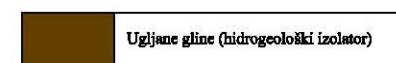
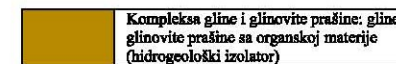
ZBUJEN TIP IZDANI



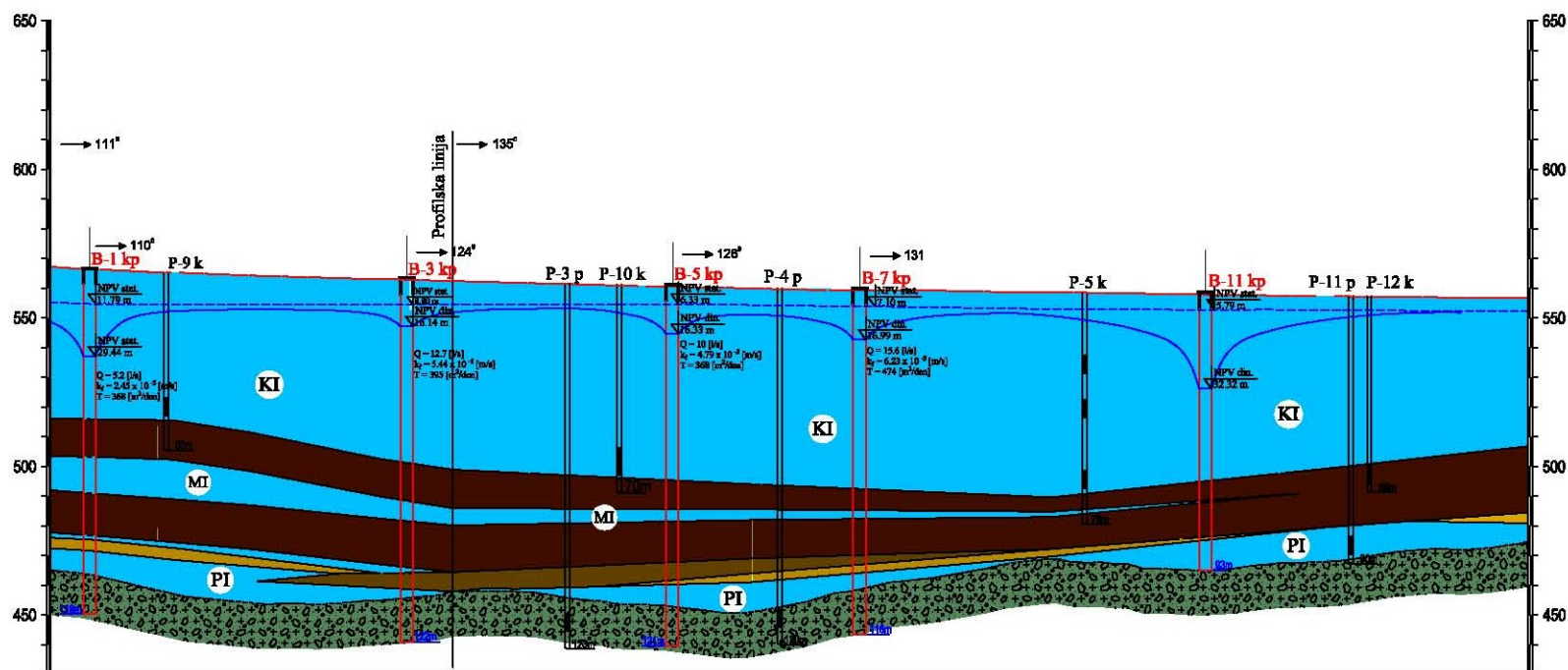
PUKOTINSKI TIP IZDANI



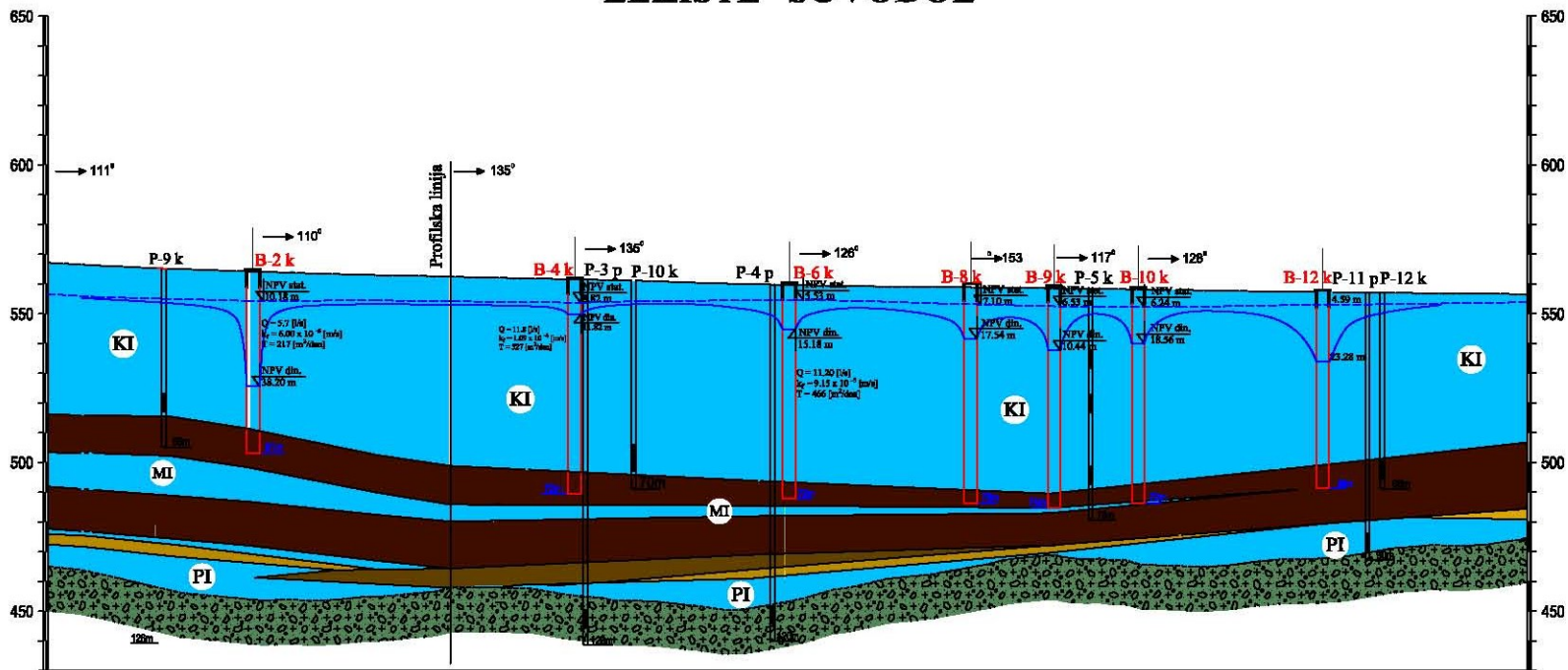
TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA



- a) Utvrđena geološka granica;
- - - b) Pretpostavljena geološka granica;



PROFIL BUNARA B-2, B-4, B-6, B-8, B-9, B-10 I B-12 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA KROVINSKE IZDANI LEŽIŠTE "SUVODOL"



LEGENDA :

ZBUJEN TIP IZDANI

Kompleksa peškove i prašine: peškove, prašineste peškove, prašine i pesokivne prašine, (hidrogeološki kolektor/sprovodnik)

PUKOTINSKI TIP IZDAN

Grusificirani, gnajsevi, slabo vodopropusni (hidrogeološki kolektor/sprovodnik)

TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA

Kompleksa gline i glinovite prašine: gline, glinovite prašine sa organskoj materije (hidrogeološki izolator)

Ugljane gline (hidrogeološki izolator)

Ugalj (hidrogeološki izolator)

— a) Utvrđena geološka granica;
- - - b) Pretpostavljena geološka granica;

