



Техничко решење

Метода за моделовање извора буке, прорачун и оцену нивоа буке услед короне у околини надземног вода

Аутори:

**Ива Салом, Дејан Тодоровић, Миленко Кабовић,
Владимир Челебић, Марко Ралић,
Јована Новаковић**

Година: 2023.

Корисник:

Електромрежа Србије – EMC АД

Начин коришћења:

**Метода се примењује у оквиру мреже преноса
Електромреже Србије (EMC АД)**

Рецензенти:



ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив	Метода за моделовање извора буке, прорачун и оцену нивоа буке услед короне у околини надземног вода
Аутори	Ива Салом, Дејан Тодоровић, Миленко Кабовић, Владимир Челебић, Марко Ралић, Јована Новаковић Институт „Михајло Пупин“, Београд Dirigent Acoustics d.o.o.
Категорија	Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу (M82) Доказ: Уговор
Кључне речи	високонпонски надземни вод, корона, бука, мапирање буке, <i>SoundPlan</i>

За кога је решење рађено (правно лице или грана привреде):

Техничко решење је рађено за „Електромрежу Србије“ – EMC АД

Година када је решење комплетирано:

2023.

Година када је почело да се примењује и од кога:

Примена техничког решења је почела у 2023. години.

Корисник: EMC-АД

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи:

Техничко-технолошке науке, електроника, телекомуникације, информационе-технологије

Рецензенти техничког решења:

Технички елаборат:

- Проблем који се техничким решењем решава
- Стање решености тог проблема у свету
- Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже
- Референце
- Допринос аутора
- Рецензије техничког решења

ТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ

Проблем који се техничким решењем решава

Проблем буке јавио се са развојем електроенергетске мреже на вишим напонским нивоима. Утврђено је да је код надземних водова нижих напонских нивоа, генерално испод 400 kV, бука довољно ниског нивоа да нема утицаја на стновништво и животну средину [1].

Главни извор буке на високонапонским надземним водовима је корона [1]–[3]. Корона представља ефекат проузрокован парцијалним пражњењима на изолаторима надземних водова и у ваздуху који окружује проводник. Високе вредности електричног поља око проводника доводе до јонизације околне средине и при довољно високом напону долази до локалних пробоја и електричног пражњења у виду импулсних струја. Као последица ове појаве јављају се различити ефекти: светлосни ефекат, електромагнетне сметње (нејонизујуће зрачење), бука, губици активне снаге, ослобађање озона [1]–[6]. Највећи број ових ефеката има негативан утицај како на рад електроенергетског система, тако и на животну средину. Поред нејонизујућег зрачења, бука од ефекта короне је основни параметар утицаја на животну средину у околини високонапонских надземних водова.

У складу са светским трендовима заштите од буке, после дужег времена затишја, проблем буке услед короне на надземним високонапонским водовима је у последње време поново постао актуелан. Овај проблем истражује се интензивно на глобалном нивоу, а доказ је све већи број објављених научних радова и дисертација [7]–[41], као и спроведених студија и пројеката на ту тему, који постају доступни [42]–[47], чему је допринело опште повећање еколошке свести. Имајући ово у виду, као и велики број различитих параметара који утичу на буку надземног вода услед короне, а додатно и извесне контрадикторне податке из различите литературе, може се закључити да је проблем изузетно сложен.

Истраживања буке услед короне на надземним високонапонским водовима обухватају:

- емпиријске формуле за прорачун буке услед короне надземног вода у кишним условима,
- мапирање буке у околини надземног вода применом софтверских симулација,
- мерења буке.

Свеобухватни опис перформанси буке услед короне на надземном воду веома је комплексан проблем, и теоријска анализа би морала да укључи различите информације, које се односе на временски променљиву природу буке, компоненте и фреквенцијски спектар буке, као и просторну расподелу звучног поља у околини надземног вода. Међутим, опште аналитичке методе за прорачун нивоа буке не могу дати тако детаљне информације због великог броја променљивих параметара који утичу на прорачун. С обзиром да је бука надземних водова (пре свега у наизменичним системима) у општем случају најинтензивнија при неповољним временским условима, углавном по киши, на основу великог броја експерименталних испитивања како на тестним, тако и на реалним надземним водовима, развијене су емпиријске методе за израчунавање А-пондерисаних вредности нивоа буке у кишним условима [1]. Две прве развијене и данас најчешће коришћене методе су EPRI (*Electric Power Research Institute*) и BPA (*Bonneville Power Administration*) метода, а развијају се и друге методе (*Ente Nazionale per L'Energia Elettrica*

(ENEL) – Италија, *Institut de Recherche d'Hydro-Québec* (IREQ) – Канада, *Electricité de France* (EdF) – Француска, *Central Research Institute of Electric Power Industry* (CRIEPI) – Јапан, FGH – Немачка, и остале емпиријске формуле које се развијају у појединим земљама).

Да би се сагледао проблем и анализирали негативни ефекти буке на становништво потребно је извршити мапирање буке у подручју које се посматра. Мапирање буке представља процес прорачуна генерисања и простирања буке, уз графичку презентацију резултата прорачуна у облику мапа буке (ен. *noise map*). Развој рачунарских техника моделовања омогућава довољно брзо генерисање стратешких карата буке са задовољавајућом прецизношћу. Ове карте буке могу дати увид у тренутно стање на посматраном подручју, приказ и поређење укупне и амбијенталне буке, смернице за спровођење мера заштите од буке, као и израду детаљних акционих планова за контролу буке, утицај и поређење различитих пројектованих мера заштите. Имајући у виду надземни вод као специфичан извор звука са својим карактеристикама, технике рачунарског моделовања могу дати добре процене нивоа у буке у околини надземног вода у подручју од интереса [39].

Најрелевантнији подаци о буци добијају се мерењем. Мерења се спроводе у складу са стандардима и регулативама, како на светском тако и на националном нивоу, којима су утврђене су процедуре и поступци за спровођење акустичких мерења [7], [48],[49]. Стандард [50] даје спецификацију поступака мерења буке од надземног вода, у складу са општим стандардима за мерење буке. Резултати мерења користе се за провере и корекције аналитичких метода и софтверских симулација.

Неминован развој мреже на вишем напонском нивоу (до 400 kV у Републици Србији), актуелност проблема буке генерално, а онда и конкретно проблем буке надземних водова, довело до потребе да се оквиру електроенергетске преносне мреже у Републици Србији спроведу истраживања утицаја буке коју стварају високонапонски надземни водови на животну средину. Истраживања су спроведена са циљем да се, полазећи од самог ефекта са теоријске и практичне стране, испитају и сумирају утицаји различитих параметара надземног вода на ниво буке, које ће се користити као смернице при пројектовању, као и при спровођењу могућих мера заштите од ове врсте буке, уз смернице даљих унапређења односа водова и околине по питању буке [35]. Стога је препоручено да разматрање буке и набројаних параметара који на њу утичу буде обавезно укључено приликом израде пројекта за одређени надземни вод кроз израду посебног пројекта оптерећења животне средине, који као обавезан део мора да садржи акустичку студију процене нивоа буке.

У оквиру истраживања развијена је сопствена метода за процену буке надземног вода, на основу података из опсежне литературе.

Стање решености тог проблема у свету

Загађење буком је постао озбиљан проблем у савременом свету, посебно у модерним урбаним срединама, који се одражава како на психичко стање људи тако и на њихово здравље. Према извештајима Светске здравствене организације – СЗО (World Health Organization – WHO) бука представља други загађивач човекове околине одмах после загађености ваздуха [51]–[54]. Стога се у последње време све већа пажња посвећује мерама заштите од буке у свим областима човекове делатности. С обзиром на рапидни развој технологије, индустрије и саобраћаја последњих деценија, проблем изложености буци и

њеног утицаја на човека почео је да поприма све већи значај. Овим проблемом на светском нивоу бави се СЗО, која је оформила радне групе за испитивање утицаја буке на човека, кроз разматрање различитих психолошких ефеката и развоја болести, а које укључују светске стручњаке пре свега из области медицине. Као најзначајнији извори буке дефинисани су: индустријска бука, бука од саобраћаја, грађевинска бука, бука од суседа и бука настала као резултат забаве. Бука од електроенергетских постројења генерално се не помиње експлицитно у овим документима, јер се сматра да је ова врста буке значајно мање изражена од претходно набројаних извора буке, али извесне препоручене граничне вредности за буку из околине могу се применити и на ову врсту буке.

Европска Унија је 2002. године прихватила директиву о буци у животној средини 2002/49/ЕС [55], која анализира четири кључне области везане за процену и управљање буком у животној средини у државама чланицама: стратешко мапирање буке, процену изложености становништва, акциони планови у циљу контроле буке и доступност података јавности. У циљу усаглашавања законске регулативе Републике Србије са европском регулативом, током 2009. године усвојен је Закон о заштити од буке у животној средини [56], [57], који је представљао основу за доношење осталих законских аката [58], [59], узимајући у обзир стандарде [7], [49], на које се поменути законски акти позивају.

Како захтеви за енергијом, демографским развојем друштва, али и индустријским развојем постају све већи, неминован је и развој електроенергетске мреже на највишим напонским нивоима. Проблем буке надземних водова најпре се појавио у мрежи преноса Сједињених Америчких Држава крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века, када су изграђени надземни водови номиналних напона 500 kV и 765 kV [1], а интересовање за овај проблем се интензивирало када су почела испитивања са надземним водовима преко 1000 kV [1]. И у другим државама, попут Бразила и Јужне Африке, бука је постала важан параметар код пројектовања надземних водова осамдесетих година када су изграђени први 765 kV и 400 kV надземни водови [4]. Из тог разлога током периода између шездесетих и осамдесетих година прошлог века бука услед короне је била предмет многих истраживања широм света [60]–[68], у оквиру различитих институција, као и организација, као што су CIGRE и IEEE. Као резултат тога, развијено је неколико емпиријских метода за предвиђање буке короне у околини надземних водова (BPA, EPRI) [1].

Интересовање за проблем буке надземних водова поново је порасло почетком двехиљадитих, са повећањем еколошке свести генерално, као и конкретно у случају буке. Литература која се бави овим проблемом је све шира, а уводе се и нове законске регулативе, а уводе се и нове законске регулативе. За земље Европе граничне вредности буке услед короне треба да буду дефинисане тачком 5.10.2 стандарда EN 50341-1:2012 (односно SRPS EN 50341-1:2015 [69]) у националним нормативним одредбама NNA EN 50341-2-xx, међутим у овом тренутку је свега неколико земаља дефинисало ове граничне вредности, иако се очекује да убрзо и остале земље то ураде. Белгија је јасно дефинисала конкретне граничне вредности буке која потиче од надземног вода у чисто стамбеним подручјима. Велика Британија и Северна Ирска позивају се искључиво на пројектну спецификацију. Француска, Исланд, Естонија, Пољска и Швајцарска позивају се на постојећу националну регулативу везану за граничне вредности буке. У претходној верзији стандарда у Португалији дате су јасно дефинисане конкретне граничне вредности буке која потиче од надземног вода.

Развој што прецизнијих метода за процену нивоа буке коришћењем прорачуна и софтверских симулација, кроз испитивање утицаја различитих параметара, спроводи се у истраживачким центрима широм света.

Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже

Карактеристике буке услед короне на надземним високонапонским водовима

Бука настала услед појаве короне представља један од главних ефеката код високонапонских надземних водова. Електрично поље на површини проводника надземног вода директно утиче на појаву короне па је уведен појам напонског градијента на површини проводника, који се узима као параметар код прорачуна за одређивање величине утицаја поменутих ефеката, а између осталог и нивоа звука насталог услед короне.

У процесу генерисања импулсних струја долази до загревања ваздуха у непосредној околини проводника до врло високих температура, при чему ваздух не успева довољно да повећа запремину у складу са температуром. Као резултат тога, локални притисак се повећава и на тај начин се ствара импулс звучног притиска, односно звучни талас који се простире у простор. Овако настали звучни импулс траје десетине микросекунди [21]. Стога спектар овако генерисаног звучног сигнала не може се простирати изнад неколико десетина kHz.

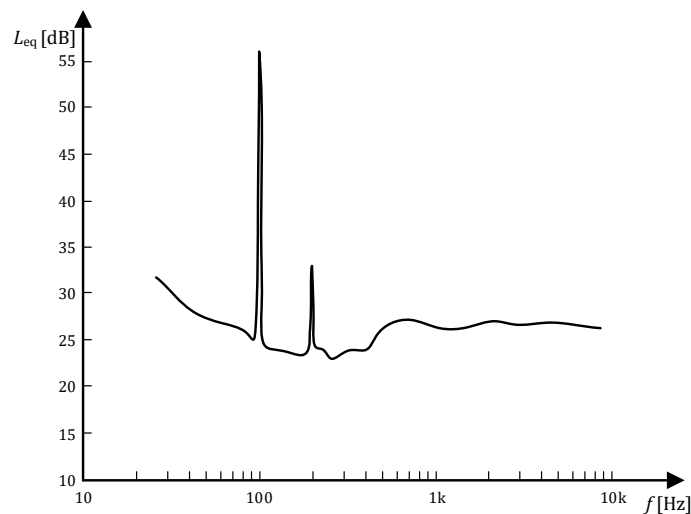
Пражњења услед короне на проводницима надземног вода одвијају се на бројним тачкама дуж проводника, генеришући случајну поворку звучних импулса. Стога се укупан ниво звучног притиска на неком месту мерења добија сабирањем енергија свих извора. Овај поступак се користи код различитих аналитичких метода за израчунавање нивоа звучног притиска буке короне.

Поменутој широкопојасној компоненти звука суперпонира се тонална компонента, која потиче од осцилаторног кретања облака јона током различитих полупериода напона. Ово кретање ствара наизменичне промене густине ваздуха два пута током једне периоде наизменичног напона. На тај начин настаје основни дубоки тон, такозвани хам (ен. *hum*) на двострукој вредности мрежне фреквенције (50 Hz у Републици Србији). Промене притиска јесу периодичне, али се током позитивне и негативне полупериоде могу разликовати. Стога може доћи до појаве и виших хармоника, али најчешће значајно мањег интензитета. На слици 1 дат је типичан пример спектра измереног звука насталог услед короне, док су механизми генерисања и карактеристике резултујућег звука сумирани у табели 1.

