



ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ИНСТИТУТ НИКОЛА ТЕСЛА
АКЦИОНАРСКО ДРУШТВО БЕОГРАД
Лабораторија за испитивање и еталонирање
Косте Главинића 8А, 11000 БЕОГРАД, Поштански фах 139
тел. централа: 011/3952-000; факс: 011/3690-823
www.ieent.org, e-mail: info@ieent.org



Извештај бр. 325605-Л

Стручна оцена оптерећења животне средине пројекта изградње
двосистемског кабловског вода 2x110 kV ТС Београд 49 (Аеродром) – ТС Београд 50

Корисник: Електромрежа Србије а.д.
Урађено према: Уговору бр. 233 24 1,
Ваш бр. 500-00-UGO-NAV-325/2024-001 од 30.01.2025. године.
наш бр. 03/536-23 од 05.02.2025. године
Број страна: 13 + Прилог
Датум: 29. 9. 2025.

Руководилац Специјализоване лабораторије
за испитивање електромагнетских поља:

Маја Грбић

Др Маја Грбић, дипл. инж. ел.



Руководилац Лабораторије за
испитивање и еталонирање:

Александар Павловић

Александар Павловић, дипл. инж. ел.

2025.

1. ПРЕДМЕТ ИЗВЕШТАЈА

Предмет извештаја је стручна оцена оптерећења животне средине пројекта изградње двосистемског кабловског вода KV 2x110 kV ТС Београд 49 (Аеродром) – ТС Београд 50.

Стручна оцена је спроведена на основу анализе нивоа електромагнетских поља (ЕМП) ниских учестаности која обухвата утврђивање постојећег стања и процену очекиваних нивоа ЕМП након реализације наведеног пројекта.

Постојеће стање је утврђено мерењем (тзв. „нулто мерење“) ЕМП пре реализације наведеног пројекта, док је процена нивоа ЕМП након реализације пројекта заснована на резултатима прорачуна.

Наведени пројекат је анализиран на основу достављене планиране трасе кабловског вода (KM3 формат фајла добијен од Наручиоца) и основних техничких података о будућем двосистемском кабловском воду KV 2x110 kV на којима се заснива документ: Идејно решење – ИДР, Нова градња: **Кабловски вод 2x110 kV ТС Београд 49 (Аеродром) – ТС Београд 50**, број пројекта ИДР 3379 из августа 2023. године, компаније „ЕЛЕКТРОИСТОК ПРОЈЕКТНИ БИРО“ д.о.о. Београд, Ровињска 14 (у даљем тексту **ИДР**). Релевантни подаци и смернице из ИДР-а, дати су у прилогу.

2. ДАТУМ, МЕСТО И УСЛОВИ ИСПИТИВАЊА

Мерења су спроведена 26. 9. 2025. године. Током спровођења мерења на отвореном простору, температура амбијента је се кретала у распону 25°C - 27°C, а релативна влажност у распону 58% - 67%.

3. ВРСТА ИСПИТИВАЊА, РЕФЕРЕНТНА ДОКУМЕНТА И МЕРНА И ИСПИТНА ОПРЕМА

Врста испитивања	Референтни документ	Мерило
Мерење јачине електричног поља (E) и магнетске индукције (B) у околини електроенергетских постројења и водова у стационарном режиму рада	SRPS EN 50413:2020 SRPS EN 62110:2011 SRPS EN 62110:2011/AC:2015 SRPS EN 61786-1:2014 IEC 61786-2:2014 УП-041*, УП-075**	Уређај „NBM-550“, производње „Narda Safety Test Solutions“, серијски број H-0300, са екстерном сондом за мерење јачине електричног поља и магнетске индукције модел ENP-50F, серијски број 100WY70526. (Уверење о еталонирању бр. 05825 од 01. 02. 2025. године издато од стране Лабораторије за испитивање и еталонирање Електротехничког института Никола Тесла а.д. Београд.)
Прорачун јачине електричног поља (E) и магнетске индукције (B) у слободним коридорима у околини надземних електроенергетских водова у стационарном режиму рада	SRPS EN 50413:2020 SRPS EN 62110:2011 SRPS EN 62110:2011/AC:2015 УП-051***, УП-075**	УП-051*** УП-075**

Интерна упутства Лабораторије:

*УП-041, Упутство за одређивање мерне несигурности при мерењу ELF EM поља;

**УП-075, Упутство за израчунавање несигурности метода које се користе за испитивање изложености људи нискофреквентним електричним и магнетским пољима;

***УП-051, Упутство за прорачун јачине електричног поља и магнетске индукције надземних електроенергетских водова са проценом несигурности прорачуна и верификацијом.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

Избор локација

Предмет стручне оцене оптерећења животне средине је процена утицаја на животну средину, односно процена нивоа ЕМП, након реализације пројекта изградње двосистемског кабловског вода ДВ 2x110 kV ТС Београд 49 (Аеродром) – ТС Београд 50 (у даљем тексту: предметни КВ).

Обиласком локација дуж трасе предметног КВ (геореференцирана траса је добијене од Наручиоца у КМЗ формату), за процену оптерећења животне средине, одабрано је више карактеристичних локација на којима су спроведена испитивања. Изабране локације се налазе у заштитном појасу предметног КВ (за кабловске водове 110 kV заштитни појас се простира 2 m од ивице кабловског рова, са једне и друге стране рова) или у његовој непосредној близини. На овим локацијама је очекивано присуство или боравак људи, односно краткотрајна или дуготрајна изложеност ЕМП услед емисије предметног КВ.

На слици 1 је приказана траса предметног КВ са изабраним локацијама за мерење.






Слика 1. Траса кабловског вода 2x110 kV ТС Београд 49 (Аеродром) – ТС Београд 50.

Мерења ЕМП




На изабраним локацијама спроведена су мерења ефективних вредности магнетске индукције, уз истовремено мерење фреквенције поља. На свим мерним местима измерена је фреквенција поља од 50 Hz. Због ефекта екранизације, вредности јачине електричног поља су занемарљиве на површинама изнад кабловског рова. Због тога нису вршена мерења јачине електричног поља.

Репрезентативна мерна места су изабрана након прелиминарног скенирања и то на местима очекиваних максималних вредности ЕМП услед емисије предметног ДВ. При томе су евидентирани струја (I_m) и радни напон (U_m) сваког уоченог постојећег извора (пошто је магнетска индукција сразмерна струји извора ЕМП).

