



**ОДГОВОРНО  
УПРАВЉАЊЕ  
УТИЦАЈЕМ БУКЕ У  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКОЈ  
ПРЕНОСНОЈ МРЕЖИ**

## Садржај

<b>Уводна реч</b>	<b>5</b>
<b>ЗВУК, БУКА, ИЗВОРИ БУКЕ</b>	<b>6</b>
<b>БУКА, ЗАКОНСКИ ОКВИР</b>	<b>8</b>
Национални правни оквир заштите од буке	8
Граничне вредности индикатора буке	9
Правни оквир у ЕУ и СЗО	12
Бука и здравље	12
<b>УТИЦАЈ БУКЕ НА ЧОВЕКА И ЖИВОТНУ СРЕДИНУ</b>	<b>14</b>
<b>БУКА У ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКОМ ПРЕНОСНОМ СИСТЕМУ</b>	<b>16</b>
Зашто високонапонски надземни водови (далеководи) праве буку	17
Узрок буке - корона као физичка појава	17
Утицај различитих параметара на појаву короне код надземних водова	20
Фактори који повећавају буку	20
Бука у електроенергетском постројењу	21
Управљање утицајем буке и мере за смањење	22
<b>МЕРЕЊЕ И КОНТРОЛА БУКЕ НА ЕЕ ОБЈЕКТИМА</b>	<b>24</b>
Учинак ЕМС АД	26
Извршена мерења буке	29
<b>Закључна разматрања</b>	<b>32</b>
<b>Референце</b>	<b>33</b>



## Уводна реч

У складу са светским трендовима у области заштите од буке, ово питање је последњих година поново постало веома актуелно, јер бука у савременом друштву представља све израженији проблем. Њен утицај на животну средину и човека интензивно се истражује на глобалном нивоу, о чему сведочи велики број објављених научних радова и дисертација, посебно презентованих на стручним саветовањима. Томе је допринело опште повећање еколошке свести, као и обавезна примена усвојених прописа.

Загађење буком препознато је као један од значајних индикатора стања животне средине у Закону о заштити животне средине, а у Републици Србији је донет и посебан Закон о заштити од буке, праћен низом подзаконских аката. Како расту захтеви за енергијом, као и потребе условљене демографским и индустријским развојем, неминовна је и експанзија електроенергетске мреже на највишим напонским нивоима.

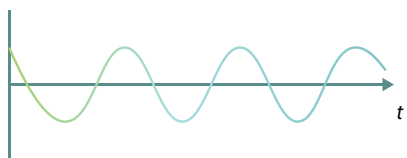
Надземни водови номиналног напона 400 kV, као један од потенцијалних извора буке, дефинишу се у просторним и урбанистичким плановима, а пројектују и граде тако да се што више избегне пролазак кроз урбане зоне, што није увек могуће. Често се дешава и да се након изградње водова насеља и други објекти постепено приближавају коридорима ових водова.

У таквим околностима, а у складу са порастом еколошке свести у инжењерском сектору, EMC АД делује превентивно и већ у фази пројектовања електроенергетских објеката – израдом студија о процени утицаја на животну средину, посебно за високонапонске водове 400 kV – води рачуна о бројним аспектима, као што су избор одговарајуће трасе, довољна удаљеност од насеља, облик и геометрија стубова, број проводника у снопу по фази, међусобно растојање проводника у снопу, пречник проводника, међуфазно растојање, висина вода, удаљеност од других надземних водова, као и карактеристике и стање површине проводника и спојне опреме – све у складу са климатским и временским условима поднебља у којем ће објекат бити у експлоатацији.

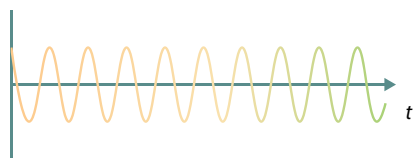
# ОПШТА РАЗМАТРАЊА ЗВУКА, БУКЕ, ИЗВОРА БУКЕ

**Звук** је механички талас, односно облик механичких осцилација које опажамо чулом слуха. Звук представља поремећај притиска, који се простире у виду лонгитудиналног таласа кроз еластичну средину. Људско ухо као звук опажа осцилације чије су фреквенције у опсегу од приближно 20 до 20 000 Hz.

Област физике која се бави проучавањем звука назива се **акустика**.



Ниска фреквенција



Висока фреквенција

**Звучни извор** – према физичкој дефиницији је тело или појава која у околни простор зрачи енергију у виду механичких таласа. Основни физички облици стварања звучне енергије у ваздуху су: вибрације површина крутих тела, принудна пулсирања ваздушне струје, турбуленције у флуидима и брза термичка дејства.

**Бука у животној средини** јесте сваки нежељен или **штетан звук** емитован на отвореном или у затвореном простору који је најчешће производ активности људи, укључујући буку коју емитују превозна средства, друмски, железнички и ваздушни саобраћај, као и буку која настаје од индустријских и производних активности укључујући и буку на локацијама на којима се обављају индустријске активности у складу са прописима којима се уређује интегрисано спречавање и контрола загађивања.

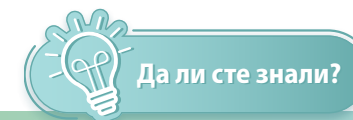
Бука може бити трајна, испрекидана и ударна, променљиве јачине, различитог трајања и временске расподеле. Бука је субјективни појам одређен физичким карактеристикама звука и физиолошким својствима уха и људског организма.

