

DOI: [10.46793/CIGRE37.C3.04](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C3.04)**C3.04****УТИЦАЈ ВЕТРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ****THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE WINDFARMS****Miloš Marinković, Aleksandar Pejović***

Кратак садржај: Предложени рад за циљ има да укаже на најважније утицаје ветроелектрана на животну средину, претежно са акцентом на негативне утицаје. Утицај на животну средину разматра се кроз све три експлоатационе фазе у животном веку ветроелектрана, тј. кроз развој и израду пројекта, изградњу и експлоатацију. Анализирани су најважнији аспекти који се обрађују при изради студија процене утицаја ветроелектрана на животну средину, а то су утицај на фауну птица и слепих мишева, као и осталу флору и фауну, утицај буке и вибрација, треперење сенке („фликер“), проблем разлетања елемената и одбацивање леда, утицај на ризик од пожара, естетски утицај на пејзаж, као и утицај на радарске системе. За наведене аспекте обрађене су методе истраживања, процене утицаја и осматрања, као и мере за ублажавање утицаја које се примењују у фази пројектовања и изградње.

Кључне речи: Животна средина, ветроелектрана, птица, слепи миш, експлоатација

Abstract: The proposed paper aims to point out the most important impacts of wind farms on the environment, predominantly with an emphasis on negative impacts. The environmental impact is considered through all three phases of exploitation in the lifecycle of the wind farm, i.e. through project development and designing, construction and exploitation. The most important aspects that are taken into consideration in the preparation of environmental impact assessment studies of wind farms are analysed, namely the impact on the fauna of birds and bats, as well as other flora and fauna, the impact of noise and vibrations, flickering of the shadow ("flicker"), the problem of flying elements and ice rejection, the impact on fire risk, the aesthetic impact on the landscape, as well as the impact on radar systems. For these aspects, the methods of research, impact assessment and observation, as well as mitigation measures applied in the design and construction phase, are discussed.

Key words: Environmental impact, wind farm, bird, bat, exploitation

* Miloš Marinković, GMS Consult, mmarinkovic@gms-consult.com
Aleksandar Pejović, GMS consult, apejovic@gms-consult.com

1 УВОД

Са развојем електроенергетских система и све већим уделом обновљивих извора енергије у светској производњи електричне енергије, развојем и бољом доступношћу ове врсте технологија, све је више нових пројеката великих ветроелектрана. Поред многих бенефита које доноси интеграција ветроелектрана у електроенергетске системе и који се из многих оправданих разлога и наглашавају, често се по страни остављају и свесно занемарују негативни утицаји на животну средину који овај тип електрана носи са собом. Овај рад има за циљ основно информисање, освешћивање и боље упознавање са неким од основних негативних утицаја на животну средину који се јављају кроз све експлоатационе фазе животног века ветроелектрана.

1.1 Главни бенефити коришћења ветроелектрана

Ветроелектране се сматрају за произвођаче електричне енергије који имају најмањи негативни утицај на животну средину. Најзначајнији корисни ефекти које са собом доноси прелазак на овај вид електричне енергије су:

- ☐ смањење емисије CO₂
- ☐ уштеда огромних количина воде
- ☐ смањење емисије гасова који стварају смог и изазивају асматска обољења
- ☐ површинска ефикасност

При производњи енергије уз помоћу ветротурбина, емисија угљен – диоксида не постоји. У 2019. години, енергија произведена од стране ветроелектрана допринела је смањењу загађења угљен – диоксидом еквивалентно количински са емисијом коју би створила 42 милиона аутомобила. Типична ветроелектрана анулира емисију CO₂ насталу при изградњи од стране теске механизације и у процесу производње елемената за шест или мање месеци, обезбеђујући тако деценије „чисте“ производње енергије. Ветроелектране доприносе и значајном смањењу сумпор – диоксида (SO₂) и натријум – оксида (NO_x), умањујући тако улагања у јавно здравље само у 2018. години за 9,4 милијарде долара на глобално нивоу. Коришћење енергије ветра стеди милијарде литара воде годишње, воде која би иначе у термо и нуклеарним електранама била коришћена за хлађење опреме која производи електричну енергију, штедећи тако само у 2019. години воду у количини од преко 300 милијарди литара. Након инсталације ветроелектране, 98% земље остане незаузето, остављајући је тако на располагању за употребу у пољопривредне или неке друге сврхе.

1.2 Главне теме при разматрању утицаја на животну средину

Животни век ветропаркова има 3 фазе:

- ☐ развоја и израде пројекта (која нема значајни утицај на животну средину)
- ☐ изградња
- ☐ експлоатација

Последње две су значајне по питању утицаја на животну средину и зато се за њих израђују детаљне студије којима се процењује утицај на оне аспекте животне средине који су изградњом ветропарка у њиховој близини најпогођенији. То су:

- ☐ утицај на фауну птица и слепих мишева, као и другу флору и фауну

- ☐ бука и вибрације
- ☐ треперење сенке („фликер“)
- ☐ проблем разлетања елемената и одбацивања леда
- ☐ утицај на ризик од пожара
- ☐ естетски утицај на пејзаж
- ☐ утицај на радарске системе.

2 УТИЦАЈ НА ФЛОРУ И ФАУНУ

2.1 Утицај на фауну птица

Најважнији документ за сагледавање утицаја на животну средину, па самим тим и на фауну птица, чија израда је обавезна за сваки ветропарк инсталисане снаге преко 50 MW што је прописано Правилником о техничко – технолошким решењима која омогућавају неометану и сигурну комуникацију дивљих животиња, је „Студија о процени утицаја на животну средину“ („Environmental impact assesement“ (даље EIA)). При изради ове студије, а по питању утицаја на птице, најчешће се реферише на методе и испитивање описано у студијама Завода за заштиту природе Шкотске („Scottish national heritage“ (даље SNH)). На основу података прикупљених од стране „American Wind Wildlife Institute“ (даље AWWI) (њихови подаци и испитивања се односе на Америку која је након Кине највећи светски произвођач струје из енергије ветра са инсталисаних преко 100 GW), годишње страда од 3 до 6 јединки птица по MW, где су најугроженије мале врсте птица певачица које представљају око 60% смртних случајева у Америци. Такође AWWI је утврдио да авио светла не повећавају стопу смртности ни слепих мишева ни птица, као и да привремено гашење турбина са високом стопом смртности значајно смањује смртност птица грабљивица.