Табела 1. Резултати мерења ЕМП

р.бр.	гео. коорд.	В (μТ)	опис	позиција
1	N: 44,871643° E: 20,240480°	0,008	Локација 1 На асфалтном путу, код будуће ТС Београд 50	
2	N: 4,869618° E: 20,249437°	0,008	Локација 2 На асфалтном путу, код укрштања са земљаним путем	
3	N: 44,868002° E: 20,255512°	0,009	Локација 3 На земљаном путу, код надвожњака	

р.бр.	гео. коорд.	В (μТ)	опис	позиција
4	N: 44,865473° E: 20,253771°	0,010	<u>Локација 4</u> На асфалтном путу, код укрштања са другим асфалтним путем	
5	N: 44,853366° E: 20,249679°	0,016	<u>Локација 5</u> На асфалтном путу, код кружног тока	
6	N: 44,842787° E: 20,250213°	0,015	<u>Локација 6</u> На земљаном путу, код надвожњака	
7	N: 44,835114° E: 20,260147°	0,069	<u>Локација 7</u> На земљаном путу, код укрштања са ауто-путем	

р.бр.	гео. коорд.	B (μ T)	опис	позиција
8	N: 44,834643° E: 20,265984°	0,016	Локација 8 На паркингу пумпе за гориво	
9	N: 44,829149° E: 20,274408°	0,014	Локација 9 На земљаном (пољском) путу	
10	N: 44,825716° E: 20,271110°	0,097	Локација 10 На земљаном (пољском) путу, код будуће ТС Београд 49	

Прорачуни ЕМП

Прорачун је спроведен рачунарским програмом описаним у интерном упутству Лабораторије, УП-051, у циљу одређивања максималних теоријских вредности магнетског поља на карактеристичним местима дуж трасе предметног КВ. За потребе прорачуна формиран су различити модели предметног КВ (у зависности од позиција проводника у кабловском рову).

За формирање модела предметног КВ, усвојени основни параметри преузети су из ИДР-а.

1. Тип и пресек проводника КВ

Усвојен је тип **2x3xA2XS(FL)2Y 1x1000RM/X -64/110kV** карактеристика наведених у табели 2.

Табела 2. Основне техничке карактеристике изабраног кабловског вода

Проводник	Округли компактни
-материјал	алуминијум
-пресек	1000 mm ²
-пречник проводника	37,82 mm
Изолација	Троструко екструдована
-материјал	XLPE умрежени полиетилен
-дебљина	18 mm
-средњи пречник	76,62 mm
Метални екран	жичани
-материјал	бакар
-попречни пресек	X mm ² - *(95 mm ²)
Заштита од влаге	ламинирана
-материјал	алуминијум
-дебљина	0,15 mm
Спољна заштита	
-материјал	полиетилен
-дебљина	4,0 mm
Укупан пречник кабла	95 mm
Укупна маса кабла	8,920 kg/m

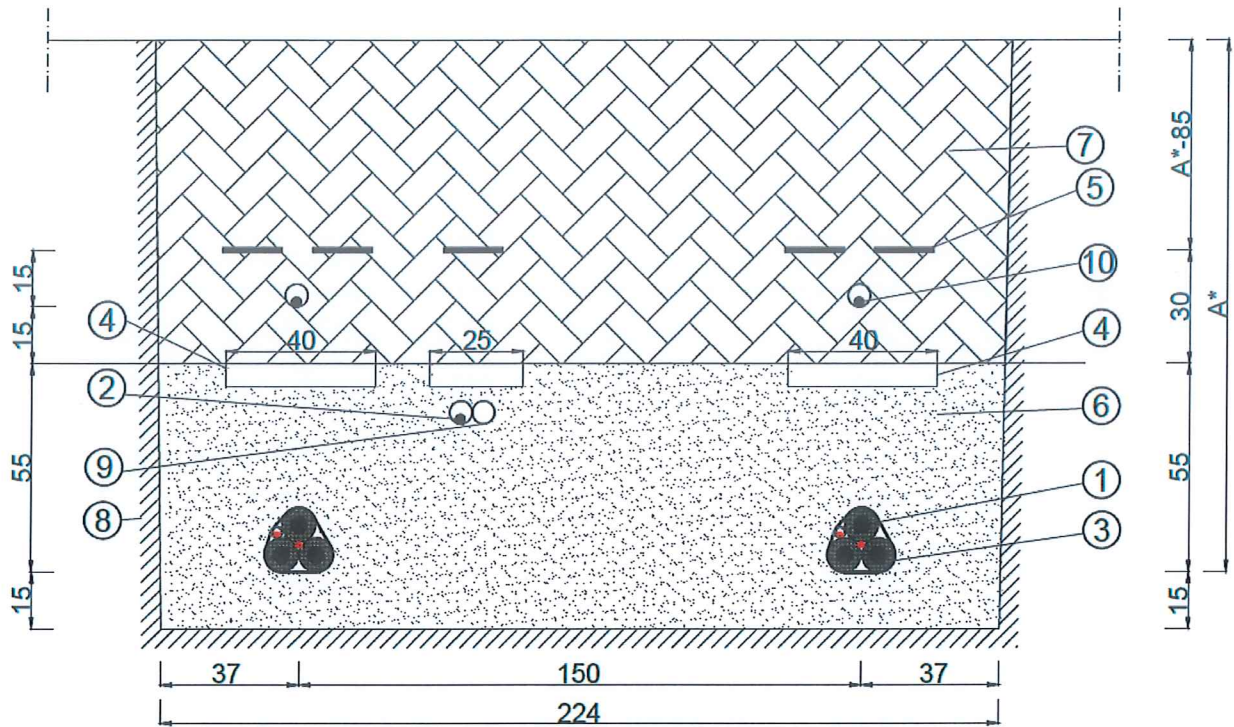
*ИДР не дефинише попречни пресек металног екрана, али је за потребе прорачуна усвојено да је X=95 mm² (на основу, код нас већ примењених кабловских водова)

2. **Дозвољено оптерећење предметног КВ** је 750 А (препоруча произвођача за изабрани кабл);
3. **Редослед фаза фазних проводника** – ИДР не дефинише редослед фаза, па је за потребе прорачуна усвојен најнеповољнији редослед, односно онај који даје највеће вредности магнетске индукције на површини тла;
4. **Димензије кабловског рова** – Ширина рова је 2,25 m, дубина је различита али не мања од 1,45 m, тако да је за потребе прорачуна усвојена вредност од 1,3 m као дубина полагања проводника;
5. **Димензије шахта за кабловске спојнице** су дужина 10,5 m, ширина 3 m, дубина 2,1 m, при чему је доња ивица шахта на дубини 1,2 m од површине тла;
6. **Димензије шахта за укрштање плашта** су дужина 1,6 m, ширина 3 m, дубина 2,2 m;
7. **Начини полагања проводника у кабловски ров**

