

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Енергија и животна средина

Број индекса: 912/2014

Тијана С. Туцаковић

**Потенцијал и коришћење ОИЕ за производњу
електричне енергије у Србији**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Данијела Николић– ментор

Датум одбране:

2. _____

3. _____

Оцена: _____

У дипломском раду кандидат треба да представи обновљиве изворе енергије који се у Републици Србији користе за добијање електричне енергије. Детаљно описати потенцијале и искоришћење хидроенергије, соларне енергије и енергије ветра и дати преглед актуелних података о производњи и потрошњи електричне енергије у Републици Србији. Посебан осврт дати на мини хидроелектране.

Препоручена литература:

1. Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине: НАЦИОНАЛНИ АКЦИОНИ ПЛАН ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, Београд, 2013
2. Зелена енергија: Хидроенергија, доступно на: <http://www.zelenaenergija.pks.rs/ZelenaEnergija.aspx?id=59&p=1&>
3. Ј. Звездановић Лобанова, М. Лобанов, М. Звездановић: Изградња мини хидроелектрамна у Србији: Повећање еколошке задужености или развој?, Институт друштвених наука, Руска академија наука, Београд, 2016

Крагујевац, 15.03.2021. године

Ментор:

Др Данијела Николић, доцент

Резиме: У оквиру рада представљени су обновљиви извори енергије (ОИЕ) који се користе за добијање електричне енергије у Републици Србији. У првом поглављу је дат приказ обновљивих извора енергије, као и принцип добијања енергије из ОИЕ. У другом поглављу је дат приказ искорићености и потенцијала обновљивих извора енергије у Републици Србији. У трећем поглављу је дат приказ искорићености и потенцијал ОИЕ за добијање електричне енергије са (хидроенергија, соларна енергија и енергија ветра) и дат је преглед актуелних података о производњи и потрошњи електричне енергије у Републици Србији. Посебан осврт је дат на мини хидроелектране.

Кључне речи: обновљиви извори енергије, електрична енергија, Република Србија

Abstract: The paper presents renewable energy sources (RES) used to generate electricity in the Republic of Serbia. The first chapter presents renewable energy sources, as well as the principle of obtaining energy from RES. The second chapter presents the utilization and potential of renewable energy sources in the Republic of Serbia. The third chapter presents the utilization and potential of RES for obtaining electricity from (hydropower, solar energy and wind energy) and provides an overview of current data on electricity production and consumption in the Republic of Serbia. Special attention is given to mini hydro power plants.

Key words: renewable energy sources, electricity, Republic of Serbia

Садржај

1. Увод	1
2. Обновљиви извори енергије (ОИЕ)	2
2.1. Соларна енергија	2
2.2. Биомаса	4
2.3. Хидроенергија	5
2.4. Геотермална енергија	9
2.5. Енергија ветра.....	13
3. Обновљиви извори енергије у Европској унији.....	16
4. Енергетски токови у Србији	22
5. Потенцијал обновљивих извора енергије за производњу електричне енергије у Србији	25
5.1. Соларна енергија	26
5.2. Енергија ветра.....	29
5.3. Хидроенергија	35
5.3.1. Мини хидроелектране.....	45
6. Закључак	52
Литература.....	53

1. Увод

У данашњем периоду када се број становника полако приближава осмој милијарди, све је теже порицати чињеницу да људи и њихове активности негативно утичу на климу Земље. Све већи градови и села, све више магистралних и аутопутева, захтевају све већу количину енергије. Готово 80% светске енергије долази од сагоревања нафте, угља и гаса. Очигледно је да велике количине сагорелих фосилних горива доносе одређену корист, али ништа није бесплатно. Све је више доказа да је планета у великом проблему. Како су извори фосилних горива исцрпљени, а цена енергената расте, потребно је наћи алтернативне изворе енергије. Научници су почетком 1970 - тих година схватили да се планети Земљи свакодневно наноси штета, као и да природни ресурси не трају вечно. Све веће број природних катастрофа, изливање опасног отпада, уништавање шума и чисте воде, допринели су одлуци да се по питању заштите животне средине нешто предузме. Иако је прошло на хиљаде година, велики број људи још увек зависе од енергије добијене сагоревањем дрвета. Сагоревањем дрвета се обезбеђује се енергије потребна за припрему хране и огрев. Такође, велики проблем представља и употреба фосилних горива у транспорту, домаћинствима и индустрији.

Према извештају Електропривреде Србије (ЕПС), у 2018. години највише енергије повлашћени и привремени повлашћени произвођачи су генерисали у хидроелектранама, затим у ветропарковима и електранама на природни гас. У 2017. години је укупна производња била 426 GWh. Ситуација се променила прошле године, када су прво место преузеле ветроелектране, са 892 GWh од укупно 1361 GWh. Прошле године су званично почели да раде велики ветропаркови- Чибук 1, снаге 158 MW, Ковачица, снаге 104,5 MW, и Кошава, снаге 69 MW. Повлашћеним произвођачима у 2018. години за испоручену енергију исплаћено је 7,4 милијарде динара, а у 2019. скоро duplo више, 13,6 милијарди динара. У 2018. години потрошња финалне енергије на светском нивоу износила је 1615 Мтое природног гаса, 4043 Мтое нафте, 984 Мтое угља и 620 Мтое чврсте биомасе. У већини земаља повећава се удео обновљивих извора енергије, како би се смањила емисија штетних гасова, зависност од увоза нафте и смањила производња енергије сагоревањем фосилних горива. Међународне политике захтевају производњу електричне енергије из обновљивих извора енергије и пружају подстицаје за употребу биогорива у транспорту. Употреба обновљивих извора енергије више није ствар воље, већ обавезе. Европска унија путем својих директива налаже веома јасне циљеве када је употреба обновљивих извора енергије у питању. Република Србија је у процесу приступања ЕУ, па самим тим усаглашава законе са њиховим директивама. Поред тога, Србија је чланица Енергетске заједнице, што је обавезује да повећа удео обновљивих извора енергије [1]. У наредним поглављима биће објашњено шта су обновљиви извори енергије.

2. Обновљиви извори енергије (ОИЕ)

Обновљиви извори енергије представљају неисцрпне изворе енергије из природе који се обнављају у одређеном временском интервалу, у целости или делимично. Експлоатишу се са циљем производње електричне, топлотне и механичке енергије, а њихова значајна одржива карактеристика јесте нешкодљивост за околину, са смањеном или редукованом емисијом CO_2 у процесу производње енергије [2].

Финални облик енергије која се данас користи како би се подмириле људске потребе углавном је електрична или топлотна, а добија се у великом проценту од фосилних горива. Фосилна горива спадају у необновљиве изворе енергије. Термин необновљиви извори енергије се односи на горива, која су настала у неком прошлом времену, а период за њихову обнову је дугачак. У фосилна горива спадају: нафта и њени деривати, угаљ, тресет и природни гас. Поред ових извора енергије постоје и обновљиви извори енергије. Према Закону о енергетици („Службени гласник РС“ бр. 145/2014 и 95/2018- др. закон) обновљиви извори енергије представљају нефосилне изворе енергије попут водотокова, биомасе, ветра, сунца, биогаса, депонијског гаса, гаса из погона за прераду канализационих вода и извори геотермалне енергије [3].

2.1. Соларна енергија

Више од 99,9% протока енергије на земљиној површини долази од сунчевог зрачења, док је остала енергија из геотермалних, гравитационих и нуклеарних извора. Сунце је звезда просечне величине, чији је пречник 864000 km, а удаљеност од планете Земље 93 милиона km. Сунце је гигантски нуклеарни фузиони реактор чија су унутрашња и површинска температура 10000 ° C [4].

Енергија сунчевог зрачења се распрострањује по површини Земље у зависности од географске ширине, годишњег доба и дужине дана. Када се говори о искоришћености сунчевог зрачења као извора енергије, увек се мисли на енергију зрачења која допире до Земљине површине. Интензитет сунчевог зрачења се мења у току године због промена удаљености Земље од Сунца. При пролазу кроз атмосферу део сунчевог зрачења апсорбирају гасови (кисеоник, водена пара, угљен - диоксид), део се рефлектује (на молекулима гасова, честицама прашине), а део се реемитира, односно поново емитује. Смањење енергије директног сунчевог зрачења при пролазу кроз атмосферу зависи од атмосферских прилика (ведро, полуоблачно, облачно), загађености атмосфере и надморске висине.

Енергија сунчевог зрачења или соларна енергија је обновљиви извор енергије. Сунце је непосредно или посредно, извор готово све расположиве енергије на Земљи.