**Извор буке** – је дефинисан у Закону о заштити од буке у животној средини као сваки емитер нежељеног или штетног звука који настаје као последица активности људи: сваки уређај, средство за рад, саобраћајно средство, инсталација постројења, технолошки поступак, електроакустички и акустички уређај, као и уређај који се користи за извођење индустријске, занатске, производне, услужне и сличне делатности, који производи сталну или повремену буку, покретни и непокретни објекти који под одређеним околностима генеришу звук, а такође и отворени и затворени простори за спорт, игру, плес, представе, концерте, слушање музике и слично, као и угоститељски објекти, гараже, паркинг простори и друго.

**Индикатор буке** – акустичка величина којом се описује бука у животној средини и најчешће се изражава јединицом dB(A). Индикатори буке се користе у циљу утврђивања стања буке, за процену и предвиђање стања буке, израду стратешких карата буке и планирање мера заштите. Индикатори буке се деле на основне и додатне.

Када је реч о процени буке, основне физичке величине су: звучни притисак у паскалима (Pa), интензитет звука у ватима на квадратни метар ( $W/m^2$ ), фреквенција у херцима (Hz) и ниво звука у децибелима (dB).

Постоје различите врсте извора буке, као што су тачкасти извори (на пример, особа која говори или бушилица) и линијски извори (на пример, саобраћај на путу, цев кроз коју тече течност или надземни електровод).



**Звук се може простирати само кроз материјалне средине: гасове, течности и чврста тела, па самим тим звука нема у вакууму. У ваздуху се звук простире просечном брзином од око 340 m/s, при чему брзина звука зависи од температуре.**

# БУКА, ЗАКОНСКИ ОКВИР

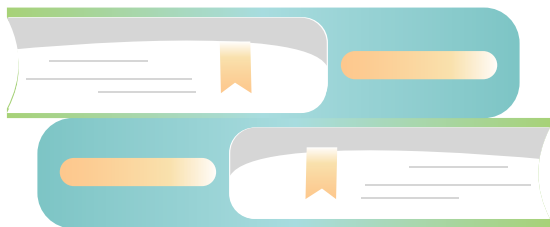
## Национални правни оквир заштите од буке

Закон о заштити од буке у животној средини из 2009. године, представљао је значајан корак ка имплементацији Директиве 2002/49/ЕС у национално законодавство.

Законом о заштити од буке у животној средини уређују се: субјекти заштите животне средине од буке; мере и услови заштите од буке у животној средини; мерење буке у животној средини; приступ информацијама о буци; надзор и друга питања од значаја за заштиту животне средине и здравље људи.

Чланом 18. став 1. Закона о заштити од буке у животној средини из 2021. године, прописано је да је правно лице које је власник, односно корисник извора буке, дужно да пре стављања извора буке у употребу обезбеди прво мерење буке на локацији, прибави извештај о мерењу буке овлашћене стручне организације, сноси трошкове тих мерења и по потреби спроведе мере звучне заштите у складу са овим законом.

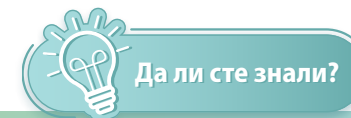
Чланом 18. став 2. прописано је да је правно лице које је власник, односно корисник извора буке, дужно да након реконструкције објекта или замене техничких капацитета којима се мењају услови емисије буке у животној средини, обезбеди мерење буке у зони утицаја, израду извештаја о мерењу буке и сноси трошкове тих мерења, у складу са овим законом.



Редовно периодично мерење нивоа буке у животној средини, управљач објектом који емитује буку, власник, односно корисник извора буке, врши једном у три године.

Заштита животне средине од буке у општем смислу обезбеђује се утврђивањем услова и предузимањем мера заштите које су део интегралног система заштите животне средине и односе се на:

- просторно, урбанистичко и акустичко планирање;
- звучну заштиту;
- стратешку процену утицаја планова и програма, односно процену утицаја пројеката на животну средину, као и на издавање дозволе за изградњу и рад постројења, односно
- обављање активности;
- прописивање граничних вредности индикатора буке у животној средини;
- акустичко зонирање;
- израду стратешких карата буке;
- израду акционих планова заштите од буке у животној средини;
- мерење и оцену буке у животној средини;
- процену штетних ефеката буке на здравље људи;
- информисање јавности о буци и њеним штетним ефектима у животној средини.



Да ли сте знали?

Плави китови производе звук јачине 188 dB који се може чути и на даљини од преко 800 km.

## Граничне вредности индикатора буке

Уредба о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини дефинише граничне вредности индикатора буке за дан, вече и ноћ на отвореном и затвореном простору - табела 1 и табела 2.

Табела 1: Граничне вредности индикатора буке на отвореном простору

зона	Намена простора	ниво буке у dBA	
		за дан и вече	за ноћ
1.	Подручја за одмор и рекреацију, болничке зоне и опоравилишта, културно-историјски локалитети, велики паркови	50	40
2.	Туристичка подручја, кампови и школске зоне	50	45
3.	Чисто стамбена подручја	55	45
4.	Пословно-стамбена подручја, трговачко-стамбена подручја и дечја игралишта	60	50
5.	Градски центар, занатска, трговачка, административно-управна зона са становима, зона дуж ауто-путева, магистралних и градских саобраћајница	65	55
6.	Индустријска, складишна и сервисна подручја и транспортни терминали без стамбених зграда	На граници ове зоне бука не сме прелазити граничну вредност у зони са којом се граничи	

Граничне вредности дате у табели 1 односе се на основне индикаторе буке и на меродавни ниво буке.

