

30 години



ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА
МАКЕДОНИЈА

MACEDONIAN ENERGY ASSOCIATION - ZEMAK

A collage of three images representing renewable energy: wind turbines on a hill, a large dam with water cascading over it, and a field of solar panels under a sunset sky.

Зборник на трудови Conference proceedings

**МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
„ЕНЕРГЕТИКА 2022“**

**INTERNATIONAL CONFERENCE
"ENERGETICS 2022"**

СТРУГА
21 - 23 септември, 2022г.

STRUGA
21 - 23 September, 2022



**ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА МАКЕДОНИЈА**

**MACEDONIAN ENERGY
ASSOCIATION**

**МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
„ЕНЕРГЕТИКА 2022”**



**INTERNATIONAL CONFERENCE
“ENERGETICS 2022”**

**Зборник на реферати
Conference proceedings**

СТРУГА
21 - 23 септември, 2022

STRUGA
21 - 23 September, 2022



Издавач/Publisher:

ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА МАКЕДОНИЈА

ул. Даме Груев бр.14а, 1000 Скопје

MACEDONIAN ENERGY ASSOCIATION

st. Dame Gruev no.14a, 1000 Skopje

Уредници/Editors:

Проф. Вангел Фуштиќ/ Prof. Vangel Fustik

Проф. Софија Николова-Поцева/ Prof. Sofija Nikolova-Poseva

Проф. Невенка Китева-Роглева/ Prof. Nevenka Kiteva-Rogleva

Tex. уредник/Technical Editor:

Крешимир Манојловски/Kreshimir Manojlovski

Печату/Print:

„2-ри Август“ - Штип/"2nd August" - Shtip

Место на издавање/Place of issue: **Скопје/Skopje, 2022**



ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА МАКЕДОНИЈА/

MACEDONIAN ENERGY ASSOCIATION

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје
620.9(062)

МЕЃУНАРОДНА конференција "Енергетика 2022" (2022 ; Струга)
Зборник на реферати / Меѓународна конференција "Енергетика 2022",
Струга, 21-23 септември 2022 ; [уредници: Вангел Фуштиќ, Софија
Николова-Поцева, Невенка Китева-Роглева] = Conference proceedings /
International Conference “Energetics 2022”, Struga, 21 - 23 September,
2022 ; [editors: Vangel Fustik, Sofija Nikolova-Poseva, Nevenka
Kiteva-Rogleva]. - Скопје : Здружение на енергетичарите на Македонија -
ЗЕМАК =Skopje : Macedonian Energy Association - ZEMAK, 2022. - 386 стр.
: илустр. ; 25 см

Дел од трудовите се на англиски јазик. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-4764-14-4

а) Енергетика -- Собири

COBISS.MK-ID 58874629

Тираж: 50 примероци

ISBN 978 608-4764-14-4

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР

Претседател

Благој Гајдарџиски (Претседател на ЗЕМАК)

Членови

Драган Мијалковски (ЗЕМАК)

Игор Шешо (ЗЕМАК)

Илија Хаџидаовски (ЗЕМАК)

Спасе Павловски (МЕПСО)

Претставник (ЕВН)

Катерина Димовски (МАКСТИЛ)

Елеонора Бекаровска (ОКТА)

МЕЃУНАРОДЕН ПРОГРАМСКИ ОДБОР

Проф. Вангел Фуштиќ - Претседател
(С.Македонија)

Членови

Акад. Љупчо Коцарев	(С. Македонија)
Акад. Глигор Каневче	(С. Македонија)
Проф. Харалд Вебер	(Германија)
Проф. Славе Арменски	(С. Македонија)
Проф. Петар Гверо	(Босна и Херцеговина)
Проф. Антон Чаушевски	(С. Македонија)
Проф. Младен Стојилјковиќ	(Србија)
Проф. Невенка К. Роглева	(С. Македонија)
Проф. Атанас Илиев	(С. Македонија)
Проф. Магдалена Крстаноски	(САД)
Проф. Зоран Панов	(С. Македонија)
Проф. Софија Н. Поцева	(С. Македонија)
Проф. Марјан Попов	(Холандија)
Проф. Имер Зенку	(С. Македонија)
Проф. Никола Попов	(Канада)
Проф. Ристо Филкоски	(С. Македонија)
Проф. Марко Цепин	(Словенија)
Проф. Даме Димитровски	(С. Македонија)
Проф. Димитар Димитров	(С. Македонија)
Проф. Зоран Марков	(С. Македонија)

ORGANIZING BOARD

Chairman

Blagoj Gajdardziski (ZEMAK)

Members

Dragan Mijalkovski (ZEMAK)

Igor Shesho (ZEMAK)

Ilija Hadzidaovski (ZEMAK)

Spase Pavlovski (MEPSO)

EVN (Delegate)

Katerina Dimovski (MAKSTIL)

Eleonora Bekarovska (OKTA)

INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE

Prof. Vangel Fustik - Chairman
(N.Macedonia)