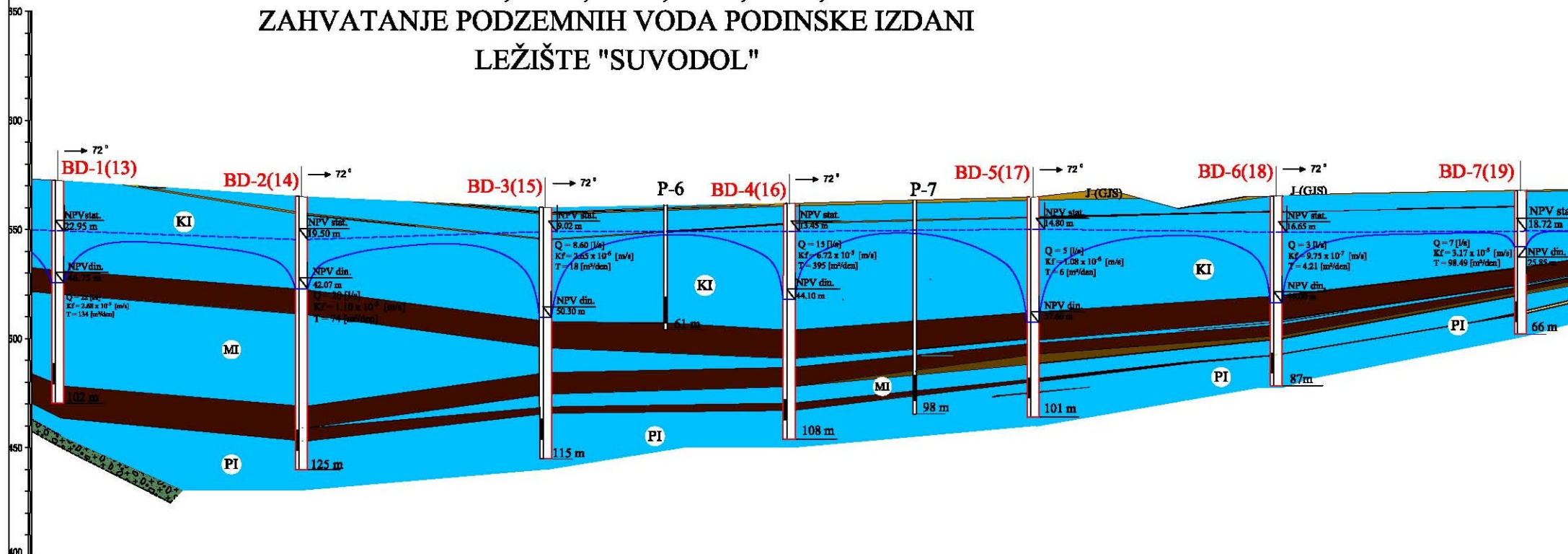
B-4
Izvedene bunare;

P-4
Izvedene piezometare;

NPV stat.
6,85 m
Statičko nivo podzemnih voda

NPV din.
10,62 m
Dinamičko nivo podzemnih voda

PROFIL BUNARA BD-1, BD-2, BD-3, BD-4, BD-5, BD-6 I BD-7 ZA ZAHVATANJE PODZEMNIH VODA PODINSKE IZDANI LEŽIŠTE "SUVODOL"



LEGENDA:

ZBIJEN TIP IZDANI

	Kompleksa peskove i prašine; peskove, prašineste peskove, prašine i pesokive prašine, (hidrogeološki kolektor/sprovođnik)
--	---

PUKOTINSKI TIP IZDAN

+	Grasificirani, gnajasevi, alabo vodopropusni (hidrogeološki kolektor/sprovođnik)
---	--

TEREN SIROMAŠAN IZDANIMA

	Kompleksa gline i glinovite prašine; gline, glinovite prašine sa organskoj materije (hidrogeološki izolator)
--	--

	Ugljane gline (hidrogeološki izolator)
--	--

	Ugalj (hidrogeološki izolator)
--	--------------------------------

— a) Utvrđena geološka granica;

- - - b) Pretpostavljena geološka granica;

B-4

Izvedene bunare;

P-4

Izvedene piezometare;

NPV stat.
56.65 m

Statičko nivo podzemnih voda

NPV din.
50.62 m

Dinamičko nivo podzemnih voda

Biografski podaci

Kostadin J. Jovanov

Rođen 28.11.1964 godine u Radoviš R. Makedonija

Diplomirao 1991 godine na smeru za hidrogeologiju na RGF u Beogradu, a dok 2003 godine na isti fakultet odbranio je magisterski rad na tema „Hidrogeološki karakteristiki i uslovi ovodnjenosti ležište uglja Suvodol“.