Табела 2: Граничне вредности индикатора буке у затвореним просторијама

	Намена просторија	ниво буке у dB(A)	
		за дан и вече	за ноћ
1.	Боравишне просторије (спаваћа и дневна соба) у стамбеној згради при затвореним прозорима.	30	30
2.	У јавним и другим објектима, при затвореним прозорима:		
2.1	Здравствене установе и приватна пракса, и у њима:		
	а) болесничке собе	35	30
	б) ординације	40	40
	в) операциони блок без медицинских уређаја и опреме	35	35
2.2	Просторије у објектима за одмор деце и ученика, и спаваће собе домова за боравак старих лица и пензионера	35	30
2.3	Просторије за васпитно-образовни рад (учионице, слушаонице, кабинети и сл.), биоскопске дворане и читаонице у библиотекама	40	40
2.4	позоришне и концертне дворане	30	30
2.5	хотелске собе	35	30

Граничне вредности дате у табели 2 односе се на меродавни ниво буке

Основни индикатори буке су:

- **Lden** индикатор који описује ометање буком за временски период од 24 часа, за дан – вече – ноћ (укупни индикатор буке);
- **Lday** индикатор који описује ометање буком у току дана (индикатор дневне буке); дан се дефинише као референтни временски интервал који траје 12 ч, између 6 ч и 18 ч;
- **Levening** индикатор који описује ометање буком у току вечери (индикатор вечерње буке); вече се дефинише као референтни временски интервал који траје 4 ч, између 18 ч и 22 ч;
- **Lnight** индикатор који описује ометање буком у току ноћи (индикатор ноћне буке); ноћ се дефинише као референтни временски интервал који траје 8 ч, између 22 ч и 6 ч.

Додатни индикатори буке обухватају меродавни ниво буке и ниво изложености буци.

Подзаконска акта у области буке која се примењују су и Правилник о методологији за одређивање акустичних зона, Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке, Правилник о методологији за израду акционих планова, Правилник о условима које мора да испуњава стручна организација за мерење буке, Правилник о садржини и методи израде стратешких карата буке и начину њиховог приказивања јавности, Правилник о буци коју емитује опрема која се употребљава на отвореном простору.

Област заштите од буке уређена је и другим прописима као што је Закон о ваздушном саобраћају, Правилник о безбедности машина, Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима.

## Правни оквир у ЕУ и СЗО

Зеленом књигом Европске комисије (1996), проблеми са буком су експлицитно дефинисани као проблеми животне средине. У њој се наводи да је бука, било да потиче од саобраћаја, индустријских или рекреативних активности један од главних проблема заштите животне средине на локалном нивоу и све већи разлог за бригу јавности.

Најзначајнији системски документ у области заштите животне средине од буке је Директива о процени и управљању буком у животној средини 2002/49/ЕС. Њоме је дефинисан појам буке, штетност дејства буке, утврђене заједничке методе процене буке, усклађени индикатори за утврђивање граничних вредности штетне емисије буке, израда стратешких карата буке.

## Бука и здравље

Са проблемом буке се увелико бавила и Светска здравствена организација (СЗО), која је издала неколико приручника и упозорења о томе како ту врсту загађења смањити на подношљиве границе. Европска унија је проценила да око 30% њеног становништва пати од загађења буком и донела је прописе против тог загађења, прописујући мере за смањење буке. Међу њима је и Директива 2003/10/ЕС од 06. фебруара 2003. године.

Према публикацији Европске уније (ЕУ):

- око 40% становништва у земљама ЕУ је изложено буци друмског саобраћаја на нивоима који прелазе 55 dB(A);
- 20% је изложено нивоима који прелазе 65 dB(A) током дана;
- више од 30% је изложено нивоима који прелазе 55 dB(A) ноћу.

Доступни су само ограничени међународни подаци о утицају буке из животне средине на здравље у европском региону. СЗО/Европа је објавила прелиминарне процене 2011. године:

<https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise>

С обзиром на рапидни развој технологије, индустрије и саобраћаја последњих деценија, проблем изложености буци и питање њеног утицаја на човека почели су да попримају све већи значај. Овим проблемом на светском нивоу бави се СЗО. СЗО је оформила радне групе за испитивање утицаја буке на човека, кроз различите психолошке ефекте и развој болести, које укључују светске стручњаке пре свега из области медицине. Као резултат испитивања ових радних група СЗО објављује документа са препорукама о заштити од буке.

Препоруке у документима СЗО се односе на утврђивање критеријума дозвољених нивоа буке у различитим околностима дефинисаним са аспекта поремећаја сна, осећаја узнемирености и услова у којима говорна комуникација постаје отежана. Као најзначајнији извори буке дефинисани су: индустријска бука, бука од саобраћаја, грађевинска бука, бука од суседа и бука настала као резултат забаве.



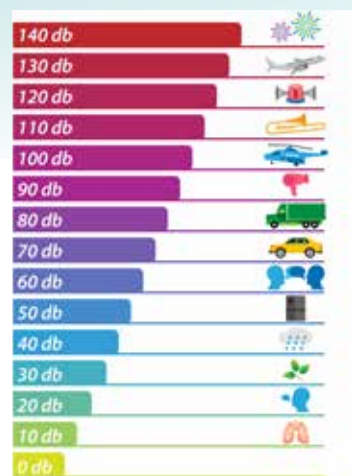
Утицај буке на здравље

# УТИЦАЈ БУКЕ НА ЧОВЕКА И ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Да ли ће се неки звук сматрати буком не зависи од карактеристика тог звука, између осталог и нивоа звука, већ од чињенице да ли он својом појавом неког омета. Утицај буке на човека може се поделити на три нивоа: механички, физиолошки и психолошки.

