

ИЗВЕШТАЈ
О ГЕОЛОШКИМ И ГЕОФИЗИЧКИМ КАРАКТЕРИСТИКАМА
ЛОКАЦИЈЕ АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ НА
ЗВЕЗДАРИ
Београд, Јануара 1999.

СЛОБОДАН ЈЕВРЕМОВИЋ

Београд

Резиме. Размотрене су геолошке и геофизичке карактеристике локације Астрономске опсерваторије на Звездари.

1. УВОД

У овом Извештају приказани су резултати геолошких и геофизичких истраживања на локацији Астрономске опсерваторије у Београду.

Геолошке, односно лито-стратиграфске и хидрогеолошке карактеристике, дате су на основу прикупљене постојеће документације Института за путеве у Београду. Интерпретацијом и реинтерпретацијом свих прикупљених података сагледан је лито-стратиграфски састав терена и међусобни однос појединих чланова, са посебним освртом на хидрогеолошке карактеристике истих.

Геофизичка истраживања изведена су применом метода: геоелектрична, сеизмичка, гравиметријска и геомагнетска. Циљ истраживања био је утврђивање геофизичких својстава терена: електричне отпорности, брзине простирања сеизмичких таласа и вредности убрзања силе Земљине теже и тоталног вектора геомагнетског поља.

Реинтерпретацију прикупљених геолошких података, мерења и интерпретацију електричне и сеизмичке методе обавио је Јевремовић Слободан, дипл. инж. геофизике.

Гравиметријска и геомагнетска мерења и коментар обавили су Адамовић Бранислав, дипл. инж. геофизике и Старчевић Мирослав, дипл. инж. геофизике.

Сеизмолошки коментар дао је Петровић Мића дипл. инж. геофизике.

Места изведених радова приказана су на ситуационој карти размере 1:2500, прилог 1.

2. ЛИТО-СТРАТИГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ТЕРЕНА

Астрономска опсерваторија смештена је на подручју Звездаре, која хипсометријски доминира изнад околног дела Београда. Водоснабдевање опсерваторије и насеља у њеном саставу, одвија се преко градског водовода. Обзиром на хипсометријски положај и постојећа техничка решења у тренутним условима систем не задовољава потребе, па се дошло на идеју да се услови снабдевања побољшају, евентуалним захватом подземних вода. Из тих разлога извршили смо прикупљање постојеће геолошке документације, као и извођење додатних геофизичких испитивања. Интерпретацијом и реинтерпретацијом свих прикупљених података сагледали смо хидрогеолошку грађу и склоп терена у нивоу, да у потпуности донесемо одговарајуће закључке.

У ранијем периоду на локалитету Звездара, поред регионалних истраживања, изведена су и истражна бушења од стране Института за путеве, на три микролокалитета, којима је дефинисан лито-стратиграфски састав терена.

Положај изведених бушотина приказан је на ситуационој карти размере 1:2500, прилог 1.

У геолошком погледу истражно подручје изграђују наслага квартара (Q) и миоцена (M). Лито-стратиграфске карактеристике терена приказане су на прилогу 2.

Квартарне насlage представљају најмлађе стене на истражном простору а издвојена су два варијетета: еолске и делувилалне насlage.

Еолске насlage (1) заступљене су у литолошкој изграђености од леса. Лес је најчешће прашинаст са садржајем карбоната у виду праха и конкреција, те са прослојцима лесоидне глине и глине са органским остацима. Лесне насlage изграђују површински и приповршински део терена, моћности 10 до 20 метара у зависности од хипсометријског положаја на терену и степена еродованости.

Делувилалне насlage (d1), залежу испод наслага леса, дебљине од 1,8 до 3,5 м. У литолошком смислу изграђене су од тврдих прашинастих глина са карбонатним конкрецијама.

Насlage миоцена издвојене су као панон (M_3^2) и сармат (M_3^1). Панон залеже испод наслага делувилума а издвојен је на бушотини Vz-18, У литолошком погледу изграђен је у горњем делу од прашинастих глина са карбонатним конкрецијама, док је у доњем делу изграђен од лапоровитих глина и лапора са честим међусобним смењивањем. Укупна дебљина слојева износи 6,20 м.