На појаву короне, а самим тим и на насталу буку, утичу различити фактори, а пре свега временски услови и конфигурација надземног вода.

Бука настала услед короне на високонапонским надземним водовима чешће се јавља онда када су временске прилике лоше и када је магловито; при повољним временским приликама углавном се јавља на местима где су водови изложени посебним врстама запрљања. Основни извор буке због лошег времена су водене капљице. Вода може да

изазове повећање различитих типова пражњења, било да виси са мокрог вода, пада на вџд у виду кишних капи, или се слива са вода. Иње на проводницима такође може да изазове раст буке.



Слика 1 Спектар звука насталог под дејством короне [1]

Табела 1 Компоненте буке короне

Компонента звука	Узрок	Фреквенцијска карактеристика	Субјективни доживљај
Широкопојасна	локалне промене притиска приликом сваког пражњења великог броја тачкастих импулсних извора	неколико десетина kHz	карактеристично пуцкетање
Тонална	осцилаторно кретање облака јона током различитих полупериода напона	дискретна компоненте на 100 Hz/120 Hz, и евентуално слабије изражени хармоници	хам, зујање

На ниво буке такође утиче релативна глаткоћа површине проводника и спојне опреме, као и запрљања настала због хидрофобних материјала.

Ниво буке услед короне зависи од конфигурације надземног вода, која обухвата број проводника у снопу по фази, растојање између проводника у снопу по фази, пречник проводника, међуфазно растојање, а у мањој мери од распореда фаза, висине надземног вода и удаљености од других надземних водова.

Методe прорачуна

Емпиријске формуле за прорачун буке од ефекта короне надземног вода у кишним условима

На основу резултата великог броја мерења спровођених у институцијама широм света развијене су емпиријске и полу-емпиријске формуле за процену нивоа буке надземних водова у кишним условима. С обзиром да у кишним условима доминира широкопојасна компонента формуле су углавном развијане за овај случај. Две најчешће коришћене формуле за процену нивоа широкопојасне компоненте у кишним условима су:

- EPRI (*Electric Power Research Institute*) метода, и
- BPA (*Bonneville Power Administration*) метода.

а постоји и читав низ других метода (ENEL, IREQ, FGH, EdF, CRIEPI, GE, AEP итд.). При томе се као резултат стандардно добијају следећи параметри:

- статистички дескриптор L_{50} , који се односи на случај када је проводник мокар (*wet conductor*), и када вод ради у условима када су проводници мокри; може се очекивати да током кише ниво буке услед короне прекорачи вредност параметра L_{50} у 50% времена, узимајући у обзир кишу током одређеног времена, обично једне године;
- статистички дескриптор L_5 , који се односи на случај када вод ради у условима обилне (јаке) кише (*heavy rain*); може се очекивати да током кише ниво буке услед короне прекорачи вредност параметра L_5 у 5% времена;
- статистички дескриптор L_{50} , који се односи на случај повољних метеоролошких услова;
- просечан ниво очекиване буке током кише (током дужег временског периода), који је генерално близу нивоа L_{50} .

Све поменуте методе заснивају се на експериментално одређеним једначинама, које предвиђање величине буке услед короне одређују на основу величине максималне вредности напонског градијента на површини појединих проводника, конфигурације и димензија снопа проводника, као и броја проводника по фази у снопу. У општем случају формула за израчунавање нивоа буке услед короне на надземном воду је следећег облика:

$$P = P_0 + k_1 \cdot f_1(E_{\max}) + k_2 \cdot f_2(n) + k_3 \cdot f_3(d) + k_4 \cdot f_4(D) \quad 1$$

где су:

- P – процењени А-пондерисани ниво буке короне од једне фазе (проводника у снопу) у посматраној тачки,
- P_0 – константа – референтни ниво буке,
- E_{\max} – максимална вредност напонског градијента на површину проводника,
- n – број проводника у снопу по фази,
- d – пречник проводника,
- D – растојање од проводника до тачке у којој се одређује ниво буке,
- $k_1 - k_4$ – константе.

Формула 1 даје процену нивоа буке од једне фазе. Укупан ниво од свих фаза, или вишесистемског надземног вода, добија се применом формуле за израчунавање нивоа звука више некорелисаних извора:

$$P_{\text{tot}} = 10 \log \sum_{i=1}^{N_p} 10^{P_i/10} \quad 2$$

где је N_p укупан број фаза надземног вода.

Резултати које дају различите експерименталне формуле за процену нивоа буке надземног вода могу да се разликују и неколико децибела. Генерално, у последње време се све више усваја и користи BPA метода. У даљем тексту су дате готове формуле по EPRI, BPA и IREQ методама.

EPRI

ДЕСКРИПТОР L_5 ЗА ОБИЛНУ КИШУ ИНТЕНЗИТЕТА ОКО 6.5 ММ/Н

Ниво подужне звучне снаге проводника једне фазе, у dBA у односу на референтну вредност $P'_{a0} = 10^{-12}$ W/m:

$$A = 20 \log n + 44 \log d - 665/E_{\max} + K_n + 80,9, n < 3 \quad 3$$

$$A = 20 \log n + 44 \log d - 665/E_{\max} + (22,9 (n - 1) d/d_{\text{eq}}) + 73,5, n \geq 3 \quad 4$$

Процењени А-пондерисани ниво буке, дескриптор L_5 , короне од проводника једне фазе (проводника у снопу) надземног вода у посматраној тачки, у dBA у односу на референтну вредност $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa:

$$P = 20 \log n + 44 \log d - 665/E_{\max} + K_n + 75,2 - 10 \log D - 0,02D, n < 3 \quad 5$$

$$P = 20 \log n + 44 \log d - 665/E_{\max} + (22,9 (n - 1) d/d_{\text{eq}}) + 67,9 - 10 \log D - 0,02D, n \geq 3 \quad 6$$

Остали параметри:

- n – број проводника у снопу по фази,
- d – пречник проводника, у см,
- E_{\max} – максимална вредност површинског градијента напона у kV/cm,
- d_{eq} – еквивалентни пречник проводника у снопу, у см,
- D – растојање од проводника до тачке у којој се одређује ниво буке, у м,
- K_n – коефицијент који има вредност 7,5 dB за $n = 1$, односно 2,6 dB за $n = 2$.

Ови изрази могу се применити за проводнике пречника у распону између 2 и 8 см, што важи за најчешће примењиване проводнике надземних водова.

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА МОКАР ПРОВОДНИК

Ова вредност добија се додавањем корекционог фактора на ниво подужне снаге извора из формуле 3:

$$A_{wc} = A + \Delta A_{wc} \quad 7$$

Најпре се одређује такозвани „6-dB градијент“, $E_{6\text{dB}}$, који представља вредност максималног напонског градијента на површини проводника при коме ће вредност дескриптора L_{50} током мерљиве кише (мокар пороводник) бити за 6 dB мања од вредности дескриптора L_5 у условима обилне кише:

$$E_{6\text{dB}} = 24,4/d^{0,24}, n \leq 8 \quad 8$$

$$E_{6\text{dB}} = 24,4/d^{0,24} - 0,25 (n - 8), n \geq 8 \quad 9$$

где су:

- $E_{6\text{dB}}$ – 6-dB градијент, у kV/cm,
- n – број проводника у снопу по фази,
- d – пречник проводника, у см.

$$\Delta A_{wc} = 8,2 - \frac{14,2E_{6dB}}{E_{max}}, n < 3 \quad 10$$

$$\Delta A_{wc} = 10,4 - \frac{14,2E_{6dB}}{E_{max}} + [8(n - 1) d/d_{eq}], n \geq 3 \quad 11$$

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА ПОВОЉНЕ МЕТЕОРОЛОШКЕ ПАРАМЕТРЕ

Ова вредност добија се додавањем корекционог фактора на ниво подужне снаге извора из формуле 3:

$$A_{fc} = A + \Delta A_{fc} \quad 12$$

$$\Delta A_{fw} = 8,2 - 14,2 (E_{6dB} + 10) \quad 13$$

ВРА

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА МОКАР ПРОВОДНИК ПРИ КИШИ ИНТЕНЗИТЕТА ОКО 1 ММ/Н

Ниво подужне звучне снаге проводника једне фазе, у dBA у односу на референтну вредност $P'_{a0} = 10^{-12}$ W/m:

$$A = 55 \log d + 120 \log E_{max} + H/300 - 109,6, n < 3 \quad 14$$

$$A = 26,4 \log n + 55 \log d + 120 \log E_{max} + H/300 - 122,6, n \geq 3 \quad 15$$

Процењени А-пондерисани ниво буке, дескриптор L_5 , короне од проводника једне фазе (проводника у снопу) надземног вода у посматраној тачки, у dBA у односу на референтну вредност $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa:

$$P = 55 \log d + 120 \log E_{max} + H/300 - 115,4 - 11,4 \log D, n < 3 \quad 16$$

$$P = 26,4 \log n + 55 \log d + 120 \log E_{max} + H/300 - 128,4 - 11,4 \log D, n \geq 3 \quad 17$$

Остали параметри:

- n - број проводника у снопу по фази,
- d - пречник проводника, у см,
- E_{max} - максимална вредност површинског градијента напона у kV/см,
- D - растојање од проводника до тачке у којој се одређује ниво буке, у м,
- H - надморска висина, у м.

ДЕСКРИПТОР L_5 ЗА ОБИЛНУ КИШУ

$$L_{5hr} = L_{50wc} + 3,5 \text{ dB} \quad 18$$

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА ПОВОЉНЕ МЕТЕОРОЛОШКЕ ПАРАМЕТРЕ

$$L_{50fw} = L_{50wc} - 25 \text{ dB} \quad 19$$

IREQ

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА МОКАР ПРОВОДНИК ПРИ КИШИ ИНТЕНЗИТЕТА ОКО 1 ММ/Н

Ниво подужне звучне снаге проводника једне фазе, у dBA у односу на референтну вредност $P'_{a0} = 10^{-12}$ W/m:

$$A = 22,7 \log n + 72 \log E_{\max} + 45,8 \log d - 51,8, \quad 20$$

Процењени А-пондерисани ниво буке, дескриптор L_5 , короне од проводника једне фазе (проводника у снопу) надземног вода у посматраној тачки, у dBA у односу на референтну вредност $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa:

$$P = 22,7 \log n + 72 \log E_{\max} + 45,8 \log d - 57,6 - 11,4 \log D, \quad 21$$

Остали параметри:

- n – број проводника у снопу по фази,
- d – пречник проводника, у cm,
- E_{\max} – максимална вредност површинског градијента напона у kV/cm,
- D – растојање од проводника до тачке у којој се одређује ниво буке, у m,

ДЕСКРИПТОР L_5 ЗА ОБИЛНУ КИШУ

$$L_{5hr} = L_{50wc} + 3,5 \text{ dB} \quad 22$$

ДЕСКРИПТОР L_{50} ЗА ПОВОЉНЕ МЕТЕОРОЛОШКЕ ПАРАМЕТРЕ

$$L_{50fw} = L_{50wc} - 25 \text{ dB} \quad 23$$

Тонална компонента

На основу резултата малог броја спроведених истраживања нивоа тоналне компоненте изведена је експериментална формула за процену нивоа ове компоненте у условима обилне кише:

$$A_T = 58,1 - 41/d - 505,5/E_{\max} + k_1 - k_2/(n + k_3), \quad 24$$

где су:

- A_h – ниво подужне звучне снаге проводника једне фазе, у dBA у односу на референтну вредност $\mu\text{W/m}$,
- n – број проводника у снопу по фази,
- d – пречник проводника, у cm,
- E_{\max} – максимална вредност површинског градијента напона у kV/cm,
- k_1, k_2, k_3 – константе које зависе од пречника проводника на следећи начин:
 - $d = 2,3$ cm $k_1 = 47,4$, $k_2 = 1000$, $k_3 = 15$
 - $d = 4,63$ cm $k_1 = 24,1$, $k_2 = 390$, $k_3 = 10$
 - за друге вредности пречника проводника вредности константи добијају се линеарном интерполацијом или екстраполацијом.

Максимални напонски градијент на површини проводника E_{\max}

Електрично поље на површини проводника надземног вода је важан параметар у пројектовању надземног вода јер директно утиче на појаву короне па се његова вредност узима као параметар приликом прорачуна за одређивање величине утицаја поменутих ефеката, а између осталог, и на ниво звука насталог услед короне, а при томе је увден појам напонског градијента на површини проводника E . Може се показати да се вредност ове величине у присуству других проводника мења по приближно синусоидалном закону у простору у непосредној близини око проводника, а да њена средња и максимална вредност на површини проводника, као и тачка на којој она достиже максималну вредност, у потпуности описују електрично поље како на самој површини проводника тако и у његовој непосредној близини. Максимална вредност напонског градијента на површини проводника изабрана је као величина која карактерише појаву короне на проводницима у снопу, заједно са пречником сваког од проводника, пречником снопа и броја проводника у снопу. У пракси је усвојено да се за величину максималног напонског градијента на површини проводника узима средња вредност максималних напонских градијената на површини сваког од проводника у снопу E_{\max} .

Максимална вредност напонског градијента на површини проводника E_{\max} на сложен начин зависи од напона на проводнику, броја проводника по фази у снопу, пречника проводника, размака између фаза и, у мањој мери, од конфигурације вода, распореда фаза, висине вода и удаљености вода од других водова. Стога се за одређивање максималне вредности напонског градијента на површини проводника користи више аналитичких и нумеричких метода.