Прекомерна бука може изазвати здравствене сметње. Истраживања показују да повећава ризик од исхемијске болести срца и хипертензије, поремећаја спавања, оштећења слуха, тинитуса и когнитивног оштећења, са све већим доказима о другим утицајима на здравље као што су неповољни исходи порођаја и проблеми са менталним здрављем..

(<https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/environmental-noise>)



Графички приказ интензитета буке у dB

Механички утицај могу имати звукови нивоа изнад 140 dB, који могу изазвати оштећења меких ткива и кошчица у средњем уху. Физиолошки утицај може настати услед дуговременог излагања буци нивоа изнад 80 dB, што често доводи до трајних последица у раду чула слуха због промена које настају на нивоу рада унутрашњег ува. Различите психолошке ефекте може изазвати готово свака врста буке, па и она доста нижих нивоа. Такви ефекти се пре свега огледају кроз ометање концентрације и отежано функционисање, поремећај сна и одмора. Психолошко дејство у дужем временском периоду може проузроковати и одређене физиолошке ефекте, као што су убрзање рада срца, повећање крвног притиска, лучење жлезда, напетост нервног система итд - табела 3, слика 4.

Табела 3: Нивои буке различитих извора на уобичајеним удаљеностима од извора и утицај на човека.

Извор буке	L [dBA]	Утицај на човека
Максимални теоријски ниво звука у ваздуху	194	
Млазни авион, удаљеност 50 м	140	Граница бола
Ударна бушилица близу извора	130	
Амбулантна кола	120	Граница nelaгоде
Моторна тестера, удаљеност 1м	110	Оштећење слуха при понављаном излагању
Моторцикл, удаљеност 1м	100	
Гласан разговор	90	
Прометна саобраћајница, удаљеност 5м	80	Оштећење слуха при дуготрајном излагању
Усисивач, удаљеност 1м	70	
Уобичајени говор, удаљеност 1м	60	
Уобичајена амбијентална бука у стану	50	Тихо
Библиотека	40	
Спаваћа соба	30	Врло тихо
Шапат, удаљеност 2м	20	
	10	
	0	Праг чујности

Основне карактеристике буке – јачина, спектар и трајање, утичу на субјективни доживљај буке.

Смањење буке у животној средини је кључни циљ у оквиру амбиције нултог загађења и Директиве о буци у животној средини. Један од главних циљева акционог плана за нулто загађење је смањење броја људи хронично узнемираних буком од саобраћаја за 30% до 2030. године у поређењу са 2017. годином.

# БУКА У ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКОМ ПРЕНОСНОМ СИСТЕМУ

Питање буке у електроенергетским преносним мрежама јавило се крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века, када је започета градња надземних водова на вишим напонским нивоима, 400 kV и више. Утврђено је да је код надземних водова нижих напонских нивоа (испод 400 kV) бука довољно ниског нивоа да нема утицаја на становништво и животну средину тако да не захтева додатна разматрања. Бука услед појаве короне на високонапонским надземним водовима била је предмет многих истраживања широм света, у оквиру различитих институција, као и организација, као што су CIGRE и IEEE. Као резултат тога, развијено је неколико емпиријских метода за предвиђање буке услед короне у околини високонапонских надземних водова (BPA, EPRI).

У оквиру електроенергетске преносне мреже у Републици Србији заступљени су напонски нивои 110 kV, 220 kV и 400 kV. Надземни водови дефинишу се у просторним и урбанистичким плановима, пројектују се и граде тако да се што више избегну урбане зоне, што није увек могуће извести.

Повећање напонског нивоа приликом преноса електричне енергије на електроенергетским објектима има за циљ смањење губитака у преносу, али се као ефекат јавља и повећање нивоа буке у околини самих електроенергетских објеката, посебно на 400 kV напонском нивоу.



## Зашто високонапонски надземни водови (далеководи) праве буку

Ако сте радили или шетали испод високонапонских надземних водова (далековода), вероватно сте чули зујање, благо пуцкетање или карактеристичан звук звиждука које долази из водова. Већина људи, међутим, не зна зашто далеководи заправо зује. Да ли је то статичко пражњење, каква је то бука? Вибрација из поља од 50 Hz? Одакле долази ова бука?

### Узрок буке - корона као физичка појава

У већини случајева одговорно је електрично поље на површини надземних водова на 220 kV и 400 kV. Овај феномен се назива „ефекат короне“. Ређе је ветар тај који може да натера круте металне делове водова да „звижде“. „Ефекат короне“ је главни узрок буке на далеководима ЕЕ преносне мреже.

Звук који се може чути из високонапонских водова настаје због енергије која се празни. Ово пражњење настаје када је јачина електричног поља површине проводника већа од јачине пробоја ваздуха који окружује проводник. Ово пражњење такође ствара звук, видљиви сјај светлости у близини проводника. Поред тога, губитак енергије познат као губитак короне, као и други феномени повезани са високонапонским водовима, такође су директна последица овог пражњења.

Високе вредности електричног поља око самог проводника доводе до јонизације околне средине и при довољно високом напону долази до пробоја и електричног пражњења у виду импулсних струја.