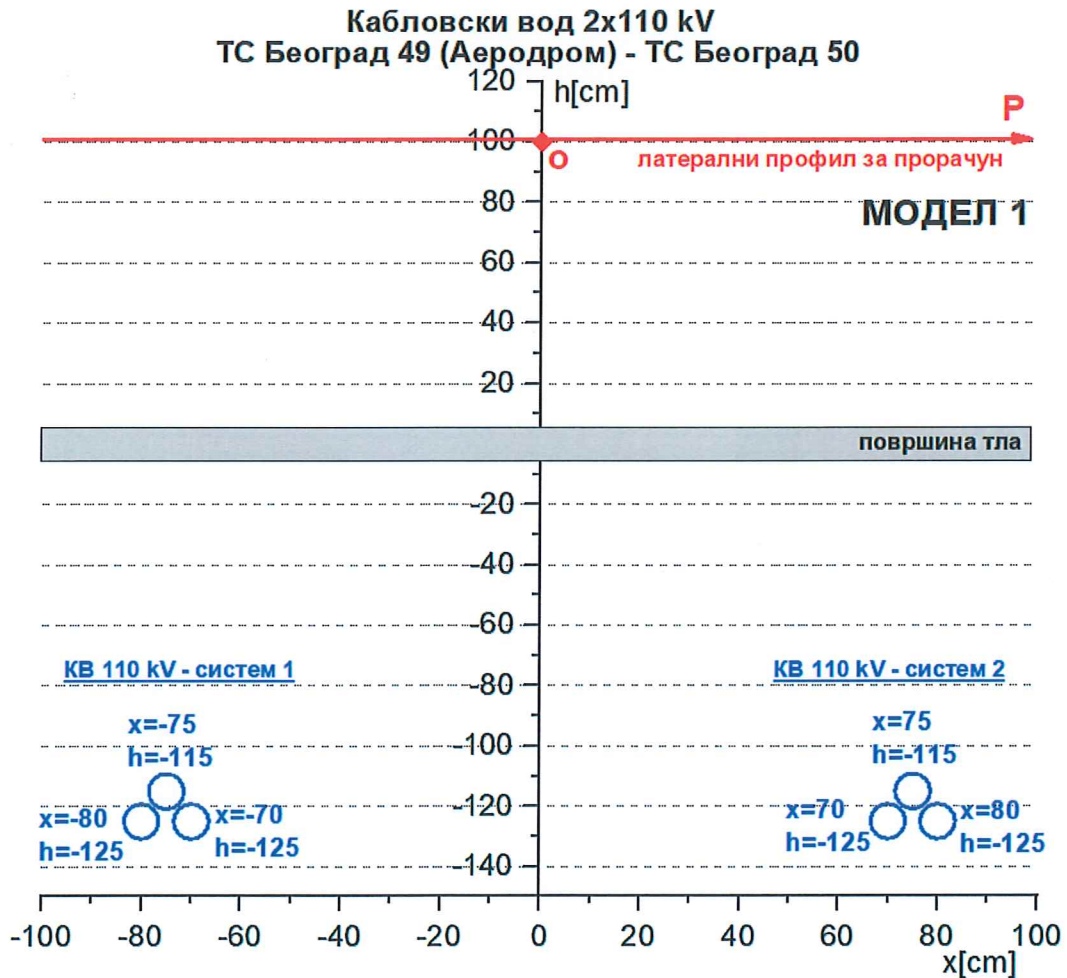
Начин полагања проводника предметног КВ је условљен присуством или одсуством објеката у близини којих ће пролазити предметни КВ (саобраћајна инфраструктура, водоводна или канализациона инфраструктура, енергетска инфраструктура и сл.). У зависности од позиција проводника предметног КВ у кабловском рову, формирано је пет карактеристичних модела (МОДЕЛ 1 – МОДЕЛ 5), за сваки од начина полагања фазних проводника предметног КВ у зависности од ситуације.

На сликама 2а – 6а, дате су подлоге преузете из ИДР-а, за пет карактеристичних начина полагања проводника. На основу ових подлога, формирано су графици позиција фазних проводника предметног КВ, који су приказани на сликама 2б – 6б и на основу којих су спроведени прорачуни магнетске индукције дуж латералног профила Р, на висини 1 m изнад кабловског рова, за сваки од модела (МОДЕЛ 1 – МОДЕЛ 5).

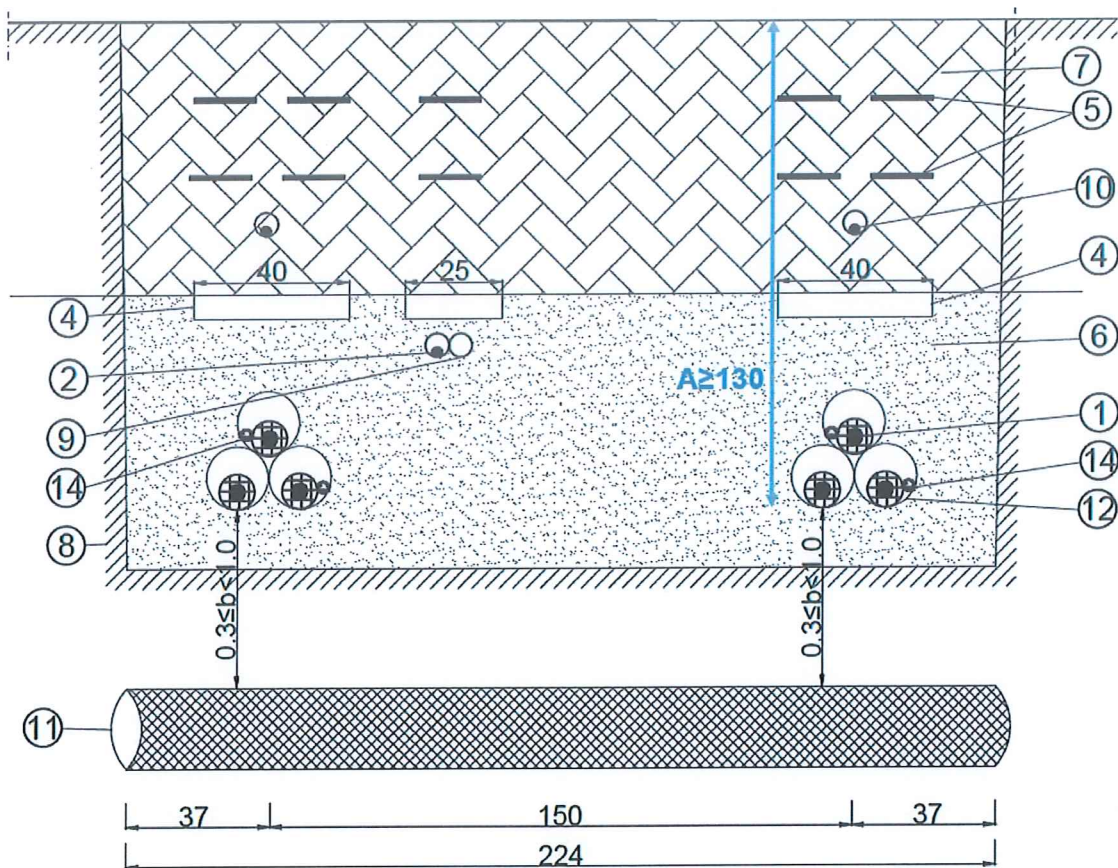
Ознака **А** на сликама, представља дубину полагања кабла, односно растојање од подлоге на коју су положени проводници КВ до површине тла.