Сунчева енергија потиче од нуклеарних реакција у његовом средишту, где температура достиже 15 милиона °C [5]. Ради се о фузији, код које спајањем водоникових атома настаје хелијум, уз ослобађање велике количине енергије. Сваке секунде, 657 милиона t изотопа водоника се претвара у 653 милиона t хелијума. Преостала маса од 4 милиона t се претвара у енергију, према Ајнштајновој једначини, $E = mc^2$:

$$\text{Снага сунца} = (4 \times 10^9 \frac{\text{kg}}{\text{s}}) (3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 3.6 \times 10^{26} \text{ W [4].}$$

Ова енергија се у виду светлости и топлоте шири у свемир па тако један њен мали део долази и до Земље. Нуклеарна фузија одвија се на Сунцу већ око 5 милијарди година, колика је његова процијењена старост, а према расположивим залихама водоника се може израчунати да ће се наставити још отприлике 5 милијарди година. Значајнији проблеми при употреби енергије сунчевог зрачења су мала густина енергетског тока, осцилација интензитета зрачења у току дана, зависност зрачења од климатских услова, интензитет зрачења се по правилу поклапа са интензитетом потрошње, немогућности нагомилавања енергија, као и њена неекономичност у поређењу са осталим изворима енергије.

Соларна енергија се може директно претварати у топлотну енергију или у електричну енергију, што су корисни облици енергије. Електрична енергија је најкориснији облик енергије данашњем човечанству јер се може једноставно претворити у користан рад. Соларна енергија представља „мотор“ за већину обновљивих извора енергије. Секундарни извори енергије које покреће соларна енергија, попут енергије ветра, хидроенергије и биомасе, чине већину обновљивих извора енергије на земљи. Геотермална енергија и енергија плиме и осеке нису секундарни производ соларне енергије, јер би постојале и без соларног зрачења. Соларна енергија је обновљиви извор енергије јер се не може потрошити попут фосилних горива и врло чист извор енергије након инсталације, јер нема штетних емисија или загађења насталог због употребе соларних панела или соларних ћелија. Основне технологије које користе директну конверзију соларног зрачења су:

- Соларни колектори- Соларна енергија се претвара у топлотну енергију. Већином се користи за грејање воде.
- Фотонапонски панели- Претварање соларне енергије директно у електричну енергију [5].

Као пример на слици 1 је приказана примена фотонапонских система на стамбеном објекту.



Слика 1. Приказ ПС соларних система [6]

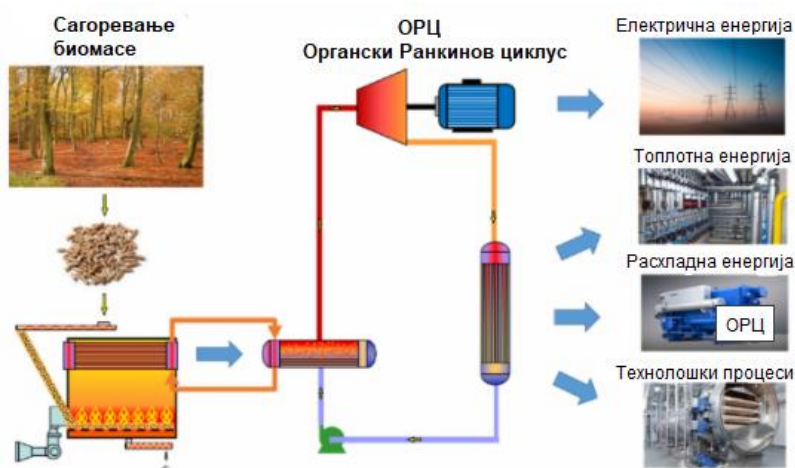
2.2. Биомаса

Под појмом биомаса се подразумева широк опсег остатака биљних култура и материјала који су настали биолошким путем. Чврста биомаса је биоразградиви материјал који се добија из шумског отпада (гране, кора), отпада дрвне индустрије (пиљевина, струготина, опилци), остатка пољопривредних култура (слама, плева, шаша), наменских енергетских засада. Биомаса је први и најстарији извор енергије који су људи користили, која се данас широко употребљава за добијање како топлотне тако и електричне енергије, чиме се доприноси очувању и заштити животне средине.

У зависности од врсте, влажности и крупноће комада биомасе разликују се технологије њене припреме и сагоревања - односно типова (конструкција) ложишта котлова у којима се врши сагоревање. За сагоревање се, углавном користе класичне технологије сагоревања на решетци, која може бити непокретна, покретна, коса и степенаста. Производња топлотне енергије из биомасе има низ специфичности, које морају да се узму у обзир приликом пројектовања термоенергетских система, избора опреме и експлоатације. Због знатног развоја у електроници и њеним све приступачнијим ценама треба тежити ка томе да се регулација рада аутоматизује у што већој мери, чиме би био омогућен њихов енергетски, економски и еколошки ефикасан рад, као и значајно повећање степена поузданости. Животни век постројења на биомасу је процењен на преко 20 година. Котлови на биомасу се користе за генерацију топлотне енергије за потребе технолошких процеса у индустрији или за грејање стамбено-пословних објеката.

Истовремено добијање топлотне и електричне енергије се постиже применом Органског Rankin - овог циклуса (ОРЦ). ОРЦ је пример ефикаснијег и поузданијег облика когенерације, који се примењује у Европи, у широком опсегу добијених снага од 0,2 до 5 MW и више. Имплементација оваквог система је најисплативија у подручјима која су богата шумом, где би се истовремено производила неопходна биомаса. ОРЦ користи

међукруг термалног уља, који служи као посредник за пренос топлоте са димних гасова на радни флуид, који је у овом случају није вода већ органски флуид. Предности ОРЦ система су висок степен ефикасности циклуса, (посебно у случају примене когенерације), флексибилност система, велика инерција система, аутоматска и безбедна контрола и рад, нижи притисак у котлу, висок степен ефикасности турбине (до 85%), ниски механички стрес турбине, нема ерозије лопатица турбине, веома дуг радни век машине (нема ерозије и корозије цевовода, вентила, лопатица турбина), није потребан систем за пречишћавање воде, једноставна СТАРТ- СТОП процедура, миран рад. Обзиром на флексибилност ОРЦ система користе се у разним применама као што су централно грејање (топлане), производња пелета, пилане (и сличне индустрије које као нус производ имају биомасу), тригенерацијски системи са апсорпционим чилерима и многе друге (слика 2) [7].



Слика 2. ОРЦ циклус [7].

2.3. Хидроенергија

Сунчева енергија која допире до Земљине површине изазива испаравање воде на површинама океана, река и језера, али и са површине тла и из биљака. Та вода се подиже у облику водене паре на одређену висину, при чему се стварају се облаци. Падавине падају на земљу, па та вода има потенцијалну енергију према нивоу мора. Ако је просечна висина копна 700 m изнад мора, површина копна 130106 km² и ако су просечне падавине 0.9 m воденог талоба онда је укупна потенцијална енергија падавина које падају на копно око 220000 TWh годишње. Данашња светска производња је око 2800 TWh годишње. Али само мањи део те потенцијалне енергије се може употребити јер је потребна одређена концентрација воде, а то се остварује у водотоцима. Од падавина које падају на копно само мали део стиже у водотоке, остало преузимају биљке или одлази у унутрашњост земље. За сваку тачку водотока (профил водотока) могуће је на основу топографије

земљишта одредити површину земљишта или такозвано атмосферско подручје са којег вода дотиче у водоток. Однос количине воде која се током године појављује у водотоку (на посматраном профилу) и количине падавина на атмосферском подручју (на посматраном профилу) се назива фактор отицања. Он зависи од климе, топографских и геолошких утицаја.

- **Енергија водотока**

Количина воде која протиче водотоком у јединици времена (m^3/s) или проток није константна величина, већ зависи од падавина, топљења снега и количине воде која подземним путем дотиче до водотока. Може се рачунати да је проток у току 24 h константани и назива се средњим дневним протоком. Аритметичка средина дневних протока у једној години је средњи годишњи проток, а током низа година (25 - 40 година) средњи вишегодишњи проток. Идући од извора ка ушћу просечни вишегодишњи доток све више расте јер се повећавају атмосферска подручја па су количине воде од падавина које гравитирају водотоку све веће. Истовремено од извора ка ушћу кота нивоа површине воде постаје све мања. Сваком профилу водотока одговара одређена кота H (висина изнад површине воде у метрима) и одређени средњи вишегодишњи проток Q (m^3/s). Када се искоришћава потенцијална енергија воде између две коте говори се о коришћењу воде на паду који је једнака разлици кота.