Members

Acad. Ljupco Kocarev	(North Macdonia)
Acad. Gligor Kanevce	(North Macdonia)
Prof. Harald Weber	(Germany)
Prof. Slave Armenski	(North Macdonia)
Prof. Petar Gvero	(Bosnia & Hercegovina)
Prof. Anton Causevski	(North Macedonia)
Prof. Mladen Stojiljkovic	(Serbia)
Prof. Nevenka Kiteva Rogleva	(North Macedonia)
Prof. Zoran Panov	(North Macedonia)
Prof. Atanas iliev	(North Macedonia)
Prof. Magdalena Krstanoski	(USA)
Prof. Sofija Nikolova Poceva	(North Macedonia)
Prof. Marjan Popov	(Netherlands)
Prof. Imer Zenku	(North Macedonia)
Prof. Nikola Popov	(Canada)
Prof. Risto Filkoski	(North Macedonia)
Prof. Marko Cepin	(Slovenija)
Prof. Dame Dimitrovski	(North Macedonia)
Prof. Dimitar Dimitrov	(North Macedonia)
Prof. Zoran Markov	(North Macedonia)

**МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
„ЕНЕРГЕТИКА 2022”**

ТЕМАТСКИ ОБЛАСТИ

1. ЕНЕРГЕТСКИ ПРОИЗВОДНИ КАПАЦИТЕТИ
2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМИ И КОМПОНЕНТИ
3. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА
4. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ПОТРОШУВАЧКА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА
5. ЕНЕРГЕТИКА И ЖИВОТНА СРЕДИНА
6. ПРОЕКТЕН МЕНАЏМЕНТ И ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЈА ВО ЕНЕРГЕТИКАТА
7. БЕЗБЕДНОСТ ПРИ РАБОТА И ПРОФЕСИОНАЛЕН РИЗИК

**INTERNATIONAL CONFERENCE
"ENERGETICS 2022"**

CONFERENCE TOPICS

1. ENERGY GENERATION CAPACITIES
2. POWER SYSTEMS AND COMPONENTS
3. RENEWABLE ENERGY SOURCES
4. ENERGY EFFICIENCY AND ELECTRICITY CONSUMPTION
5. ENERGETICS AND ENVIRONMENT
6. PROJECT MANAGEMENT AND DIGITAL TRANSFORMATION IN ENERGY SECTOR
7. PROFESSIONAL SAFETY AND PROFESSIONAL HEALTH RISK

ЦЕЛИ НА КОНФЕРЕНЦИЈАТА

Главна цел на конференцијата беше да обезбеди можност за демократска и стручна презентација на: искуства, важни информации, професионални постигнувања и истражување на експертите и професионалците од областа на енергетиката. Поканети беа релевантни енергетски компании, претставници од индустријата, истражувачките центри, универзитетите и останати субјекти, како и експерти од земјата и странство. Конференцијата претставуваше форум за споделување и размена на искуства и планови на локално, регионално и глобално ниво.

Според тематските области, на конференцијата беа презентирани и дискутирани предизвиците со кои се соочува енергетскиот сектор, особено компаниите, инвеститорите и корисниците. Со планираните дискусии и реферати се овозможи реална можност за

идентификација на соодветните механизми и активности со цел надминување на проблемите во земјата и регионот, како и зајакнување на меѓусебната соработката.

**СЕРТИФИКАТИ ЗА УСПЕШНО
УЧЕСТВО**

На конференцијата се одвиваа паралелно презентациски и постер сесии. Трудовите беа рецензирани од страна на Меѓународниот програмски одбор и категоризирани во три категории: Информација, Стручен труд и Научен труд. За секој рецензиран и презентирани труд (без оглед на категоријата) Програмскиот одбор издаде Сертификат за успешно учество на конференцијата. Посебно беа охрабрани да земат активно учество младите истражувачи и студентите на сите три циклуси студии (дипломски, постдипломски и докторски студии), млади професионалци и истражувачи.

**ЕЛЕКТРИЧНА ЗАШТИТА НА ПРОИЗВОДНИ
ЕДИНИЦИ ОД ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА
ЕНЕРГИЈА**

Даниела Цветкоска*, Антон Чаушевски**,
Софија Николова-Поцева**
*ODW-Elektrik, Ohrid, **Факултет за електро-
техника и информациски технологии, УКИМ -
Скопје.....165

**ELECTRICAL PROTECTION OF PRODUC-
TION UNITS FROM RENEWABLE ENERGY
SOURCES**

Daniela Cvetkoska*, Anton Ceausevski**, Sofia
Nikolova-Poceva**
*ODW-Elektrik, Ohrid, **Faculty of Electrical
Engineering and Information Technologies, UKIM -
Skopje.....165

**ИСКУСТВО ОД РАБОТАТА НА ВЕЦ БОГ-
ДАНЦИ ВО НАСОКА НА ПОДОБРУВАЊЕ
НА ОПЕРАТИВНОСТА НА СЛОЖЕН ЕЛЕК-
ТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ СО ИЗГРАДБА
НА НОВИ ВЕТЕРНИ ПАРКОВИ**