За добијање приближних резултата могу се користити формуле изведене за идеалан бесконачан хомогени праволинијски проводник кружног попречног пресека. За једносистемски вод приказан на слици 2а, максимална вредност напонског градијента на површини проводника се добија по формули:

$$E_{\max} = \frac{1 + k \cdot r/s}{n \cdot r} \frac{1}{\ln \left[D_M / \left(r_B \sqrt{1 + (D_M/2h_M)^2} \right) \right]} \frac{U}{\sqrt{3}} \quad 25$$

где је

$$k = 2(n - 1) \sin(\pi/n) \quad 26$$

и:

- r_B – еквивалентни полупречник проводника у снопу, који се рачуна према изразу:

$$r_B = \left(n \cdot r \cdot \left(\frac{s}{\sin(\pi/n)} \right)^{n-1} \right)^{1/n} \quad 27$$

- D_M – средње растојање између фазних проводника

$$D_M = (D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR})^{1/3} \quad 28$$

- h_M – је просечна висина проводника изнад земље

$$h_M = (h_R \cdot h_S \cdot h_T)^{1/3} \quad 29$$

Овде треба истаћи чињеницу да се висина проводника изнад земље мења између два стуба. Стога се у прорачунима користи просечна висина проводника, за коју је установљено да се може рачунати по следећој формули (слика 3):

$$h_{sr} = h_{\max} - \frac{2}{3}(h_{\max} - h_{\min}) \quad 30$$

Уколико су стубови различите висине претпоставка је да се може узети средња вредност висине стубова.

За двосистемски вод приказан на слици 2б, количник D_M/r_B у изразу 25 треба заменити количником $\frac{D_M D_{M2}}{r_B D_{M1}}$. За двосистемски надземни вод са симетричним распоредом фазних проводника, какав је приказан на слици , вредности D_M, D_{M1}, D_{M2} израчунавају се на следећи начин:

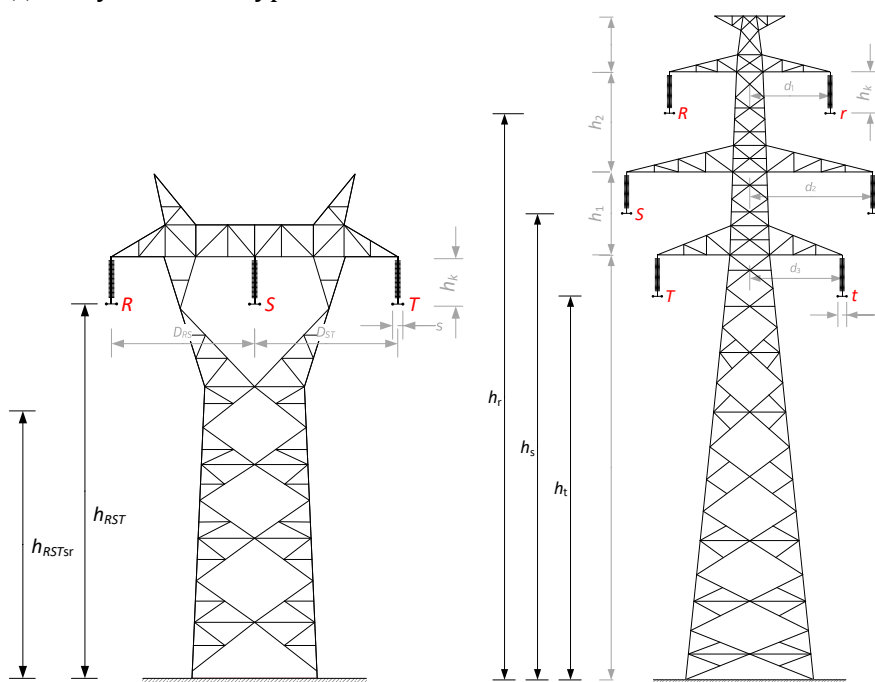
$$D_M = (D_{RS} \cdot D_{RT} \cdot D_{ST})^{1/3} \quad 31$$

$$D_{M1} = (D_{Rr} \cdot D_{Ss} \cdot D_{Tt})^{1/3} \quad 32$$

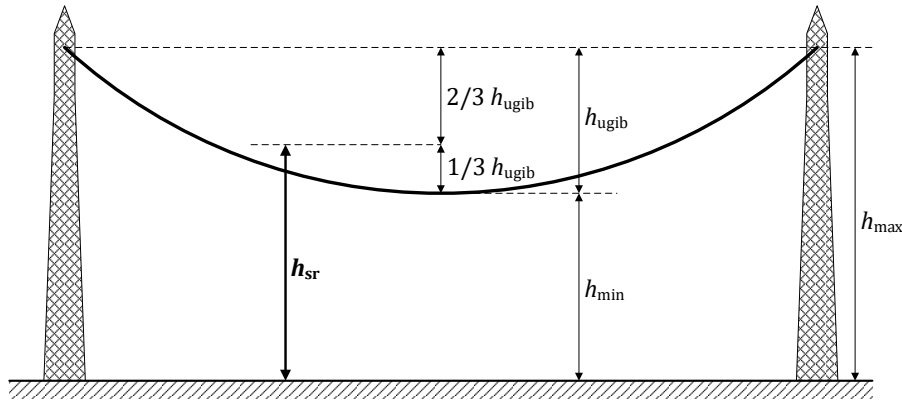
$$D_{M2} = (D_{Rs} \cdot D_{Rt} \cdot D_{St})^{1/3} \quad 33$$

Имплементација прорачуна у програмском пакету **MATLAB**

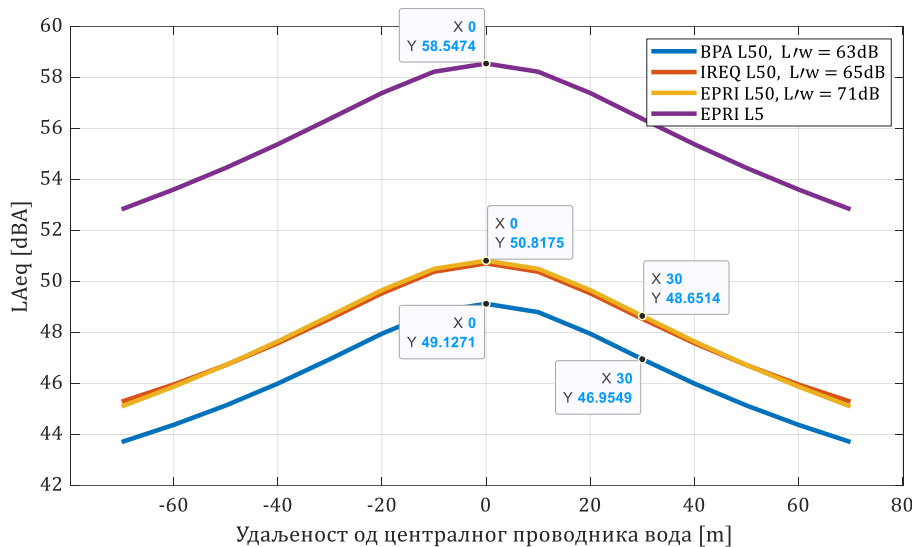
Прорачуни су за две врсте проводника, приказаних на слици 2, имплементирани су у програмском пакету **MATLAB**. Прорачуни се могу извршавати са вредностима максималне вредности напонског градијента на површини проводника E_{\max} добијеним имплементираним формулама 25-33, или уношењем вредности добијене неком од других метода. На слици 4 приказани су резултати прорачуна за све три методе за двосистемски надземни вод са стубом типа буре.



Слика 2 Изглед стуба и одговарајуће ознаке а) једносистемског надземног вода са хоризонталним распоредом фазних проводника, б) двосистемског надземног вода са симетричним распоредом фазних проводника (тип буре)



Слика 3 Одређивање средње висине проводника



Слика 4 Ниво буке двосистемског надземног вода са стубом типа буре

Метода мапирања буке у околини надземног вода применом софтверских симулација

Данас постоји неколико софтверских алата који се професионално најчешће користе за моделовање и мапирање буке: *CadnaA*, *IMMI*, *SoundPlan*, *Lima/Predictor*, *NoiseMap*. Прелиминарне анализе спроведене у овом истраживању извршене у софтверском пакету *SoundPlan* [74]. *SoundPlan* је један од водећих софтверских пакета у овој области већ више од 20 година, који имплементира процедуре из различитих међународних регулатива и стандарда. *SoundPlan* се показао као добар избор за анализу нивоа у буке у околини надземног вода [34].

Моделовање у софтверском пакету *SoundPlan* обухвата: моделовање извора буке, учитавање геореференцираних података о анализираном подручју са надморским висинама, израчунавање дигиталног модела тла, дефинисање параметара окружења (карактеристике тла, дрвеће, зграде итд.), дефинисање подручја за прорачун и одговарајуће представљање резултата прорачуна.

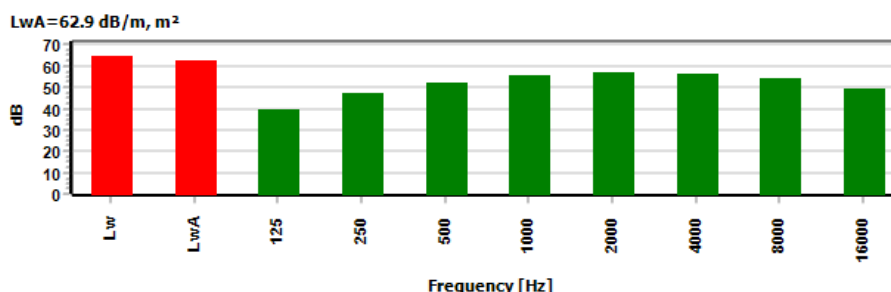
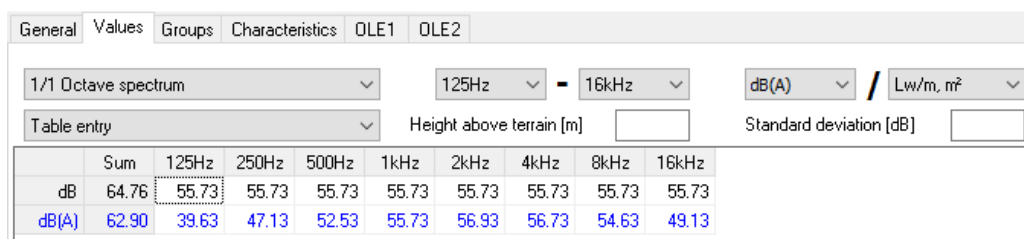
На слици 6 приказан је ортофото подручја за анализу звучног поља у околини двосистемског надземног вода са параметрима утврђеним за симулацију.

Извор. У спроведеним симулацијама сваки проводник надземног вода представљен је на један од два начина:

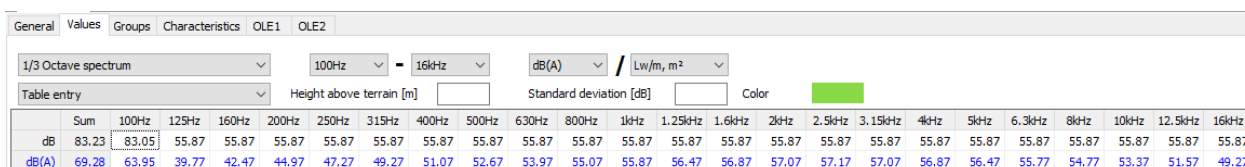
- широкопојасни линијски извор, равномерног зрачења током целог периода дана од 24 h, чија је непондерисана подужна снага зрачења константна, а укупна А-пондерисана снага зрачења добијена према ВРА методи, израз 14,
- горе помнути широкопојасни линијски извор суперпониран тоналном компонентом на 100 Hz, чија је А-пондерисана звучна снага одређена изразом 24.

У софтверском пакету МАТЛАВ написана је скрипта која за задату А-пондерисану снагу зрачења звучног извора одређује вредност непондерисане подужне снага зрачења по 1/3 и 1/1 опсезима. На слици 5а приказани су параметри симулираног извора за који је ВРА методом одређена А-пондерисана подужна звучна снага извора од 62,9 dB. На слици 5б приказани су параметри симулираног извора за који је ВРА методом одређена А-пондерисана подужна звучна снага извора од 67,8 dB и ниво тоналне компоненте од 63,9 dB.

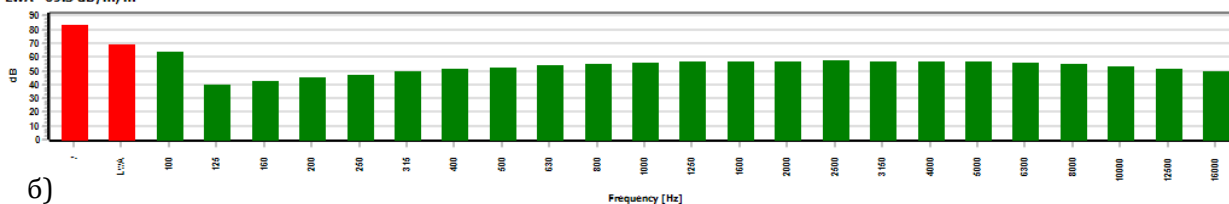
Увођење тоналне компоненте у симулацији неће дати најпрецизнији резултат јер за прорачуне у отвореном простору софтверски пакет *SoundPlan* доприноси различитих извора сабира енергетски, док се тоналне компоненте сабирају по тренутним вредностима притиска.



a)



LwA=69.3 dB/m, m²



b)

Слика 5 Дефинисање звучног извора у софтверском пакету *SoundPlan*

За анализу једног распона висина сваког проводника поставља се на средње вредности реалне висине проводника (висина тачке вешања проводника умањена за $2/3$ угиба).

На примеру на слици 6 проводници надземног вода су приказани црвеним линијама.

Геореференцирани подаци (пре свега, надморске висине тачака подручја, као и ортофото) добијени су повезивањем са платформама *Google Maps* и *OpenStreetMap*. На примеру на слици 6 приказан је ортофото подручја за анализу, преузет из платформе *Google Maps*, где се могу уочити два стуба надземног вода.