У последњих 30-ак година производња енергије у хидроелектранама је утростручена. У нуклеарним електранама је у истом раздобљу производња повећана готово сто пута. То је због тога јер коришћење хидроенергије има своја ограничења. Не може се користити свуда јер подразумева велику количину брзе текуће воде, а пожељно је и да је има довољно целе године, јер се електрична струја не може јефтино ускладиштити. Да би се поништио утицај осцилација водостаја граде се бране и акумулацијска језера. То знатно диже цену целе електране, а и диже се ниво подземних вода у околици акумулације. Ниво подземних вода има доста утицаја и на биљни и животињски свет, па према томе хидроенергија није сасвим безопасна за околину. Велики проблем код акумулирања воде је и заштита од потреса, а у задње време и заштита од терористичког чина. Проток код ХЕ је веома променљив па се никада не гради ХЕ капацитета која може искористити сву воду, у доба великих протока, јер у осталим периодима машине не би могле радити пуним капацитетом. Зато је средњи искористиви проток мањи од средњег вишегодишњег протока. Постоје и губици у цевоводима и машинама, што значи да постоји количина енергије и снаге која је мања од средње снаге и енергије водотока. Количина енергије која би се могла обухватити изградњом економичних постројења се назива економски искористивом енергијом водотока. Процењује се да је искоришћено око 25% светског хидроенергетског потенцијала. Већина неискоришћеног потенцијала налази се у неразвијеним земљама, што је повољно јер се у њима очекује знатан пораст потрошње енергије. Преостали потенцијал у електранама снаге преко 10 MW може бити искоришћен у 52 ХЕ просечне снаге од око 25 MW.

- **Хидроелектране (ХЕ)**

Хидроелектране су енергетска постројења у којима се потенцијална енергија воде претвара прво у механичку енергију, преко хидрауличних турбина, а потом у електричну енергију, посредством електричног генератора. Енергетске карактеристике сваке ХЕ зависе од водотока на коме се она гради, односно од протока, укупне расположиве воде и њене расподеле током године и пада. Конструкционим мерама се могу побољшати услови за коришћење природног водног потенцијала, у првом реду преграђивањем водног тока браном и формирањем акумулационих језера. На тај начин се подиже ниво воде и искористиви пад се концентрише на знатно краћу дионицу речног тока, уз истовремено смањење губитака пада. Хидроелектране су окарактерисане и са величином акумулационог базена, где се разликује укупна и корисна запремина базена.

Постоје три основне врсте хидроелектрана:

- проточне,
- акумулацијске (Hydroelectric Dam) и
- реверзибилне (Pumped-storage Plants) хидроелектране.

По дефиницији проточне хидроелектране су оне које немају узводну акумулацију или се њихова акумулација може испразнити за мање од два сата рада код називне снаге. То значи да се кинетичка енергија воде користи скоро директно за покретање турбина. Режим рада проточних хидроелектрана је одређен дотоком воде у акумулацију, док се у случају акумулационих хидроелектрана могу вршити изравнавања производње у краћим или дужим временским интервалима. Акумулацијске хидроелектране су најчешћи начин добијања електричне енергије из енергије воде. Проблеми настају у летњим месецима када природни доток постане премали за функционисање електране. У том случају се брана мора затворити и потребно је одржавати барем ниво воде која је биолошки минимум. Велики проблем је и дизање нивоа подземних вода. Потрошња електричне енергије зависи од доба дана, дана у седмици, годишњег доба и слично. Ове хидроелектране се сличне деривацијским, са тим што је проток воде у оба смера кроз деривацијски канал. Кад је потрошња енергије мала вода се пумпа из доњег језера у горњу акумулацију. То се обично ради ноћу, јер је тада потрошња енергије најмања. Дању се пребацује на производњу електричне енергије и тада се празни горња акумулација. Конвенционалне хидроелектране имају увек смер кретања воде од акумулационог базена ка турбини, тако да их карактерише само турбински погон. У зависности од смештаја машинске грађевине се класификују као прибранске и деривационе. Ако је постројење, односно машинска хала хидроелектране смештена непосредно у подножју бране која је омогућила концентрацију пада може се употребити сав доток који долази до хидроелектране. То је такозвани прибрански тип хидроелектране. Код већих падова се гради деривациони тип где се вода каналима или цевима доводи до машинске хале. Овде остаје неискоришћени доток између бране и постројења, па је још већа разлика између технички искористиве и бруто енергије

водотока. Реверзибилне хидроелектране су окарактерисане постојањем горњег и доњег акумулационог базена и пумпног турбинског постројења. У периодима малих оптерећења вода из доњег базена се пумпа у горњи базен (пумпни погон), да би се у периоду великих оптерећења вода из горњег базена пропуштала кроз турбине у циљу производње електричне енергије, као у конвенционалним хидроелектранама (турбински погон).

- **Мале хидроелектране (МХЕ)**

Оријентација на коришћење малих хидропотенцијала захтева де се приликом разраде дугорочне развојне политике утврде расположиве енергетске могућности малих водотока, али без израде одговарајуће техничке документације то је несагледиво. Неки аутори тврде да мали енергетски потенцијали износе 5-7%, а други око 10% укупног енергетског потенцијала земље. Те процене се стално мењају у зависности од дефинисања горње инсталисане снаге МХЕ.

Основни параметри, које би требало користити у класификацији МХЕ јесу:

- инсталисана снага агрегата
- врста агрегата у односу на турбину и
- начин рада
- број обртаја
- начин рада о односу на општи енергетски систем
- инсталисани пад, итд.

Према снази турбине постоји подела на микро турбине са снагом до 100 kW, мини турбине чија је снага до 1 MW и мале или средње турбине снаге до 10 MW. Према расположивом паду и снази постоји поделу која је приказана у табели 1.

Табела 1. Подела малих хидроелектрана [8].

Тип ХЕ	Снага [kW]	Пад [m] мали	Пад [m] средњи	Пад [m] велики
Микро ХЕ	до 50	испод 15	15-50	преко 50
Мини ХЕ	50-500	испод 20	20-100	преко 100
Мале ХЕ	500-5000	испод 25		преко 130

На слици 3 је приказана шема једне мале хидроелектране, као и могућност изградње на релативно малим токовима и са малим падом.



Слика 3. Шема МХЕ- мали пад [8]

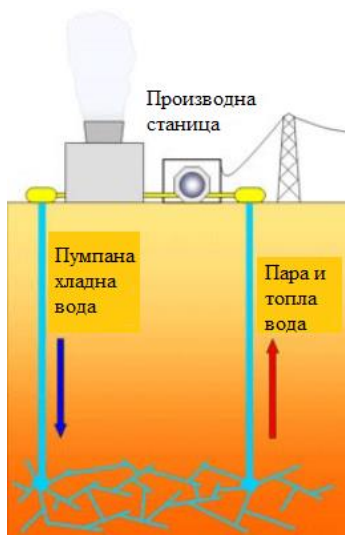
2.4. Геотермална енергија

Велика количина термалне енергије нестаје као резултат постепеног и природног распадања радиоактивних елемената који се налазе у сувим стенама Земљине коре (уран, торијум и калијум). Кад вода у унутрашњости земље дође у додир са врућим стенама, она се брзо угреје на температуру од неколико стотина $^{\circ}\text{C}$. Ако је стена пропусна, угрејана вода ће се појавити на површини као врућа или кључала вода или као пара. У непропусним стенама загрејана вода остаје затворена и она ће се појавити само кроз вештачки створену бушотину или при земљотресним поремећајима [9].

Почетак коришћења топлоте земље је везан за мало италијанско место Larderello. Тамо је 1904. године започето експериментисање са обликом производње електричне енергије када је пара употребљена за покретање мале турбине која је напајала 5 сијалица. Тај експеримент се сматра првом употребом геотермалне енергије за производњу електричне енергије. Тамо је 1911. започела изградња прве геотермалне електране, која је завршена 1913. и била је снаге 250 kW. То је била једина геотермална електрана у свету пола века.

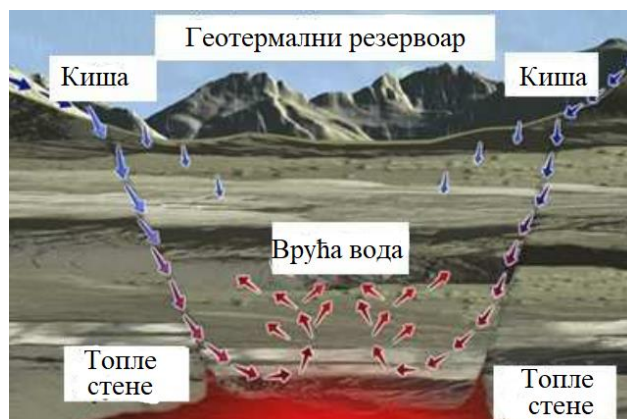
Принцип рада: хладна вода се упумпава на вруће гранитне стене које се налазе близу површине, а напоље излази врућа пара температуре веће од 200°C и под високом притиском пара покреће турбине, које покрећу генераторе (слика 4). Иако су сва постројења у Larderello - у уништена за време другог светског рата, она су поново изграђена, проширена и користе се и данас. То постројење напаја електричном енергијом

око милион домаћинстава, односно производи готово 5000 GWh годишње, што је око 10% укупне светске производње електричне енергије из геотермалних извора [10].