Стефанија Ефремова*, Софија Николова-
Поцева**, Антон Чаушевски**
*АД ЕСМ - Скопје,
**Факултет за електротехника и информациски
технологии, УКИМ - Скопје.....173

**EXPERIENCE FROM THE WORK OF WEC
BOGDANCI IN THE DIRECTION OF IMPROV-
ING THE OPERATIONALITY OF A COMPLEX
ELECTRICAL ENERGY SYSTEM WITH THE
CONSTRUCTION OF NEW WIND PARKS**

Stefanija Efremova*, Sofia Nikolova-Poceva**,
Anton Chausevski**
*AD ESM - Skopje, **Faculty of Electrical
Engineering and Information Technologies, UKIM -
Skopje.....173

**ВЛИЈАНИЕ НА ПРОИЗВОДНИТЕ ЕДИНИЦИ
ОД ОИЕ ВРЗ ДИСТРИБУТИВНИТЕ МРЕЖИ**

Бранкица Ангелковска, Никола Мажар
Далековод Д.Д –
подружница Далековод Скопје.....181

**INFLUENCE OF RES PRODUCTION UNITS
ON DISTRIBUTION NETWORKS**

Brankica Angelkovska, Nikola Mazar
Dalekovod D.D –subsidiary Dalekovod
Skopje.....181

**ПРОЕКТИ ЗА ФОТОВОЛТАИЧНИ ЕЛЕКРО-
ЦЕНТРАЛИ КОИ АД ЕСМ ГИ РЕАЛИЗИРА
ПРЕКУ ЗАЕМИ ОД ЕБОР**

Александар Стефановски, Бесиана Цафери
Беќири, Лиљана Богоевска Мирчевски,
Игор Илијовски, Благој Гајдариски
АД Електрани на Северна Македонија, Развој и
Инвестиции-Скопје.....191

**PROJECTS FOR PHOTOVOLTAIC POWER
PLANTS THAT AD ESM IMPLEMENTS
THROUGH LOANS FROM EBRD**

Aleksandar Stefanovski, Besiana Xhaferi Beqiri,
Liljana Bogoevska Mirchevski, Igor Ilijovski,
Blagoj Gajdardziski
AD Elektrani na North Macedonia, Development and
Investments-Skopje.....191

**ПЛОВЕЧКИ ФОТОВОЛТАИЧНИ ЕЛЕКТРА-
НИ – ФЕЦ КОЗЈАК**

Васко Милевски¹, Влатко Чингоски²
¹ЕСМ, ХЕС Треска, Скопје
²Електротехнички Факултет, Универзитет
„Гоце Делчев“ - Штип.....197

**FLOATING SOLAR POWER PLANTS – FSPP
KOZJAK**

Vasko Milevski¹, Vlatko Chingoski²
¹ESM, HES Tresca, Skopje
²Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delchev"
University - Shtip.....197

1992 - 2022
ОДБЕЛЕЖУВАЊЕ 30 ГОДИНИ ОД ОСНОВАЊЕТО
НА ЗДРУЖЕНИЕТО НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА
МАКЕДОНИЈА - ЗЕМАК

*CELEBRATION OF 30 YEARS OF THE MACEDONIAN ENERGY
ASSOCIATION - ZEMAK*



ПЛОВЕЧКИ ФОТОВОЛТАИЧНИ ЕЛЕКТРАНИ – ФЕЦ КОЗЈАК

FLOATING SOLAR POWER PLANTS – FSPP Kozjak

Васко Милевски¹, Влатко Чингоски²

¹ЕСМ, ХЕС Треска, Скопје

²Електротехнички Факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ - ШТИП

e-mail: ninomile@yahoo.com, vlatko.cingoski@ugd.edu.mk

Abstract: The need for electricity today is more pronounced than ever, especially given the poor environmental parameters of fossil fuels, rising energy market prices and the inevitable energy transition to renewable energy sources. This is especially important for our country which is energy poor and late in the energy transition. The main emphasis in our country is on the use of solar energy as an energy source that we have in abundance. In this paper we will look at a modern technology for electricity production that is growing on a global scale, and which can significantly contribute to a relaxed energy transition - floating photovoltaic power plants. The basic preconditions for the construction of such generating units are defined and the benefits of such facilities are analyzed through a concrete example for the construction of such a facility within the HES Treska on Lake Kozjak near Skopje. It has been shown that such a facility will significantly increase the importance of the existing HPP Kozjak and will provide additional quantities of renewable electricity for households needs at favorable prices.

Key words: Photovoltaics, Floating Solar Power Plants, Electric Power Generation, Renewable Power Sources

Куса содржина: Потребата од електрична енергија денес е поизразена од секогаш, особено ако се има предвид лошите еколошки параметри на фосилните горива, зголемените пазарни цени на енергенсите и неминовната енергетската транзиција кон обновливи енергетски извори. Ова е особено важно за нашата држава која е сиромашна со енергенси и доцни со енергетската транзиција. Кај нас главен акцент се става на користењето на сончевата енергија како енергетски извор со кој располагаме во изобилство. Во овој труд ќе се осврнеме на една современа технологија за производство на електрична енергија која е во подем во светски размери и која може значително да допринесе за релаксирана енергетска транзиција – пловечки фотонапонски електрани. Дефинирани се основните предуслови за изградба на вакви генераторски единици и анализирани се придобивките од вакви објекти преку конкретен пример за изградба на ваков објект во склоп на ХЕС Треска на езерото Козјак крај Скопје.