Корона је облик самоодрживог пражњења које се јавља у нехомогеном електричном пољу када јачина поља у некој тачки достигне критичну вредност. Јавља се у ваздуху и у другим гасовима у близини врхова испупчених површина електрода и дуж проводника, који се налазе на високом потенцијалу у односу на своју околину, где је јачина електричног поља значајно већа него у остатку међупроводничког простора.



Корона ефекат на надземном воду

Јачина електричног поља је највећа у непосредној близини проводника и затим нагло опада са удаљавањем од проводника, да би имала најмању вредност у близини земље. Процес јонизације почиње на површини проводника. На извесном растојању од проводника јачина електричног поља постаје довољно мала да се процес јонизације зауставља. У овој области побуђени јони губе енергију и долази до процеса рекомбинације позитивних јона и електрона, као и ослобађања електрона из негативних јона, стварајући неутралне молекуле. У овом процесу долази до ослобађања електромагнетне енергије, која се манифестује кроз низ појава: светлосни ефекат, радио сметње, бука. Фотони генерисани у овом процесу побуђују нове атоме и покрећу други круг процеса јонизације, такозвану секундарну јонизацију. На овај начин се успоставља самоодрживо пражњење у уском простору око проводника, које на крају доводи до пробоја у уској области јаког електричног поља у непосредној близини проводника у виду струјног импулса. Ова појава назива се делимични (парцијални) пробој или корона. У непосредној околини проводника корона ствара плавичасту тињајућу светлост. При значајно већем напону може доћи до потпуног пробоја између проводника, такозваног електричног лука.



#### Да ли сте знали?

Екстремна осетљивост на звуке који другим људима не представљају проблем може се дијагностиковати као стање мизофоније или хиперакузије.

Ефекат короне зависи од више фактора, најзначајнији су напонски ниво и атмосферски услови. Најчешћа је појава короне када је висока влажност ваздуха (типично изнад 80%). Вода олакшава јонизацију и доприноси већој концентрацији јона у ваздуху, сама влага повећава проводност чиме су електрична пражњења учесталија.

Различити ефекти се јављају као последица појаве короне:

- Губици енергије услед короне
- Електромагнетне сметње
- Звук
- Озон као резултат сложене електрохемијске реакције
- Светлосни ефекат

Ефекат короне је најизраженији код далеководна веома високог напонског нивоа 400 kV и већег, а мање је изражен код далеководна 220 kV, док је код далеководна 110 kV и нижег напонског нивоа практично занемарљив.

Током релативно мале влажности (сув ваздух) бука услед короне износи 40 dB до 50 dB у непосредној близини (испод) далеководна 400 kV. У оваквим условима често се звук услед короне изједначи са нивоом звука средине у којој се налази. Приликом влажних климатских услова ниво буке услед короне може се повећати на вредности изнад 50 dB.

Треба напоменути да поред доминантне буке коју узрокује ефекат короне, постоји и бука која такође зависи од временских услова - кретања ваздуха/ветра у спрези са стубовима и порталима који имају метално-решеткасту конструкцију. Та врста бука је мањег интензитета и није константна.

Звук настао услед појаве короне састоји се од две различите компоненте, као последица различитих појава током короне:

- широкопојасна компонента, у фреквенцијском опсегу до неколико десетина kHz; чује се као карактеристично пуцкетање;
- тонална компонента на вредности двоструке мрежне фреквенције (100 Hz/120 Hz) и нешто слабије изражени хармоници; чује се као зујање (хам).

## Утицај различитих параметара на појаву короне код надземних водова

- Напон мрежне фреквенције;
- Мрежна фреквенција;
- Пречник проводника;
- Број проводника у снопу по фази;
- Стање површине проводника;
- Метеоролошки услови;
- Дисипација у ваздуху приликом простирања;
- Утицај тла/рељефа.

## Фактори који повећавају буку

**Метеоролошки услови** - влажност, густина ваздуха, температура, ветар и влага од кише и магле, иња, може проузроковати да високонапонски водови емитују повећану буку. Пошто ови елементи повећавају проводљивост ваздуха, повећава се интензитет коронског пражњења, а самим тим и бука. Генерално посматрано највећи утицај на појаву короне имају временски услови са падавинама и повећаном влагом. Смањење нивоа буке током повољних метеоролошких услова у односу на неповољне метеоролошке услове са кишом је 5 dB – 20 dB.

**Стање проводника** - без обзира што су системи проводника на надземним водовима дизајнирани и конструисани да минимизирају корону, а самим тим и буку, површинске неправилности на проводницима проузроковане физичким оштећењима, попут храпавих ивица или остатака као што су инсекти, полен, индустријско загађење, капљице кише, старење проводника, хидрофилност, могу локално појачати јачину електричног поља и то до нивоа који би проузроковао пражњења.

**Оптерећење надземног вода** - може повећати ниво буке и при лепом времену. Уколико је надземни вод више оптерећен, више се загрева, а то узрокује загревање ваздуха у непосредној близини проводника, а тиме и смањење густине ваздуха.

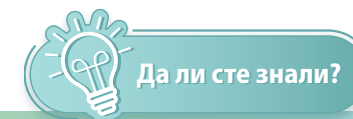
## Бука у електроенергетском постројењу

Извори буке у електроенергетском постројењу могу бити од енергетских трансформатора и то: магнетно језгро трансформатора, намотаји и системи принудног хлађења који могу да се изведу вентилаторима за хлађење ваздуха или методом водених пумпи за хлађење. Примарни извор буке трансформатора су периодичне механичке деформације трансформаторског језгра и намотаја, под утицајем флукутирајућег електромагнетног флукса.