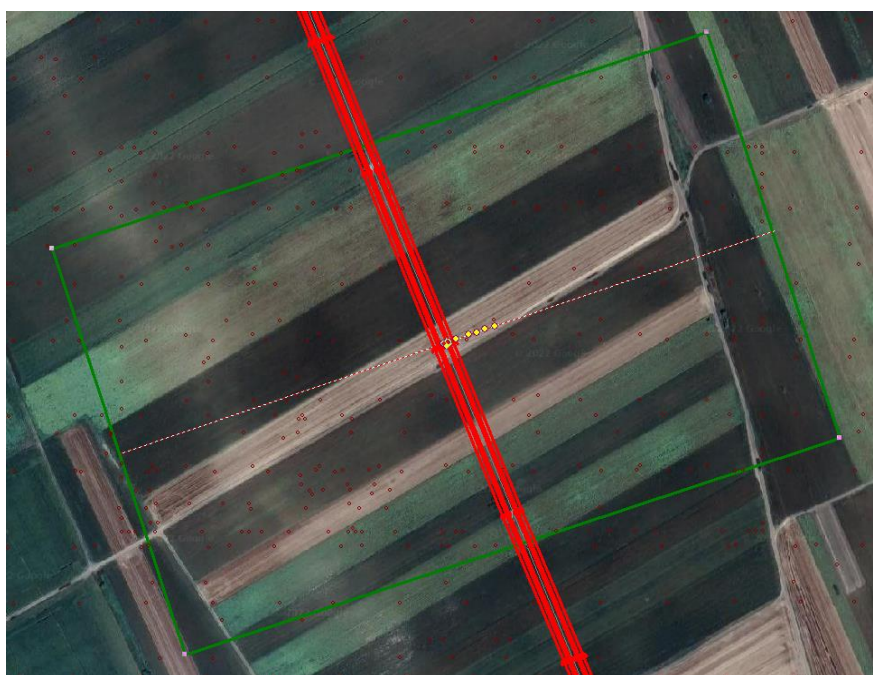
Дигитални модел тла (*Digital Ground Model*) израчунава се на основу учитаних надморских висина тачака.

Параметри окружења. У оквиру анализираног подручја за порпрачун потребно је унети све објекте са њиховим карактеристикама: дрвеће, жбуње, зграде и друге апсорпционе и рефлексионе површине. Такође је пожељно унети карактеристике тла, на пример, ако је подручје за анализу равничарско, претежно покривено усевима, може се апроксимирати земљиштем са коефицијентом апсорпције од 0,6.

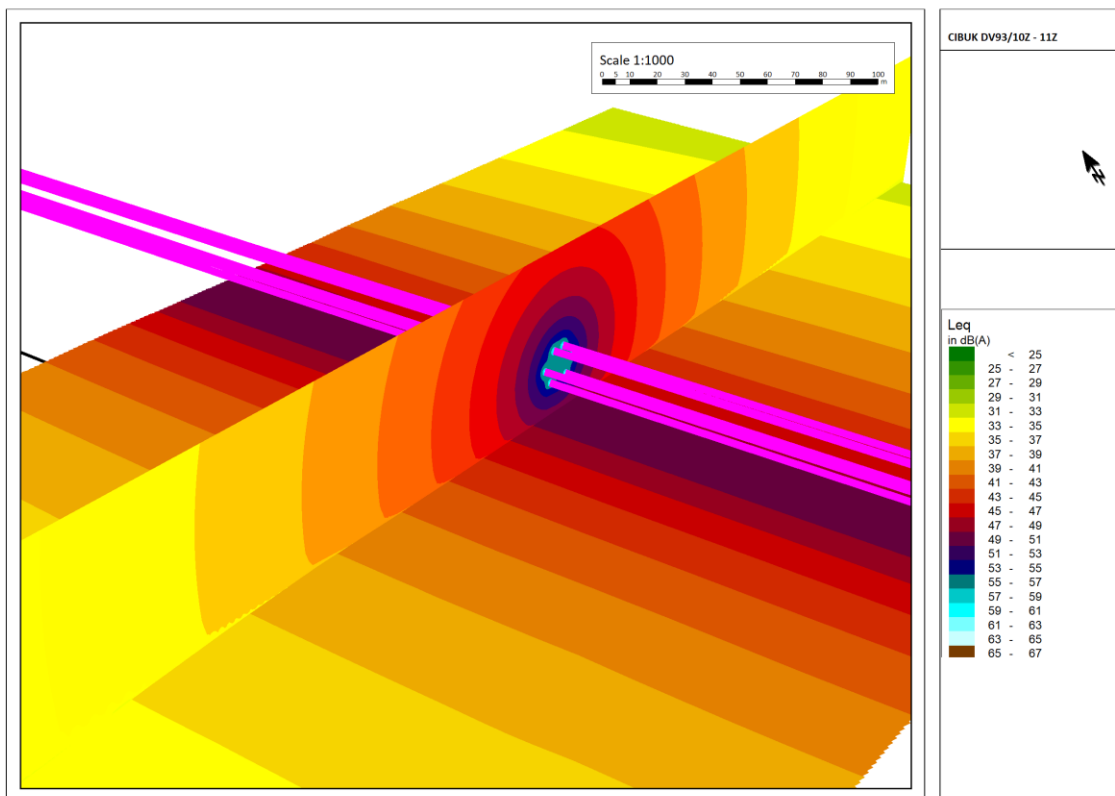
Подручје за прорачун у хоризонталној равни је правоугаоник приказан зеленом бојом на примеру на слици 6, димензија 340 m x 280 m, постављен симетрично око секције надземног вода. Прорачун се врши на стандардној висини од 1,5 m изнад земље. Црвена испрекидана линија представља позицију вертикалног пресека у коме се рачуна расподела звучног поља у вертикалној равни.

Метеоролошки услови одређени су у складу са неповољним условима са кишом, како би се могли поредити са резултатима прорачуна и мерења.

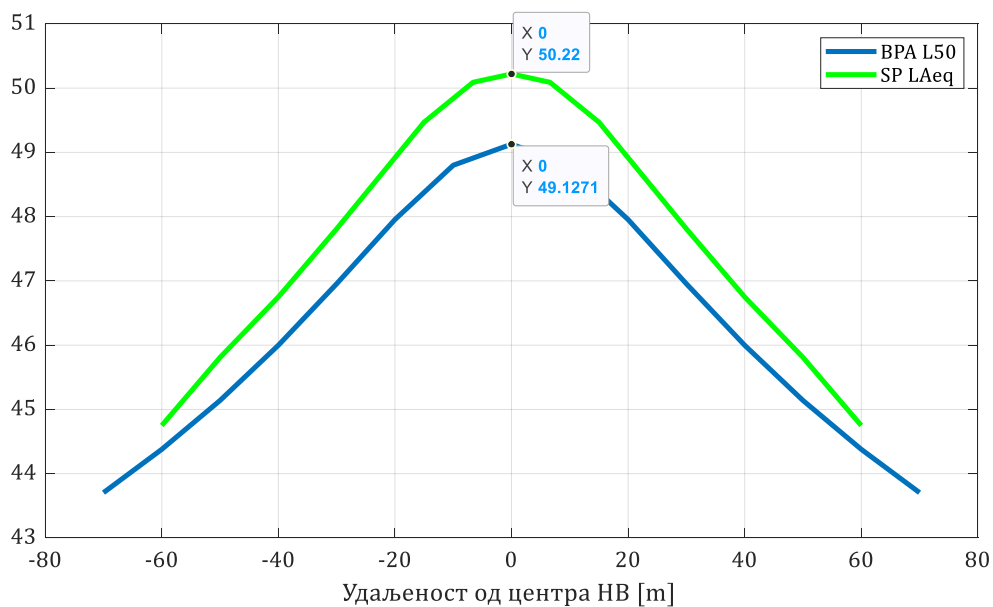
Резултат симулације је А-пондерисани еквивалентни ниво буке L_{Aeq} , као што је приказано на слици 7. На слици 8 приказано је поређење резултата добијено коришћењем само прорачуна по ВРА методи и резултат симулације добијене у софтверском пакету *SoundPlan*.



Слика 6 Ортофото подручја за анализу звучног поља у околини двосистемског надземног вода



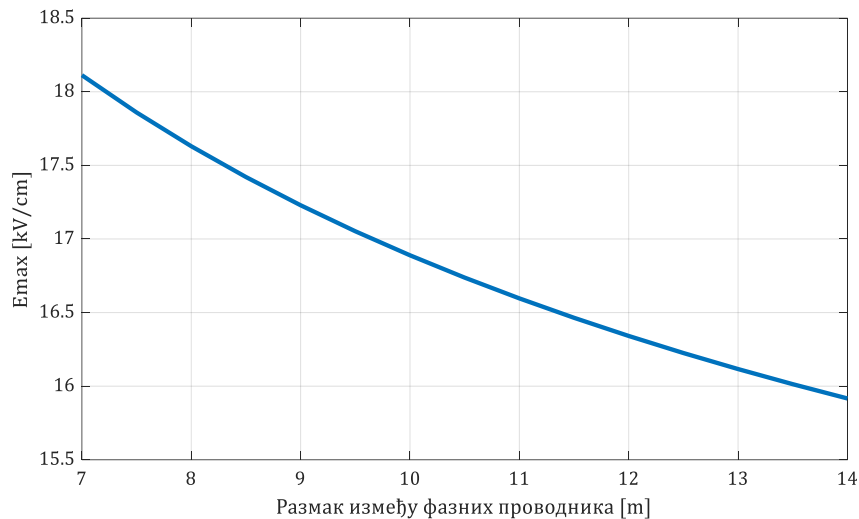
Слика 7 Ниво буке двосистемског надземног вода у зависности од растојања у вертикалној равни и у хоризонталној равни на висину од 1,5 m изнад земље



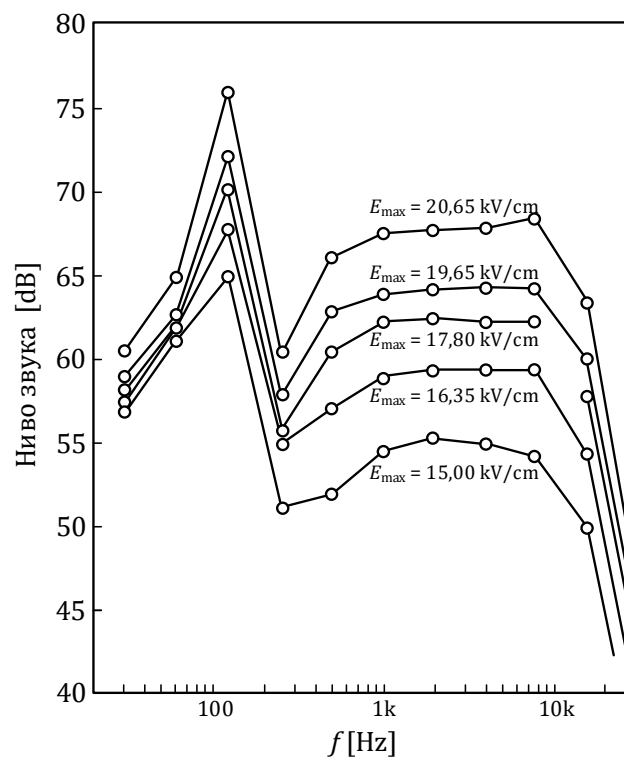
Слика 8 Поређење симулације и прорачуна за двосистемски надземни вод у зависности од растојања од линије центра суба

Пример примене метода процене нивоа буке

Уз примере мерења и прорачуна зависности максималне вредности напонског градијента на површини проводника E_{\max} од параметара проводника, као и зависности нивоа буке од вредности E_{\max} (неки од примера дати су на сликама 9 и 10) могуће је извршити апроксимације величина које се укључују у пројекат



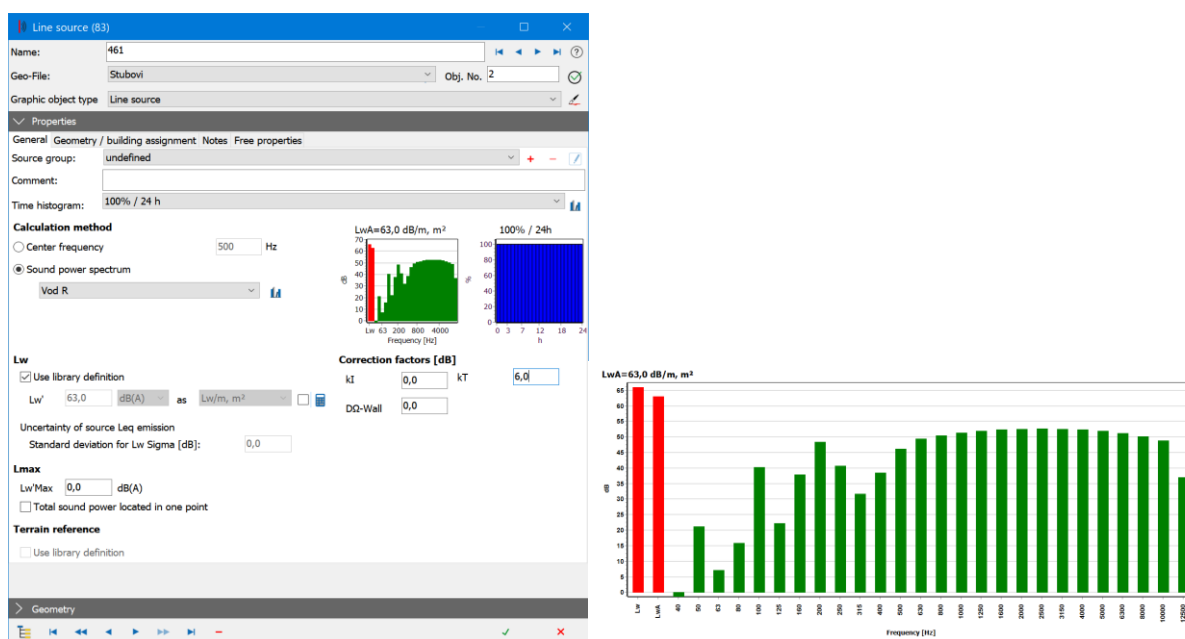
Слика 9 Зависност вредности максималног напонског градијента на површини проводника од размака између фазних проводника једносистемског вода са хоризонталним распоредом фазних проводника добијен прорачунима у програмском пакету МАТЛАВ



Слика 10 Зависност нивоа буке короне од максималне вредности напонског градијента на површини проводника [63]

Процедура одређивања корекција подужне звучне снаге и спектра

Полазни податак је подужна звучна снага једног проводника надземног вода 400 kV, укупна звучна снага и њен спектар са слике 11.