Покажано е дека ваквиот објект значително ќе ја зголеми важноста на постоечката ХЕЦ Козјак и ќе обезбеди дополнителни количини на обновлива електрична енергија за потребите на домаќинствата поповолни цени.

Клучни зборови: Фотоволтаици, Пловечки соларни електрани, Производство на ЕЕ, Обновливи енергетски извори.

1. ВОВЕД

Денес во светот, на глобално ниво се случуваат големи структурни промени со транзицијата од линеарна во циркуларна економија што значи се отворат нови прилики во економијата и стопанството кои ќе поттикнат одржливост. Секојдневната присутност на обновливите извори на енергија се потврдува преку целосната поддршка на сите релевантни општествени чинители со нивно постојано користење и константно вложување. Со користење на обновливите извори на енергија се јавуваат нови технолошки иновации како што се пловечките фотоволтаични електрани, иако како технологија се сеуште во рана развојна фаза, односно техничка анализа во Република Северна Македонија.

Пловечките фотоволтаични електрани (ПФЕ) се новонастаната и растечка остварлива апликација на фотонапонски системи во кои фотоволтаичните системи распоредени се директно над површината на водата. Интересот за ПФЕ расте поради силниот притисок од страна на конкуренцијата за одржливо користење на земјиштето, производство на храна, климатските цели, енергетската безбедност, мотивацијата за издржливост и отпорност и дополнителни придобивки поврзани со новата апликација [1].

Распоредувањето на ПФЕ забрзано со глобалниот инсталиран капацитет од под 1 MW во 2007 година до 1,314 MW во 2018 година и се очекува да достигне приближно 13,000 MW до 2022 година. Кина е водечка земја во однос на вкупниот инсталиран капацитет на ПФЕ и сочинува 73% од новите глобални ПФЕ инсталации во светот. Поголемиот дел од овие проекти се инсталирани на површината на поплавени рудници и имаат капацитет поголем од 5 MW [2]. Јапонија, како што е нагласено во извештајот (Floating Solar Photovoltaic (FSPV): A Third Pillar to Solar PV Sector, 2019), е втора по големина земја со 16% од вкупните глобални инсталации на ПФЕ развивајќи го првиот пловечки пилот проект во светот од 20 kWp во 2007 година [3]. Во Индија, според наведеното во извештајот (Floating Solar Photovoltaic (FSPV): A Third Pillar to Solar PV Sector, 2019), кумулативно инсталираниот капацитет на пловечките фотоволтаични проекти во моментот изнесува 2,7 MW.

Податоците покажуваат дека инсталираните капацитет повеќекратно се зголемиле во 2019 година, со вкупна инсталирана вредност на проектите од 1,721 MW во различни фази на развој. Во некои подрачја на САД како на пример Масачусетс, дадени се посебни стапки за компензација (засновани на локација) за пловечки фотоволтаични проекти. Во 2018 година, била лансирана програмата Solar Massachusetts Renewable Target (SMART), која нудела додаток на стапката за компензација од 0,03 \$/kWh за пловечки фотоволтаични проекти [4]. Според неодамнешниот објавен труд од страна на National Renewable Energy Laboratory (NREL), вкупно 24,419 вештачки акумулации се идентификувани како соодветни за пловечките фотоволтаични електрани само во САД кои покриваат само 27% од расположивите површини под вода и може да произведат речиси 10% од моменталното производство на национално ниво. Иако ПФЕ не се нова тема во научните списанија и конференции, бројот на публикации е ограничен.

2. ПРИЧИНИ ЗОШТО ФЕЦ КОЗЈАК Е ИНТЕРЕСЕН И КОРИСЕН ПРОЕКТ

Тековните глобални енергетски трендови наложуваат поамбициозно преминување кон ниско-јаглеродна економија, при што обновливите извори на енергија се меѓу најважните фактори кои можат да ја овозможат оваа транзиција [5].

ХЕ Козјак е прибранска акумулациона хидроелектрична централа со номинална инсталирана моќност од 82 MW и годишно номинално производство од 130 GWh. За жал, во последните години поради намалените хидролошки прилики и водени дотоци, ХЕЦ Козјак има и намалено производство кое со сигурност недостасува во електро енергетскиот систем за производство на електрична енергија во земјава. Вештачкото езерото Козјак долго е 32 km со најголема длабочина од 130 m. При минимална работна кота од 432 м.н.в., расположливата површина на акумулацијата изнесува 763 ha. Проектираните средни годишни дотоци изнесуваат 661 милиони m^3 за просечен годишен доток од $20,9 m^3/s$, во период од 1964-1994 година кога е и изработен изведбениот проект за ХЕЦ Козјак. Статистичкиот 40 годишен среден доток во период од 1982-2021 година изнесува $17,76 m^3/s$ односно 583 милиони m^3 , дотокот во акумулацијата Козјак што ја проектира и вредноста на просечното годишно производство на 113 GWh електрична енергија. Овие податоци покажуваат континуиран пад на хидролошките прилики односно пропорционално намалено производство на електрична енергија.