Сармат је најстарија издвојена серија на истражном простору а утврђен је на свим бушотинама. У литолошком погледу издвојен је као лапоровито -

песковита серија. У првом случају у грађи доминира често смењивање танких слојева лапора и пескова. Песковити хоризонт издвојен је на свим бушотинама на различитим дубинама у зависности од хипсотријског положаја бушотине и залегања слоја. На подручју бушотине Vz - 7 утврђен је на дубини од 55.20 до 69.00 м и од 75.00 до 85.00 м. На бушотини Vz - 11 издвојен је на дубини од 51.00 до 83.30 м, док је на бушотини Vz - 18 установљен на дубини од 38.20 до 48.20 м. У гранулометријском смислу доминирају ситнозрне фракције песка, сивожуте боје и са ретким и танким прослојцима пешчара и лапоровите глине.

3. ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ТЕРЕНА

Оцена хидрогеолошких карактеристика дата је на основу лито - стратиграфске грађе терена, те на основу просторног и дубинског залегања појединих слојева, као и на основу искуствених сазнања за услове сличних терена.

3.1. Хидрогеолошка функција стенских маса

На основу поменутих елемената на истражном простору издвојене су следеће хидрогеолошке категорије, приказане на прилогу 2.

1. Доброводопропусне стенске масе, комбиноване порозности, представљене су приповршинским наслагама леса, који поседује специфичну цевасту порозност, која често прелази у интергрануларну, с обзиром на његову литолошку деградацију.

2. Добро до слабоводопропусне стенске масе итергрануларне порозности, представљају сарматски песковити слојеви; који су ситнозрне фракције, те са променљивим садржајем прашинасте и глиновите компоненте, као и са глиновитим прослојавањима.

3. Водонепропусне и слабоводопропусне стенске масе, представљене су наслагама глина и лапора, унутар које смо сврстали делувијалне глиновите наслаге, те глиновито - лапоровите и лапоровите наслаге панона и сармата.

3.2. Подземне воде

На основу литолошке грађе терена, као и на основи хидрогеолошких функција наслага, дубинског и просторног залегања појединих издвојених категорија, односно могућности прихрањивања и отицања издани, на истражном простору могуће су акумулације подземних вода унутар следећих средина:

- Акумулација подземних вода формирана је унутар наслага леса, са слободном површином издани. С обзиром да наслаге леса изграђују површинске делове терена мале могућности и пространства, а прихрањивање издани везано је за инфилтрацију атмосферских падавина, издашност

акумулације је веома мала, па са становишта захватања воде интензивним црпним системом није могуће, већ само индивидуално снабдевање, најсврхосходнијим захватом као што је копани бунар. Подземне воде лесних наноса су често неупотребљиве као пијаће, јер су јако минерализоване и тврде због великог садржаја хидрокарбоната.

Са аспекта нашег проблема, евидентно је да из ове акумулације није могуће решити проблем водоснабдевања опсерваторије, због мале издашности акумулације и највероватније неповољног хемијског састава.

- Акумулација подземних вода формирана је унутар сарматских пескова. Прихрањивање ове акумулације одвија се инфилтрацијом атмосферичке воде на деловима терена где слојеви песка исклињавају на површину. С обзиром да слојеви песка залежу испод дебелих водонепропусних наслага, издан подземних вода је највероватније субартешког карактера. Издашност ове акумулације је мала јер у грађи колектора доминирају претежно ситнозрне фракције са великим садржајем прашинасте и глиновите компоненте, што веома успорава процес инфилтрације и филтрације подземних вода. Подземне воде ове акумулације највероватније су неповољног хемијског састава, са аспекта употребљивости као пијаће, због могућег повећаног садржаја гвожђа, које често прати овакве насlage.