Слика 4. Принцип рада геотермалног постројења- производња електричне енергије [9].

Геотермални резервоари (слика 5) топлотне енергије се налазе унутар Земљине коре из којих се на економичан начин може искоришћавати топлота која се на површини користи за грејање и производњу електричне енергије, у индустрији, пољопривреди, угоститељству, домаћинствима, и слично. Карактеришу их његова дубина, дебљина и опсег, својства стена, салинитет и хемијски састав постојећих флуида у резервоару, као и температура, порозност и пропусност стена. Постоје вреле стене које су толико непрпусне да до њих не може допрети вода са површине. Оне би се могле искористити као енергетски извор ако би се на погодним местима извеле бушотине у које би се доводила вода и одводила пара. Природно изношење топлоте на површину Земље (на јединицу површине) је доста ниско и износи $5 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$. Осим радиоактивног распада, топлота у Земљиној унутрашњости се ствара и егзоенергијским хемијским реакцијама, кристализацијом и укрупњавањем растопљених материјала, као и трењем при кретању тектонских маса. Под геотермалним ресурсима се подразумевају геотермалне воде које се налазе у подземним лежиштима која се не напајају, као и воде које пролазе кроз подземна лежишта и напајају се природно или вештачки- утискивањем.



Слика 5. Геотермални резервоар [10].

Иако још није дефинисана стандардна међународна терминологија за класификацију геотермалних ресурса, егзистира неколико начина њихове класификације:

- према степену истражености и нивоа доказаности извора, степену познавања хемијског састава, физикалних својстава, као и познавања параметара за утврђивање резерви и припремљености за експлоатацију, укупне резерве минералне и геотермалне воде сврставају се у:
 - утврђене (билансне и ванбилансне) резерве минералне и геотермалне воде,
 - потенцијалне (вероватне) резерве минералне и геотермалне воде, које се познатом техником и технологијом не могу експлоатисати и рентабилно користити,
- према врсти геотермалних лежишта:
 - **обзиром на начин уласка и изласка воде из лежишта, разликују се следеће категорије:**
 - улаз и излаз су природни отвори - напајалиште и врело (због излазне температуре углавном ниже од 30 °C нису подобна за енергетско коришћење),
 - улаз је природни отвор, а излаз бушотине (артешки извор);
 - улаз и излаз су бушотине (експлоатација оваквог типа лежишта инвестицијски је веома захтевна, јер треба уложити велика средства у бушотине и системе за сабирање и поновно утискивање геотермалне воде, јер због високе температуре и могуће повећане минерализације и садржаја радиоактивних састојака, овакву воду је потребно искористити у затвореном систему и поновно утискивати назад у лежиште из еколошких разлога
 - **обзиром на термодинамичке и хидролошке особине, разликују се:**
 - хидрогеотермална лежишта ниске енталпије (лежишта вруће воде карактеризоване текућом водом као континуираном фазом ниске енталпије, на релативно малим дубинама као и нормалним температурним градијентом, при чему је притисак лежишта отприлике једнак хидростатском, што може указивати на површинско напајање),

- хидрогеотермална лежишта високе енталпије (лежишта водене паре високе енталпије, најчешће са локацијом у подручјима с израженим вулканизмом, са високим температурним градијентом и температурама, које су најчешће више од 250 °C на дубинама мањим од 2 km, па се овака лежишта врло ретко налазе, али се најједноставније и економично користе),
- геопритисна геотермална лежишта (ова лежишта геотермалне воде се налазе на релативно великим дубинама под геопритиском, а формирају се дијагенезом наталоженим слојевима пешчењака и глина у дубоким седиментним базенима, где егзистира врло висок притисак, који омогућава коришћење механичке, топлотне и хемијске енергије из ових ресурса (лежишта су под притисцима већим од хидростатичког стуба, средњетемпературних вредности од 140 до 180 °C, при чему често садрже значајније количине отопљеног угљен- диоксида и метана),
- вруће и суве стене на великим дубинама, које су веће од 4÷5 km, где се налазе велике масе стена у којима је акумулисана топлотна енергија, за чије искоришћавање је потребно довољно дубоко избушити стене (са циљем добијања довољно велике површине за прелаз топлоте између стене и воде која се кроз бушотину утискује међу распуцане стене, при чему се загрејана вода одводи кроз другу бушотину на површину и тамо се енергетски искоришћава), при чему овај процес тренутно још није економски исплатив, иако постоје многобројни пилот пројекти,
- **према температури лежишног флуида у геотермалном резервоару:**
- ниско температурне (< 90 °C, а по неким ауторима овај опсег је 50÷100 °C),
- средње температурне (90÷150 °C, а по неким ауторима и 100÷220 °C) и
- високо температурне флуиде (>150 °C, по неким ауторима и 220 °C).

Високо температурни флуиди се користе углавном за производњу електричне енергије, док се ниско и средње температурни флуиди користе у директној употреби (у топлотне сврхе) и индиректно када се трансформише топлота, а искоришћени флуид се враћа у геотермално лежиште помоћу ињекционе бушотине.

Геотермална енергија се тренутно оптимално користи на местима где су се на површини појавили извори топлоте или вреле воде, као и гејзирски извори паре. Већи део геотермалних изворишта имају температуре воде од 30 до 100 °C. Овакви носиоци топлоте се користе за грејање стамбених просторија (опсег од 50 до 100 °C, а са 40 °C корисне температуре у појединим случајевима уз примену топлотне пумпе које увећавају до 4 °C), за купање и балнеологију, јер већина термалних вода носи са собом отопљене соли и гасове, које је примила на свом путу до површине Земље, па се такве воде користе у бањско рекреативним установама, хортикултуру, као што су стакленици, пластеници и грејање земљишта и сточарских штала, индустријске процесе загревања и пољопривредно сушење (хлађење и индустријска прерада обично захтијевају температуре преко 100 °C),

аквакултуру и топљење снега (слика 6). За производњу електричне енергије, користећи парне турбине, основа могу бити изворишта са температурама $100\div 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ [10].



Слика 6. Пример коришћења геотермалне енергије (дизалица топлоте која је спојена на систем подног грејања) [10].

2.5. Енергија ветра

Ветар је хоризонтално струјање ваздушних маса настало услед разлике у температури, односно просторне разлике у ваздушном притиску. Ветар је последица Сунчевог зрачења, односно енергија ветра је трансформисани облик Сунчеве енергије, а на његове карактеристике у великој мери утичу и географски чиниоци. Постоје делови Земље на којима дувају такозвани стални (планетарни) ветрови и на тим подручјима је искоришћење енергије ветра најисплативије. Добре позиције су обале океана и пучина мора. Пучина се истиче као најбоља позиција због константних ветрова, али цене инсталације и транспорта енергије коче такву експлоатацију. Код претварања кинетичке енергије ветра у механичку енергију (окретање осовине генератора) искоришћава се само разлика брзине ветра на улазу и на излазу [11].

Ветар као облик сунчеве енергије представља усмерено кретање ваздушних маса. Настаје као последица разлика у атмосферским притисцима, које су узроковане неједнаким загревањем ваздушних маса. Разликују се глобални и локални ветрови. Кинетичка енергија ветра се трансформише у механичку енергију помоћу ветротурбине. Брзину обртања ветротурбине (која износи неколико десетина обртаја у минути) обично је потребно прилагодити захтеваној брзини генератора. Зато се користи механички редуктор. Електрични генератор, користи се и термин ветрогенератор, по аналогији са хидрогенератором и турбогенератором, може бити синхрони или индукциони (асинхрони), при чему може радити са фиксном или променљивом брзином обртања. Генератор се напонски прилагођава електроенергетском систему (ЕЕСу) помоћу енергетског трансформатора. Конверзија кинетичке енергије ветра у обртно кретање турбине се врши захваљујући аеродинамичком профилу лопатица ветротурбине. Као код

Diagram illustrating the components of a wind turbine:

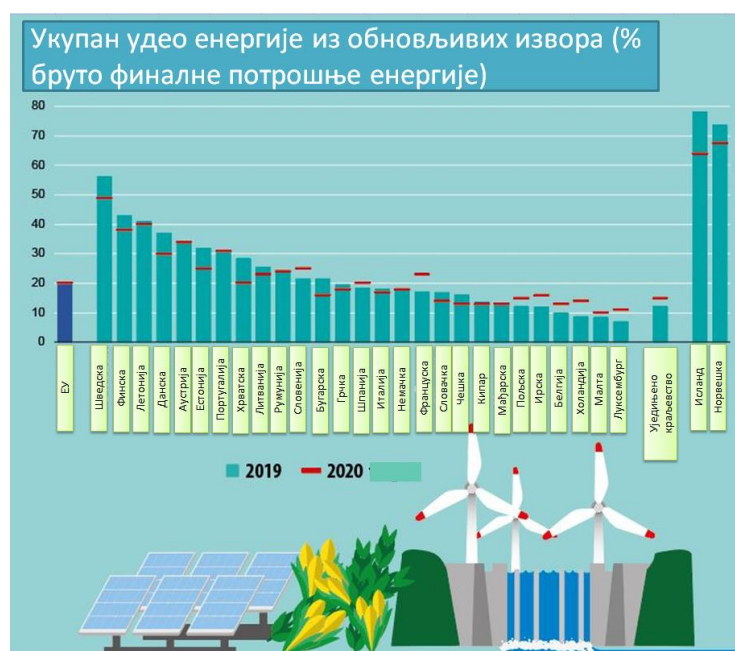
- Крак елисе (Blade)
- Кочница (Brake)
- Механички пријенос (Mechanical transmission)
- Систем за електричну регулацију (Electrical regulation system)
- Кућиште (Housing)
- Генератор (Generator)
- Систем за окретање (Pitching system)
- Торањ (Tower)
- Веза са електричном мрежом (Grid connection)
- Темељи (Foundation)
- Систем за управљање ротором (Rotor control system)



Слика 7. Ветрогенератор, спољашњи изглед [12]

3. Обновљиви извори енергије у Европској унији

ЕУ је имала у циљу да до 2020. године оствари 20% удела у својој бруто финалној потрошњи енергије из обновљивих извора, али је пандемија обухваћена вирусом Ковид-19 у великој мери донела последице у оквиру реализације планова за енергетику. Овај циљ се дистрибуира између држава чланица ЕУ са националним акционим плановима који су дизајнирани да зацртају пут за развој обновљивих извора енергије у свакој од држава чланица. Слика 8 приказује најновије доступне податке о уделу обновљивих енергија у бруто финалној потрошњи енергије и циљеве који су постављени за 2020. годину. Удео обновљивих извора у бруто финалној потрошњи енергије је износио 19,7% у ЕУ-27 у 2019. години [13].



Слика 8. Укупан удео енергије из обновљив извора енергије за 2019. годину [13]

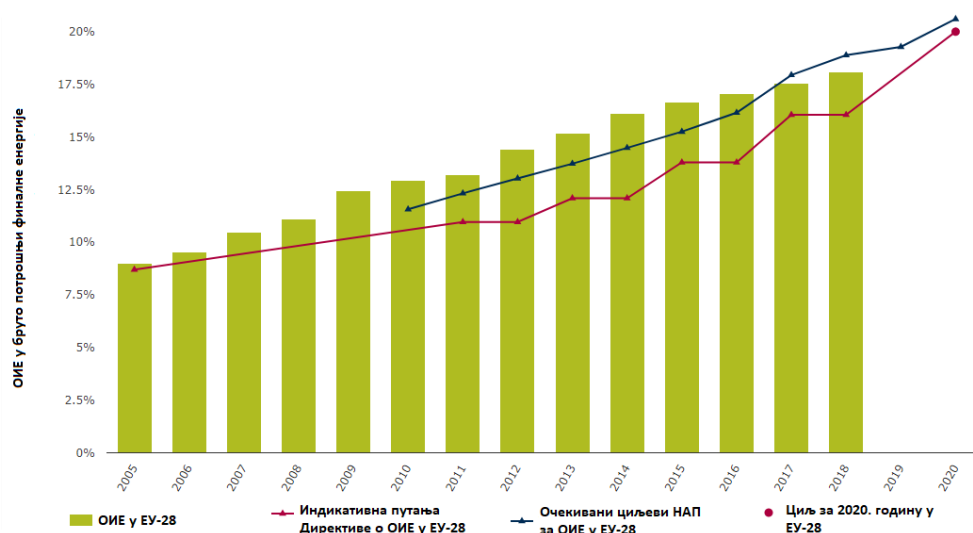
Позитивни развој је подстакнут правно обавезујућим циљевима за повећање удела енергије из обновљивих извора који су донети Директивом 2009/28/ЕС о промоцији употребе енергије из обновљивих извора. Иако је ЕУ у целини испунила своје циљеве за 2020. годину, неке државе чланице ће морати да уложе додатне напоре како би испуниле своје обавезе у погледу два главна циља: укупни удео енергије из обновљивих извора у бруто финалној потрошњи енергије (слика 8) и специфични удео енергије из обновљивих извора у транспорту [13].

Европска комисија је средином септембра 2020. године издала саопштење, које представља процену 27 националних енергетских и климатских планова (NECP - National Energy and Climate Plans). Планове су поднеле државе чланице у складу са Уредбом ЕУ о

управљању. Државе чланице су биле у обавези да израде планове и предају их до 31. децембра 2019. године. У јуну 2019. године Комисија је издала нове планове и пружила појединачне повратне информације државама чланицама, које су узеле у обзир већину препорука. Државе чланице су представиле коначне планове, који садрже интегрисану визију енергетске и климатске транзиције за наредних десет година. Планови које су чланице предале дају увид, колико се чланице приближавају првој фази транзиције ка климатској неутралности и њихово напредовање у периоду 2021 - 2030 у оквиру области декарбонизације, енергетске ефикасности, енергетске сигурности, унутрашњег енергетског тржишта и истраживања, иновација и конкурентности [14].

Процена НЕСР - а показује да би удео ОИЕ у финалној потрошњи енергије, могао достићи распон од 33,1 до 33,7% до 2030. године на нивоу ЕУ, премашујући циљеве од најмање 32% до 2030. године и стављајући обновљиве изворе енергије у први план за постизање циљева предвиђених Саопштењем о јачању европских климатских амбиција до 2030. године. Анализа Еуростатових података за 2018. годину (слика 9) и пројекције очекиваног удела ОИЕ у финалној потрошњи енергије држава чланица до 2020. године, показује да ће ЕУ достићи удео ОИЕ између 22,5 % и 22,7 %, као и да ће већина држава чланица постићи циљ предвиђен националним планом. Неколико држава чланица, посебно оне за које се предвиђа да заостају у овој фази, требало би да размотре додатне мере како би осигурале постизање обавезујућег циља до краја 2020. године.

Додатна улагања у производњу, која не би наносила штету околини, могла би смањити емисију штетних гасова за 55% до 2030. године и повећати шансе ЕУ, да до 2050. године постане климатски неутрална. Додатна улагања у ОИЕ, такође, могу имати брз и позитиван утицај за опоравак економије [14].



Слика 9. Удео ОИЕ у бруто потрошњи финалне енергије у ЕУ (НАП- Национални акциони план) [13]

Шведска (56,4%) је са више од половине енергије из обновљивих извора у својој бруто финалној потрошњи енергије имала убедљиво највећи удео међу државама чланицама ЕУ у 2019. години, испред Финске (43,1%), Летоније (41,0%), Данске (37,2%) и Аустрије (33,6%). На супротном крају скале, најмањи удео обновљивих извора забележен је у Луксембургу (7,0%), Малти (8,5%), Холандији (8,8%) и Белгији (9,9%). Када се гледају национални циљеви, четрнаест држава чланица је већ премашило своје циљеве за 2020. годину. Шест земаља је близу својих циљева: Мађарска, Аустрија и Португал на 0,4 процентна поена (pp) од својих националних циљева, Немачка (0,6 pp), Малта (1,5 pp) и Шпанија (1,6 pp). Супротно томе, још увек су прилично далеко од својих националних циљева Француска (5,8 pp), Холандија (5,2 pp), као и Ирска и Луксембург (оба 4,0 pp).