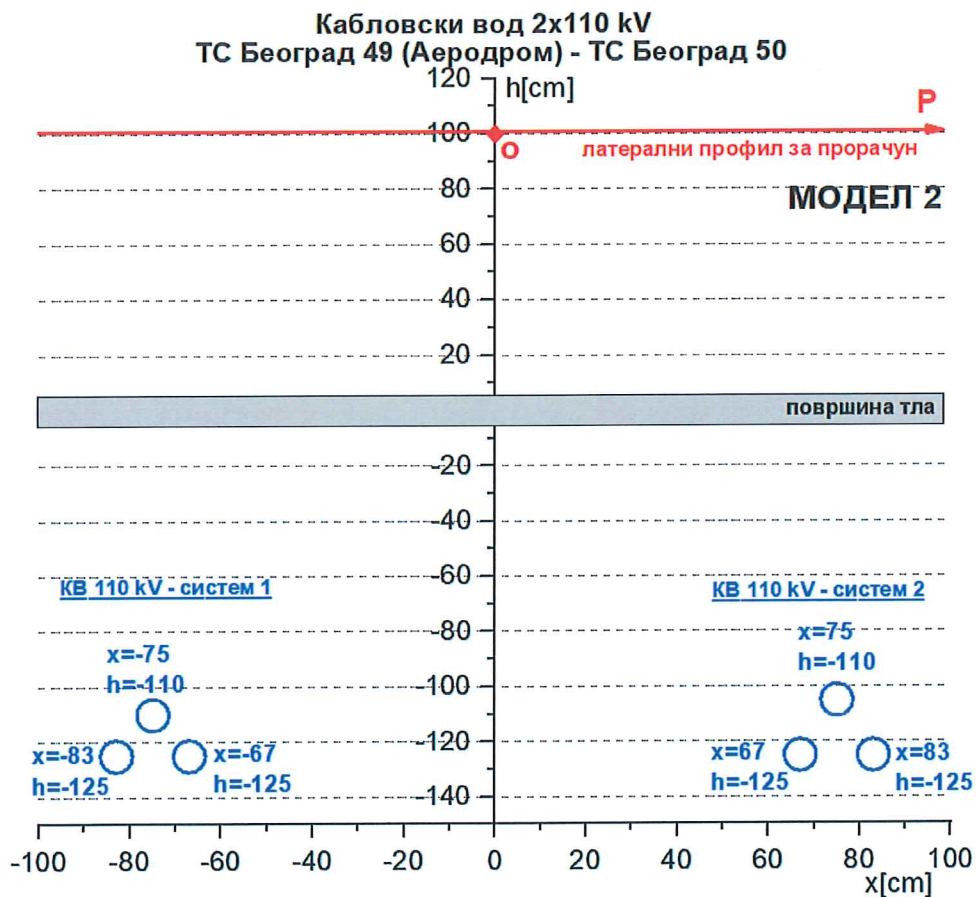
Слика 2а. Детаљ полагања каблова директно у тло у tree-foil формацији, $A \geq 130$ mm (преузето из ИДР-а).



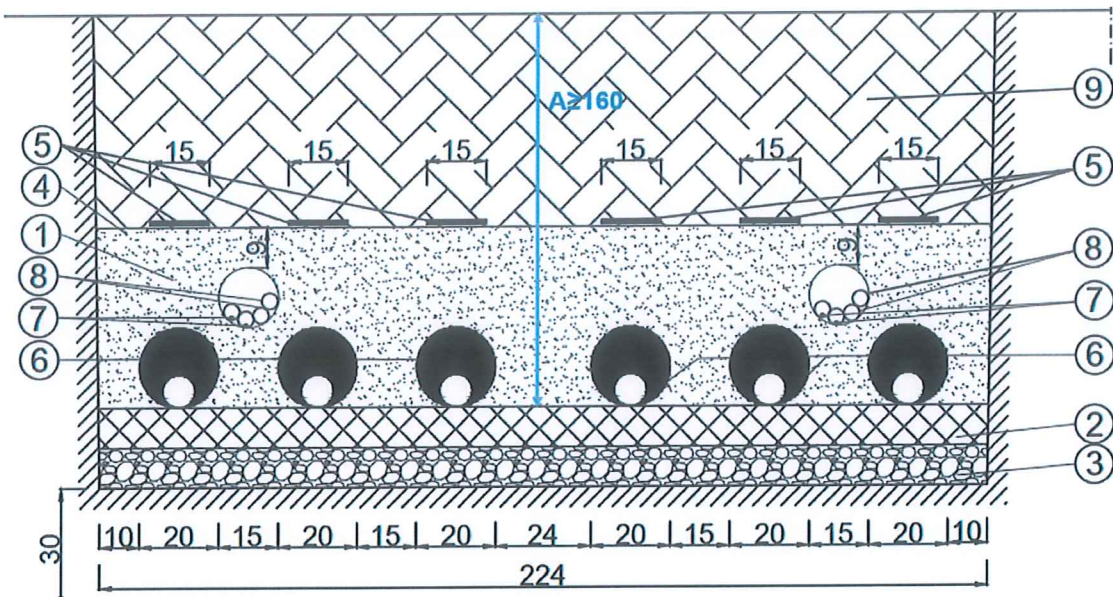
Слика 26. МОДЕЛ 1 – позиције фазних проводника предметног КВ при прорачуну, за ситуацију са сл. 2а.



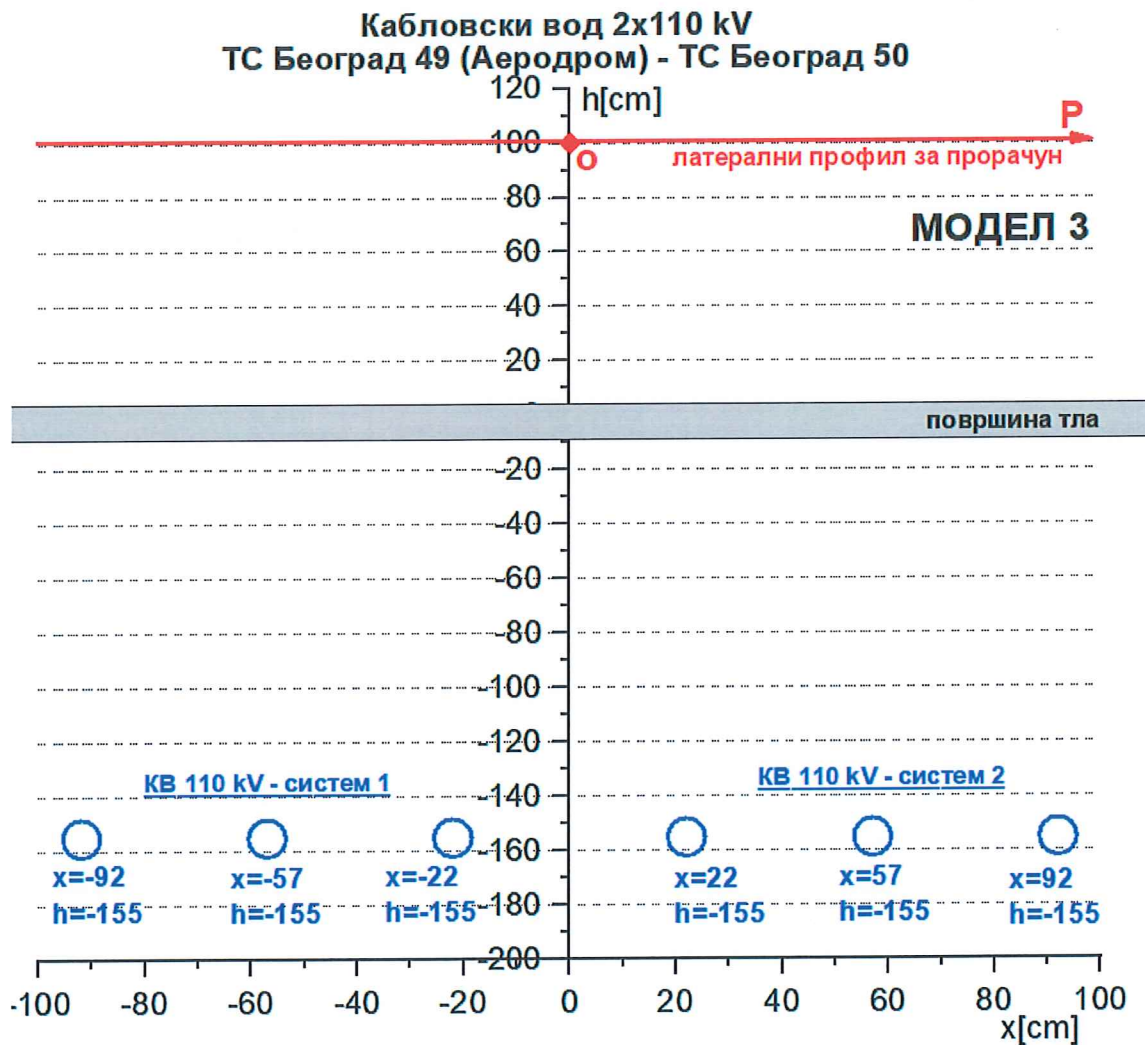
Слика 3а. Деталј полагања каблова у засебне цеви пречника 160 mm у tree-foil формацији.