Слика 11 Дефинисање извора буке, приказан је вод Т (С), пре примене финалних корекција за прорачун

Подужна звучна снага акустичког извора $L_{wA} = 63$ dB/m за следеће услове:

- називни напон мреже 400 kV (max. 420 kV)
- електрично поље $E_{\max} = 15,5$ kV/cm
- надморска висина 0 m
- тип проводника: ACSR 490/65
- број проводника у снопу по фази: 2
- полупречник проводника: 1,53 cm
- растојање између проводника у снопу: 0,4 m

Корекција укупног нивоа (врши се десним кликом на збирну вредност у табели у dBA и уношењем нове вредности са корекцијама)

1. За јачину електричног поља (максимални напонски градијент на површини проводника)

За вредности веће од 15,5 kV/cm додати 1 dB на укупну подужну звучну снагу за повећање од 0,5 kV/cm.

Користити формулу:

$$k_{E_{\max}} = 2(E_{\max} - 15,5) \text{ [dB]},$$

где је E_{\max} у kV/cm.

На пример, за растојање 8,8 m (поље $E_{\max} = 17,3$ kV/cm), корекција износи:

$$k_{E_{\max}} = 2(E_{\max} - 15,5) \text{ [dB]} = + 3,6 \text{ dB},$$

2. За надморску висину локације вода (променљиво)

За свако повећање надморске висине од 300 m додати 1 dB на укупну оподужну звучну снагу.

Користити формулу:

$$k_{NM} = H/300 \text{ [dB]},$$

где је H надморска висина локације вода.

На пример, за надморску висину од 600 m, корекција износи:

$$k_{NM} = 600/300 \text{ [dB]} = + 2 \text{ dB}$$

3. За број проводника у снопу

Уколико је неопходно да се ниво буке значајније смањи различитим мерама, на располагању је и примена снопа од 3 проводника. Корекција k_{PS} износи:

$$k_{PS} = - 10 \text{ dB}$$

4. За вертикални распоред фаза

Неинвертоване фазе – корекција k_{VN} износи:

$$k_{VN} = - 1,5 \text{ dB}$$

Инвертоване фазе – корекција k_{VI} износи:

$$k_{VI} = - 3 \text{ dB}$$

5. Приликом израчунавања дугвременог индикатора буке L_{den} (1 година) унети корекцију за број кишних и снежних дана N_{ksD} на следећи начин:

Узимајући да је N_{ksD} просечан број дана у години са падавинама (киша или снег), корекција на годишњем нивоу k_{KS} се израчунава према формули:

$$k_{KS} = 10 \log_{10} (1 - 0,937N_{ksD}/365) \text{ [dB]}.$$

На пример, уколико је на локацији 100 дана са кишом и снегом (N_{ksD}),

$$k_{KS} = 10 \log_{10} (1 - 0,937 \cdot 100/365) = -1,3 \text{ dB}.$$

Ову вредност применити на подужне звучне снаге свих проводника.

Приликом дефинисања звучне снаге сваког од проводника (фазе R , S и T), користити следеће инструкције:

За проводник S увек користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , k_{Emax} , k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} .

За потребе прорачуна просечног годишњег нивоа буке надземног вода користити корекцију нивоа k_{KS} (киша и снег).

Према типу стуба (корекције се врше променом вредности терцних компоненти у табели додавањем вредности корекције за сваки тип стуба)

А. Стуб портални са затегама са растојањем између проводника 11,8 m

За проводник *R* користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} са корекцијама на 100 Hz и 200 Hz:

Корекција на фреквенцији 100 Hz:

$$k_{R100} = +0,2 \text{ dB}$$

Корекција на фреквенцији 200 Hz:

$$k_{R200} = -0,4 \text{ dB}$$

За проводник *S* увек користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} .

За проводник *T* користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} са корекцијама на 100 Hz и 200 Hz:

Корекција на фреквенцији 100 Hz:

$$k_{R100} = -0,3 \text{ dB}$$

Корекција на фреквенцији 200 Hz:

$$k_{R200} = -1,0 \text{ dB}$$

Б. Стуб портални са затегама са растојањем између проводника 8,8 m

За проводник *R* користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} са корекцијама на 100 Hz и 200 Hz:

Корекција на фреквенцији 100 Hz:

$$k_{R100} = +0,6 \text{ dB}$$

Корекција на фреквенцији 200 Hz:

$$k_{R200} = +1,7 \text{ dB}$$

За проводник *S* увек користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} .

За проводник *T* користити предложени спектар са k_{NM} , $k_{E_{max}}$, k_{PS} , k_{VN} или k_{VI} и k_{KS} са корекцијама на 100 Hz и 200 Hz:

Корекција на фреквенцији 100 Hz:

$$k_{R100} = +0,3 \text{ dB}$$

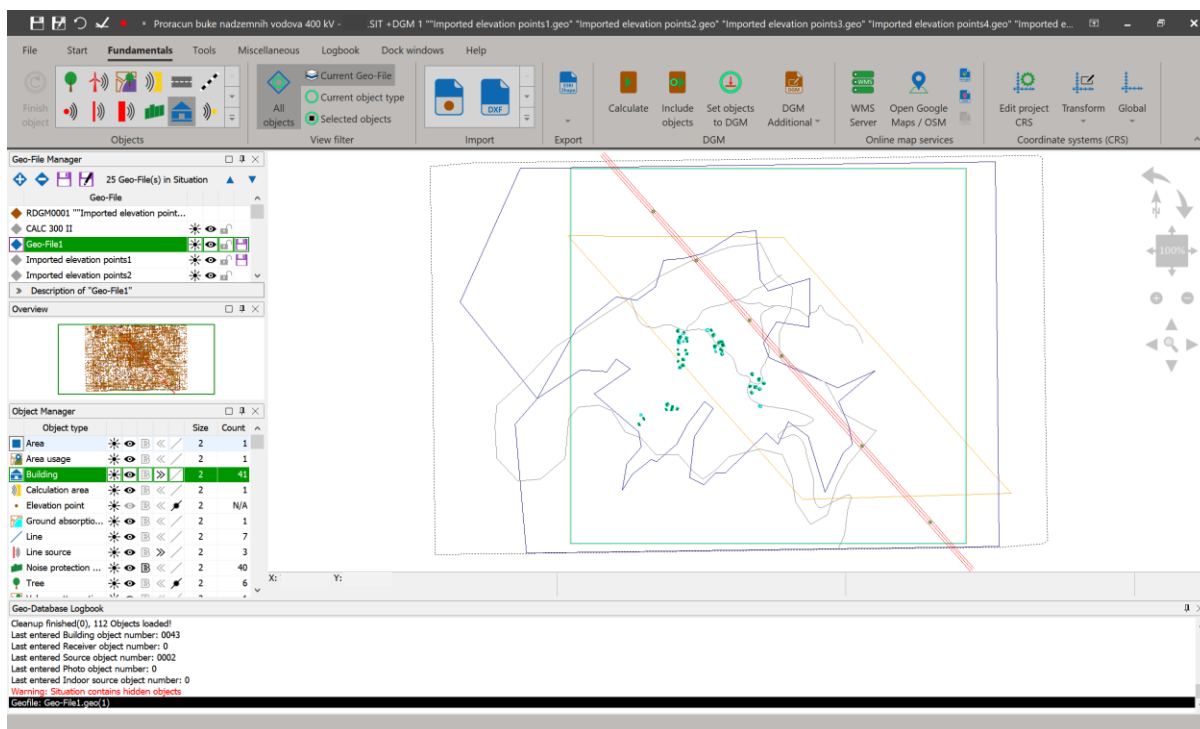
Корекција на фреквенцији 200 Hz:

$$k_{R200} = +1,3 \text{ dB}$$

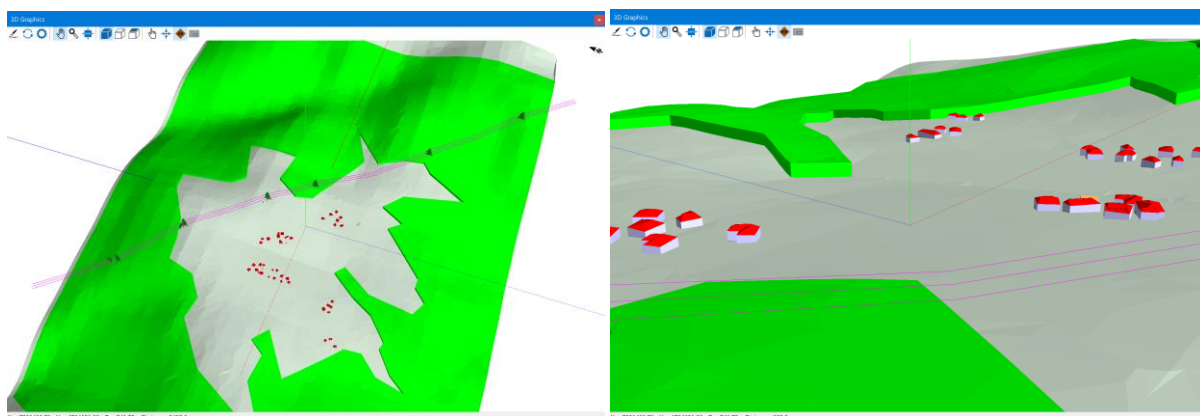
Ц. Стуб двосистемски, тип „буре“

За сва три проводника увек користити предложени спектар са корекцијама k_{NM} , k_{Emax} , k_{PS} , k_{VN} или k_{V1} и k_{KS} .

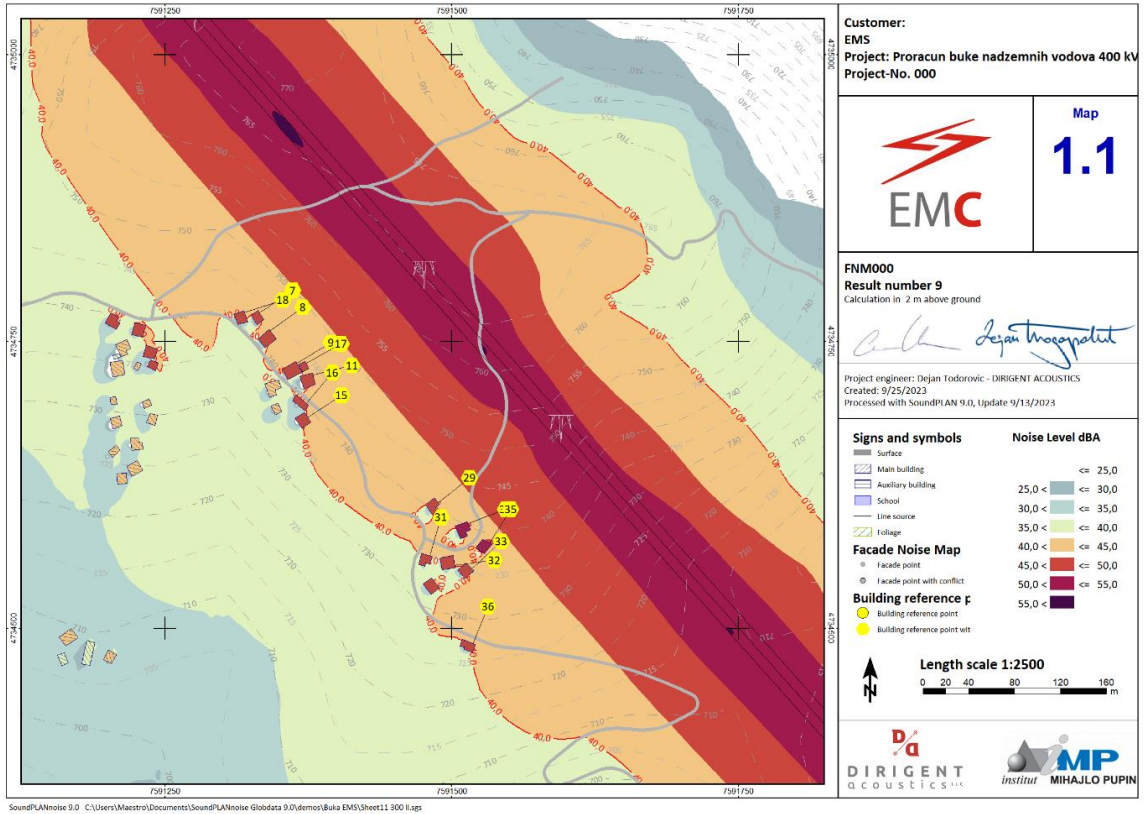
На сликама су респективно приказани неки од значајних корака у моделовању: графички интерфејс у коме се уносе подаци о моделу, тродимензиони прикази модела ради сагледавања комплетне ситуације или појединачних детаља и провере, графички приказ карте буке са означеним објектима на којима је дошло до прекорачења граничних вредности индикатора буке за ноћ, и графички приказ добијене 3D карте буке.