Слика 2.1: Грасхоперов врабац, врста мале птице потенцијално јако угрожене ветротурбинама

На основу студија израђених од стране SNH, разликују се три основне врсте утицаја на фауну птица при комплетном животном веку ветропаркова:

1. Директно губљење станишта – уништавање природних станишта неких врста ради изградње ветропарка на тој локацији, на пример сеча шума, исушивање мочвара и сл. може довести до губитка ловишта и гнездилишта
2. Диспозиција птица („Индиректно губљење станишта“) – дешава се да се птице иселе из својих станишта која се налазе у непосредној близини ветропаркова ако буду узнемирене нпр. фазом изградње, повишеном буком, вибрацијама и присуством људи
3. Усмрђивање – изазвано директним сударом са лопатицама турбине или стубом или опремом и механизацијом у фази изградње

Прописи налажу да се популација птица, њихово понашање, интензитет прелета, количина присутног плена за веће врсте и сл., на циљаном подручју прати пре и током изградње, као и за време експлоатације ветропарка. SNH препоручује да се за ове послове унајмљују лиценцирани и искусни осматрачи како би резултати били што веродостојнији. Студијама и мониторингом је утврђено да ризик по птице варира са величином ветропарка, те ће са повећањем броја турбина ризик за птице такође бити већи. Природа и рељеф локације, као и угроженост врста чија је присутност на посматраној локацији одређена у фази припреме за осматрање одређују дужину периода праћења и осматрања. У фази припреме за осматрање, на основу већ постојећих литература, утврђује се и скупљају подаци о врстама птица присутним на локацији, врсти станишта, а самим тим и могућим заједницама птица заступљених у циљаном подручју и одређеним специфичним местима у близини разматране локације пројекта (на пример близина Делиблатске пешчаре ветропарку Чибук 1)



Слика 2.2: Степски соко, веома угрожена врста, присутна у близини локација ветропаркова у Србији

Недостатак података сакупљених у овој фази не значи да за фауну не постоји ризик, те се у таквим ситуацијама прибегава методу „обиласка“ локације, где стучњаци пешке обилазе локацију, осматрајући врсту станишта и птица, као и интензитет њиховог прелета. Учесталост ових обилазака локације такође зависи од локације и угрожености врста чија је присутност на локацији предвиђена, а такође је детаљно описана у студијама SNH-а. У фази пре изградње предвиђене су две методе осматрања, анкетаирање о распрострањености и изобиљу примерака птицаи надгледање са фиксне тачке.

Алтернативне методе осматрања предвиђене су за врсте специфичне по начину живота, добу дана у којем су најактивније и слично. Такве су на пример методе ноћног осматрања помоћу „night – vision“ и „infrared“ инструмената и тако даље. Технике код прве методе варираће у зависности од посматране врсте, станишта и доба године.

Надгледање са фиксне тачке дизајнирано је и предвиђено за утврђивање интензитета и распрострањености прелета преко зоне осматрања. Примарна сврха му је да обезбеди улазне податке за софтверске моделе који предвиђају стопу смртности при судару са турбинама за време експлоатације. Податци такође могу да допринесу стварању слике о томе колико птице користе посматрану локацију, што може значити при оцењивању потенцијалног узнемиравања птичијих врста и њиховог расељавања. Тамо где се зна да је планирана нова далеководна/дистрибутивна траса, ова метода би требало да буде примењена да се и за ту локацију процени ризик по птице. Период године у којем ће се обављати ова осматрања зависи од врсте птица заступљених на локацији, а SNH предлаже да осматрања трају минимум две године, да би се покрили сви периоди активности птица као и да би се добили поузданији подаци. Неке од мера за ублажавање утицаја на фауну птица које се примењују у фази пројектовања могу бити:

1. Одбацивање одређених локација за турбине због близине еколошки битним локацијама или близини далеководних стубова који су често места за гнездилиште птица
2. Пројектовање основе стуба тако да буду обезбеђене и изграђене на такав начин да је онемогућено да се испод њих укопавају сисари, чије присуство би привукло птице грабљивице ближе турбинама и тиме их угрозило
3. Бојење лопатица турбина неизменичним пољима црвене и беле боје, где ће укупан број црвених поља бити два, а висина означеног дела износиће 1/7 укупне дужине лопатице
4. Како би се спречило угожавање, задржавање и гнежђење строго заштићених врста птица унутар објекта трафостанице, објекат ће бити тако изграђен да се трајно затворе све рупе, полице, испусти и пролази чврстом водоотпорном материјом.

Неке од мера за ублажавање утицаја на фауну птица које се примењују у фази изградње могу бити:

1. Уклањање вегетације са локације биће вршено ван сезоне гнежђења како би се избегло уништавање јаја и легала, и по могућству пре уклањања биће организован преглед терена у циљу локације гнезда птица које се гнезде на земљи
2. Прегледање далеководних стубова на присуство гнезда и одређивање заштитне зоне у кругу од 550 метара од стуба у случају проналаска гнезда на истом
3. Ограничење земљаних радова на што је мање могућу површину
4. Кретање радника и механизације само унутар назначених коридора
5. Избегавање позиционирања главног складишта у шумским и другим осетљивим стаништима
6. По завршетку радова биће урађена рехабилитација деградираних станишта у најкраћем року, ставаће се нова станишта и унапредити постојећа сађењем аутохтоних врста
7. Прављење вештачких гнезда за најугроженније врсте и њихово постављање на далеководне стубове на безбеднијим локацијама даљим од ветропаркова

Након почетка рада ветропарка биће настављен мониторинг птица са основним циљем праћења ефикасности мера заштите.