Почетна идеја за анализите презентирани во овој труд доаѓа од вредноста на просечниот доток на вода во акумулацијата Козјак од последните десет години. При тоа, утврдено е дека согласно годишната специфична кота на работа, односно специфичната потрошувачка на вода по произведен kWh во ХЕ Козјак, постојат големи отстапувања. Имено, колку е повисока работната кота на акумулацијата, производството на електрична енергија и искористеноста на инсталираниот капацитет на електраната е поголемо, и обратно. Тргувајќи од оваа анализа направена за последните десет години, може да ни даде информација за големината на инсталираниот капацитет на предложената ФЕЦ Козјак инсталирана врз површината на вештачката акумулација. На тој начин, ФЕЦ Козјак може да го надополни производството на електрична енергија барем во висина на една постоечка генераторска единица во ХЕ Козјак.

Согласно Студијата за користење на водите на акумулацијата Треска, просечната потрошувачка на вода на која што се проектирани генераторите, односно нивниот капацитет е $4,28 m^3/s$ по произведен kWh, а статистиката за последните десет години кажува дека реалната потрошувачка на вода изнесува $4,38 m^3/s$, што значи ја надминува проектираната за цели $0,1 m^3/s$ по kWh. Тоа значи дека во последните десет години за 2,28% е зголемена потрошувачката на вода по произведен kWh. Тоа дава за право да се размислува дека еден од начините да се дополни проектираната вредност за производство на електрична енергија од една генераторска единица може да биде инсталирање на нова ПФЕ. На тој начин, постигнуваме дополнителна сигурност на системот, загарантирано испорачување на предвидената електрична енергија и исполнување на годишните планови за производство што дополнително влијае врз стабилноста во планирањето на енергетските прилики во земјата.

3. МЕТОДОЛОГИЈА НА РАЗВОЈ НА ПРОЕКТ ФЕЦ КОЗЈАК

Производството на соларна енергија е променливо и помалку предвидливо поради временските услови, квалитетот на локациските услови и дневните модели. Спротивно на тоа, хидроенергетските системи може да понудат висок степен на контрола на производството и може да обезбедат рамнотежа на недостатоците при генерирањето на соларната енергија. На сезонска (или месечна) скала, достапноста на соларните и хидроенергетски ресурси е генерално асинхрона [6]. Оперативно, ова значи да се намали зависноста од хидроенергетските

ресурси (зголемено акумулирање на вода) за време на сушната сезона, додека за време на дождовната сезона може да се намали зависноста од соларните ресурси, што е предност за зголемување на хидроенергетските ресурси.

Дополнително, мора да се согласиме дека изборот на соодветната локација е клучна компонента за развој на одржлив проект за ПФЕ [7]. Постојат неколку варијанти за развој и имплементација на предложениот проект ФЕЦ Козјак, кои ги дискутираме во продолжение.

3.1. Инвестициска фаза

Независно од природното богатство со енергија и енергенси, многу земји се фокусирани на обновливи извори на енергија и „зелена технологија“ како предмет за нови техно-економски исплатливи и енергетски одржливи инвестиции. Од микроекономско гледиште, промоцијата на стабилна инвестициска клима може да овозможи развој на енергетскиот сектор темелен на обновливи извори на енергија. Енергетскиот сектор по правило е капитално интензивен во однос на останатите индустрии. Инфраструктурниот развој бара долгорочно планирање и неизвесни оперативни хоризонти. Доколку регулаторната рамка може да обезбеди стабилни пазарни услови и регулација околу правата на сопственост и извршување на договорните ставки, тогаш може да се создаде и основа за привлекување на инвестиција за развој на нова енергетска инфраструктура.

За да инвеститорите покажат интерес за вакво вложување, потребно е да се обезбедат поттикнувачки погодности како и адекватна стапка на поврат на инвестицијата. Доколку не постои поттик или дефинирана откупна цена на енергијата, тоа може да ги обесхрабри инвеститорите на вложување. Инвестицијата од ваков вид и обем може да се реализира во форма на сопствено вложување на сопственикот на ХЕ Козјак, во случајот АД ЕСМ, односно Владата на Република Северна Македонија. Друг начин за развој на енергетскиот сектор заснован на обновливи извори, особено во мали земји во развој како што е Република Северна Македонија, е и методот на јавно-приватно партнерство. Пазарната „мимикрија“ на државата по пат на јавно-приватно партнерство може да поттикне нови бранови на приватни инвестиции, вработување на нова работна сила, вложувања во истражување и развој, развој на јавна инфраструктура, развој на пратечки финансиски инструменти и на крај зголемување на енергетската понуда.