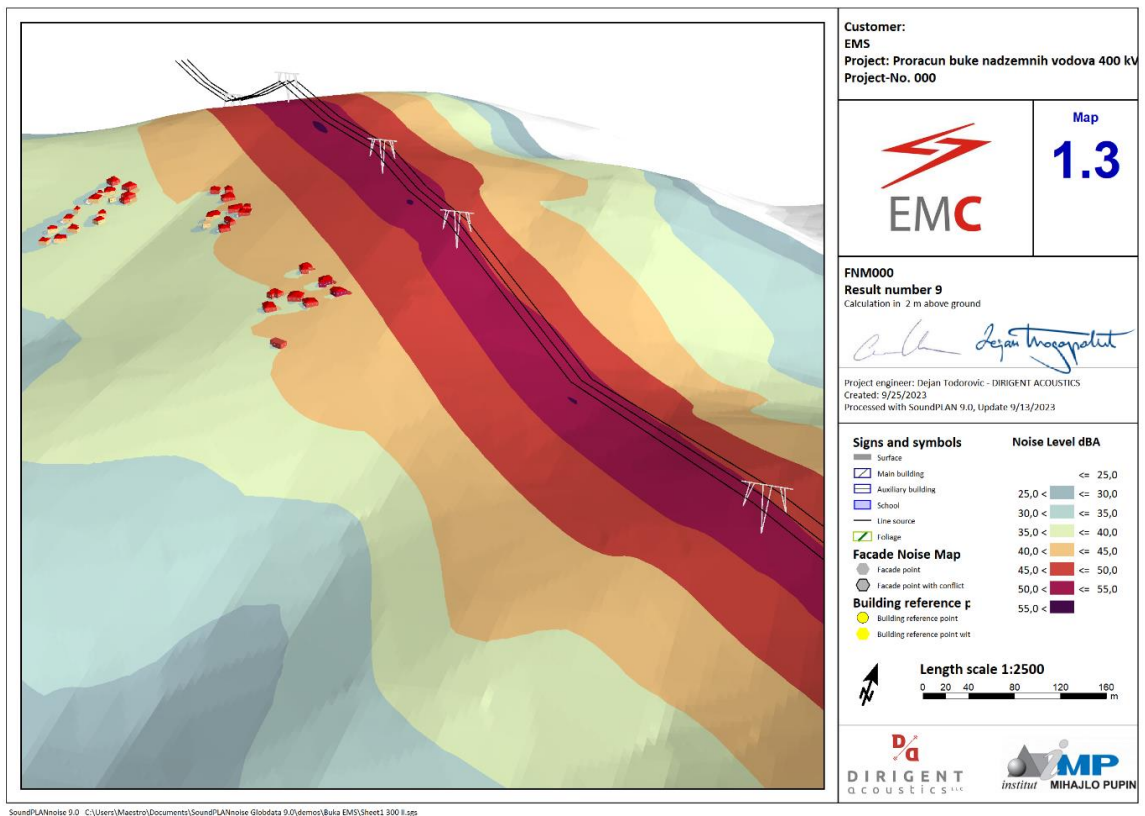
Слика 12 Графички интерфејс програмског пакета *SoundPlan* у којем се уносе подаци о моделу



Слика 13 Тродимензиони прикази модела ради сагледавања комплетне ситуације или појединачних детаља и провере



Слика 14 Графички приказ карте буке са означеним објектима на којима је дошло до прекорачења граничних вредности индикатора буке за ноћ



Слика 15 Графички приказ 3D карте буке

Закључак:

У овом техничком решењу приказана је развијена методологија предикције звучног поља у околини надземног вода и процене нивоа буке која потиче од ефекта короне. Развијена методологија се добро показала у поређењу предикционих резултата са измереним резултатима на терену и може се користити приликом израде пројекта за одређени надземни вод кроз израду посебног пројекта оптерећења животне средине, који као обавезан део мора да садржи акстичку студију процене нивоа буке.

Референце:

- [1] EPRI AC Transmission Line Reference Book—200 kV and Above, EPRI, Palo Alto California, 3rd ed., Final report, December 2005
- [2] F. Kiessling, P. Nefzger, J.F. Nolasco, U. Kaintzyk, "Overhead Power Lines – Planning, Design, Construction," Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003
- [3] P.S. Maruvada, "Corona Performance of High Voltage Transmission Lines," Taylor & Francis Group, London, UK, 2000
- [4] ESKOM Holdings Ltd, T. Pillay, S. Bisnath "The Planning, Design and Construction of Overhead Power Lines, 132 kV & above," Crown Publications cc, Johannesburg, February 2005
- [5] CIGRÉ Technical Brochure 278 „ The Influence of Line Configuration on Environment Impacts of Electrical Origin - Principles of Overhead Line Design," CIGRE Working Group B2.06, 2005
- [6] CIGRÉ Green Book, CIGRÉ, International Council on Large Electric Systems (CIGRE), Paris, France, SC B2 Overhead lines, Konstantin O. Papailioy Editor, Springer International Publishing Switzerland 2017
- [7] V. L. Chartier, D. E. Blair, M. D. Easley, R. T. Raczkowski, "Corona Performance of a Compact 230-kV Line," USA: IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 1, January 1995
- [8] M. A. Al Faraj, M. H. Shwehdi, A. S. Farag, "Environmental Effect on High Voltage AC Transmission Lines Audible Noise," Energy Conversion Engineering Conference, IECEC-97. Proceedings of the 32nd Intersociety, Vol. 3, pp. 2082-2087, 1997
- [9] K.H. Yang, D.I. Lee, G.H. Hwang, J.H. Park, and V L. Chartier "New Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead HVAC Lines using Evolutionary Computations," IEEE PWRD-4. Pp. 1243-1251. October 2000
- [10] T. Teich, H.J. Weber, "Origin and abatement of tonal emission from high voltage transmission lines," e & i Elektrotechnik und Informationstechnik Vol. 119, No. 1, pp. 22-27, January 2002
- [11] U. Straumann, J. Fan, "Audible Noise from AC-UHV Transmission Lines—Theoretical Comparison of Broadband and Tonal Components," pp. 1-5, April 2009
- [12] T. Wszolek, "Noise Indicators for Corona Acoustic Signal from Power Lines – Estimation in Intensified Interference Conditions," Archives of Acoustics, No. 34, Vol. 1, pp 41-49, 2009
- [13] U. Straumann, H.J. Weber, "Potential reduction of audible noise from new and aged overhead transmission line conductors by increasing their hydrophilicity," CIGRE, Paris Session 2010
- [14] U. Straumann, "Mechanism of the tonal emission from ac high voltage overhead transmission lines," J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 44, 075501, 2011
- [15] T. Wszolek, "Diagnostic Symptoms of Corona Audible Noise in Continuous Monitoring Systems," Technical Note, Archives of Acoustics, No. 36, Vol. 1, pp 151-160, 2011
- [16] U. Straumann, "Mechanism of the tonal emission from ac high voltage overhead transmission lines," Journal of Physics D Applied Physics 44125(44), February 2011
- [17] X. Bian, L. Chen, D. Yu, J.M.K. Alpine, L. Wang, Z. Guan, F. Chen, W. Yao, S. Zhao, "Influence of Aged Conductor Surface Conditions on AC Corona-generated Audible Noise with a Corona

- Cage," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 19, No. 6; pp. 2017-2043, December 2012
- [18] H.A. Roets, "Effect of Altitude on Audible Noise Generated by AC Conductor Corona," Master Thesis, Stellenbosch University, 2012
- [19] Q. Li, "Acoustic Noise Emitted from Overhead Line Conductors," PhD Thesis, The University of Manchester, School of Electrical and Electronic Engineering, 2013
- [20] I. Gavranov, Lj. Dimitrov, Z. Milojević, "Corona EHV AC Transmission Lines as Noise Source in the Environment," 18th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), Bourgas, Bulgaria, May 2014
- [21] F.A.M. Rizk, G.N. Trinh, "High Voltage Engineering," Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, 2014
- [22] I. Rozman, M. Bečan, B. Žitnik, I. Kobal, B. Vertačnik, "Evaluation of The Measures to Limit The Corona Noise Implemented on the 400 kV OTL Beričevo – Krško," The 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, Czech Republic, August, 23 – 28, 2015
- [23] C. Zhang, Y. Yi, Y. Wang, Z. Chen, L. Wang, "Influence of Air Particulate Matter on DC Corona Discharges with an Indoor Corona Cage and a Monopolar Test Line," The 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, Czech Republic, August, 23 – 8, 2015
- [24] U. Schichler, R. Woschitz, A. Pirker, K. Reich, M. Leonhardsberger, O. Oberzaucher, "Audible Noise Performance of OHL Conductor Bundles," First South East European Regional CIGRÉ Conference, Slovenia, Portorož 7-8 June 2016, SEERC 2016
- [25] O. Pischler, U. Schichler, "Influence of The Conductor Surface on Ohl Audible Noise Under Foul Weather Conditions," The 20th International Symposium on High Voltage Engineering, Buenos Aires, Argentina, August 27 – September 01, 2017
- [26] O. Pischler, U. Schichler, "Bundle Conductor Geometry Optimization for Reducing Audible Noise of Overhead Power Lines," The 20th International Symposium on High Voltage Engineering, Buenos Aires, Argentina, August 27 – September 01, 2017
- [27] B. Wan, W. He, C. Pei, X. Wu, Y. Chen, J. Zhang, L. Lan, "Audible noise performance of conductor bundles based on cage test results and comparison with long term data," Energies 2017, Vol. 10, No. 958, 2017
- [28] W. He, B. Wan, L. Lan, C. Pei, J. Zhang, Y. Chen, X. Chen, X. Wen, "Effect of Altitude on the Audible Noise Level of AC Power lines," Energies 2017, Vol. 10, No. 1055, 2017
- [29] Q. Li, S.M. Rowland, I. Dupere, R. Shuttleworth, "Acoustic noise evaluation for overhead line conductors using an anechoic chamber," IEEE T. Power Deliv. 2017, 32, pp. 1835–1843, 2017
- [30] A. Donini, R. Spezie, R. Cortina, E.A. Piana, R. Turri, "Accurate prediction of the corona noise produced by overhead transmission lines. In Proceedings of the AEIT International Annual Conference: Sustainable Development in the Mediterranean Area, Energy and ICT Networks of the Future, Capri, Italy, 5–7 October 2016; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.: Piscataway, NJ, USA, 2017
- [31] E.A. Piana, A. Donini, R. Spezie, R. Turri, R. Cortina, "Prediction of the audible noise generated by corona discharge on a power transmission line: A model validation. In Proceedings of the 24th International Congress on Sound and Vibration (ICSV), London, UK, 23–27 July 2017; International Institute of Acoustics and Vibrations: Auburn, AL, USA, 2017
- [32] M. Ostojić, M. Čalasan, „Procjena vrijednosti korone 400 kV dalekovoda Čevo-Brezna i 400 kV+110 kV dalekovoda Kosanica – Pljevlja," STK C3, R C3 09, V Savjetovanje CG KO CIGRE, Budva, maj 2017
- [33] A. Čaršimović, „Modeliranje napona početka stacionarne korone zasnovano na mjerenjima električnog polja," doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, 2018
- [34] E.A. Piana, F. Bignucolo, A. Donini, R. Spezie, "Maintenance of a High-Voltage Overhead Transmission Line: Sustainability and Noise Impact Assessment," Sustainability 2018 Vol. 10, No. 491, pp. 1-22, February 2018
- [35] N. Petrović, „Uticaj prečnika provodnika, broja provodnika po fazi, razmaka u snopu i međufaznog rastojanja 400 kV nadzemnih vodova na naponski gradijent provodnika i jačinu

- buke usled korone," STK B2 Nadzemni vodovi, R B2 03, 33 Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 5 – 8. jun 2017
- [36] I. Kurniawan, Suwarno, O. Pischler, U. Schichler, "Audible Noise Calculation for Different Overhead Transmission Lines," 53rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC) 2018, Glasgow, Scotland, 4 – 7 Sept. 2018
- [37] C. Zhao, X. Zhao, F. Wu, C Xu, "Audible Noise Characters Analysis of 220kV Xiangtang Transmission Line," IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 295, ICEMEE 2019, 042109, pp. 1-8, 2019
- [38] W. He, B. Wan, Y. Liu, X. Liu, S. Huang, Y. Zhang, J. Zhang, "Audible noise spectral characteristics of high-voltage ac bundled conductors at high altitude," IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 15, pp. 1304–1313., 2021
- [39] E. Stracqualursi, R. Araneo, S Celozzi, "The Corona Phenomenon in Overhead Lines: Critical Overview of Most Common and Reliable Available Models," Energies 2021, Vol. 14, No. 6612, 2021
- [40] S. Bharti, S.P. Dubey, K.K. Nagwanski, R.A. Turkey, R.C. Bansal, B.D. Choubey, "Analysis of Electromagnetic Environment in 1200 kV Single Circuit UHVAC Transmission Line by using FACE Software and Semi-empirical Formulae," Ain Shams Engineering Journal Vol. 13, 101642, 2022
- [41] L. li, W. Meng, Q. Li, Y. Wang, X. Zheng, H. Wang, "Research Progress on Audible Noise Emitted from HVDC Transmission Lines," Energies 2021, Vol. 16, No. 4614, 2023
- [42] EirGrid Evidence Based Environmental Studies Study 8: Noise, Literature review and evidence based field study on the noise effects of high voltage transmission development, May 2016
- [43] J. Engelen et al.: „Ermittlung und Beurteilung von Koronageräuschen an Höchstspannungsfreileitungen“, Lärmbekämpfung Bd. 6 Nr. 4, 2012
- [44] P. Sames, M. Goossens, "Messtechnische Felduntersuchungen zu Koronageräuschen", Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, 2015
- [45] K. Scheibner, A. Siegemund, A. Frenzel, "Schalltechnisches Gutachten auf Basis der TA Lärm," für 50Hertz Transmission GmbH, 2017
- [46] A. Siegemund, "Schalltechnisches Gutachten auf Basis der TA Lärm sowie DIN 18005," Vorhabenträger Stadt Unterschleißheim, Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH, 2019
- [47] A. Siegemund, "Schalltechnisches Gutachten auf Basis der TA Lärm", Errichtung einer 380-kV-Freileitung Weida - Remptendorf, 2021
- [48] SRPS ISO 1996-1 Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 1: Основне величине и процедуре, новембар 2019. (идентичан са EN ISO 1996-1:2016)
- [49] SRPS ISO 1996-2 Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 2: Одређивање нивоа звучног притиска, новембар 2019. (идентичан са EN ISO 1996-2:2017)
- [50] IEEE Standard for the Measurement of Audible Noise from Overhead Transmission Lines, IEEE Power and Energy Society, IEEE Std 656-2018 (Revision of IEEE Std 656-1992)
- [51] World Health Organization (WHO), "Guidelines for Community Noise," 1999
- [52] World Health Organization (WHO), "Night Noise Guidelines for Europe," 2009
- [53] World Health Organization (WHO), "Burden of Disease from Environmental Noise - Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe," 2011
- [54] World Health Organization (WHO), "Environmental Noise Guidelines for the Europe Region," 2011
- [55] European Union. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise
- [56] Закон о заштити од буке у животној средини, Службени гласник РС, бр. 36/2009 и 88/2010
- [57] Закон о заштити од буке у животној средини, Службени гласник РС, бр. 96/2021
- [58] Правилник о мерилима нивоа звука, Службени гласник РС, бр. 39/2014