Мониторинг ће омогућити процену утицаја рада пројекта на локалну фауну птица као и сагледавање трендова, што би могло резултовати евентуалним модификацијама или применом додатних мера заштите. Мониторингом у фази експлоатације биће обухваћене све циљане врсте за посматрану локацију. Континуално праћење креће одмах након изградње и траје прописом одређен број година, а обухвата праћење свих сезона у којим су посматране врсте присутне. Носилац пројекта ће спровести истраживање присуства и расположивости плена на локацији. Након почетка рада ветропарка потребно је пратити смртност птица која је последица директног судара са лопатицама турбина. Овакав мониторинг обухвата претрагу локације за остацима угинулих јединки и анализу података о морталитету (број, врста, узрок смртности), што у екстремним случајевима може довести и до привремених гашења појединих турбина. Носилац пројекта у обавези је да стално извештава надлежни државни орган о резултатима спроведених мониторинга. Надлежни органи имају разне методе провере мониторинга и веродостојности извештаја о истом. На пример, једна од коришћених метода је „подметање“ леша већ угинуле јединке у циљу провере искрености носиоца пројекта при извештавању о смртним случајевима

2.2 Утицај на фауну слепих мишева

Најважнији документ за сагледавање утицаја на фауну слепих мишева, исто као и у случају фауне птица, чија израда је обавезна за сваки ветропарк инсталисане снаге преко 50 MW што је прописано Правилником о техничко – технолошким решењима која омогућавају неометану и сигурну комуникацију дивљих животиња, је „Студија о процени утицаја на животну средину“ (EIA). Израда овог документа неопходна је из више кључних разлога. Органи власти и државна тела у могућности да ограниче или забране радове неких турбина ако се процени да су опасне по животну средину, такође и велике међународне банке пре издавања огромних милионских кредита за финансирање пројекта захтевају израду оваквих студија. Документ који представља једну од најзначајнијих смерница при изради плана процене утицаја и мониторинга је „Rodrigues, Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS“.

На основу података прикупљених од стане AWWI-а, на територији Америке 3 врсте слепих мишева чине 80% од укупних смртних случајева. Ризик по слепог мишева, за разлику од случаја птица, варира у зависности од регије и рељефа, услед специфичности њихових коридора миграције и ловишта, као и од временског периода године и доба дана, о чему ће додатно бити речи у даљем тексту. Испитивањима је утврђено да пораст висине стуба турбине директно утиче на пораст ризика и стопу смртности код слепих мишева. У овом случају посебно су погођене врсте за које је карактеристичан лет на већим висинама. Миграторне врсте могу бити погођене такозваним ефектом „баријере“ о чему ће у даљем тексту такође бити речи.

AWWI студије су утврдиле да „curtailment“ односно смањење броја обртаја турбине при малим брзинама ветра, јако значајно смањује стопу смртности, као и да на територији Америке, баротраума није значајна за смртност мишева већ су углавном у питању директни судари.



Слика 2.3: *Pipistrellus pipistrellus*, пронађен са сломљеном лобањом испод турбине у Немачкој

Основни утицаји на слепе мишеве могу бити:

1. Усмрђивање – изазвано директним сударом или баротраумом (појавом оштећења дисајних органа изазваним разликом у ваздушном притиску у непосредној близини лопатица турбине у погону)
2. Губитак станишта
3. Ефекат „баријере“ – пресецање миграторних коридора изградњом турбина или присутношћу механизације
4. Губитак летних коридора усред уклањања вегетације



Слика 2.4: *Miniopterus schreibersii*, пресечен на пола од стране лопатице турбине

Пре уласка у фазу осматрања, потребно је поручавањем литературе одредити које су врсте заступљене на локацији и одредити које од њих имају потенцијала да буду најугроженије, као и испитати каква је природа рељефа на посматраној локацији. Након тога врши се иницијално осматрање терена шетњом по локацији како би се прелиминарно одредили потенцијални коридори распоростирања, уочила изолована дрвна вегетација која би могла бити потенцијално станиште неких врста, као и испитала присутност водених површина које доприносе скупљању слепих мишева. Студијама је одређено најмање растојање од ивице шуме на којем је дозвољено постављање турбина тако да оне не угрожавају шумске врсте слепи мишева и оно износи 200 метара.



Слика 2.5: Ветропарк у француској регији Аверон

Почетком 21. века, док се утицај на слепе мишеве још увек није пратио и схватао озбиљно и док није прављена ЕИА за тадашње ветропаркове, често се није поштовала, тада још увек непостојећа, сугестија од 200 метара растојања од обронка шуме, те су се ветропаркови често правили на брдским и планинским превојима ради што бољег искоришћења потенцијала ветра, што је имало великог утицаја на поједене заједнице слепих мишева на тим локацијама.



Слика 2.6: Ветропарк на планини Црна Шума у Немачкој

Дизајн и методе осматрања зависиће од циљане локације као и резултата студија пре фазе осматрања. Јако је значајно, ради формирања прецизне и комплетне процене утицаја, да се осматрањем обухвати цео годишњи циклус активности слепих мишева, а то су код већине врста активан период (април – октобар) и период мање активности или хибернације (новембар – март).

Подела ова два периода је оквирна и може бити променљива због разлике температура између година у одређеним периодима, као и количине падавина и климе локације (на пример у Грчкој и Црној Гори се може десити да нема хибернације). Такође постоје неке врсте мишева значајно отпорнијих на хладноћу од других, те је њихова активност у зимским месецима далеко већа. Осматрања би требало да прикупе информације о свим важнијим радњама у животима мишева као што су исхрана, ноћење и миграције. Такође, уз помоћ информација доступних за локалну заједницу животиња, треба темпирати осматрања у периоду парења. Најзначајније методе осматрања слепих мишева укључују између осталог и коришћење ручних и аутоматских детектора слепих мишева, машина направљених да детектују ултра – соничне таласа који мишеви користе при ехолокацији.



Слика 2.7: Ручни детектор слепих мишева

Када је предвиђено да се турбине постављају у близини шума, због повећаног ризика потребно је извршити потрагу за гнездима, испитивање активности изнад крошњи, као и хватање специјалним мрежама ради утврђивања присутних врста и означавања уређајима за праћење помоћу којих се јединке могу пратити до легала.



Слика 2.8: Јединка ухваћена у мрежу ради означавања и праћења

Услед повећања висине стубова и пречника лопатица турбина, потребно је мерења прилагодити реалним висинама на којима ће претити опасност по јединке. То се постиже монтажом аутоматских детектора на хелијумске балоне и њихово пуштање у атмосферу на одређену висину.

Међутим, веродостојност оваквих испитивања и даље је упитна јер није и даље утврђено и врло је могуће да се слепи мишеви на истим висинама значајно другачије понашају када су присудне грађевине у односу на то када нису.



Слика 2.9: Хелијумски балон са аутоматским детектором за испитивање активности на реалним висинама

EUROBATS предлаже да се се осматрања у циљу регистровања зона интензивне активности врже у полупречнику од 1 киломатар од сваког места предвиђеног за турбину. У случају легала и места за хибернацију предлог је да то буде 2 километра, док за већ позната и значајнија легла треба претражити област од 5 километара.