На слици 10 је приказана табела на којој су представљени подаци о производњи финалне енергије из ОИЕ за све земље које извештавају, као и вредности индикативне путање.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2020 циљ
ЕУ-27	9.6	10.2	10.8	11.9	12.6	13.9	14.4	14.6	16.1	16.7	17.5	17.9	18.1	18.5	18.9	20
ЕУ-28	8.5	9.1	9.7	10.6	11.4	12.6	13.2	13.4	14.7	15.4	16.2	16.7	17.0	17.5	18.0	20
Белгија	1.9	2.3	2.6	3.1	3.6	4.7	5.6	6.3	7.2	7.5	8.0	8.0	8.7	9.1	9.4	13
Бугарска	9.2	9.2	9.4	9.1	10.3	12.0	13.9	14.2	15.8	18.9	18.0	18.3	18.8	18.7	20.5	16
Чешка	6.8	7.1	7.4	7.9	8.7	10.0	10.5	10.9	12.8	13.9	15.1	15.1	14.9	14.8	15.1	13
Данска	14.8	16.0	16.3	17.7	18.5	20.0	21.9	23.4	25.5	27.2	29.3	30.9	32.0	35.0	36.1	30
Немачка	6.2	7.2	8.5	10.1	10.1	10.9	11.7	12.5	13.6	13.8	14.4	14.9	14.9	15.5	16.5	18
Естонија	18.4	17.4	16.0	17.0	18.6	22.9	24.6	25.3	25.5	25.3	26.1	28.2	28.7	29.1	30.0	25
Ирска	2.4	2.8	3.0	3.5	3.9	5.2	5.7	6.6	7.1	7.6	8.6	9.1	9.3	10.6	11.1	16
Грчка	7.2	7.3	7.5	8.2	8.2	8.7	10.1	11.2	13.7	15.3	15.7	15.7	15.4	17.0	18.0	18
Шпанија	8.3	8.4	9.1	9.7	10.7	13.0	13.8	13.2	14.3	15.3	16.1	16.2	17.4	17.6	17.4	20
Француска	9.5	9.6	9.3	10.2	11.2	12.2	12.7	11.0	13.4	14.0	14.6	15.0	15.7	16.0	16.6	23
Хрватска	23.4	23.7	22.7	22.2	22.0	23.6	25.1	25.4	26.8	28.0	27.8	29.0	28.3	27.3	28.0	20
Италија	6.3	7.5	8.3	9.8	11.5	12.8	13.0	12.9	15.4	16.7	17.1	17.5	17.4	18.3	17.8	17
Кипар	3.1	3.1	3.3	4.0	5.1	5.9	6.2	6.3	7.1	8.5	9.2	9.9	9.9	10.5	13.9	13
Летонија	32.8	32.3	31.1	29.6	29.8	34.3	30.4	33.5	35.7	37.0	38.6	37.5	37.1	39.0	40.3	40
Литванија	17.2	16.8	16.9	16.5	17.8	19.8	19.6	19.9	21.4	22.7	23.6	25.8	25.6	26.0	24.4	23
Луксембург	0.9	1.4	1.5	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	3.1	3.5	4.5	5.0	5.4	6.3	9.1	11
Мађарска	4.4	6.9	7.4	8.6	8.6	11.7	12.7	14.0	15.5	16.2	14.6	14.5	14.3	13.5	12.5	13
Малта	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	1.0	1.8	2.9	3.8	4.7	5.1	6.2	7.3	8.0	10
Холандија	2.0	2.5	2.8	3.3	3.6	4.3	3.9	4.5	4.7	4.7	5.4	5.7	5.8	6.5	7.4	14
Аустрија	22.6	24.4	26.3	28.2	28.9	31.0	31.2	31.6	32.7	32.8	33.7	33.5	33.4	33.1	33.4	34
Пољска	6.9	6.9	6.9	6.9	7.7	8.7	9.3	10.3	10.9	11.4	11.5	11.7	11.3	11.0	11.3	15
Португал	19.2	19.5	20.8	21.9	22.9	24.4	24.2	24.6	24.6	25.7	29.5	30.5	30.9	30.6	30.3	31
Румунија	16.8	17.6	17.1	18.2	20.2	22.2	22.8	21.2	22.8	23.9	24.8	24.8	25.0	24.5	23.9	24
Словенија	16.1	16.0	15.6	15.6	15.0	20.1	20.4	20.3	20.8	22.4	21.5	21.9	21.3	21.1	21.1	25
Словачка	6.4	6.4	6.6	7.8	7.7	9.4	9.1	10.3	10.5	10.1	11.7	12.9	12.0	11.5	11.9	14
Финска	29.3	28.8	30.1	29.6	31.4	31.3	32.4	32.8	34.4	36.7	38.8	39.3	39.0	40.9	41.2	38
Шведска	38.7	40.7	42.4	43.9	44.7	47.9	47.0	48.2	50.2	50.8	51.9	53.0	53.4	54.2	54.6	49
Уједињено Краљевство	0.9	1.1	1.3	1.6	2.7	3.3	3.8	4.3	4.4	5.5	6.7	8.3	9.0	9.7	11.0	15
Норвешка	58.5	60.1	60.5	60.3	61.9	64.9	61.3	65.0	65.5	66.7	69.2	69.1	70.2	71.6	72.8	67.5
Црна Гора	:	35.9	35.0	33.1	32.5	39.5	40.7	40.7	41.5	43.7	44.1	43.1	41.6	39.7	38.8	33
Северна Македонија	15.7	16.5	16.5	15.0	15.6	17.2	16.5	16.4	18.1	18.5	19.6	19.5	18.0	19.6	18.1	23
Албанија	29.6	31.4	32.1	32.7	32.4	31.4	31.9	31.2	35.2	33.2	31.5	34.4	35.5	34.5	34.9	38
Србија	12.7	14.3	14.5	14.3	15.9	21.0	19.8	19.1	20.8	21.1	22.9	22.0	21.1	20.3	20.3	27
Турска	16.2	15.5	14.1	13.2	13.5	14.1	14.0	12.8	13.2	13.9	13.6	13.6	13.7	12.8	13.7	:
Косово*	20.5	19.8	19.5	18.8	18.4	18.2	18.2	17.6	18.6	18.6	19.5	18.5	24.5	23.1	24.9	25

Слика 9. Производња финалне енергије из ОИЕ [13]

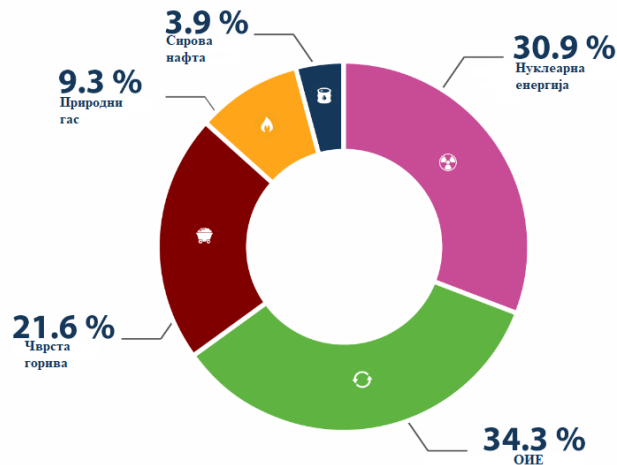
Енергија која се троши у оквиру ЕУ долази из производње у ЕУ и увоза. Током 2018. године ЕУ је произвела око 42% потребне енергије, док је 55% било увезено. Те године у ЕУ енергија је била доступна из следећих извора (слика 10): нафта и њени деривати - 36,4%, природни гас - 22,9%, чврста фосилна горива- 14,1%, обновљива

енергија - 14,2% и нуклеарна енергија - 12,3%. У зависности о којој држави чланици је реч, мења се и количина доступне енергије. Нафтни производи чине значајан удео на Кипру – 91%, Малти – 87% и у Луксембургу – 65%, док природни гас чини нешто више од трећине у Италији – 37% и Холандији – 35%. Скоро три четвртине доступне енергије у Естонији – 72% и скоро половину у Пољској – 47% се добија из чврстих фосилних горива, док нуклеарна енергија чини 42% у Француској и 32% у Шведској. Енергија из обновљивих извора чини 39% у Летонији и Шведској [13].