Слаба издашност акумулације, те веома спора водозамена, због неповољног залегања колектора, са аспекта наших анализа не оставља довољно елемената да се може решити проблем водоснабдевања у квалитативном и квантитативном смислу. На основу свега сагледаног, евентуално даља истраживања захтевала би изузетно скупа инвестициона улагања, са реално неизвесним резултатима, тако да препоручујемо побољшање услова водоснабдевања у складу побољшања техничких услова градског водовода.

4. ГЕОФИЗИЧКА СВОЈСТВА ТЕРЕНА

Геофизика је наука о физичком стању Земље са посебним освртом на њена физичка својства, структуру и састав.

Примењена геофизика представља вештину употребе физичких и геолошких наука ради проучавања структуре и састава, са једне стране, и физичких својстава слојева Земље, са друге стране.

На локацији Астрономске опсерваторије у Београду примењене су четири главне геофизичке методе, које су директно везане за физичке особине: електрична проводљивост - геоелектрична метода, еластичност - сеизмичка метода, густина - гравиметријска метода и магнетичност - геомагнетска метода.

На следећој табели дате су физичке особине које чине основу различитих метода:

Метода	Поље силе	Физичке особине
ЕЛЕКТРИЧНА	Вештачки изазвано електрично поље	Електрична проводљивост или реципрочна вредност - специфични електрични отпор - (Ωm)
СЕИЗМИЧКА	Вештачки изазван сеизмички талас	Брзина простирања сеизмичких таласа, утицај густине и еластичних особина на њих - V_L (км/с)
ГРАВИМЕТРИЈСКА	Гравитационо поље Земље	Густина
МАГНЕТСКА	Магнетно поље Земље	Магнетни пермеабилитет

Основни принцип геофизичких метода састоји се у мерењу поља сила на Земљиној површини и прогнозирање геолошке структуре која би изазвала мерени ефекат.

4.1. Електрична метода

Од комплекса геофизичких-електричних метода у овом случају примењена је метода специфичног електричног отпора (метода СЕО) -електрично сондирање (ЕС) - Шлумбергеровим симетричним распоредом електрода.

Примена методе ЕС у геологији заснива се на разликама електричних отпорности стена. На основу обраде и интерпретације измерених података на површини земље могу се извући закључци о геолошкој грађи терена, квалитативној оцени порозности и другим особинама стена.

За разлику од гравиметријске и магнетске методе које користе природна поља сила, метода ЕС користи вештачки изазвано електрично поље.

Основни задатак ЕС био је одређивање електричног профила на локацији Астрономске опсерваторије. Електрични профил састоји се од електричних средина које карактеришу сличне вредности специфичног електричног отпора (вредност СЕО). Упоређујући електричне средине са лито - стратиграфским слојевима, добијеним на основу истражног бушења, електрични профили трансформисани су у геоелектричне профиле, прилог 3.

Између већ изведених бушотина обављена су мерења на четири сонде. Интерпретацијом издвојене су електричне средине којима је дат литолошки и хидрогеолошки смисао.

Положај геоелектричних сонди дат је на ситуационој карти - прилог 1. Геоелектричне средине означене су бројевима како следи:

- Средина 1, одликује се вредностима СЕО 20-120 Ωm дебљине до 16 м, а лито-статиграфски одговара квартарним седиментима (Q): лес, прашина и прослојци глине. Овде треба нагласити да веће вредности СЕО одговарају

крупнозрнијем материјалу са мање влаге, а мање вредности СЕО ситнозрнијем материјалу са више влаге. Са хидрогеолошког гледишта ова средина је релативно доброводопрпусна.

- Средина 2, одликује се вредностима СЕО 19-22 $\Omega\text{м}$. Залеже до дубине максимално 32 м, а литостратиграфски одговара седиментима сармата (M_3^1): песак и глина. Са хидрогеолошког гледишта ова средина је водонепропусна.

- Средина 3, одликује се вредностима СЕО 36-42 $\Omega\text{м}$, а литостратиграфски одговара седиментима сармата (M_3^1): песак и лапор. Са хидрогеолошког гледишта ова средина је водонепропусна до слабоводопрпусна.