Radni staž ukupno 21 godina i to u:

- "Geohidroproekt "- Skoplje 1992 -1994 i 1995 - 1999 god.
- "Kruna - Dril" - Skoplje 1994 - 1995 god.
- "Hidrogeološko biro"- Skoplje 1999 god.
- Ministarstvo ekonomije R. Makedonije od 2000-2014 god.
- Geološki zavod Republike Makedonije od 2014 godine do sada.

U Geohidroprojektu-Skoplje radio je na:

- Hidrogeološka istraživanja ležišta uglja "Brod-Gneotino" Bitola, obrada podataka;
- Hidrogeološka ispitivanja i istraživanja vodopropusnosti "Oraovičke brane" - Radoviš;
- Projekat za hidrogeološka istraživanja podinske ugljane serije rudnika „Suvodol” - REK Bitolj;
- Hidrogeološka istraživanja podinske ugljane serije rudnika „Suvodol” - REK Bitola, autor Elaborata hidrogeoloških istraživanjima;
- Obrada podataka kod izdrada Elaborata o geotermalnim istraživanjima geotermalnog sistema "Zdravevci - Filipovci" - Kratovo;
- Hidrogeološka istraživanja zapadnog dela ležišta "Oslomej" - Kičevo;
- Hidrogeološka istraživanja jugoistocnog dela ležišta "Oslomej" - Kičevo, za potrebe stabilnosti terena;
- Hidrogeološka istraživanja za potrebe vodosnabdovanja s. Aračinovo - Skoplje;

- Postojan član ekipe za izradu Osnovne hidrogeološke karte, list "Bitolj - Lerin" i list "Kratovo" u razmeri 1:100.000;
- Član tima za izradu "Master plana za integralni razvoj i upravljanje vodnih resursa u R. Makedoniji do 2025 godina". JICA-Japan.

U "Kruna Dril" – Skoplje radio je na:

- Programu za izradu Osnovnu hidrogeološku kartu (OHGK), list Strumica i Gevgelija u razmeri 1 : 100 000;
- Proekt za izradu Osnovnu hidrogeološku kartu (OHGK), list Strumica i Gevgelija u razmeri 1 : 100 000;
- Hidrogeološka istraživanja za potrebe vodosnabdevanje s. Novo Konjarevo - Strumica, autor Izveštaja i Elaborata o izvedenim istraživanjima;
- Hidrogeološka istraživanja i eksploatacioni radovi za potrebe vodosnabdevanja s. Negorci - Gevgelija;
- Proekt za detaljna hidrogeološka istraživanja za podinsku ugljanu seriju rudnika „Suvodol” - REK Bitolj;
- Detaljna hidrogeološka istraživanja u okviru podinske ugljane serije rudnika „Suvodol” - REK Bitolj.

U "Hidrogeološko biro" – Skoplje radio je na detaljna hidrogeološka istraživanja za iznalaženje mineralne vode i gas SO₂ za potrebe "Makošped" a.d. Skoplje.

Od 2000-2014 godine radi u Sektoru mineralnih sirovina pri Ministarstvo ekonomije R. Makedonije u oblasti zakonske regulative, planiranja i vođenje osnovnih i detaljnih geoloških istraživanja, reguliranje koncesija i dozvole za detaljnih geoloških istraživanja i eksploatacija mineralnih sirovina i dr.

Od 2014 godine pa navamo radi u Geološki zavod Republike Makedonije u oblasti planiranja i vođenje osnovnih geoloških, hidrogeoloških, inženjerskogeoloških i dr. geološka istraživanja i vođenje geološke baze geoloških podataka o geološkim istraživanjima Makedonije.