Мерење буке у трансформаторској станици EMC АД

Бука од електроенергетских постројења генерално се не помиње експлицитно у документима, јер се сматра да је ова врста буке значајно мање изражена од претходно поменутог извора буке, али извесне препоручене граничне вредности за буку из околине могу се применити и на ову врсту буке.



Делфини могу да чују звук испод воде који је удаљен чак 20 km.

## Управљање утицајем буке и мере за смањење

Још у фази пројектовања електроенергетских објеката, пре свега надземних водова, води се рачуна о томе да се у току њихове експлоатације обезбеди што мањи утицај буке на становништво и животну средину. Због тога се посебна пажња посвећује избору трасе, како би се обезбедила довољна удаљеност од насеља, као и факторима који утичу на настајање и ширење буке: облику и геометрији стубова, броју проводника у снопу по фази, растојању између проводника у снопу по фази, пречнику проводника, мађуфазном растојању, као и висини вода, међусобној удаљености више водова, глаткоћи површине проводника и спојне опреме, све у складу са климатским условима подручја у ком ће се објекат користити. Један од основних захтева при пројектовању надземног вода је смањење негативних ефеката који настају као последица короне. 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.

С обзиром да на појаву короне највише утиче јачина електричног поља на самој површини проводника, уведен је појам напонског градијента на површини проводника  $E$ . На вредност ове величине утичу разни параметри и тешко ју је теоретски одредити у случају нехомогеног електричног поља у околини проводника.

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.

Генерална препорука при пројектовању надземних водова је да **вредност максималног напонског градијента на површини проводника не прелази 24 kV/cm.**

Секундарни и временски ограничен је утицај буке током фазе изградње ЕЕ објеката, али се и о томе води рачуна, кроз захтеве према извођачима радова у вези са опремом која мора да задовољи прописане параметре што се тиче нивоа буке приликом извођења радова.

Бука надземног вода је првенствено последица појаве короне проводника; што значи да се смањењем појаве короне (са смањењем напонског градијента на површини), умањује ниво буке.

Генерално је тешко смањити ниво буке надземног вода након изградње, осим евентуалним модификацијама проводника. Додавање додатних проводника или замена са проводником већег пречника након изградње често нису практичне технике због оптерећења конструкције. Исто тако, подизање проводника често није могуће извести. Евентуално, у одговарајућим ситуацијама се може размотрити примена мера утицаја на факторе повећање пречника проводника, промена облика упредених жила проводника и мере за повећање униформне и глатке површине проводника.



## МЕРЕЊЕ И КОНТРОЛА БУКЕ НА ЕЕ ОБЈЕКТИМА

Мерења буке на високонапонским надземним водовима током фазе експлоатације врши се под различитим метеоролошким условима (различити интензитети кише, суснежица, снег, магла). Мерења извршена при неповољним метеоролошким условима најчешће дају веће нивое буке од мерења при повољним условима.

Осим првих мерења која се врше након изградње ЕЕ објекта, врше се и периодичне контроле и мерења буке на три године у складу са законом. Бука услед короне у првим месецима након пуштања вода у погон већа је него након тог периода, у регуларном раду.

У случају ветра стандардно се користи заштита на микрофону којим се мери бука. Међутим, и са заштитом, ветар може стварати шум на ниским фреквенцијама. Генерално, уколико не постоји начин да се утврди утицај ветра, мерења се не препоручују ако брзина ветра прелази 5 m/s.

У табели 4 дате су вредности нивоа буке надземних водова према климатским условим, услед корона ефекта, на удаљености од 30 метара од конструкције. \*извор (<https://www.rte-france.com/wiki-energie/pourquoi-lignes-electriques-font-parfois-bruit>)



Мерење буке на једносистемском 400 kV надземном воду ЕМС АД

Табела 4: Вредност буке надземних водова услед корона ефекта, удаљеност 30 m

Временски услови	Надземни вод 220 kV	Надземни вод 400 kV
Бука од надземних водова по лепом времену	25 до 32 dB (A)	34 до 40 dB (A)
Бука од надземних водова у магловитом времену	35 до 42 dB (A)	44 до 50 dB (A)
Бука од надземних водова на киши	40 до 47 dB (A)	49 до 55 dB (A)

Бука ветра долази од резонантног механизма који генерише ветар у контакту са надземним водом. Појављује се само под одређеним и ретким условима. Када је ветар јак и постојан, може изазвати „звиждање“ крутих металних делова водова (проводника, изолатора, стубова). Ови звиждуци су мање или више високи у зависности од јачине и правилности ветра. Снажан, непрекидан ветар који дува на било коју круту металну конструкцију, као што је мост или скела, такође може произвести исти ефекат.



Мерење буке на надземном 400 kV воду ЕМС АД

Пошто је ветар сам по себи извор буке, звучни ефекти услед короне надземног вода могу бити маскирани буком ветра. На пример, умерено јак ветар брзине око 20 km/h у сеоском окружењу ствара ниво буке од око 55 dB(A).

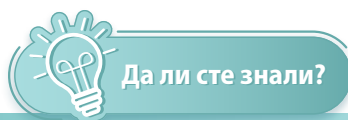
## Учинак ЕМС АД

Електромержа Србије препознаје да и уз примену свих превентивних мера, од пројектовања, преко изградње до експлоатације, као и уз редовно и систематско одржавање својих електроенергетских објеката, ипак неминовно врши, макар и минималан, утицај на биодиверзитет и еко-систем у целини, кроз утицаје електромагнетног поља, буке настале као последица коронарних пражњења, као и кроз заузеће шумских, пољопривредних и других површина.