Теренска мерења са графичком интерпретацијом приказана су на двојнологуаритамској подели - прилог 4.

4.2. Сеизмичка метода

Основа сеизмичких метода је поузданост корелације динамичких еластичних својстава стена - брзине простирања сеизмичких таласа и литолошких својстава.

Применом рефракционе методе испитан је део профила I - I' (R) како је приказано на прилогу 1. Дужина диспозитива је 100 м, сеизмички талас изазван је тегом, а растојање сеизмопријемника - геофона од тачке "паљења" износио је 2,5 - 100 м.

Интерпретација резултата приказана је на прилогу 3. На цртежу дате су средине различитих динамичких својстава - брзина сеизмичких таласа. Брзине сеизмичких таласа две средине добијене су интерпретацијом временских дијаграма - ходохрона приказане у горњем делу цртежа. Реципрочна вредност коефицијента правца ходохрона је истовремено вредност брзина еластичних таласа, у овом случају лонгитудиналних.

Прва грана ходохроне претставља брзину директних, непреломљених таласа. Из првих грана ходохрона израчуната је брзина блиско површинске средине и износи $V_1 = 0,25 \text{ км/с}$, а одговара растреситом површинском покривачу. Дебљина ове средине је 2 - 3 м.

Друга грана ходохроне претставља брзину преломљених, рефрактованих, таласа на граничној поршини двају слојева. Реципрочна вредност коефицијента правца ходохрона је $V_2 = 0,50 \text{ км/с}$, и одговара седиментима квартара - лесу.

4.3. Гравиметријска и геомагнетска метода

Мерења су обављена 07. 11. 1998. у периоду од 12:30 до 12:50 часова. Мерено је убрзање силе Земљине теже и тотални вектор геомагнетског поља. Убрзање силе теже мерено је гравиметром Worden број 1001, власништво Геоинститута из Београда. Тотални вектор геомагнетског поља мерен је протонским магнетометром који је власништво Катедре за геофизику Рударско - геолошког факултета. Мерења су вршена на три тачке и то:

Тачка А: На главном улазу у Опсерваторију, десно од великих врата на бетонској плочи;

Тачка В: На сунчаном сату у близини великог рефрактора;

Тачка С: На референтном геодетском стубу око 150 м иза великог рефрактора.

Мерења су обавили: Бранислав Адамовић из Геоинститута (убрзање силе теже) и Мирослав Старчевић са Рударско - геолошког факултета (тотални вектор геомагнетског поља).

Гравиметријска мерења везана су за референтну тачку испред Српске академије наука и уметности у Кнез Михајловој улици у Београду, где апсолутна вредност убрзања силе теже износи: $g = 9,8060226 \text{ м/с}^2$ у систему IGSN - 1971). Геомагнетска мерења су на апсолутном нивоу и нема потребе за њиховим везивањем за неку тачку. Апсолутне вредности тоталног геомагнетског поља поправљене су за утицај дневне Сунчеве варијације.

Резултати мерења:

Тачка	Убрзање силе теже м/с^2	Тотални вектор магнетског поља нТ (наноТесла)
А	9,8056790	46808
В	9,8056826	46784
С	9,8056799	46790

4.4. Сеизмичност на територији Астрономске опсерваторије

Територија на којој се налази Астрономска опсерваторија на Звездари не представља аутохтоно сеизмолошко жариште од значаја односно у досадашњем периоду није испољавана изразитија локална сеизмичка активност. Најближа потенцијална жаришта односно једна врста аутохтоних извора сеизмичке енергије везана су за постојање неколико раседа у ширем окружењу Звездаре од којих треба издвојити следеће:

1. Расед Звездара - Панчевачки мост. Утврђен је на основу већег броја сонди у правцу северозапада. Пружање раседа је северозапад - југоисток.
2. Расед Булбудерског потока. Правац пружања му је северсеверозапад - југјугоисток. Његова активност се може сматрати завршеном мада се тектонске појаве без већег значаја по сеизмичност могу и даље очекивати.
3. Дунавски раседи или такозвани вишњички раседни систем сачињен је од неколико раседа у ширем простору тока Дунава од којих је Звездари најближи систем вишњичких раседа.