Od objavljenih trudova kao značajniji ih izdvaja:

1. Jovanov K., 1997: Hidrogeološki karakteristiki i hemizam na podzemnite vodi vo zbijeniot tip na izdani vo Suvodolskiot basen. III Sovetovanje na Vodostopanstvo na R. Makedonija, Ohrid.
2. Jovanov K., 1999: Rezerve i bilans podzemnih voda rudnika "Suvodol". XII Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženerskoj geologiji. Novi Sad.
3. Jovanov K., 1999: Hidrometeorološke karakteristike i hidrogrami oticaja sa sliva Suvodolske reke i površinskog kopa rudnika "Suvodol". XII Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženerskoj geologiji. Novi Sad.
4. Jovanov K., 2003: Hidrogeološke karakteristike i uslovi ovodnjenosti ležišta uglja "Suvodol". Magistarski rad na RGF - Beograd.
5. Jovanov K., 2004: Zakonska regulativa za izdavanje na koncesii za geotermalni proekti vo Republika Makedonija. MAGA Strumica.
6. Jovanov K., Marija N. i Trajkovski Lj., 2005: Postojna i nova zakonska regulative za geološkite istraživanja i eksploatacija na mineralni surovini vo Republika Makedonija. Balkanmin – Varna.
7. Jovanov K. i Špritova K., 2006: Osnovni zakonitosti vo delot na istraživanjata i eksploatacijata na zlato i negovi pojavi vo Republika Makedonija. Internacionalna konferencija Varna – Bugarija.
8. Jovanov K. i Špritova K., 2006: GIS vo oblata na geološkite istraživanja i eksploatacija na mineralnite surovini. Zbornik na trudovi Ohrid.
9. Jovanov K., Stolić N., 2006: Hidrogeološki parametri na jaglenovoto naogalište „Brod – Gneotino” vo zonata na usekot. Zbornik na trudovi Ohrid;
10. Jovanov K. i Špritova K., 2007: Zakonska legislativa mineralnih surovina u Republici Makedoniji. Balkanmin – Beograd.
11. Jovanov K., 2008: Priliv na rudničkite vodi vo jaglenovoto naogalište „Suvodol”. I-Kongres na geolozi na RM, Zbornik na trudovi Ohrid;
12. Jovanov K i Todorova D., 2012: Hidrogeološki karakteristiki na jaglenovoto naogalište „Živojno“. II - Kongres na geolozite na Republika Makedonija, Kruševo.
13. Mirakovski G. i Jovanov K., 2012: Geotermalen potencijal na Gevgelisko - Dojranskiot region. Međunarodno savetovanje ZEMAK – Ohrid.

14. Jovanov K, Mitrev S, 2016: Forecast of influx and calculating the balance of groundwater in the mine "Suvodol" - Bitola, Republic of Macedonia, journal Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences. Vol 69, issue No2.
15. Polomčić Dušan, Ristić Vakanjac Vesna, Bajić Dragoljub, Čokorilo Ilić Marina, Jovanov Kosta, Močević Jelena, 2015: Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda ležišta uglja "Suvodol" (Republika Makedonija), Zbornici Srpskog geološkog društva, Rudarsko geološki fakultet (Ed. Zoran Stevanović), str. 31-42, ISSN 0372-9966, COBISS.SR-ID 70169095

Izjava o autorstvu

Potpisani Kostadin J. Jovanov

Broj dosijea G272

Izjavljujem

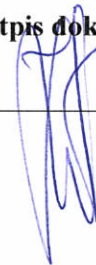
Da je doktorska disertacija pod naslovom

„Hidrogeoekološki aspekti eksploatacije uglja u Pelagonijskom basenu (Makedonija)“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 01.02.2016. god.

Potpis doktoranda

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and vertical strokes, positioned above a horizontal line.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Kostadin Jovanov

Broj dosijea G272

Studijski program: Hidrogeologija

Naslov rada „Hidrogeoekološki aspekti eksploatacije uglja u Pelagonijskom basenu (Makedonija)“

Mentor dr Veselin Dragišić, red. prof.

Potpisani: Kostadin Jovanov

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datuma odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 01.02.2016. god.



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

„Hidrogeoekološki aspekti eksploatacije uglja u Pelagonijskom basenu (Makedonija)“

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

U Beogradu, 01.02.2016. god.

Potpis doktoranda