Слика 10. Извори доступне енергије у ЕУ, 2018 [13]

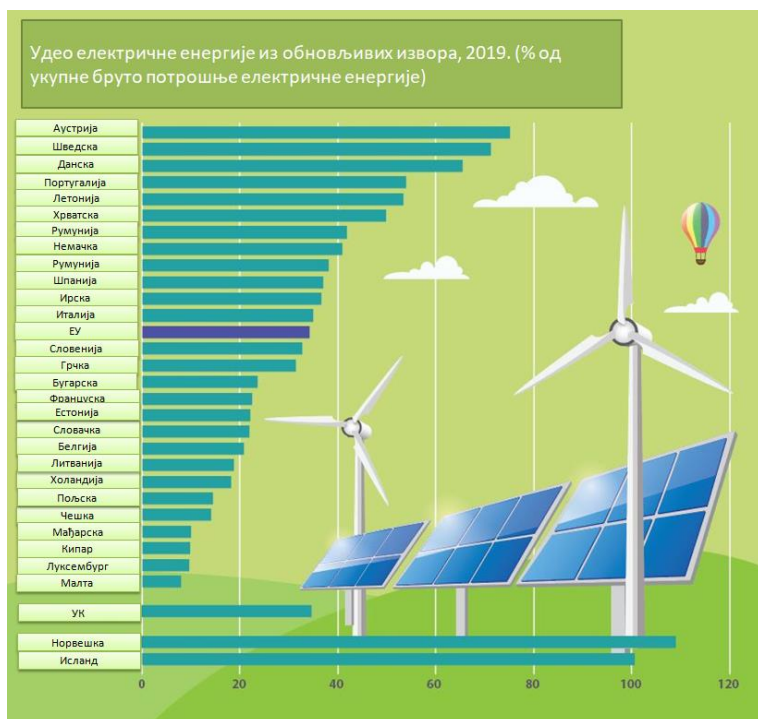
У оквиру ЕУ енергија се производи из различитих извора. Највећи део енергије 2018. године добијен је из ОИЕ - 34,3% (слика 11). Други највећи извор је нуклеарна енергија са 30,9%, а затим следи чврсто фосилно гориво са 21,6%, док је од природног гаса добијено 9,3%, а од нафте 3,9%. Производња енергије зависи од чланице. Нуклеарна енергија је веома важан извору у Француској (78% укупне енергије), Белгији (65%) и Словачкој (63%). Обновљиви извори енергије су главни извор енергије на Малти, Кипру, у Летонији, Литванији и Португалији. У Пољској (78%), Естонији (74%), Грчкој (57%) и Чешкој (55%) највећи значај имају чврста фосилна горива, док је природни гас главни извор у Холандији (76%). Сирова нафта представља главни извор енергије у Данској (41%) [13].



Слика 11. Удео различитих извора енергије у ЕУ, 2018 [13]

Рачуноводствена правила у Директиви 2009/28/EC прописују да електрична енергија која је произведена хидроенергијом и ветром мора бити нормализована како би се узеле у обзир годишње временске разлике [13].

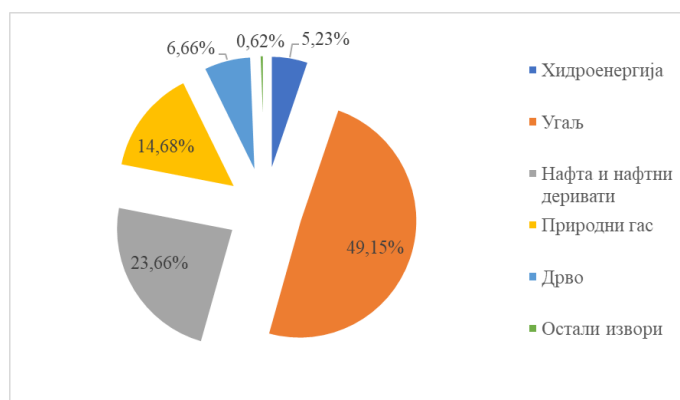
Раст електричне енергије која је произведена из обновљивих извора енергије током периода од 2009. године до 2019. године у великој мери одражава ширење три обновљива извора енергије широм ЕУ, пре свега ветроелектране, након тога и соларну енергију и чврста биогорива (укључујући отпад из обновљивих извора). У 2019. години обновљиви извори енергије су чинили 34% бруто потрошње електричне енергије у ЕУ-27, незнатно више у односу на 32% у 2018. години. Ветроелектране и хидроелектране су чиниле две трећине укупне електричне енергије произведене из обновљивих извора са по 35%. Преостала трећина електричне енергије произведена је из соларне енергије (13%), чврстих биогорива (8%) и других обновљивих извора (9%). Соларна енергија је извор са најбржим растом: у 2008. години она је чинила 1%. То значи да је пораст електричне енергије из соларне енергије био драматичан, са 7,4 TWh у 2008. години на 125,7 TWh у 2019. години. Удео енергије из обновљивих извора у електричној енергији је приказан на слици 12 [13].



Слика 12. Удео електричне енергије из ОИЕ, ЕУ [13]

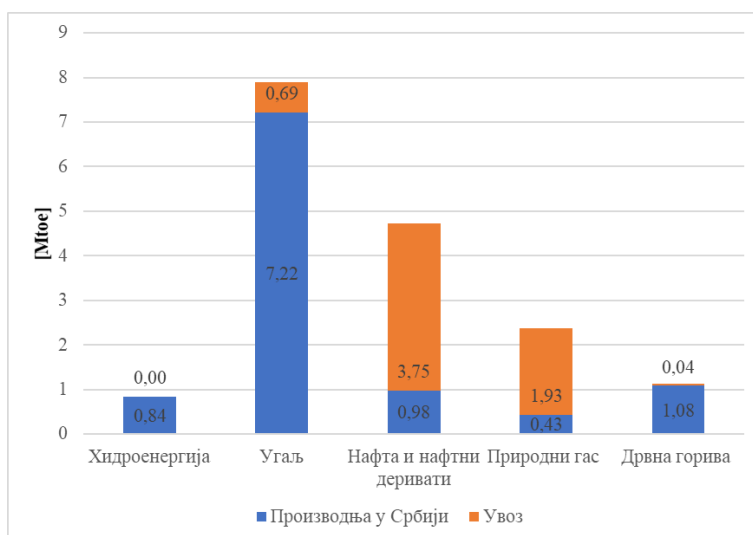
4. Енергетски токови у Србији

У Републици Србији потрошња примарне енергије у 2017. години је износила око 15,4 Мтое, а њена расподела је приказана на слици 13. Примарна потрошња енергије се заснива у највећем делу на потрошњи фосилних горива и у нешто мањем проценту на ОИЕ, углавном на хидроенергији за производњу електричне енергије и огревном дрвету [15].



Слика 13. Потрошња примарне енергије

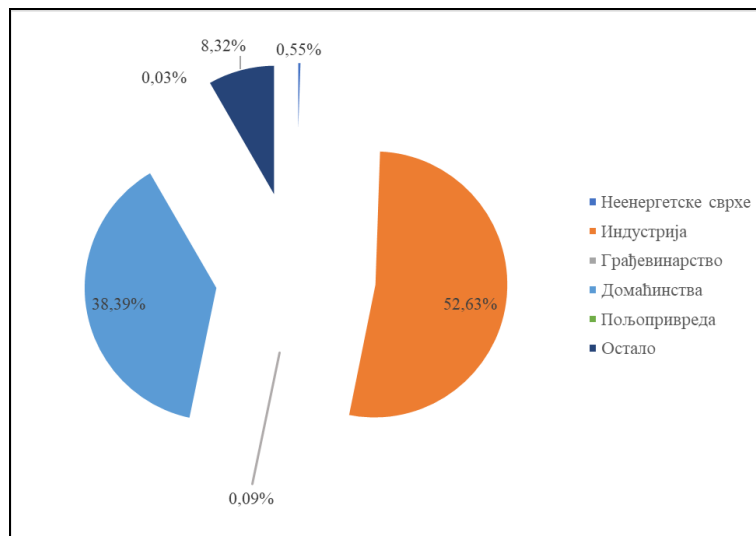
Укупној потрошњи примарне енергије највише доприносе фосилна горива са 82%, где највећи удео има угаљ са 49,15%. За разлику од угља, 79% сирове нафте и 82% природног гаса обезбеђено је увозом (слика 14) [15].



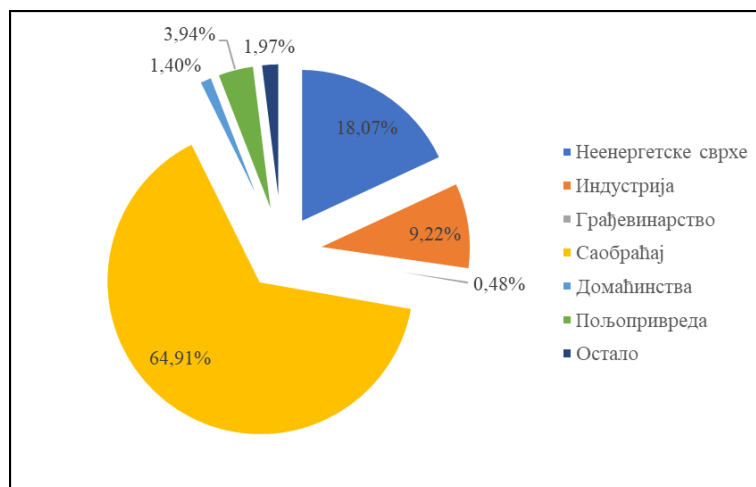
Слика 14. Располагаива енергија [16]

Са дијаграма се може уочити да највећи удео у примарној производњи заузима угаљ, који потиче из домаћих копова (око 91%).