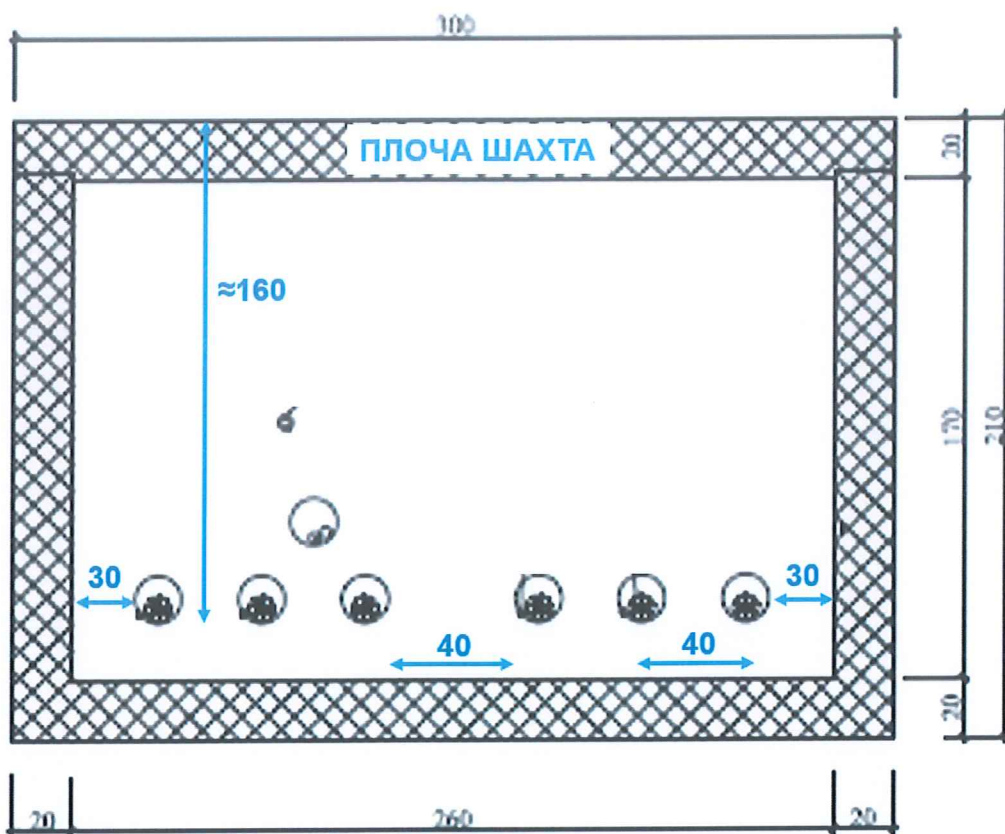
Слика 3б. МОДЕЛ 2 – позиције фазних проводника предметног КВ при прорачуну, за ситуацију са сл. 3а.



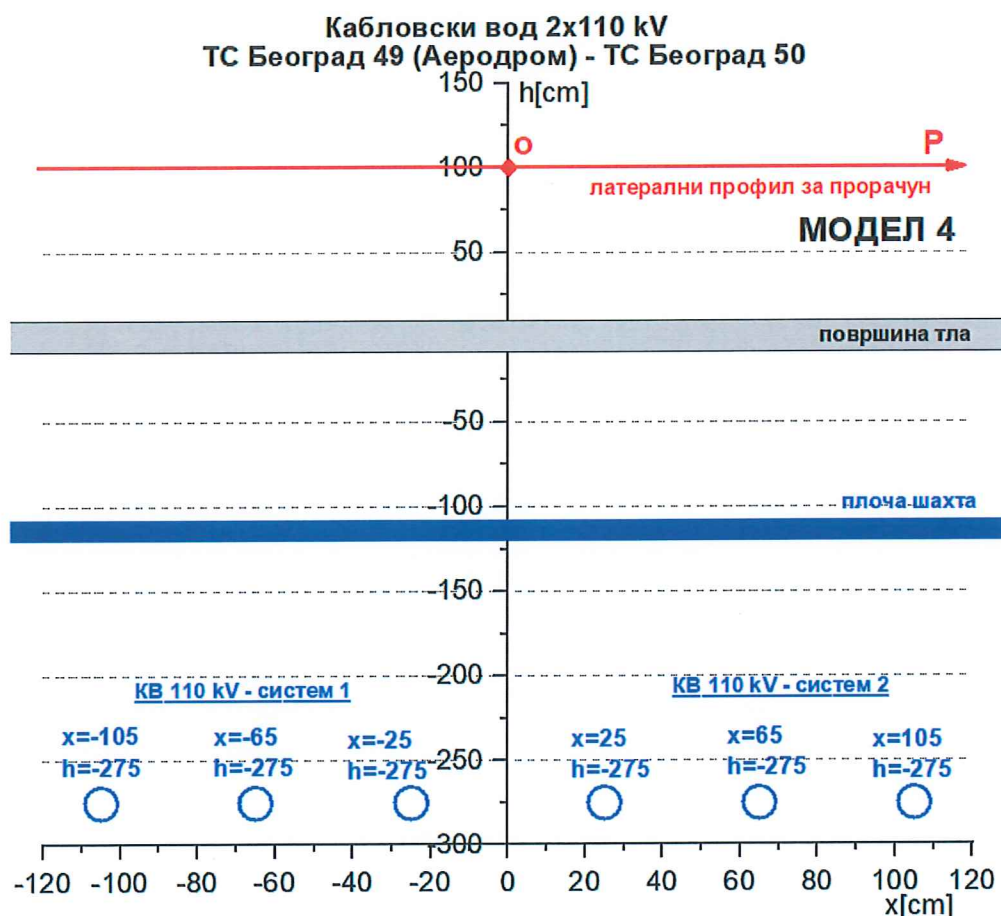
Слика 4а. Детаљ полагања каблова у засебне цеви, код укрштања са путем.



Слика 4б. МОДЕЛ 3 – позиције фазних проводника предметног КВ при прорачуну, за ситуацију са сл. 4а.