Опасности које ветропаркови уносе по слепе мишеве су:

1. Стварање турбуленције
2. Немогућност препознавања опасности (узрокована разликом у фреквенцијама између ехолокације и обртања лопатица)
3. Повећање концентрације инсеката (услед велике количине уља и расветних светала у и на гондоли)

Неке од мера за ублажавање утицаја на фауну слепих мишева које се примењују у фази пројектовања могу бити:

1. Планирати ветропаркове и позиције турбина даље од уских рута миграције и регија где се слепи мишеви хране и размножавају (таква места су шуме, житна поља, као и водене површине)
2. Одустајање од појединих позиција турбина ако се установи мониториногм да су у близини важнијих летних коридора
3. Сађење вегетације на местима где нису планирани ветрогенератори како би се слепим мишевима успоставили алтернативни летни коридори на безбедним растојањима од турбина

Неке од мера за ублажавање утицаја на фауну слепих мишева које се примењују у фази изградње могу бити:

1. Планирање извршења радних активности у току дана у време када слепи мишеви нису активни (што захтева познавање присутних врста и њихових навика)

2. Избегавање уклањања жбунасте и дрвне вегетације, нарочито поред путева, која је потенцијално станиште неких врста осим у случајевима када то доприноси смањењу ризика од директног судара
3. Ограничење коришћења расвете где и када год је то могуће и њено усмеравање ка вегетацији, а нарочито у близини радова (расвета повећава присуство инсеката који су извор хране слепим мишевима, те их то може довести у опасност)

Неке од мера за ублажавање утицаја на фауну птица које се примењују у фази рада пројекта могу бити:

1. Смањивање концентрације инсеката у близини турбине, нарочито коришћењем расвете која их не привлачи
2. Коришћење ултрасоничних трансмитера који користе сличне фреквенције као мишеви при ехолокацији што им помаже да лакше детектују опасност која прети од ротирајућих лопатица
3. Уградња „bat corder“ уређаја (микрофона за снимање звука који испуштају при ехолокацији) у гондоле турбина ради праћења активности у висини гондоле



Слика 2.10: Стрелицом на слици означен је „bat corder“

Као и у случају фауне птица, након почетка рада ветропарка биће настављен мониторинг фауне слепих мишева са основним циљем праћења ефикасности мера заштите. Мониторинг ће омогућити сагледавање утицаја рада пројекта на локалну фауну слепих мишева као и сагледавање трендова, што би могло резултовати евентуалним модификацијама или применом додатних мера заштите. Континуално праћење креће одмах након изградње и траје прописом одређен број година, а обухвата праћење свих сезона у којим су посматране врсте присутне. Након почетка рада ветропарка потребно је пратити смртност слепих мишева која је последица директног судара са лопатицама турбина.

Овакав мониторинг обухвата претрагу локације за остацима угинулих јединки и анализу података о морталитету (број, врста, узрок смртности), што у екстремним случајевима може довести и до привремених гашења појединих турбина. Носилац пројекта у обавези је да стално извештава надлежни државни орган о резултатима спроведених мониторинга.

3 ЕМИСИЈА БУКЕ И ВИБРАЦИЈА

Утицај емисије буке и вибрација при фазама изградње и рада ветропаркова испитује се како на животињску фауну тако и на људе и људска насеља. У фази изградње тешка механизација и транспорт возила представљају главне изворе буке током извођења радова. Такође повремено би се могле јавити и вибрације. Током фазе изградње ветропарка може се очекивати повишен ниво буке услед рада грађевинске опреме и тешке механизације, где ће интензитет и просторна дисперзија бити ограничени на предметну локацију и ограниченог временског трајања. У фази рада ветропарка до емисије буке долази из два извора, аеродинамичног (услед кретања лопатица турбине кроз ваздух) и механичког (услед рада елемената у гондоли и стубу – трансформатора, генератора, мултипликатора) .

Ниво буке зависиће и од брзине ветра, који је и иначе сам по себи одговоран за одређени ниво буке у ветровитим подручјима где се ветропаркови граде. Код савремених ветрогенератора, употребом такозваног „optispeed“ генератора, постигута је константност угаоне брзине ветротурбине (типично 15 об/мин) у широком опсегу брзина ветра, па је једна од последица значајно смањење буке и вибрација. Јачина звука коју при брзини од 10 m/s емитује ветрогенератор (у зависности од произвођача) је између 105-106 dBA. Поред димензија ветрогенератора, посебно важан аспект сагледавања интензитета буке је просторни аспект, јер се бука коју производе ветротурбине смањује са повећањем удаљености од истих.



Слика 3.1: Кран, тешка механизација присутна у фази изградње ветропарка

За потребе процене утицаја на повећање нивоа буке у животној средини врше се наменска истраживања која укључују следеће основне активности:

1. Мерење постојећег нивоа буке на подручју предметног пројекта
2. Израда детаљног модела распрострања буке у животној средини који је обухватио локацију пројекта и њену околину
3. Предвиђање нивоа буке у зони осетљивих рецептора у фази будућег рада ветропарка при различитим брзинама ветра
4. Поређење процењених нивоа буке у животној средини у односу на граничне вредности
5. Процена интензитета и значајности утицаја планираног ветропоља на ниво буке у животној средини

Смернице о прихватљивим нивоима буке услед грађевинских активности наведене су у британском стандарду BS5228:2009. У делу 1 овог стандарда наведено је да за дугорочне и обимне активности које укључују земљане радове, ниво буке услед дневних грађевинских активности се не сматра значајним ако је нижи од 55dB. Током изградње ветропарка могу се очекивати вибрације из различитих извора (углавном услед рада тешке грађевинске маханизације и појединих грађевинских операција). На основу опште прихваћеног британског грађевинског стандарда BS5228-2, у табели 3.2 приказани су нивои вибрација који се могу очекивати приликом извођења грађевинских операција.