Својим пружањем раседи одређују границе тектонских блокова од којих Звездару окружују булбудерски блок и блок Звездаре.

Сви ови тектонски елементи нису међутим од битног утицаја на сеизмичност локације саме Астрономске опсерваторије. Ниво сеизмичности

зависи од јаких земљотреса чија су жаришта ван Београда и методом сеизмичног хазарда одређен је као:

- за период поновљивости земљотреса од 100 година,

интензитет земљотреса у границама између 6.5 и 7 степени Меркалијеве скале.

хоризонтално убрзање осциловања тла на нивоу основне стене у границама између 0,06 г и 0,08 г (г - убрзање у деловима убрзања земљине теже)

У зависности од спектралних карактеристика осциловања тла и одзива појединих објеката ове вредности се могу при одређеним земљотресима незнатно кориговати.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу геолошких карактеристика и истражног бушења успешно је извршена лито - стратиграфска и хидрогеолошка интерпретација. Резултат су закључци како следи:

1. У циљу евентуалног побољшања услова водоснабдевања Астрономске опсерваторије, прихватили смо се анализе хидрогеолошке грађе, ради утврђивања могућности захватања подземних вода.
2. У геолошком погледу терен изграђују наслаге квартара и миоцена. Са хидрогеолошког аспекта у грађи терена учествују стенске масе слабијих филтрационих карактеристика а циркулација подземних вода одвија се кроз наслаге леса и миоценских пескова.
3. Издан подземних вода формирана је унутар леса али је слабих експлоатационих могућности са аспекта захватања потребних количина воде. Издан подземних вода формирана је и унутар сарматских пескова, која је такође слабе издашности, те се даља истраживања економски не могу оправдати.
4. Побољшање водоснабдевања Опсерваторије сврсисходније је потражити унутар техничког решења градског водовода.

Осим геолошких истраживања изведена су и геофизичка мерења применом метода: електричне, сеизмичке, гравметријске и геомагнетске.

Циљ ових истраживања био је одређивање физичких параметара лито - стратиграфских средина и интензитета тоталних вектора гравитационог и магнетског поља Земље.

Резултати применом ових метода дати су у табели:

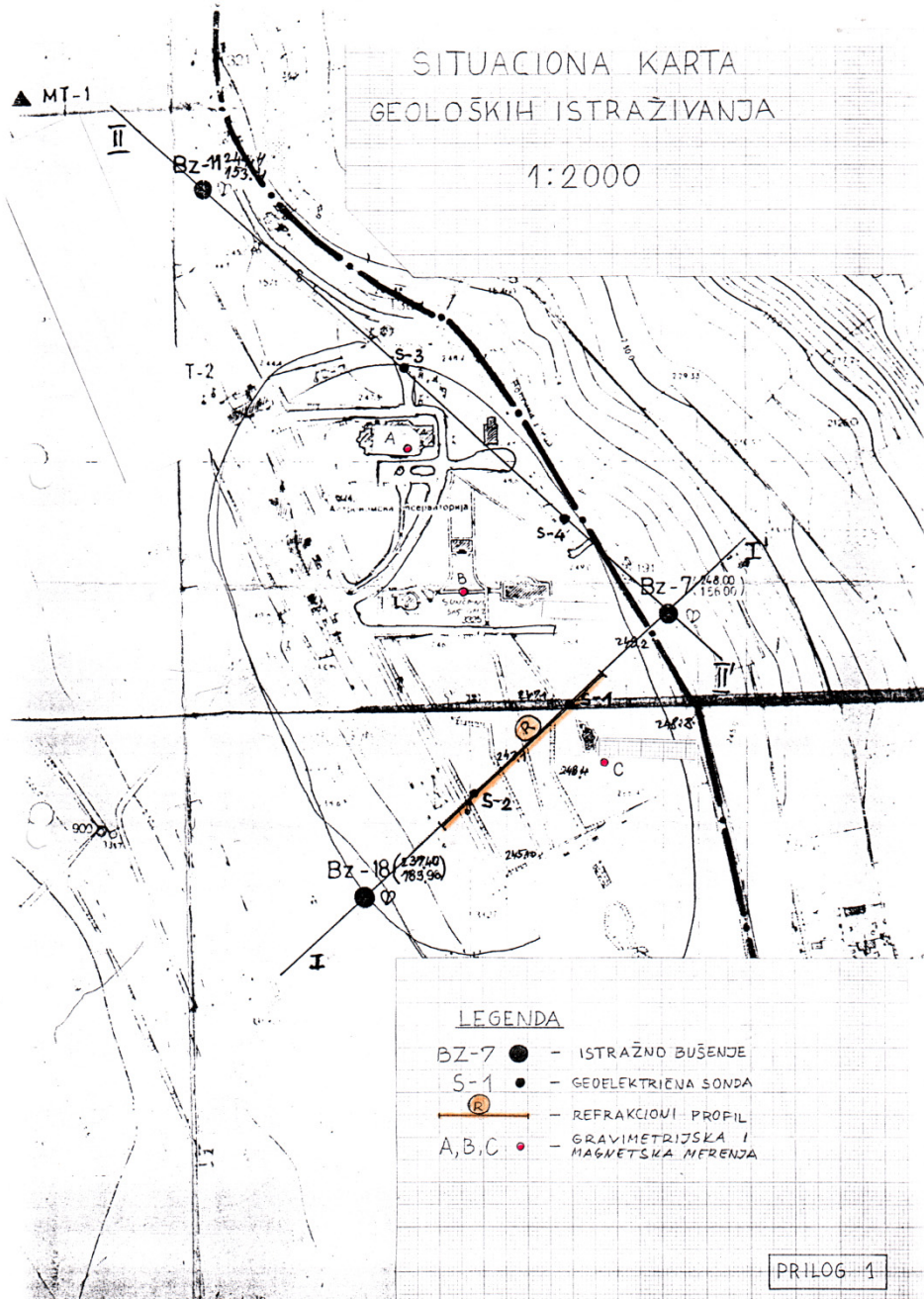
ИЗВЕШТАЈ О ГЕОЛОШКИМ И ГЕОФИЗИЧКИМ КАРАКТЕРИСТИКАМА ЛОКАЦИЈЕ
АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ НА ЗВЕЗДАРИ

Метода	Физичка особина или поље силе	Лито-стратиграфска одредба или вектор силе Земље	Вредност параметара или интензитет силе	
ЕЛЕКТРИЧНА	Специфични електрични СЕО отпор	Q - лес	20-120 Ωm	
		M_3^1 - песак, глина	19-22 Ωm	
		M_3^1 - песак, лапор	36-42 Ωm	
СЕИЗМИЧКА	Брзина лонгитудиналних таласа	Q - површински покривач	$V_{L1} = 0.25 \text{ km/s}$	
		Q - лес	$V_{L2} = 0.50 \text{ km/s}$	
ГРАВИМЕТРИЈСКА	Гравитационо поље Земље	Убрзање силе Земљине теже	A	9,8056790 m/s^2
			B	9,8056826 m/s^2
			C	9,8056799 m/s^2
МАГНЕТСКА	Магнетно поље Земље	Тотални вектор магнетног поља	A	46808 нТ
			B	46784 нТ
			C	46790 нТ