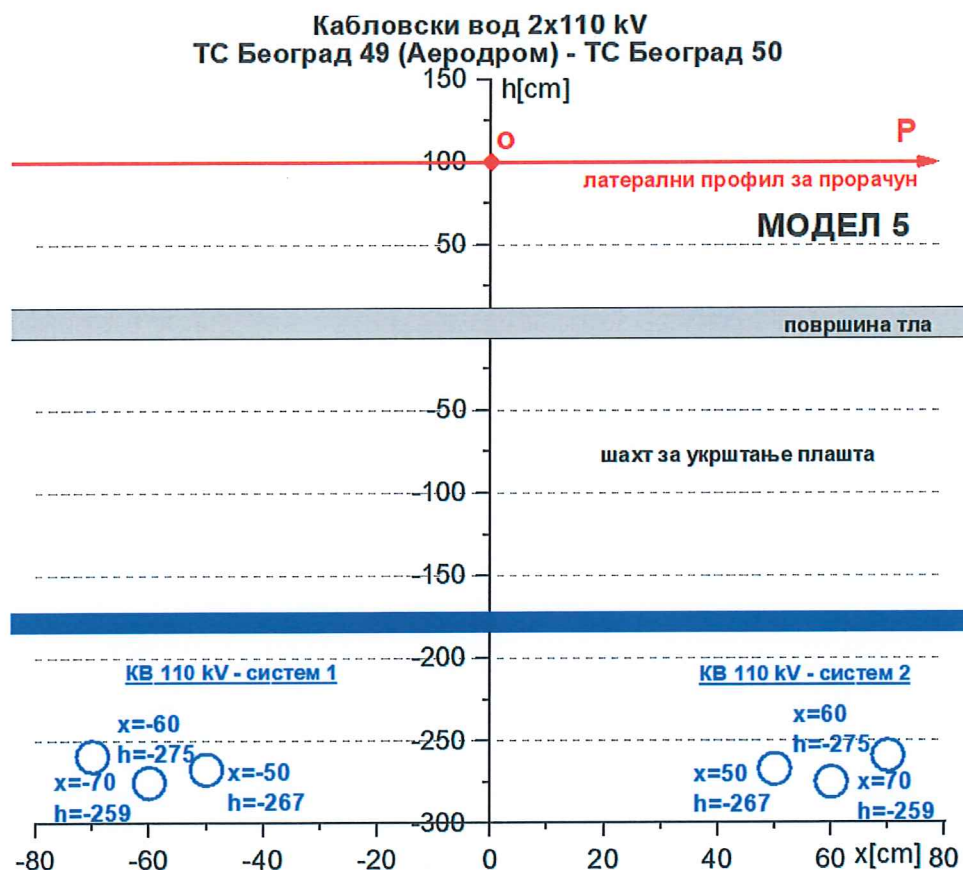
Слика 5а. Деталј позиција фазних проводника у шахту за кабловске спојнице.



Слика 5б. МОДЕЛ 4 – позиције фазних проводника предметног КВ при прорачуну, за ситуацију са сл. 5а.



Слика 6а. Детаљ позиција фазних проводника предметног КВ, испод шахта за укрштање плашта (са три проводника у цеви пречника 50 mm).



Слика 6б. МОДЕЛ 5 – позиције фазних проводника предметног КВ при прорачуну, за ситуацију са сл. 6а.

Резултати прорачуна магнетске индукције за сваки од модела су дати у табели 3. У табели 3, поред израчунате максималне ефективне вредности магнетске индукције B , која се може јавити на висини 1 m изнад кабловског рова, при оптерећењу предметног КВ максималном дозвољеном струјом, наведена је и ситуација за коју се примењује дати модел. Пошто у тренутку израде извештаја није био познат редослед фаза предметног КВ, прорачуни су урађени за свих 6 различитих редоследа фаза, а резултати приказани у табели 3 се односе на редослед фаза који даје највеће вредности магнетске индукције.

Табела 3. Максималне вредности магнетске индукције B , на висини 1 m изнад рова предметног КВ

модел	B [μT]	Напомена
МОДЕЛ 1	6,68	- полагање на слободним површинама - полагање у тротоару, коловозу - полагање у близини топловода - полагање у близини ТТ каблова - полагање у близини каблова јавног осветљења или контактне мреже ГС - полагање у близини електроенергетских каблова
МОДЕЛ 2	10,49	- полагање у близини водоводне или канализационе цеви - полагање у близини гасовода
МОДЕЛ 3	23,85	- полагање са подбушивањем при укрштању са путевима
МОДЕЛ 4	13,41	- полагање у шахту за кабловске спојнице
МОДЕЛ 5	4,76	- полагање испод шахта за укрштање плашта

Несигурност испитивања

Према интерним упутствима Лабораторије УП-041, УП-051 и УП-075, највећа могућа проширена несигурност методе испитивања износи 20%, приликом испитивања обе врсте поља, електричног и магнетског.

Испитивачи:

1. Др Маја Грбић, дипл. инж. ел. (прорачун),
2. Дејан Хрвић, дипл. инж. ел. (мерење),
3. Катарина Максић, мастер инж. ел. (мерење) – испитивач на обуци,
4. Дамјан Вукајловић, тех. (мерење) – испитивач на обуци.

Руководилац испитивања:



Дејан Хрвић, дипл. инж. ел.

Верификовала резултате испитивања:



Др Маја Грбић, дипл. инж. ел.

Крај извештаја бр. 325605-Л

ПРИЛОГ ИЗВЕШТАЈА БРОЈ 325605-Л

Прилог I – Стручна оцена оптерећења животне средине

Прилог II – Решење Министарства животне средине и просторног планирања Републике Србије

Прилог III – Документација преузета из ИДР-а

ПРИЛОГ I

Стручна оцена оптерећења животне средине

Предмет стручне оцене оптерећења животне средине је пројекат изградње двосистемског кабловског вода KV 2x110 kV TC Београд 49 (Аеродром) – TC Београд 50.

Референтни документи према којима се даје стручна оцена оптерећења животне средине су:

- [1] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, Службени гласник РС бр. 36/09 од 15.05.2009.
- [2] Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима, Службени гласник РС бр. 16 од 26. 02. 2025.
- [3] Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања, Службени гласник РС бр. 16 од 26. 02. 2025.

Наведени правилници дефинишу две зоне унутар насељених места:

- **Зона повећане осетљивости је:** затворени простор стамбених зграда, породичних кућа, стамбено-пословних зграда, пословних зграда (зграде које се употребљавају у пословне сврхе, административне и управне сврхе, зграда правосудних органа и парламента), зграда за трговину, туристичко-угоститељских зграда, спортско-рекреативних зграда, школских зграда (зграда дечјих вртића, зграда јаслица, зграда основних школа, зграда средњих школа, зграда факултета и зграда за научноистраживачку делатност), зграда за смештај студената и ученика, зграда за здравствену и социјалну заштиту (болнице, клинике, поликлинике, породилишта, домови здравља, здравствене станице, установе за старије особе и хендикепирана лица), затворени простор објеката где је трансформаторска станица уграђена у склопу стамбене зграде и објекта;

- **Јавно подручје** је подручје у насељеним срединама (урбана и рурална изграђена насеља) на којима није ограничен приступ становништву, а нису зоне повећане осетљивости.