Табела 3.1: Пример очекиваних нивоа вибрација кроз тло услед грађевинских операција које изазивају вибрације

Операција	Ниво сигурности	Удаљеност (m)	Брзина вибрација у тачки PPV (mm/s)
Вибро ваљци – стартовање и крај рада	95	60	0.3
	95	23	1.0
Вибро ваљци – стабилан режим рада ¹	95	3.3	10
Побијање шипова	95	215	0.3
	95	85	1.0
	95	15	10
Ротационо бушење шипова –бушење спиралом	N/A	20	≤0.3
	N/A	6	≤1.0
	N/A	0.6	≤10
Ротационо бушење шипова – спирално ударно	N/A	45	≤0.3
	N/A	14	≤1.0
	N/A	1.4	≤10
Ротационо бушење шипова – форсирањем колоне	N/A	75	≤0.3
	N/A	23	≤1.0
	N/A	2.3	≤10
Тешки транспортни камиони ²	N/A	50	0.3 ³
	N/A	17	1.0 ³
	N/A	2.5	10 ³

Наведени подаци су општег карактера и користе се за прорачун утицаја вибрација на животну средину тако што се наведене вредности на датој удаљености пореде са удаљеношћу рецептора на терену. Током редовног рада ветрогенератори не представљају извор вибрација (услед фундираности објеката) па се наведени утицај не може очекивати. Неке од мера ублажавања нивоа бука у фази изградње могу бити:

1. Одређивање приступних путева за тешку механизацију тако да се избегну зоне осетљивих рецептора када је то могуће
2. Упознавање радника са захтевом да нивои буке и сметњи буду смањени на најмању меру

3. Извршавање радова који директно утичу на емисију буке у животну средину искључиво у току дана
4. Коришћење редовно одржаване опреме и механизације како би се избегло додатно генерисање буке услед неисправности опреме

4 ЕФЕКАТ ТРЕПЕРЕЊА СЕНКЕ

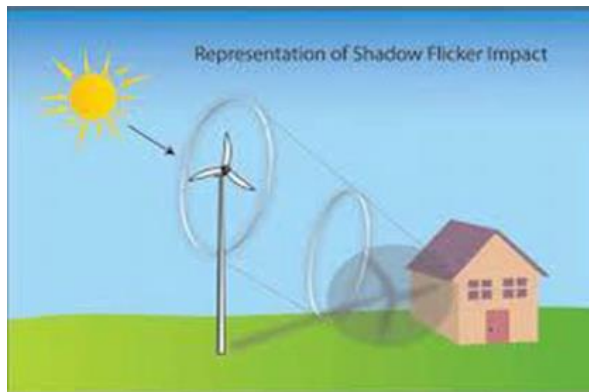
“Flicker” ефекат или ефекат треперења сенке, настаје када се сунце нађе иза ветротурбина пројектујући на другој страни сенку елиса која трепери услед ротације. Треперење сенке може узроковати сметњу и непријатност становницима стамбених објеката лоцираних у близини чији су прозори оријентисани у правцу турбина. Поред овог, у посебним случајевима може се јавити и одсјај сунца од торња и лопатица. Овај ефекат је привременог карактера и уобичајено је да нестане након првих неколико месеци експлоатације пошто се лопатице испрљају (матирају).



Слика 4.1: Сенка коју ствара ветротурбина по сунчаном дану

Два значајна документа која служе као смернице у овој области услед недостатка прописа који специфично третирају овај утицај су „Смернице у области заштите животне средине и услова здравља и безбедности на раду за пројекте енергије ветра (IFC, 2007)“ и „Упутство за процену утицаја ветроелектрана на животну средину (УНДП Србија, 2010)“. Препорука је да трајање ефекта треперења сенке на пословним и стамбеним објектима у кругу од 500 метара не буде дуже од 30 часова годишње или 30 минута дневно. Такође у овим документима се наводи да је на растојању већем од 10 пречника ротора могућност треперења сенке веома мала, али да је потребено направити додатан прорачун тамо где је проблем установљен. Ради ублажавања овог ефекта у фази пројектовања предвиђено је да завршни премаз ветрогенератора буде у мат боји чиме се избегава стварање одсјаја на металној површини и тиме изазивање сметњи што представља савремени стандард у производњи ветрогенератора. Свакако, главна мера у фази планирања пројекта је планирање позиција генератора на одговарајућим растојањима од осетљивих рецептора чиме би се у корену избегло стварање било каквих проблема. Анализе по питању овог проблема раде се у специјализованим софтверским алатима развијеним специјално у те сврхе (нпр. WindPro).

У случају да након отпочињања рада ветропарка буду регистроване жалбе становника на сметње услед треперења сенки, носилац пројекта ће, уз сарадњу и договор са оштећеном страном, имплементирати заштитне мере које могу укључити засађивање зеленила са функцијом баријере или инсталацију завеса, ролетни или других застора на угрожене објекте.



Слика 4.2: Сливовито појашњење ефекта трперења сенке

5 ПРОБЛЕМ РАЗЛЕТАЊА ЕЛЕМЕНАТА И ОДБАЦИВАЊА ЛЕДА

Потенцијалне удесне ситуације у фази експлоатације ветропаркова су стварање леда на лопатицама и пад ветротурбине или ломљење лопатице. Ризик од стварања леда на лопатицама у великој мери зависи од локације ветропарка и климатолошких карактеристика тог подневља.



Слика 5.1: Знаци опасности у близини ветротурбина у регијама у којима се може задржавати лед на лопатицама

Савремени стандарди производње ветрогенератора подразумевају да турбине буду опремљене антивибрационим сензорима за детекцију сваке неравнотеже настале залеђивањем елисе. Ови сензори обезбеђују да ветрогенератор не почне са радом пре него што је лед уклоњен са елисе.



Слика 5.2: Сензори за детекцију леда држе турбину у стању мировања

Ветрогенератори могу бити изложени екстремним временским или сеизмичким условима што може довести до кривљења елемената, ударања лопатице у стуб и њеног лома или пада стуба ветрогенератора. Смањење ризика од појаве овог типа удеса врши се у фази пројектовања ветрогенератора када се технички параметри лопатица дефинишу узимајући у обзир климатске карактеристике и брзину ветра на подручју планираног ветропарка, геотехничке и сеизмичке услове. Несреће када долази до фаталног уништења ветротурбина најчешће се дешавају када откаже систем кочница задужен за заустављање ротације лопатица при екстремним ударима ветра које прелазе вредност „cut – out“ брзине. Мере превенције инцидентних ситуација пре почетка рада ветропарка подразумевају израду Плана поступања у удесним ситуацијама који треба да садржи:

1. Шему одговора на удес,
2. Програм обуке и тренинга,
3. Програм контроле
4. Остала упутства и обавештења.