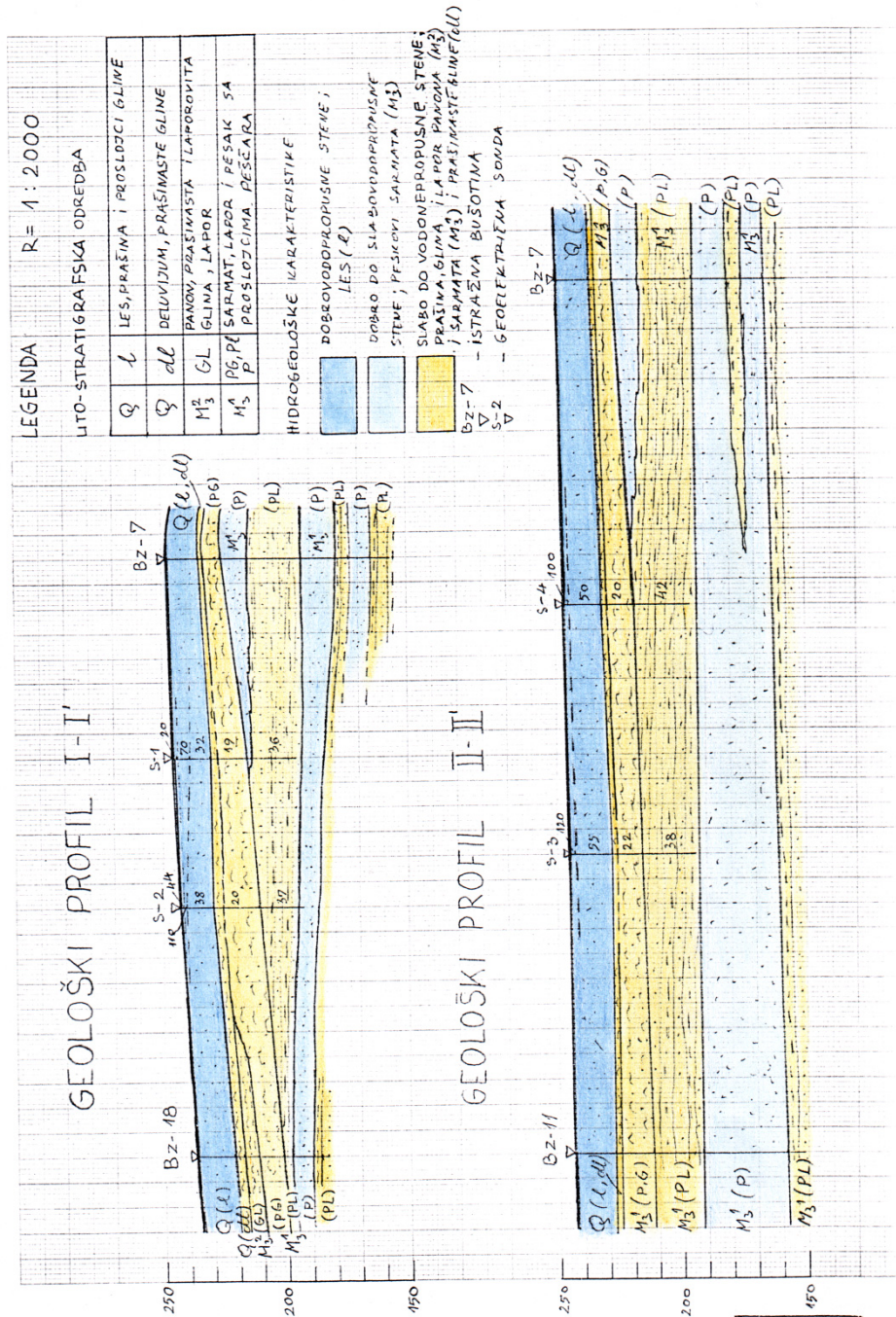
Ниво сеизмичности зависи од јаких земљотреса чија су жаришта ван Београда и методом сеизмичког хазарда одређен је као:

- За период поновљивости земљотреса од 100 година,
- интензитет земљотреса у границама између 6.5 и 7 степени меркалијеве скале,
 - хоризонтално убрзање осциловања тла на нивоу основне стене у границама између 0,06 г и 0,08 г.