Према Правилнику [2], референтни гранични нивои за излагање становништва у **зонама повећане осетљивости (ЗПО)** временски променљивом електричном пољу и временски променљивом магнетском пољу износе **2 kV/m** и **40 μ T** (ефективне вредности, за поља учестаности 50 Hz), респективно. Референтни гранични нивои за излагање становништва на **јавним подручјима (ЈП)** временски променљивом електричном пољу и временски променљивом магнетском пољу износе **5 kV/m** и **100 μ T** (ефективне вредности, за поља учестаности 50 Hz), респективно.

При поређењу са референтним граничним нивоима, потребно је проценом уважити све променљиве карактеристике извора које могу битно утицати на нивое електричног и магнетског поља.

Стручна оцена узима у обзир постојеће оптерећење животне средине које се утврђује мерењем и оптерећењем које извор нејонизујућих зрачења уноси у животну средину, које се одређује путем прорачуна.

Стручна оцена оптерећења животне средине заснована је на мерењима магнетске индукције која се односе на постојеће стање (стање пре реализације пројекта) и на прорачунима који се односе на будуће стање (стање након реализације пројекта).

Теоријски, због ефекта екранизације, вредности јачине електричног поља су занемарљиве на површинама изнад кабловског рова. Због тога нису анализирани вредности јачине електричног поља.

Мерења магнетске индукције, спроведена су у циљу утврђивања постојећег оптерећења животне средине у погледу електромагнетског поља. Прорачун је спроведен у циљу одређивања максималних теоријских вредности магнетског поља након реализације пројекта. Прорачун је спроведен на страни сигурности, за најнеповољнији случај са аспекта изложености људи, који подразумева оптерећење предметног кабловског вода максималном дозвољеном струјом.

Обиласком локација дуж трасе предметног KV (геореференцирана траса је добијена од Наручиоца у KM3 формату), за процену оптерећења животне средине, одабрано је 10 карактеристичних локација на којима су спроведена испитивања. Изабране локације се налазе у заштитном појасу предметног KV (за кабловске водове 110 kV заштитни појас се простира 2 m од ивице кабловског рова, са једне и друге стране рова) или у његовој непосредној близини.

У близини трасе предметног KV нема грађевинских објеката који би могли да се категоришу као зоне повећане осетљивости, па се локације на траси KV категоришу као јавно подручје, према Правилнику [2].

На основу резултата мерења се закључује да на локацијама у близини трасе предметног KV нема значајнијих извора ЕМП (на чију емисију би могла да се суперпонира емисија предметног KV), док се на основу резултата прорачуна констатује да реализација пројекта неће довести до прекорачења референтног граничног нивоа за јавна подручја од 100 μ T, као ни референтног граничног нивоа за зоне повећане осетљивости од 40 μ T ни на једној локацији дуж трасе KV.

Вредности магнетске индукције које су добијене путем прорачуна, потребно је потврдити првим испитивањима, након реализације пројекта.

Руководилац израде стручне оцене:

Маја Грбић

Др Маја Грбић, дипл. инж. ел.,
Руководилац специјализоване лабораторије

ПРИЛОГ II
РЕШЕЊЕ МИНИСТАРСТВА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ И ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
 МИНИСТАРСТВО ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ
 И ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА

Омладинских бригада 1
 11070 Нови Београд

Tel: + 381 (011) 31-31-357; 31-31-359 / Fax: + 381 (011) 31-31-394 / www.ekoplan.gov.rs

REPUBLIC OF SERBIA
 MINISTRY OF ENVIRONMENT
 AND SPATIAL PLANNING

1. Omladinskih brigada Str.
 11070 New Belgrade



По мери природе

Бр/№: 532-04-00103/2010-04
 Датум/Date: 17.03.2010. године

На основу члана 10. став 1. и 2. Закона о заштити од нејонизујућих зрачења („Службени гласник РС”, бр. 36/09), члана 20. Закона о министарствима („Службени гласник РС” бр. 65/08) и члана 192. став 1. Закона о општем управном поступку („Службени лист СРЈ”, бр. 33/97 и 31/01), на захтев Електротехничког института „Никола Тесла“, Лабораторија за испитивање и еталонирање, Косте Главинића 8а, Београд, министар животне средине и просторног планирања, дон о с и

Р Е Ш Е Њ Е

1. Утврђује се да Електротехнички институт „Никола Тесла“, Лабораторија за испитивање и еталонирање, Косте Главинића 8а, Београд, испуњава услове у погледу кадрова, опреме и простора, као и да примењује методе мерења и прорачуна важећих домаћих и међународних стандарда за вршење послова испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животnoj средини за нискофреквентне изворе.
2. У случају измене прописаних услова за вршење послова испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животnoj средини утврђених у тачки 1. овог решења, Електротехнички институт „Никола Тесла“, Лабораторија за испитивање и еталонирање, Косте Главинића 8а, Београд, дужан је да одмах обавести министра надлежног за послове заштите од нејонизујућих зрачења.

Образложење

Електротехнички институт „Никола Тесла“, Лабораторија за испитивање и еталонирање, Косте Главинића 8а, Београд, поднео је захтев Министарству животне средине и просторног планирања, за утврђивање испуњености услова за вршење послова испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животnoj средини за нискофреквентне изворе, у складу са чланом 10. став 1. и 2. Закона о заштити од нејонизујућих зрачења.

Услови које у погледу кадрова, опреме и простора, као и методе мерења и прорачуна важећих домаћих и међународних стандарда, које морају да испуњавају и примењују привредна друштва, предузећа и друга првана лица за вршење послова испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животnoj средини, прописани су чланом 3. и 4. Правилника о условима које морају да испуњавају правна лица која врше послове испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животnoj средини („Службени гласник РС”, бр. 104/09).

-2-

На основу оствареног увида у приложену документацију уз предметни захтев и извршеном провером, утврђено је да Електротехнички институт „Никола Тесла“, Лабораторија за испитивање и еталонирање, Косте Главинића 8а, Београд, испуњава прописане услове и примењује прописане методе мерења и прорачуна у складу са чланом 3. и 4. Правилника о условима које морају да испуњавају правна лица која врше послове испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животној средини, на основу чега се овлашћује за вршење послова испитивања нивоа зрачења извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса у животној средини за нискофреквентне изворе.

На основу утврђеног чињеничног стања решено је као у диспозитиву овог решења.

Ово решење је коначно у управном поступку.

УПУТСТВО О ПРАВНОМ СРЕДСТВУ: Против овог решења може се покренути управни спор пред Управним судом Србије у року од 30 дана од дана пријема решења. Тужба се предаје непосредно суду или путем поште.

Такса за ово решење наплаћена је на основу Закона о републичким административним таксама („Службени гласник РС” бр. 43/2003, 51/2003, 53/2004, 42/2005, 61/2005, 42/2006, 47/07, 54/08 и 5/09).