- [59] Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке, Службени гласник РС, бр. 72/2010
- [60] D.E. Perry, "An Analysis of Transmission Line Audible Noise Levels Based upon Field and Three-Phase Test Line Measurements," IEEE Trans. Power App. Syst., PAS-91. pp. 857-865, May/June 1972
- [61] N. Kolcio, B. Ware, R. Zagier, V. Chartier, and F. Dietrich, "The apple grove 750 kV project statistical analysis of audible noise performance of conductors at 775 kv," IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. PAS-93, No. 3, pp. 831-840, May 1974.
- [62] R.J. Wells, "Subjective Analysis of the Noise from High Voltage Transmission Lines," Proceedings of a Workshop on Power Line Noise as Related to Psychoacoustics, IEEE Publication 74CH0967-0-PWR, 1974
- [63] N.G. Trinh, P.S. Maruvada, " A method of predicting the corona performance of conductor bundles based on cage test result," IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. 96, pp. 312-325, 1977
- [64] J.A. Molino, G.A. Zerdy, N.D. Lerner, D.L. Harwood, and S.G. Tremaine, "Use of the 'Acoustic Menu' in Assessing Human Response to Audible (Corona) Noise from Electric Transmission Lines," J. Acoust. Soc. America. Vol. 66, No. 5. pp. 1435-1445. November 1979
- [65] C. Larsson, B. Hallberg, S. Israelsson, "Long term audible noise and radio noise performance of American electric power's operating 765 kV lines", IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. 98, pp. 1853-1859, 1979
- [66] V.L. Chartier, R.D. Stearns "Formulas for Predicting Audible Noise From Overhead High Voltage AC and DC Lines," IEEE PAS-100. pp. 121-129. January 1981
- [67] N.D. Lerner, J.D. Lehrman, "Annoyance of Noise fom Power Lines," Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol. 3, No. 23, pp. 273-283, 1981
- [68] H. Kirkham, W.J. Gajda, "A mathematical model of transmission line audible noise part 1: background and model development", IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. 102, pp. 710-717, 1983
- [69] SRPS EN 50341-1:2015 Надземни електрични водови наизменичне струје изнад 1 kV — Део 1: Општи захтеви — Заједничке спецификације (идентичан са EN 50341-1:2012)
- [70] SRPS ISO 3744:2011 Акустика — Одређивање нивоа звучне снаге и нивоа звучне енергије извора буке на основу звучног притиска — Инжењерска метода за приближно слободно поље изнад рефлексционе равни (идентичан са EN ISO 3744:2010)
- [71] SRPS ISO 3746:2011 Акустика — Одређивање нивоа звучне снаге и нивоа звучне енергије извора буке на основу звучног притиска — Информативна метода коришћењем мерне површине која обухвата извор изнад рефлексционе равни (идентичан са EN ISO 3746:2010)
- [72] SRPS EN 61672-1:2015 Електроакустика – Мерачи нивоа звука – Део 1: Спецификације (идентичан са EN 61672-1:2013; ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 / IEC 61672-1:2013)
- [73] Правилник о мерилима нивоа звука, Службени гласник РС, бр. 39/2014
- [74] SoundPLAN 9.1, SoundPLAN LLC, Braunstein + Berndt GmbH

Допринос аутора:

Руковођење пројектом: Ива Салом

Теоријска разматрања проблема: Миленко Кабовић, Ива Салом, Владимир Челебић

Имплементација прорачуна: Ива Салом, Владимир Челебић, Јована Новаковић

Развој методологије пројектовања симулације: Дејан Тодоровић, Ива Салом, Марко Ралић

Листа претходних
техничких решења
по ауторима

ВЛАДИМИР ЧЕЛЕБИЋ

2022.

1. Ива Салом, Дејан Тодоровић, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Марко Ралић, Горан Димић, “Метода за мерење буке услед короне у околини надземног вода” – М82
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-3-M82.pdf>
2. Миливоје Ралевић, Ива Салом, Владимир Челебић, Иван Тодоровић, Братислав Планић, Вукашин Ристић, Бојан Стојковић, “Унапређени систем за централизовано надгледање телештитних терминала” – М84
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-2-M84.pdf>
3. Миленко Кабовић, Јована Новаковић, Анка Кабовић, Владимир Челебић, Ива Салом, Владислав Миленковић, “Безбедно стартовање централног процесорског модула за телештитни терминал” – М84
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-1-M84.pdf>

2021.

4. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Унапређење мрежних интерфејса централног модула за телештитни терминал” – М83
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-1-M83.pdf>

2020.

5. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, Миливоје Ралевић, “Обједињени систем за централизовано надгледање и синхронизацију тачног времена телештитних терминала” – М84
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-1-M84.pdf>
6. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Нови централни модул за телештитни терминал” – М85
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-2-M85.pdf>

2019.

7. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Сервер за централизовано надгледање и синхронизацију времена телештитних терминала у мрежи ЕМС АД” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A1.pdf
8. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, “Мерне методе за одређивање тачности процеса синхронизације времена на уређају за пренос сигнала телештитне” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A2.pdf
9. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Јована Новаковић, Братислав Планић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Ивана Николић, Наталија Кокић, “Унапређена акустичка камера за посебне намене” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32038_2019A1.pdf

2018.

10. Јована Новаковић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Владимир Ћатић, Вељко Јанић, Братислав Планић, “Акустичка камера за посебне намене” – М82
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A1.pdf
11. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, Братислав Планић, “Унапређени телештитни терминал TZ-600 за повећање расположивости и убрзање преноса сигнала дистантне заштите за потребе ЈП ЕПС, огранак ХЕ Ђердап” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A2.pdf
12. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Наталија Лукић, Ивана Николић, “Софтверска симулација акустичке камере са beamforming алгоритмом” – М85
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A2.pdf

13. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Надоградња система за пренос сигнала телешаштите у мрежи преноса ЕМС АД имплементацијом синхронизације тачног времена” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A1.pdf

2017.

14. Владислав Миленковић, Владимир Челебић, Братислав Планић, Ива Салом, Вукашин Ристић, Бојан Косић, Горан Димић, Ненад Антонић, “Реализација уређаја за тестирање и анализу рада система за пренос сигнала телешаштите” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/TR32043-2017-IMP-M85-TTZ.pdf>
15. Вукашин Ристић, Братислав Планић, Ива Салом, Жељко Стојковић, Владимир Челебић, Горан Димић, Ненад Антонић, Бојан Косић, Владислав Миленковић, “Самостални Bluetooth микрофон студијског квалитета – МИКМЕ” – М81
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/TR32043-2017-IMP-M81-MIKME.pdf>
16. Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Вељко Јанић, Владислав Миленковић, Ненад Антонић, Вукашин Ристић, Братислав Планић, Жељко Стојковић, Владимир Челебић, Горан Димић, Иван Кокић, “Окружење за аутоматско тестирање система за аквизицију и обраду података” – М84
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/III44003-2017-M84-ATE.pdf>

2016.

17. Владимир Челебић, Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, Ива Салом, Јелена Васиљевић, Драгослав Мијић, “Повезивање телешаштитног терминала на резервни преносни пут преко Етернет интерфејса у мрежи ЕМС-а” – М84
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32037-2016A2.pdf>
18. Ива Салом, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Вукашин Ристић, Јованка Гајица, Марко Оклобција, Ненад Карталовић, Миомир Мијић, “Решење проблема нелинеарности напонски контролисаног појачавача са JFET транзистором” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32038-2016A1.pdf>
19. Ива Салом, Вукашин Ристић, Миленко Кабовић, Владимир Челебић, Жељко Стојковић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Лазар Бербаков, Бојан Косић, “Алгоритамска компензација разлике компоненти JFET-а за контролу појачања у напонски контролисаном појачавачу” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32043-2016-M85-IMP-JFET.pdf>

2015.

20. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Оптички интерфејс ИМП терминала за телешаштиту са мултиплексерском опремом” – М84
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A1.pdf>
21. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јелена Васиљевић, Ива Салом, Владимир Челебић, Јованка Гајица, “Софтвер за симулацију размене GOOSE поруке између заштитног релеа и телешаштитног уређаја у подстаници” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A2.pdf>

ИВА САЛОМ

2022.

1. Ива Салом, Дејан Тодоровић, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Марко Ралић, Горан Димић, “Метода за мерење буке услед короне у околини надземног вода” – М82
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-3-M82.pdf>
2. Миливоје Ралевић, Ива Салом, Владимир Челебић, Иван Тодоровић, Братислав Планић, Вукашин Ристић, Бојан Стојковић, “Унапређени систем за централизовано надгледање телештитних терминала” – М84
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-2-M84.pdf>
3. Миленко Кабовић, Јована Новаковић, Анка Кабовић, Владимир Челебић, Ива Салом, Владислав Миленковић, “Безбедно стартовање централног процесорског модула за телештитни терминал” – М84
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-1-M84.pdf>

2021.

4. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Унапређење мрежних интерфејса централног модула за телештитни терминал” – М83
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-1-M83.pdf>

2020.

5. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, Миливоје Ралевић, “Обједињени систем за централизовано надгледање и синхронизацију тачног времена телештитних терминала” – М84
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-1-M84.pdf>
6. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Нови централни модул за телештитни терминал” – М85
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-2-M85.pdf>
7. Владислав Миленковић, Иван Тодоровић, Вукашин Ристић, Наталија Кокић, Ива Салом, Анастасија Перић, „Развој GIVA IPC паметног модуларног аудио појачала заснованог на DSP процесору Allwinner H2+ и оперативном систему Linux“, М81
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-5-M81.pdf>
8. Дејан Тодоровић, Ива Салом, Братислав Планић, Горан Димић, Владимир Ђатић, Мина Косић (Радивојевић), „Мерни систем за in situ мерење акустичких карактеристика звучних баријера према стандардима EN 1793-5 и EN 1793-6“, М82
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-6-M82.pdf>

2019.

9. Вељко Јанић, Валентина Тимченко, Славица Боштјанчич Ракас, Ива Салом, Иван Кокић, Владимир Ђатић, Братислав Планић, Вукашин Ристић, “MIKME Pocket – бежични аудио снимач” – М83.
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/III44003-2019-M83-MIKME_Pocket.pdf
10. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Сервер за централизовано надгледање и синхронизацију времена телештитних терминала у мрежи ЕМС АД” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A1.pdf
11. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, “Мерне методе за одређивање тачности процеса синхронизације времена на уређају за пренос сигнала телештитне” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A2.pdf
12. Владимир Ђатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Јована Новаковић, Братислав Планић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Ивана Николић, Наталија Кокић, “Унапређена акустичка камера за посебне намене” – М84

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32038_2019A1.pdf

2018.

13. Јована Новаковић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Владимир Ћатић, Вељко Јанић, Братислав Планић, “Акустичка камера за посебне намене” – М82
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A1.pdf
14. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, Братислав Планић, “Унапређени телештитни терминал TZ-600 за повећање расположивости и убрзање преноса сигнала дистантне заштите за потребе ЈП ЕПС, огранак ХЕ Ђердап” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A2.pdf
15. Владимир Ћатић, Наталија Лукић, Ива Салом, Братислав Планић, Горан Димић, Иван Кокић, “Унапређење система за аутоматско тестирање хардверских јединица уређаја МИКМЕ у процесу производње са проширењем примене на нове верзије уређаја и са додавањем нових опција” – М83
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/III44003-2018A1.pdf>
16. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Наталија Лукић, Ивана Николић, “Софтверска симулација акустичке камере са beamforming алгоритмом” – М85
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A2.pdf
17. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Надоградња система за пренос сигнала телештите у мрежи преноса ЕМС АД имплементацијом синхронизације тачног времена” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A1.pdf
18. Братислав Планић, Вељко Јанић, Ива Салом, Вукашин Ристић, Горан Димић, Владислав Миленковић, Лазар Бербаков, “Побољшање квалитета аудио сигнала самосталног Bluetooth микрофона МИКМЕ студијског квалитета” – М83
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32043_2018A2.pdf

2017.

19. Владислав Миленковић, Владимир Челебић, Братислав Планић, Ива Салом, Вукашин Ристић, Бојан Косић, Горан Димић, Ненад Антонић, “Реализација уређаја за тестирање и анализу рада система за пренос сигнала телештите” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/TR32043-2017-IMP-M85-TTZ.pdf>
20. Вукашин Ристић, Братислав Планић, Ива Салом, Жељко Стојковић, Владимир Челебић, Горан Димић, Ненад Антонић, Бојан Косић, Владислав Миленковић, “Самостални Bluetooth микрофон студијског квалитета – МИКМЕ” – М81
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/TR32043-2017-IMP-M81-MIKME.pdf>

2016.

21. Владимир Челебић, Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, Ива Салом, Јелена Васиљевић, Драгослав Мијић, “Повезивање телештитног терминала на резервни преносни пут преко Етернет интерфејса у мрежи ЕМС-а” – М84;
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32037-2016A2.pdf>
22. Ива Салом, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Вукашин Ристић, Јованка Гајица, Марко Оклобџија, Ненад Карталовић, Миомир Мијић, “Решење проблема нелинеарности напонски контролисаног појачавача са JFET транзистором” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32038-2016A1.pdf>
23. Ива Салом, Вукашин Ристић, Миленко Кабовић, Владимир Челебић, Жељко Стојковић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Лазар Бербаков, Бојан Косић, “Алгоритамска компензација разлике компоненти JFET-а за контролу појачања у напонски контролисаном појачавачу” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32043-2016-M85-IMP-JFET.pdf>
24. Владимир Ћатић, Наталија Лукић, Ива Салом, Вукашин Ристић, Миленко Кабовић, Никола Ненадић, Жељко Стојковић, Горан Димић, Ненад Антонић, Бојан Косић, “Систем за аутоматско тестирање хардверских јединица уређаја МИКМЕ у процесу производње” – М81
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32043-2016-M81-IMP-MIKMEATE.pdf>

2015.

25. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Оптички интерфејс ИМП терминала за телешащиту са мултиплексерском опремом” – М84
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A1.pdf>
26. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јелена Васиљевић, Ива Салом, Владимир Челебић, Јованка Гајица, “Софтвер за симулацију размене GOOSE поруке између заштитног релеа и телешащитног уређаја у подстаници” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A2.pdf>

ЈОВАНА НОВАКОВИЋ

2022.