Изборот на партнерот во едно такво јавно-приватно партнерство најчесто се реализира преку јавен оглас, било да е тоа национален или меѓународен за избор на соодветен партнер во реализацијата на проектот. Од друга страна, имајќи ги предвид современите трендови во реализација на капитални инвестиции, реализацијата на ваков проект може да се оствари и преку акционерско организирање на вработените во ХЕ Козјак, или пошироко АД ЕСМ, здружени во соодветна правна форма на организација, или пак преку издавање на обврзници на вработените во АД ЕСМ, или уште пошироко издавање на обврзници за сите заинтересирани граѓани во државата за инвестирање во електроенергетскиот сектор. Општо земено, трошоците за имплементација и ставање во функција на една ПФЕ пред се зависат од неколку клучни фактори, како што се: (1) локацијата на проектот; (2) длабочината на површината на водата; (3) варијацијата на нивото на вода; (4) услови на локацијата - брзина на ветерот и неговата насока, сончевото зрачење, амбиенталната температура, нивото на влажност и (5) инсталираниот капацитет на електраната.

На Сл. 1 претставена е приближната поделбата на трошоците според компонентите кај еден типичен проект за ПФЕ. Исто како и кај класичните соларни системи, фотоволтаичните модули имаат голем удел во севкупното разграничување на трошоците. Главната разлика лежи во цената на пловечката платформа и системот за анкерисување (темелење) и прицврстување на самата платформа на кое приближно отпаѓаат 38% од вкупните трошоци.



Сл. 1: Поделба на трошоците за пловечки фотоволтаични електрани

3.2. Методолошка фаза

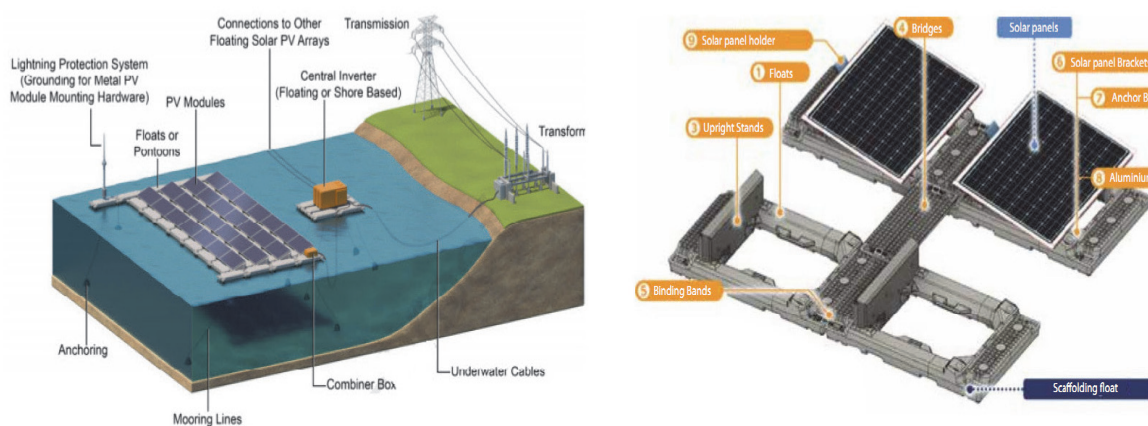
Доколку би се постигнала просечната специфична работна кота на акумулацијата од 450,50 м.н.в., согласно PQ – дијаграмот, една генераторска единица на ХЕЦ Козјак може да работи со проектирана снага од 40 MW. Меѓутоа нашата анализа покажува дека просечната моќност со која работи генераторот изнесува 35 MW, односно согласно специфичната десетгодишна кота на акумулација просечно недостасуваат 5 MW моќност по агрегат. Ова не наведува на размислување дека ПФЕ со инсталиран капацитет од 10 MW би го поништила оној дел на загуби согласно намалените хидролошки прилики и на тој начин целосно би се исполнил проектираниот план од 130 GWh годишно. Со овој начин на размислување се доаѓа до заклучок дека во прва фаза потребно е да се планира изградба на ФЕЦ Козјак со инсталиран капацитет од 10 MW. Понатака, би следела фазна надградба на оваа електрана во втора и трета фаза до максимална инсталирана моќност од 76 MW и планирано просечно годишно производство на електрична енергија од 137,1 GWh.