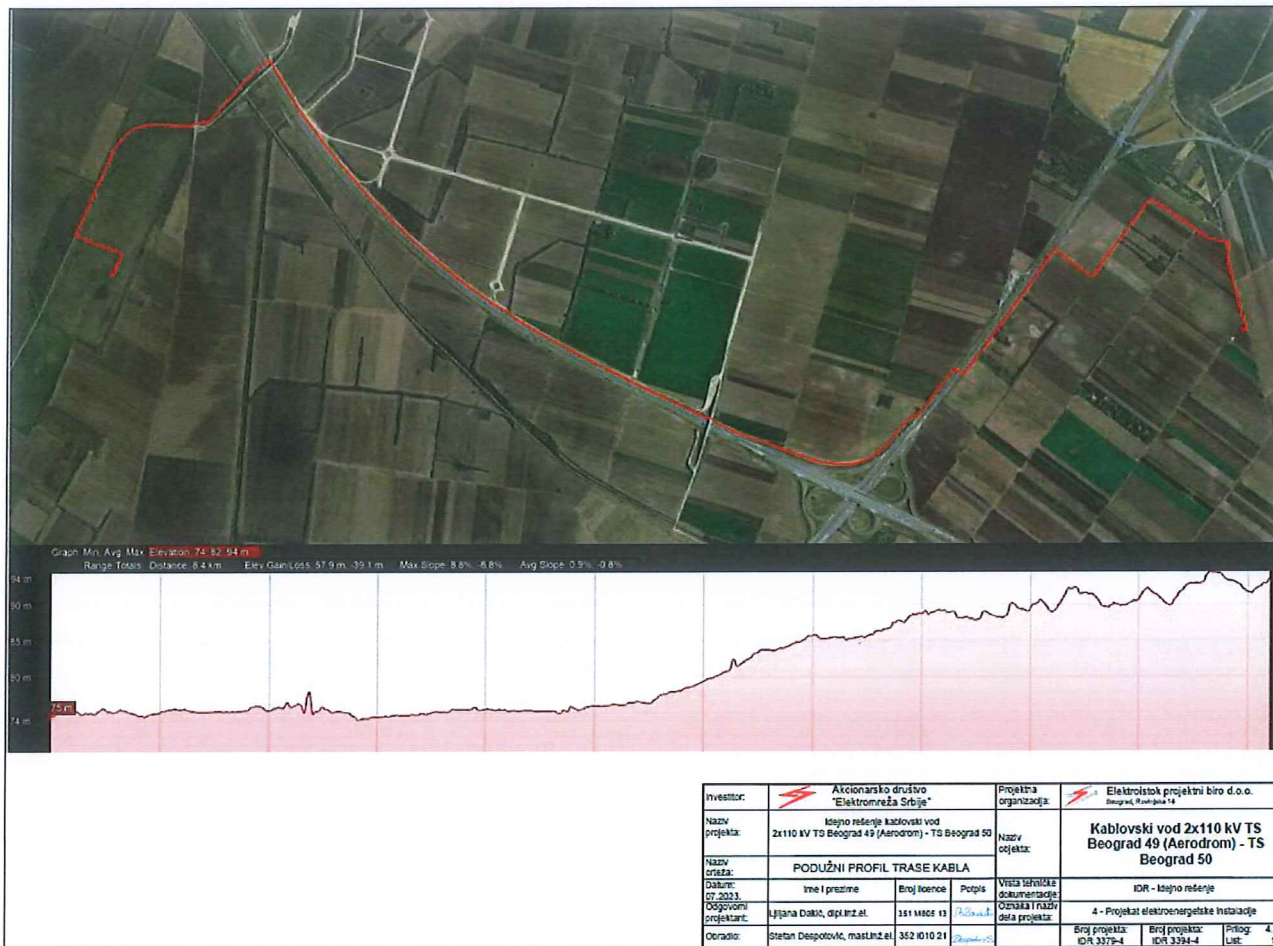


Достављено:

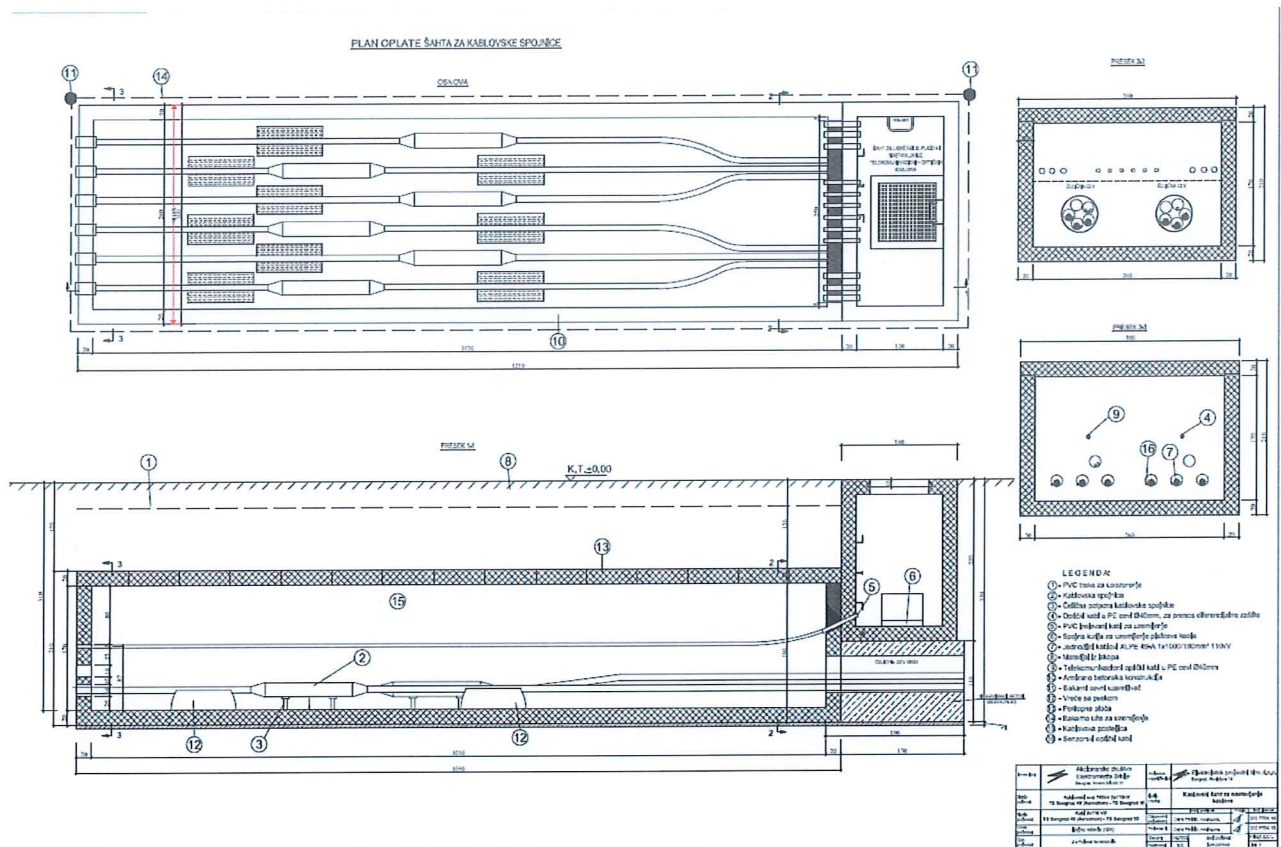
- Подносиоцу захтева
- Одсеку
- Архиви

ПРИЛОГ III

ДОКУМЕНТАЦИЈА ПРЕУЗЕТА ИЗ ИДР-А



Траса предметног КВ



Шематски приказ кабловске спојнице