1. Миленко Кабовић, Јована Новаковић, Анка Кабовић, Владимир Челебић, Ива Салом, Владислав Миленковић, “Безбедно стартовање централног процесорског модула за телештитни терминал” – М84

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-1-M84.pdf>

2021.

2. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Унапређење мрежних интерфејса централног модула за телештитни терминал” – М83

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-1-M83.pdf>

2020.

3. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Нови централни модул за телештитни терминал” – М85

<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-2-M85.pdf>

2019.

4. Ивана Николић, Бојан Косић, Мина Радивојевић, Јована Новаковић, “Успостављање комуникације између процесорских јединица у асиметричним вишепроцесорским системима” – М85

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A4.pdf

5. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Јована Новаковић, Братислав Планић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Ивана Николић, Наталија Кокић, “Унапређена акустичка камера за посебне намене” – М84

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32038_2019A1.pdf

2018.

6. Јована Новаковић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Владимир Ћатић, Вељко Јанић, Братислав Планић, “Акустичка камера за посебне намене” – М82

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A1.pdf

МАРКО РАЛИЋ

2022.

1. Ива Салом, Дејан Тодоровић, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Марко Ралић, Горан Димић, "Метода за мерење буке услед короне у околини надземног вода" – М82

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-3-M82.pdf>

2021.

2. Владислав Миленковић, Иван Тодоровић, Марко Ралић, Вукашин Ристић, Анастасија Николић, Жељко Стојковић, Горан Димић, „Унапређење реализације web сервиса и локалног апликативног софтвера за управљање GIVA IPC паметним модуларним аудио појачалом“, М83

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-2-M83.pdf>

3. Иван Кокић, Жељко Стојковић, Марко Ралић, Наталија Кокић, Мина Косић, Владимир Ћатић, „Дигитална радио диспечерска централа за систем радио диспечерске везе у оквиру железничке телекомуникационе мреже“ – М82

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-3-M82.pdf>

4. Иван Кокић, Ненад Антонић, Бојан Косић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Миливоје Ралевић, „Систем за контролу и управљање грејањем скретница у железници“ – М82

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-4-M82.pdf>

2019.

5. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Јована Новаковић, Братислав Планић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Ивана Николић, Наталија Кокић, "Унапређена акустичка камера за посебне намене" – М84

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32038_2019A1.pdf

2016.

6. Милан Оклобција, Марко Ралић, Иван Тодоровић, "Прилагођење оперативног система Android верзије 5 за рачунарску платформу у области Home Automation решења" – М84

<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32037-2016A4.pdf>

7. Милан Оклобција, Марко Ралић, Иван Тодоровић, Марјан Ђурић, "Софтверско хардверска платформа за аутоматско тестирање у производњи Home Automation рачунарског система" – М82

<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32037-2016A5.pdf>

8. Милан Оклобција, Иван Тодоровић, Марко Ралић, Марко Оклобција, Вукашин Ристић, Владимир Ћатић, Иван Кокић, "Мултимедијални уређај за управљање аудио/видео садржајем и осветљењем у контролним собама и салама за састанке" – М83

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/III44003-2016-M83-IMP-LIVIAU_S.pdf

МИЛЕНКО КАБОВИЋ

2022.

1. Ива Салом, Дејан Тодоровић, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Марко Ралић, Горан Димић, “Метода за мерење буке услед короне у околини надземног вода” – М82
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-3-M82.pdf>
2. Миленко Кабовић, Јована Новаковић, Анка Кабовић, Владимир Челебић, Ива Салом, Владислав Миленковић, “Безбедно стартовање централног процесорског модула за телештитни терминал” – М84
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-1-M84.pdf>

2021.

3. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Унапређење мрежних интерфејса централног модула за телештитни терминал” – М83
<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2022/01/TR-2021-IMP-T-1-M83.pdf>

2020.

4. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, Миливоје Ралевић, “Обједињени систем за централизовано надгледање и синхронизацију тачног времена телештитних терминала” – М84
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-1-M84.pdf>
5. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Анка Кабовић, Јована Новаковић, Горан Димић, “Нови централни модул за телештитни терминал” – М85
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-2-M85.pdf>
6. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, Иван Кокић, Ненад Антонић, Славица Боштјанчич Ракас, Валентина Тимченко, „Систем за динамичко праћење сигурносног растојања проводника на далеководу 110kV бр. 176/3“ – М84
<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-3-M84.pdf>

2019.

7. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Сервер за централизовано надгледање и синхронизацију времена телештитних терминала у мрежи ЕМС АД” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A1.pdf
8. Владимир Челебић, Ива Салом, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Јованка Гајица, “Мерне методе за одређивање тачности процеса синхронизације времена на уређају за пренос сигнала телештитне” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A2.pdf
9. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, Славица Боштјанчич Ракас, Валентина Тимченко “Софтвер за краткорочно предвиђање максималног дозвољеног струјног оптерећења далековода” – М85.
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32037_2019A3.pdf

2018.

10. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Надоградња система за пренос сигнала телештитне у мрежи преноса ЕМС АД имплементацијом синхронизације тачног времена” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A1.pdf
11. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, Братислав Планић, “Унапређени телештитни терминал TZ-600 за повећање расположивости и убрзање преноса сигнала дистантне заштите за потребе ЈП ЕПС, огранак ХЕ Ђердап” – М84
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32037_2018A2.pdf

2017.

12. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, “Апликација за прорачун максималног дозвољеног струјног оптерећења далековода” – М85
http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2017/TR32037_2017A3.pdf

2016.

13. Владимир Челебић, Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јованка Гајица, Ива Салом, Јелена Васиљевић, Драгослав Мијић, “Повезивање телештитног терминала на резервни преносни пут преко Етернет интерфејса у мрежи ЕМС-а” – М84;
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32037-2016A2.pdf>
14. Владимир Ћатић, Наталија Лукић, Ива Салом, Вукашин Ристић, Миленко Кабовић, Никола Ненадић, Жељко Стојковић, Горан Димић, Ненад Антонић, Бојан Косић, “Систем за аутоматско тестирање хардверских јединица уређаја МІКМЕ у процесу производње” – М81
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32043-2016-M81-IMP-MIKMEATE.pdf>
15. Ива Салом, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Вукашин Ристић, Јованка Гајица, Марко Оклобција, Ненад Карталовић, Миомир Мијић, “Решење проблема нелинеарности напонски контролисаног појачавача са JFET транзистором” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32038-2016A1.pdf>
16. Ива Салом, Вукашин Ристић, Миленко Кабовић, Владимир Челебић, Жељко Стојковић, Наталија Лукић, Владимир Ћатић, Лазар Бербаков, Бојан Косић, “Алгоритамска компензација разлике компоненти JFET-а за контролу појачања у напонски контролисаном појачавачу” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2016/TR32043-2016-M85-IMP-JFET.pdf>

2015.

17. Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Ива Салом, Јованка Гајица, “Оптички интерфејс ИМП терминала за телештитну са мултиплексерском опремом” – М84
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A1.pdf>
18. Анка Кабовић, Миленко Кабовић, Јелена Васиљевић, Ива Салом, Владимир Челебић, Јованка Гајица, “Софтвер за симулацију размене GOOSE поруке између заштитног релеа и телештитног уређаја у подстаници” – М85
<http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2015/TR32037-2015A2.pdf>

ДЕЈАН ТОДОРОВИЋ

2022.

1. Ива Салом, Дејан Тодоровић, Владимир Челебић, Миленко Кабовић, Анка Кабовић, Марко Ралић, Горан Димић, "Метода за мерење буке услед короне у околини надземног вода" – М82

<https://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2023/01/TR-2022-IMP-T-3-M82.pdf>

2020.

2. Дејан Тодоровић, Ива Салом, Братислав Планић, Горан Димић, Владимир Ћатић, Мина Косић (Радивојевић), „Мерни систем за in situ мерење акустичких карактеристика звучних баријера према стандардима EN 1793-5 и EN 1793-6“, М82

<http://www.pupin.rs/code/wp-content/uploads/2020/12/TR-2020-IMP-T-6-M82.pdf>

2019.

3. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Јована Новаковић, Братислав Планић, Вељко Јанић, Марко Ралић, Ивана Николић, Наталија Кокић, "Унапређена акустичка камера за посебне намене" – М84

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2019/TR32038_2019A1.pdf

2018.

4. Јована Новаковић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Владимир Ћатић, Вељко Јанић, Братислав Планић, "Акустичка камера за посебне намене" – М82

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A1.pdf

5. Владимир Ћатић, Ива Салом, Владимир Челебић, Дејан Тодоровић, Наталија Лукић, Ивана Николић, "Софтверска симулација акустичке камере са beamforming алгоритмом" – М85

http://www.imptelecom.com/media/TehnickaResenja/2018/TR32038_2018A2.pdf

Бр. 2219/2-21Број 500-00-060-НАВ-151/2021-00926 NOV 2021

год.

УГОВОР бр. 132 21

1.9-11-2021

год.

БЕОГРАД

БЕОГРАД, Кнеза Милоша 11

Уговорне стране:

Акционарско друштво „Електромрежа Србије“ Београд, улица Кнеза Милоша бр.11, Београд, кога заступа директор Јелена Матејић дипл.економиста (у даљем тексту: Наручилац)

и

Институт Михајло Пупин ДОО Београд, улица Волгина 15, Београд-Звездара, као носилац посла (у даљем тексту: Извршилац) и Dirigent acoustics DOO Beograd, улица Мажуранићева 29/9, Београд Вождовац, члан групе (у даљем тексту: Извршилац) које све заступа проф. др Сања Вранеш, дипл.инж.

Уговорне стране констатују:

- да је Наручилац на основу члана 52. Закона о јавним набавкама („Сл. Гласник РС“, бр. 91/19) године спровео отворени поступак јавне набавке број 132 21 – Израда студије процене утицаја и мониторинга буке услед корона ефекта на надземним високонапонским водовима EMC-а;
- да је Извршилац доставио понуду број 2219/1-21 од 05.10.2021. године, која се налази у прилогу Уговора и саставни је део овог Уговора (Прилог 1. овог Уговора);
- да је Наручилац на основу понуде Извршиоца и Одлуке о додели уговора бр. 700-00-ЈН-110/2021-009 од 02.11.2021.године изабрао Извршиоца за вршење услуге која је предмет овог Уговора.
- да се уговор закључује са групом понуђача који се у складу са понудом према Наручиоцу солидарно обавезују на извршење набавке.

Члан 1.

Предмет овог уговора је израда Студије процене утицаја и мониторинга буке услед корона ефекта на надземним високонапонским водовима EMC-а (у даљем тексту: услуга), у свему према Понуди Извршиоца бр. 2219/1-21 од 05.10.2021. године и Техничким спецификацијама из конкурсне документације (Прилог 1 Уговора).

Израда студије се одвија у две фазе:

Фаза 1. обухвата:

- Анализу литературе и доступних података, као и систематизацију прикупљених података (део 1),
- Развој и дефинисање метода за мерење буке и прелиминарну анализу резултата на високонапонским надземним водовима, као и реализацију одређеног броја мерења у реалним условима (део 2),
- Математичко моделовање извора буке и нумеричке симулације за предикцију буке у околини високонапонског надземног вода (део 3).

Фаза 2. обухвата:

- Наставак мерења у реалним условима и анализу резултата (део 2),
- Поређења резултата мерења и прорачуна/симулације (део 4),
- Анализу утицаја различитих параметара на ниво буке високонапонског вода на основу резултата мерења, прорачуна и симулација (део 4),

Члан 9.

Околности независне од воље уговорних страна, које ни пажљива страна не би могла избећи нити би могла отклонити последице таквих околности, сматраће се као случајеви више силе који ослобађају од одговорности, ако наступе након закључења Уговора и спречавају његово потпуно или делимично извршење.

Вишом силом сматрају се догађаји који уследе након ступања овог Уговора на снагу, независно од воље уговорних страна, а који нису могли да буду предвиђени у време потписивања овог Уговора и који својим утицајем одлажу или спречавају извршење свих или једног дела уговорних обавеза.

Дејство више силе се одражава на продужење рокова за пружање услуга сразмерно трајању њеног дејства, укључујући разумно време потребно за припрему за испуњења уговорних обавеза, а о ком времену ће се уговорне стране споразумети.

Уговорна страна погођена вишом силом дужна је да без одлагања и на поуздан начин обавести другу уговорну страну о појави више силе, њеној природи, могућем трајању и последицама.

На вишу силу се не може позивати уговорна страна која је запала у доцњу са испуњењем своје обавезе.

Члан 10.

Уговорне стране су сагласне да се за све што није овим Уговором предвиђено важе и примењују одредбе Закона о облигационим односима.

Члан 11.

Евентуалне спорове уговорне стране ће решавати споразумно а ако то не буде могуће, уговара се надлежност Привредног суда у Београду.

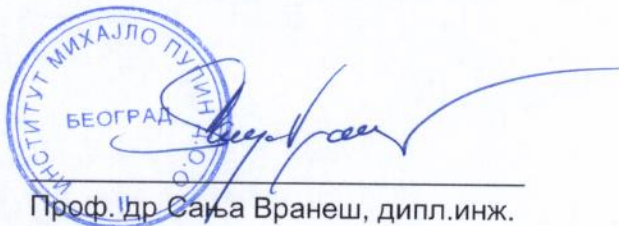
Члан 12.

Уговор ступа на снагу даном потписивања од стране овлашћених представника уговорних страна.

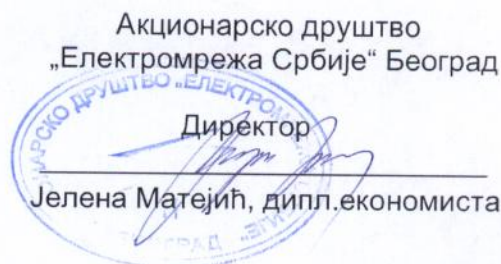
Члан 13.

Уговор је сачињен у 2 (два) истоветна примерка од којих по 1 (један) за сваку уговорну страну.

За ИЗВРШИОЦА


Проф. др Сања Вранеш, дипл.инж.

За НАРУЧИОЦА

Акционарско друштво
„Електромрежа Србије“ Београд
Директор

Јелена Матејић, дипл.економиста