Овим Планом ће бити утврђено које активности се предузимају у случајевима удеса, које екстерне институције се обавештавају и како се санирају последице. Неке од мера превенције инцидентних ситуација у фази експлоатације ветропарка су:

1. Редовно спровођење адекватне обуке запослених која ће укључити и препознавање поремећаја у раду ветротурбине (неуобичајени звуци из стуба, гондоле или лопатица) и начине поступања у тим случајевима
2. У периодима јаких налета ветра (брзина ветра већа од 25 m/s) ветротурбине ће се аутоматски заустављати и одржавати у закоченом стању (због могућег оштећења опреме и уређаја)
3. Успостављање свеобухватаног програма превентивног одржавања и праћења кључних делова ветротурбина ради смањења ризика од појаве кварова и потенцијалних удеса
4. Упозоравање и информисање локалних заједница о опасностима које прете услед одбацивања леда у зимским месецима, као и детаљно означавање периметра ветропарка адекватним знацима упозорења.

6 РИЗИК ОД ПОЖАРА

Структура ветрогенератора је таква да се потенцијални удар грома не може избећи. У случају удара грома, може доћи до оштећења лопатица и електричних компоненти ветрогенератора, а затим и паљења хидрауличног уља и трансформатора ветротурбине. Пожар изазван на овај начин може бити тешко открити на време услед висине на којој се налази опрема и због тога што у непосредној близини ветрогенератора нема стално присутних радника. Гашење пожара такође представља сложен захват због висине на којој се налази гондола. Ипак, евентуална оштећења генератора услед удара грома су пре свега последица пропуста приликом пројектовања (неодговарајућа заштита од директног удара, недовољно уземљење и слични видови пропуста у заштити). У таквим случајевима, пуцање структуре ветротурбине би потенцијално могло довести до повреда или оштећења имовине. Код пројектовања модерних ветропаркова предвиђена се уградња технолошки савремених ветротурбина са примењеним свим мерама заштите које се данас примењују на ветрогенераторима у циљу спречавања директног удара грома.



Слика 6.1: Једна од турбина ветропарка Чибук 1 потпуно уништена у пожару изазваном ударом грома у септембру 2020. године

Из свих наведених разлога, мало је вероватно да би се људи или имовина могли наћи под утицајем у случају удара грома у турбину. Стога се ризик од повређивања људи или оштећења имовине у случају удара грома може оценити као занемарљив. Пожар на трафостаници представља озбиљнији догађај од пожара на ветрогенератору, посебно због присуства опасних материја (уља) у трансформаторима. Трафо-станица ће се налазити ван јавних површина и насељених зона. Идејним пројектом је предвиђен систем заштите од пожара. Трансформатори ће се налазити у бетонским кадама чија је запремина предвиђена да прихвати целокупну количину трафоуља.

У оквиру трафостанице предвиђена је и уљна јама, подземни бетонски објект за прикупљање уља у случају хаварије. Стога се ризик од повређивања људи или оштећења имовине услед пожара на трафо станици може оценити као занемарљив. Неке од мера превенције које се примењују како не би дошло до пожара су:

1. Обезбеђивање редовног одржавања електричних компоненти и ротирајућих делова у гондоли и тако смањити ризик од повећања температуре или варничења (и пожара) у гондоли
2. Уграђивање аутоматског система детекције пожара који ће обезбедити искључење система за пренос електричне енергије у најкраћем року

Сценарио пожара на ветрогенераторима као и у трафостаници представља ризик општег типа и предмет је засебне анализе заштите од пожара коју спроводе овлашћене институције. Елаборат о заштити од пожара представља засебан део пројектне документације и утврђује начин одговора у случају пожара и одговарајуће мере заштите.

7 УТИЦАЈ НА ПЕЈЗАЖ И ВИЗУЕЛНИ УТИЦАЈ

Два основна појма којима се ова анализа бави су утицај на изглед предела, односно пејзаж и визуелни утицај, односно утисак који ће пројекат стварати код људи. Утицај на пејзаж подразумева утицај новоизграђених структура на изглед предела као и на промену карактера предела. Визуелни утицај односи се на утицај на људе који ће виђати пројекат и подразумева промене у композицији и карактеру њихове визуре (тј. онога што они виде), као и реакцију људи на те промене. Иако се ефекти манифестују на људима, места на којима људи бораве представљају рецептор за процену визуелног утицаја. Процена утицаја на карактер предела као и визуелни утицај спроводи се најчешће у складу са важећим смерницама из Велике Британије које је поставио Институт за изглед предела (енгл. Landscape Institute Scotland) као и Институт за процену и управљање заштитом животне средине (енгл. Institute of Environmental Management and Assessment (IEMA)). Ове смернице су генерално усклађене са смерницама о најбољој пракси оценое визуелног утицаја и визуелног представљања ветропаркова који је сачинио Завод за заштиту природе Шкотске (енгл. Scottish Natural Heritage (SNH)). Смернице из Велике Британије (Завода за заштиту природе Шкотске) препоручују да у случају ветрогенератора високих преко 100 m истражно подручје треба да обухвата простор до 35 km од предложеног ветропоља. И за пејзажну и за визуелну процену, значајност различитих утицаја планираног ветропоља проистиче из комбинације интензитета утицаја и осетљивости предметног пејзажа или сензибилитета оних који су изложени визури. Под осетљивошћу пејзажа сматра се колико је неки пејзаж подложен промени тј. да ли ће планирана интервенција значајно изменити његов карактер. Интензитет утицаја на пејзаж заправо је степен промене пејзажа, тј промене начина на који се пејзаж доживљава.

Осетљивост код оценое визуелног ефекта односи на саму природу визуелних рецептора - људи тј. локација са којих ће људи видети пројекат. Од значаја могу бити очекивања људи који ће виђати пројекат, као и то да ли они живе на датој локацији или само ту раде или пролазе, да ли се локације користе за рекреацију и уживање у погледу или су у питању нпр. индустријске зоне, итд. Интензитет визуелног ефекта зависи од самог пројекта тј. од његове величине, да ли по својој природи представља контраст или се уклапа у окружење, итд. У Европи су реакције јавности подељене – од тога да се ветропаркови сматрају позитивним и елегантним структурама и примером технолошког напретка до негативних ставова о пројектима таквог габарита и видљивости.

Увођење овако високих структура у визуру или било која промена у карактеру пејзажа, сматра се утицајем који је по својој природи негативан.