3.3. Техничка фаза

Приликите околу инфраструктурната расположлива можност на објектот мора да бидат разгледани од повеќе аспекти: инфраструктурен пристап, енергетско поврзување, од можноста за активна конекција помеѓу постојната ХЕ Козјак и предвидената по фази ФЕЦ Козјак, како и од расположивиот техничкиот персонал кој што ќе ја раководи, експлоатира и управува со системот од двете меѓусебно поврзани производни капацитети. Во делот на енергетската конекција, самата 110 kV постројка има едно слободно далеководно поле, покрај ДВ Скопје 3 и ДВ Самоков, што значи дека конекцијата може да биде изведена директно на 110 kV напонско ниво. Во делот на техничкиот кадар, секако дека ќе треба дополнување во зависност од потребата на капацитетот, меѓутоа една од најважните работи е веќе овозможената инфраструктура на комуникација со системот, телекомуникациски врски и можноста да се командува преку каскадниот софтвер на ХЕС Треска, вклучително и електраната ХЕЦ Света Петка и приликата за мониторинг, контрола и управување на самата ПФЕ, односно преку сопствените капацитети да ги пренесе сите релевантни податоци за активните параметри кон Диспечерскиот центар на АД ЕСМ што дава огромна заштеда во делот на исполнување на таа фаза, со цел исплатливост на проектот. Пловечката платформа претставува клучната компонента на ПФЕ бидејќи во себе ги поврзува и ги поддржува сите потребни компоненти

на електраната. Оттука изборот на соодветните материјали за пловечката платформа станува императив.

Бидејќи ПФЕ се инсталирани на водени површини, какви било варијации во нивото на вода, неговото нагло зголемување или намалување може да биде проблематично за електраната [8]. За да се избегне ваквата ситуација, може да биде разгледана можноста пловечката фотоволтаична електрана ФЕЦ Козјак – прва фаза да биде закотвена преку систем за анкерисување на брегот односно може да се оди со понтонски мостови кои ќе бидат прицврстени на брегот. Сепак, конечното решение треба да го даде соодветно изработен статички и динамички проект за работа на електраната во различни услови и со користење на податоци за конфигурацијата на теренот и неговите геолошки и хидролошки. На Сл. 2 дадени е шематски приказ на ПФЕ и клучните компоненти на дизајнот на пловечката платформа од производителот Sumitomo Mitsui Construction Co, Ltd [8].



Сл. 2: Шематски приказ на ПФЕ и неговите клучни компоненти

Општо земено, за помал капацитет на ПФЕ, инвертерот може да се наоѓа на копно во близина на фотоволтаичните низи, инаку за електрани со голем капацитет препораките бараат инвертерот да биде поставен на пловечката платформа за да се избегнат загубите од пад на напонот, односно изборот ќе го каже анализата дали ќе биде фиксиран на самата брана која што може да има свои предности и недостатоци или пак ќе биде како пловечки објект до самата ПФЕ. Всушност, во оваа фаза и во овој труд, авторите се насочени само во анализа на можностите и придобивките како еден ваков обновлив енергетски проект да се вклопи во работата на постојната ХЕЦ Козјак и суштински да допринесе за зголемување на планираното производство на електрична енергија.

Дополнително, имајќи предвид дека постојат уште неколку вакви соодветни локации (природни и вештачки езера) во државата кои можат да послужат за инсталирање на други вакви или слични ПФЕ, овој пилот проект би имал големо значење за стекнување на соодветно искуство во инсталација и користење на ваквите објекти и би дал значаен придонес кон подобрување на електроенергетската состојба во државата на подолг рок.

4. ЕНЕРГЕТСКИ И ФИНАНСИСКИ ПРИДОБИВКИ

Во последните 15 години сведоци сме на огромниот развој на технологија на обновливи извори на енергија. Иако на почетокот се силно поттикнати од државните политики, денес чистите технологии се технички и економски исплатливи, без или со многу помало ниво на

поддршка. Клучна работа во интеграцијата на обновливите извори на енергија е холистичкиот меѓусекторски пристап. За тоа потребно е примена на нови и современи технологии како и динамични и подобро поврзани пазари на електрична енергија. Основа на енергетската транзиција претставуваат новите финансиски механизми темелени на мрежниот паритет и пазарот со часовен пресметковен интервал, што позади себе ја повлекува силната потреба за отстранување на останатите препреки за обновливите извори на енергија [9]. Најголемата придобивка што ја нудат ПФЕ е тоа што за нивно поставување се користат постојни водени површини кои немаат големо стопанско значење. Ова е исклучително важно за нашата држава која е богата со земјоделско земјиште кое и понатака би останало во функција за производство на храна. Сенката врз водената површина која ја даваат самите соларни панели помага во намалување на стапката на испарување на водата и намалување на присуството на алгите. Соларните панели се издржливи, можат да работат при високи температури и бараат низок степен на одржување. Ефикасноста има тенденција да се намалува како што се зголемува температурата, но водената површина помага во ладењето на соларните панели со што се зголемува ефикасноста на системот. Најважно е дека за пловечката фотоволтаична електрана може да се искористи постојната енергетска инфраструктура и далноводите на ХЕЦ Козјак, со што значително би се намалиле капиталните трошоци. Со диверзификација на економијата, односно со диверзификација на производството на енергија, би се влијаело на покренување на активности поврзани со развој на обновливи извори на енергија, како што се пловечките фотоволтаични електрани, а со самото тоа ќе се создадат и услови за отварање на нови работни места, што ќе поттикне раст и развој на економијата.