ПРИЛОЗИ
Прилог 1 - Ситуациона карта

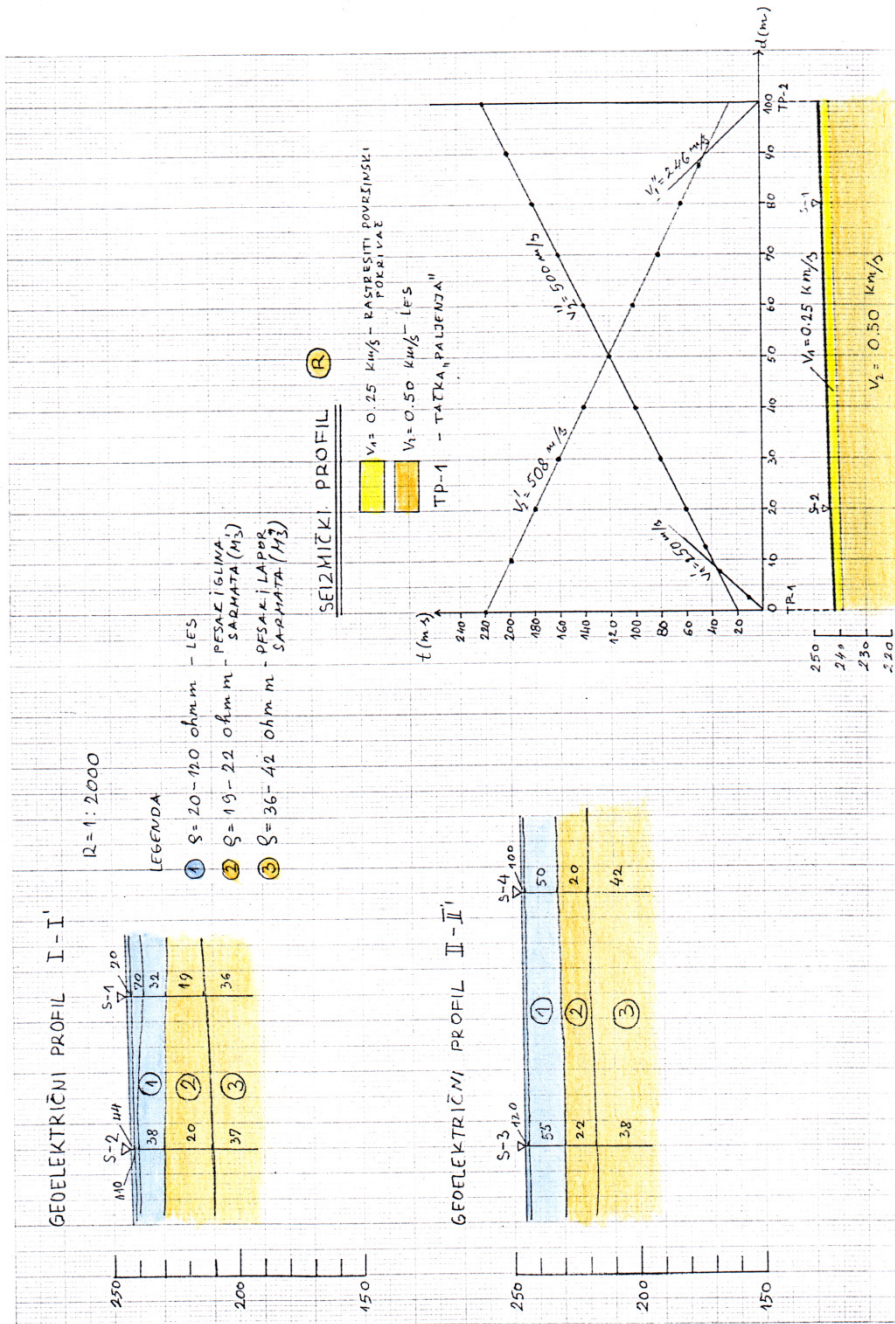


Прилог 2 - Геолошки профили



PRILOG 2

Прилог 3 - Геоелектрични и сеизмички профил



PRILOG 3

**REPORT ON GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL CHARACTERISTICS
ON THE LOCATION OF ASTRONOMICAL OBSERVATORY
ON ZVEZDARA**

Geological and geophysical characteristics of the location of the Astronomical Observatory on *Zvezdara* were considered.