Слика 7.1: Поређење пејзажа без и са присутним ветротурбинама

Радни век ветрогенератора обично износи 25 година и пејзажни ефекти ће бити присутни током читавог рада ветропарка и због тога се могу сматрати дуготрајним. Међутим, треба напоменути да се људи навикавају на промене и да ће након првобитне интензивне реакције на промену, јачина реакције опадати и људи ће се временом привикавати. Ветропоље постатаје доминантно обележје, кључна карактеристика локалног пејзажа. Неминовно је да ће представљати значајан утицај на пејзаж саме локације и њено непосредно окружење, иако ће интензитет промене (и утицаја) опадати с повећањем удаљености од локације.

Неке од мера за ублажавање ових утицаја:

1. Обезбеђивање у фази пројектовања да изабрани ветрогенератори буду истог типа, димензија и дизајна (смер ротације, тип турбине и стуба, висина), као и бојење у основну боју усклађену са бојом неба (светло сива или бледо плава), поштујући стандарде ваздухопловног саобраћаја и бојења елиса ради заштите фауне птица од судара
2. Обезбеђивање да у фази изградње буде уклоњено што је мање могуће вегетације
3. Организовање садње вегетације у фази рада ветропарка у случају потребе, а у договору са становништвом погођеним овим утицајем



Слика 7.2: Поглед на ветропарк Ковачица са осматрачнице на Калемегдану

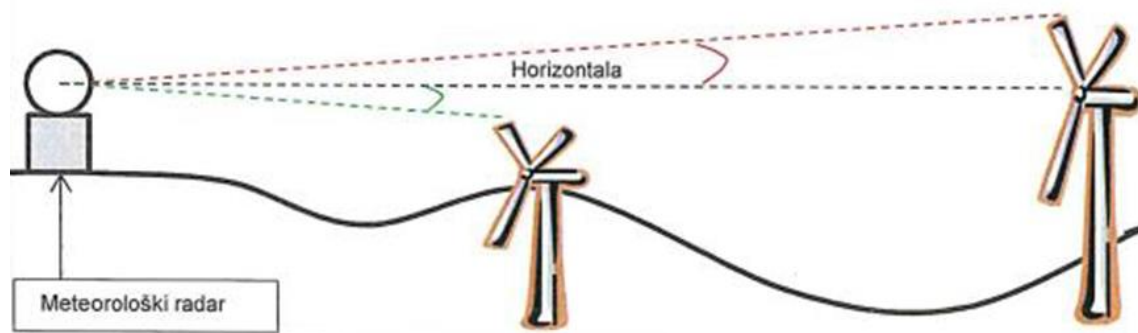
8 УТИЦАЈ НА МЕТЕОРОЛОШКЕ РАДАРСКЕ СИСТЕМЕ

Метеоролошки радар је пројектован да детектује и прикаже промене у климатским системима, али ветротурбине могу да изазову различите ефекте на приказ радара и на тај начин имати штетан утицај на функционисање радара. Метеоролошка служба Србије донела је Уредбу у вези са заштитом метеоролошког радара. У Уредби се наводи да се ниједна ветротурбина неће налазити унутар 10 километара од центра радара и да је потребна студија могућих утицаја за све ветротурбине које се налазе у радијусу од 10 до 30 километара. Метеоролошки радар је опремљен покретним циљаним филтерима и процесним методама које обично уклањају повратне податке са статичних објеката, те остају само метеоролошки повратни подаци. Покретни објекти могу да збуне те филтере и процесне методе и да се прикажу на екранима као сметење поред стандардних потребних информација. Неки уобичајени извори сметњи су:

- ☐ Дрвеће које се помера на ветру
- ☐ Птице и инсекти
- ☐ Друмски и шински саобраћај
- ☐ Таласи
- ☐ Чамци и бродови
- ☐ Лопатице ветротурбина

Како лопатице ветротурбина могу да прикажу неке карактеристике које су сличне циљаним метеоролошким објектима које радар треба да детектује, могуће је да се оне прикажу као сметња на екранима. Други нежељени ефекат на радарске системе је тзв. вишелинијски утицај. До овог утицаја долази када жељени циљ рефлектује радарски импулс ка другом одбијајућем објекту, као што је на пример ветротурбина, а овај сигнал се онда враћа пријемнику. Како би се измерили вишелинијски утицаји, треба испитати шему радијације радара. Поред турбина овај ефекат могу да изазову високе зграде, саобраћај на мостовима и слични објекти.

С обзиром да сигнали који се рефлектују прелазе веће растојање од оних који се рефлектују директно ка радарској антени, вишелинијски утицаји узрокују да радар прикаже циљ даљим него што јесте. Блокирање радарског снопа може бити значајан проблем када се ветропарк налази до 5 километара од радара, али може да утиче на радар до максималне даљине од 255 километара. Радарска сенка је губитак покривености директно иза торња ветротурбине због тога што исти блокира радарски сноп. Ширина сенке је у директној вези са ширином и даљином торња турбине, а значај овог утицаја зависи од броја и положаја турбина у односу на радар. Радарска десентивизација односи се на јаке повратне податке радара са ветротурбина што може умањити способност пријемника да детектује жељене циљеве у правцу ветропарка. Доплер радар се користи за уочавање кишних капљица у облацима, тако што мери фазне разлике повратних информација са радара и покретних циљних капљица. Ови подаци се користе за испитивање брзине ветра и података о нагибу унутар облака, који се уносе у нумеричке моделе ради прогнозе времена. Утицај ометања Доплера од стране ветроурбина може довести до производње података који показују веома велике разлике у брзини и правцу. Процена линије оптичке видљивости може одредити да ли је ветротурбина видљива метеоролошком радару. Познато је да метеоролошки радар може да буде погођен уколико ветротурбина продире кроз хоризонталу у односу на радар.