Со реализацијата и затворањето на целокупната инвестиција на проектот: ПФЕ - ФЕЦ Козјак, се зајакнува инвестицискиот циклус во Република Северна Македонија, а се очекува помеѓу останатото, да се постигнат и следните придобивки:

- ★ Зголемување на инсталираната моќност на АД ЕСМ за дополнителни 76 MW и годишното производство од дополнителни 137,1 GWh,
- ★ Зголемување на уделот на обновливи извори во производството на електрична енергија од АД ЕСМ. Република Северна Македонија има обврска кон Европската Унија за исполнување на целите за 20% производство од обновливи извори во енергетскиот биланс, цел која е поставена и поддржана од сите релевантни институции во Република Северна Македонија

Имплементирањето на можни инвестиции во обновливи извори на енергија посебно за соларната енергија, ќе бидат значаен потег за обезбедување на одржливиот развој и иднината на енергетскиот сектор, од кои се очекува да ги спречат сите ризици кои може да се појават во развојот на енергијата како на локално, национално така и на глобално ниво.

5. ЗАКЛУЧОК

Енергетскиот сектор, без никаков сомнеж, треба да биде основен двигател за постигнување на одржлив економски раст и развој. Многу автори сугерираат дека вклучувањето на обновливите извори на енергија во „енергетскиот микс“ може да и помогне на земјата да исчекори пред идниот раст на потрошувачката на енергијата и макро-економски раст при тоа намалувајќи го загадувањето на животната средина како и претераното искористување на конвенционалните извори на енергија.

Од друга страна, развојот на проекти кои промовираат обновливи извори на енергија како што се ПФЕ се одличен пат кон привлекување инвеститори и макро-економски развој на мали постројки кои произведуваат енергија примарно за домашниот индустриски сектор и домаќинствата, но при тоа имаат можност и за извоз на енергијата на странските пазари. Од

тие причини Република Северна Македонија е исправена пред предизвикот од спроведувањето на обновливи енергенси, пред се сончева енергија, која ја има во изобилство и чие користење е бесплатно. Макроекономската политика на Република Северна Македонија се стреми кон долгорочен одржлив економски развој, економска стабилност, зголемување на конкурентноста на економијата, зголемување на работните места, а со тоа и одржување на повисоко ниво на животниот стандард на населението. Покрај тоа што има позитивно влијание на околината, обновливите извори на енергија може да понудат диверзификација во искористувањето на различните извори на енергија, односно долгорочна достапност на енергетската понуда.

Истовремено, може да се користат во промовирање на регионалниот развој со тоа што развојот е можен во мали недоволно развиени подрачја кои немаат пристап до конвенционални извори на енергија, што ги намалува економските, но во исто време и опортуните трошоците. На крај, како краен заклучок се наметнува фактот дека за развој на Република Северна Македонија потребни се инвестиции во енергетскиот сектор, примарно насочување на мерките за заштеда на електричната енергија, флексибилни политики кои ќе создаваат услови за што поголемо искористување на расположливата, еколошки прифатлива обновлива енергија, со посебно внимание на соларната енергија. Како понатамошни активности, на авторите им преостанува да се позанимаваат подетално со техно-економските параметри и можности за изведба на првата фаза, односно пилот проект за ПФЕ ФЕЦ Козјак со инсталирана моќност од 10 MW.

РЕФЕРЕНЦИ

- [1] Solar-Hydro (2021). Floating solar PV on dam reservoirs, Hydropower & Dams, 4, 2021 (достапно на: https://www.hydropower-dams.com/wp-content/uploads/FPV_report.pdf).
- [2] Brandon, S. (2017). China just switched on the world's largest floating solar power plant. World Economic Forum, June 2, 2017, (достапно на: <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/china-worlds-largest-floating-solar-power/>).
- [3] Jonathan Arias, (2018). Solar energy, energy storage and virtual power plants in Japan, EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, Tokyo, October 2018.
- [4] Gamarra, C., & Ronk, J.J. (2019). Floating Solar: An Emerging Opportunity at the Energy – Water Nexus. *Texas Water Journal*, vol.10, No. 1, pp. 32-45.
- [5] Електрани на Република Северна Македонија. (2022). Обновливи извори на енергија, (достапно на: https://www.esm.com.mk/?page_id=9751).
- [6] Farfan, J. & Breyer, C. (2018). Combining Floating Solar Photovoltaic Power Plants and Hydropower Reservoirs: A Virtual Battery of Great Global Potential. *Energy Procedia*, vol.155, No.20, pp. 403-411.
- [7] Cazzaniga, R., Cicu, M., Rosa-Clot, M., Rosa-Clot, P., Tina, G.M., & Ventura, C. (2018). Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.81, pp. 1730-1741.
- [8] Sachin, J.M., Sagar, R., Dipti, R., Nandan, T.G., Tejeshkirin, T., & Praveen Kumar, N. (2021). Design and Implementation of floating solar power plant. *Open access international Journal of Science & Engineering*, vol.6, No.2, pp. 12-34.
- [9] Б. К. Хоџ (2013). Алтернативни енергетски системи и примени, Арс Ламина, Скопје.