Стручни тим ЕМС АД је у периоду 2021 – 2023, спровео израду Студије процене утицаја и мониторинга буке услед корона ефекта на надземним високонапонским водовима ЕМС АД, чије закључке и анализе примењује и у пракси. Циљ Студије био је да створи реалну слику о самом ефекту, са теоријске и практичне стране, као и његовој усклађености са нормативима и законском регулативом, затим - да пружи приказ утицаја различитих параметара надземног вода на ниво буке, као и предлог методологије процене нивоа буке надземних водова која се може користити приликом пројектовања, уз смернице даљих унапређења односа водова и околине по овом питању.

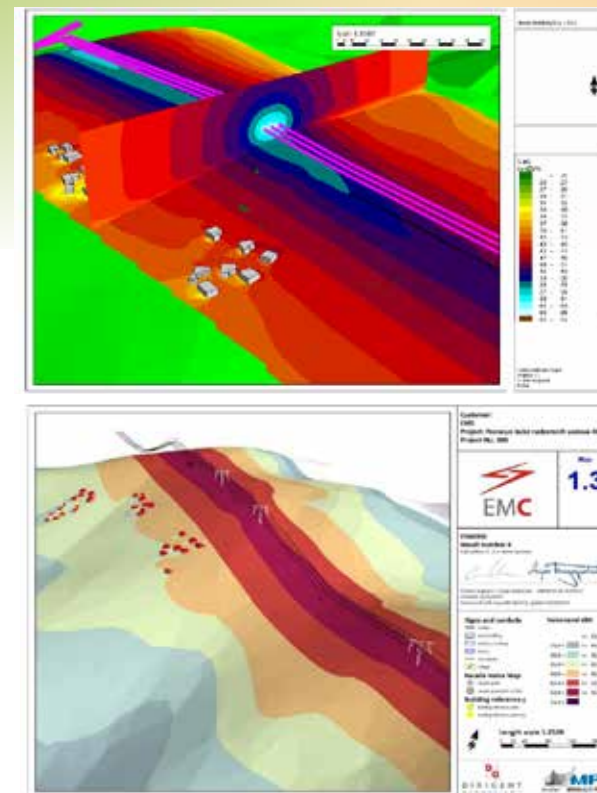
Постојећа законска регулатива не третира високонапонске надземне водове на посебан начин, па је приликом пројектовања (и мерења буке) високонапонских надземних водова потребно дати оцену у складу са постојећом регулативом, а која се односи на буку индустријских извора.

На основу резултата студије, закључено је да се строгим поштовањем процедура пројектовања (и мерења) бука надземних водова може проценити на адекватан начин, а у ситуацијама у којима ниво буке прелази граничне вредности за одређене зоне, могуће је и интервенисати да се ниво буке доведе у граничне вредности **већ током фазе пројектовања**.



Да ли сте знали?

Растресити материјали лоше преносе звук (вуна, перје, пластична пена...)



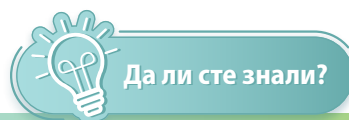
Карта буке добијена симулацијом у софтверском пакету SoundPlan за мерну локацију, извод из студије ЕМС АД

Генерално, различити параметри о којима треба водити рачуна при пројектовању надземног вода, имају велики утицај на животну средину. У табели 5 илустровано је, како при пројектовању вода, промена геометријских параметара вода, у циљу смањења утицаја на одређени параметар електричног порекла (на пример, ниво буке) могу дати супротне ефекте на друге различите утицаје на животну средину (на пример, електрично поље). Дакле, пројектант надземног вода у сваком конкретном случају, мора проценити важност утицаја сваког параметра на животну средину и одлучити које параметре је неопходно изменити.

**Табела 5: Утицај геометрије надземног вода на поље (електрично, магнетно), радио сметње и буку при пројектовању водова**

Параметар	Електрично поље (FF)	Магнетно поље (MF)	Радио сметње (R1)	Ниво буке (AN)
Повећање растојања између фаза	↑	↑	↘	↓
Повећање удаљености проводника од земље	↓	↓	↘	↘
Повећање броја проводника у снопу	↑	→	↓	↓ 2)
Повећање попречног пресека проводника	↗	→	↘	↘
Повећање међусобног растојања проводника у снопу	↗	→	↗	↗
Обрнути редослед фазних проводника вода да би се постигла ниска импеданса код двосистемских надземних водова	↓ 1)	↓ 1)	→	→

- ↑ повећање ефеката, јак утицај
  - ↗ повећање ефеката, слаб утицај
  - ↓ смањење ефекта, јак утицај
  - ↘ смањење ефекта, слаб утицај
  - нема суштинског утицаја
- 1) знатно смањен утицај изван права проласка
  - 2) важи за мањи број проводника



Да ли сте знали?

Најјачи звук у природи икада забележен био је ерупција вулкана Кракатау 1883. године. Звук вулкана одјекнуо је 7 пута светом пре него што је утихнуо, а могао се чути на удаљености од 6 500 km, док су људи који су живели на 160 km од места ерупције имали трајни губитак слуха.

## Извршена мерења буке

EMC АД, заједно са акредитованом и овлашћеном лабораторијом за мерење буке, врши сва мерења буке на својим електроенергетским објектима који су у експлоатацији у складу са прописима.