Слика 8.1: Поједностављена илустрација принципа регистравања турбине

Неке од мера за ублажавање штетних утицаја су:

1. Дизајнирање ветропарка тако да се минимизира утицај на области покривености радара за које се зна да су у непосредној близини или максимизира радарска покривеност простора у самом ветропарку прављењем већег размака између стубова
2. Маскирање тереном – позиционирање турбина са супротне стране узвишеног терена тако да он онемогућује турбини да се појави на радару, док је он сам, као статичан, могућ за филтрирање
3. Релокација турбина или смањивање висине њихових стубова тако да не упадају у радаров видокруг
4. Елиминисање турбина за које је утврђено да имају јак утицај на радарске системе
5. Коришћење података са другог радара – употпуњивање података из зоне ометене сигналом сметњи од ветротурбина подацима са других радара који покривају сти област, а који нису погођени ефектима сметњи
6. Необрађивање података са радара – изузимање повратних података са екрана радара

7. Повећање угла радарског снопа – повећањем најмањег угла снопа скенирања може се смањити или чак уклонити сваки утицај ветропаркова на жељене податке, уз последицу смањења детаљне видљивости у нижим пределима иза ветропарка
8. Монтажа локалног допунског радара – локација допунског радара на локацији како би се обезбедили текући подаци малог нивоа у области погођеној сметњама
9. Додатна контрола квалитета и образовање хидрометеоролога – обавештавање и информисање о постојању ветропаркова у зони њихове надлежности може да умањи разлику повратних података за ветротурбину и саме временске прилике

9 УТИЦАЈ ВЕТРОЕЛЕКТРАНА НА МОРУ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Постављање ветротурбина на морима и океанима даје вишеструке користи. Поред често далеко бољег потенцијала ветра у односу на копно, ветротурбине на морима су често јако већег габарита и инсталираних снага како би тај потенцијал максимално искористиле, а у недостатку ограничавајућег фактора у виду заузимања превеликог простора, додатног крчења шума и вегетације и слично. Удаљеност од људи и људских насеља још једна је од предности јер се значајно мање мора водити рачуна о утицају буке, треперења сенке и естетике. Наравно, поред свих бенефита, и ветроелектране на морима имају значајан утицај на животну средину који је доста слабије испитан и студира у односу на утицај електрана на мору. Главне утицаје ветроелектрана на мору представљају:

- ☐ Бука
- ☐ Визуелни утицај
- ☐ Утицај на биодиверзитет

Највише корисних података о утицајима ветроелектрана на мору на животну средину добијено је од вишегодишњег мониторинга 3 ветропарка у Данској („Middelgrunden“, „Horns Rev“ и „Nysted“). „Federal Environment Ministry (BMU) of Germany“ извршио је значајна истраживања о технички и утицајима на очување животне средине темеља ветрогенератора на мору, где се наводи да чак овакве електране имају и позитиван утицај на рибли диверзитет јер се понашају као вештачки корали око којих се окупљају бројне рибље врсте. Утицај на рибли свет често може бити и негативан, поготово у случају када се пресеку миграторне руте неких врста. Бука коју изазивају турбине у фази рада електране може да има утицаја на привлачење или одбијање риба од области у којој се налазе турбине, као и изазивање панике код риба. Као и у случају риба, ветроелектране на мору могу имати значајан негативан утицај на фауну слепих мишева ако им се нађу као препрека на стандардним миграторним рутама. Осматрање се у том случају врши слично као и код копнених електрана, са разликом да мора бити вршено са бродова, светионика и тако даље. Доба године у којем се врше ова осматрања обично је у пролеће (април/мај) и јесен (август/септембар), осим ако се мишеви не примете на оближњим острвима, нафтним платформама и сличним објектима у било које друго доба године. Осматрање се може вршити и са копна и то са:

- ☐ Одређених локација на копну за које је утврђено да слепи мишеви полећу на пут миграције преко мора
- ☐ Мануалним и аутоматским детекторима
- ☐ Инфрацрвеним и термалним камерама кад год је то могуће
- ☐ Аутоматским осматрањима – повезивањем аутоматског детектора на хелијумски балон или на змај пауштеног са неког светионика и тд.

Осматрања са мора најидеалније би било вршити са брода који пролази преко локације планиране за ветропарк или трајектне линије која редовно пролази у близини поменуте локације. Иако су, као што је већ поменуто, турбине на мору већих димензија од копнених, визуелни утицај је мањег интензитета због веће удаљености од значајнијих копнених пејзажа. Међутим, и морски и обалски пејзажи су често уникатни, тако да је могуће да морске ветроелектране на њих значајно утичу. Интензитет утицаја и промене пејзажа зависиће од неколико параметара као што су, удаљеност, број турбина, део турбине који је видљив, временски услови и светла за навигацију и означавање. Најутичајна је обично удаљеност ветропаркова од обале, односно осматрача. Што се тиче утицаја на буку, ова постројења налазе се далеко од људских насеља тако да је утицај буке на људе у обим случајевима занемарљив, али би зато морске животиње могле бити изузетно погођене буком под водом коју ове турбине стварају за време конструкције и експлоатације. Сваки утицај зависиће од осетљивости присутних врста и њихове могућности да се пролагоде. Бука изазвана конструкцијом и декомисијом долази од стране машинерије и пловила, експлозија и бушења и измерена је у неким случајевима и до 260 dB што може да оштети трајно или привремено слушне органе код риба и морских животиња. Бука може утицати на понашање морске фауне и на више километара удаљености од турбина. Тренутно се разматрају неколико мера за смањење оваквих утицаја као што су:

1. „Soft start“ , постепено, не нагло, повећавање интензитета звукова
2. Коришћење застора у виду ваздушног чепа око стуба што се процењује да може смањити интензитет звука за 10-20 dB
3. Коришћење акустичких уређаја ради одбијања животиња за време радова за које је предвиђен велики интензитет буке

10 ЗАКЉУЧАК

Поред бројних и неоспорних бенефита које доносе ветроелектране, потребно је бити свестан и свих негативних утицаја које ова врста пројеката носи са собом.

Свесност и познавање негативних утицаја омогућава правовремено сагледавање потенцијалних проблема и могућност да се кроз фазе развоја пројеката и пројектовања негативни утицаји умање применом неких од наведених метода за процену и смањење утицаја, омућавајући здраву интеграцију ветроелектрана у електроенергетске системе и животну средину.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M-J., KARAPANDŽA, B., KOVAČ, D., KERVYN, T., DEKKER, J., KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C., PARK, K., MICEVSKI, B., MINDERMAN, J. (2015). Guidelines for consideration of bats in wind farm projects - Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version), UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 133 pp. http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf
- [2] SNH (2014). Guidance: Recommended bird survey methods to inform impact assessment of onshore wind farms. Scottish Natural Heritage, Battleby, UK, 37pp. <https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-09/Guidance%20note%20>

%20Recommended%20bird%20survey%20methods%20to%20inform%20impact%20assessment%20of%20onshore%20windfarms.pdf

[3] Студија о процени утицаја на животну средину пројекта ветропарк „Ковачица“ (Општина Ковачица) инсталисане снаге до 125 MW, 2014

[4] PagerPower Procena uticaja na meteorološki radar, 2015