Анализирајући захтеве и препоруке из стандарда СРПС ИСО 1996-1:2019 Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 1: Основне величине и процедуре оцењивања и СРПС ИСО 1996-2:2019 Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 2: Одређивање нивоа звучног притиска, као и Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке („Сл. гласник РС“, број 139/22) утврђени су поступци при самом мерењу буке на локацији.

Карактеристике буке надземног вода описане су фреквенцијским спектром буке на дефинисаним локацијама и променом нивоа буке у зависности од времена и метеоролошких услова на тим локацијама.

Приликом мерења нивоа буке на појединим мерним местима елиминисан је утицај локалног саобраћаја, мерењем у интервалима када није било саобраћаја. Граничне вредности се односе на укупну буку која потиче од свих извора буке на посматраној локацији.

EMC АД систематски врши мерења нивоа буке у животној средини на свим електроенергетским (ЕЕ) објектима (надземним водовима и трансформаторским станицама) који су у експлоатацији почев од 2014. године и то на локацијама у близини насељених места (табела 6).

На тај начин се прати утицај буке са надземних водова, као и трансформаторских станица и постројења на животну средину.

**Табела 6 - Број ЕЕ објеката на којима је извршено мерење буке у периоду 2014 - 2025**

Година	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Број ЕЕ објеката	2	40	25	18	13	17	11	12	43	71	34	62
Број мерних тачака	20	400	250	180	130	170	110	170	430	710	340	620

**Резултати мерења на преко 340 електроенергетских објеката у преко 3400 мерних тачака показују да измерене вредности нису прелазиле законом прописане граничне вредности индикатора буке у дефинисаним зонама мерења за дан, вече и ноћ.**

У току израде саме Студије процене утицаја и мониторинга буке услед корона ефекта на надземним високонапонским водовима су посебно и додатно вршена мерења, мониторинг мерним и метеоролошким станицама, анализе, симулације и прорачуни на осам локација у одабраним тачкама већ изграђених надземних водова 400 kV напонског нивоа.



*Мерење буке у близини два паралелна надземна једносистемска вода 400 kV EMC АД са метеоролошком станицом*



*Мерење буке у близини једносистемског надземног вода 400 kV EMC АД*

На делу трасе новоизграђеног надземног вода ДВ 461 ТС Лесковац 2 – ТС Врање 4 (2011 - 2014), након пуштања у рад, приликом првих мерења утврђена су повећања нивоа буке на једном делу трасе вода која су елиминисана мером замене и уградњом другог новог проводника бољих карактеристика у односу на параметар буке.

На великом инвестиционом пројекту изградње Трансбалканског коридора (пројекат је укључен и у Паневропски план развоја преносних система ENTSOE), на секцији 3, 400 kV надземног вода од Бајине Баште до Обреновца, EMC АД је у фази пројектовања први пут применио меру за смањење буке која подразумева уградњу три проводника по фази у односу на стандардно коришћена два проводника по фази за 400 kV надземне водове у Републици Србији, и то на оним деловима трасе где су прорачуни указали на могућност повећаног нивоа буке. Надземни вод се тренутно гради, прва мерења ће се вршити по изградњи, чиме прорачуни дати пројектом треба и да се потврде.

## Закључна разматрања

Одрживи развој подразумева креирање модела који на квалитетан и уравнотежен начин задовољава друштвено-економске потребе и интересе грађана, а истовремено елиминише или значајно умањује утицаје који могу угрозити животну средину и природне ресурсе.

Развијање техничких знања, као и размена стручних информација и искустава у области преноса електричне енергије на глобалном нивоу, усмерени су ка томе да се пројектовање, изградња и експлоатација свих елемената електроенергетског система у будућности спроводе у складу са принципима одрживог развоја и заштите животне средине.

На буку коју производе надземни водови услед короне утичу бројни параметри, пре свега конфигурација вода и метеоролошки услови. Истраживања у овој области обухватају теоријска разматрања, обимна мерења у лабораторијским условима и на терену, прорачунске методе, математичко моделовање и симулације, као и психоакустичке тестове ради испитивања утицаја ове специфичне буке на човека. Управо због великог броја релевантних параметара, али и извесних контрадикторних података у литератури, може се закључити да је проблем сложен и вишеслојан.

ЕМС АД, као друштвено одговорна компанија, у складу са законским прописима и позитивном праксом, посвећено ради на превенцији и минимизацији ових утицаја. Све мере и активности у области заштите животне средине предмет су континуираног рада стручних служби ЕМС АД. Одговорност према заједници представља један од стратешких циљева утврђених дугорочним и средњорочним плановима развоја преносног система, али и трајно опредељење и вредност којом се ЕМС АД руководи у свом пословању.

## Референце

- *Студије процене утицаја и мониторинга буке услед корона ефекта на надземним високонапонским водовима 2023 – ЕМС АД, Институт Михајло Пупин д.о.о. Београд, Dirigent Acoustics LLC*
- <https://www.rte-france.com/wiki-energie/pourquoi-lignes-electriques-font-par-fois-bruit>
- <https://www.ree.es/en/sustainability/integration-territory/noise-reduction>
- <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise>
- [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compedium-on-health-and-environment/who\\_compedium\\_noise\\_01042022.pdf?sfvrsn=bc371498\\_3Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment, 2024 update](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compedium-on-health-and-environment/who_compedium_noise_01042022.pdf?sfvrsn=bc371498_3Compendium%20of%20WHO%20and%20other%20UN%20guidance%20on%20health%20and%20environment,%202024%20update)
- [https://environment.ec.europa.eu/topics/noise/environmental-noise-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/noise/environmental-noise-directive_en)