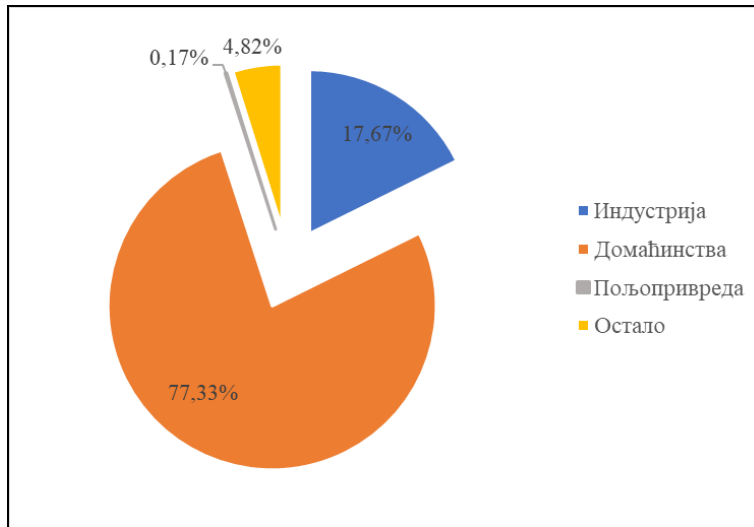
Потрошња финалне енергије у Србији је 2017. године износила 8,83 Mtoe. Највећим делом финална енергија се трошила у домаћинствима (око 28%), док се најмања количина финалне енергије користила у грађевинарству (око 0,5%). На сликама 15, 16, 17, 18 и 19 је приказана потрошња финалне енергије у зависности од енергента [15].



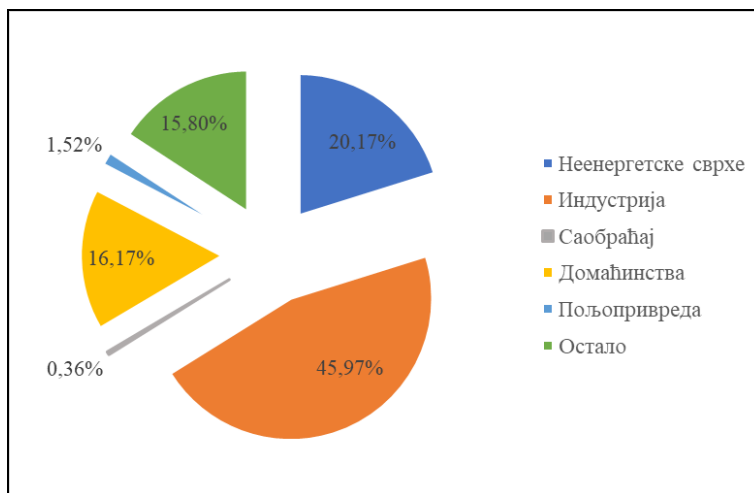
Слика 15. Финална потрошња угља по секторима у 2017. години [16]



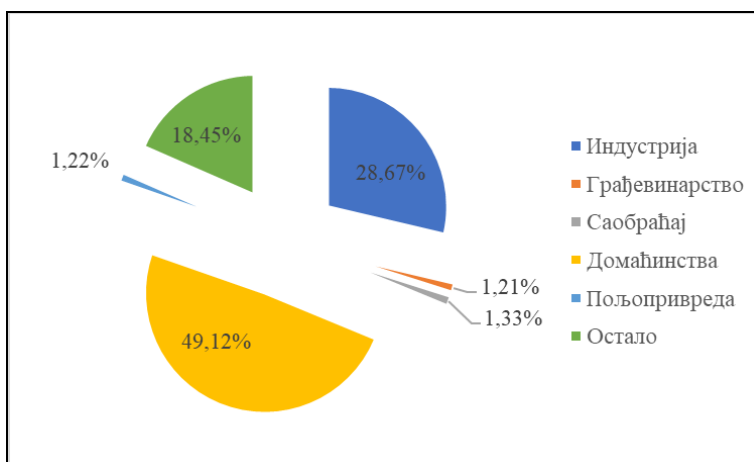
Слика 16. Финална потрошња нафте и њених деривата у 2017. години [16]



Слика 17. Финална потрошња дрвних горива у 2017. години [16]



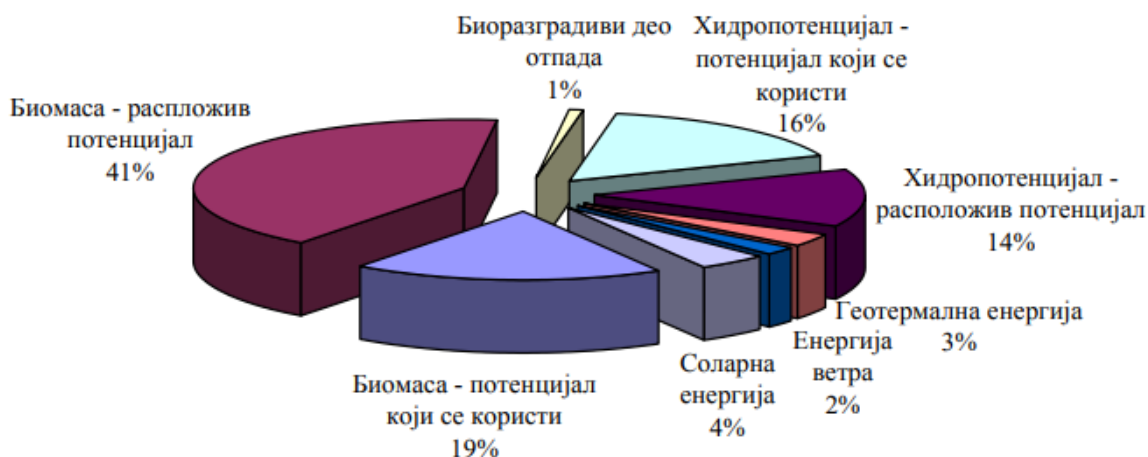
Слика 18. Финална потрошња природног гаса, 2017 [16]



Слика 19. Финална потрошња природног гаса, 2017 [16]

5. Потенцијал обновљивих извора енергије за производњу електричне енергије у Србији

Обновљиви извори енергије са процењеним технички искористивим потенцијалом од око 5,6 Мтое годишње (слика 20) могу значајно допринети мањем коришћењу фосилних горива и остваривању дефинисаних циљева о уделу обновљивих извора у укупној финалној потрошњи енергије, као и унапређењу животне средине. Потенцијал биомасе износи око 3,4 Мтое годишње (2,3 Мтое је неискоришћени, а 1,1 Мтое се већ користи), 1,7 Мтое у хидропотенцијалу (0,8 Мтое годишње је неискоришћени, а 0,9 Мтое годишње је искоришћени хидропотенцијал), 0,2 Мтое годишње у геотермалној енергији, 0,1 Мтое годишње у енергији ветра, 0,2 Мтое годишње у соларној енергији и 0,04 Мтое годишње у биоразградивом делу отпада. Република Србија од укупно расположивог техничког потенцијала ОИЕ већ користи 35 % (0,9 Мтое искоришћеног хидро потенцијала и 1,06 Мтое искоришћеног потенцијала биомасе и геотермалне енергије) [17].



Слика 20. Структура ОИЕ у Републици Србији [17]

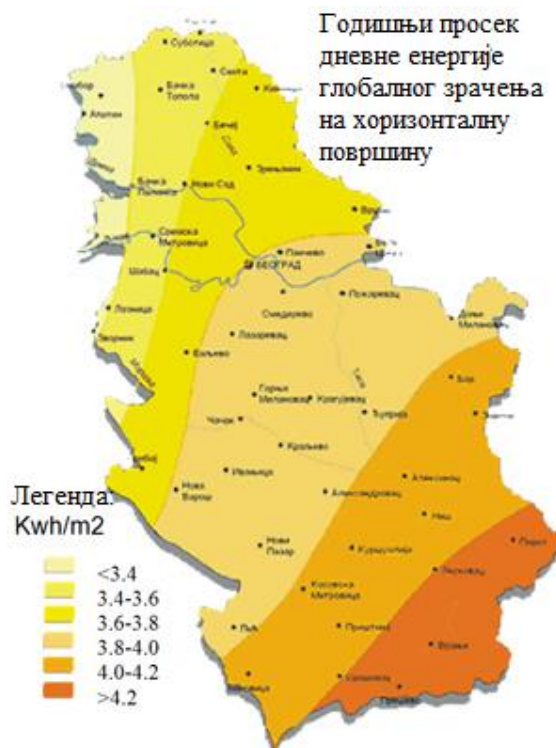
Да би достигла циљ Енергетске заједнице кад је у питању учешће обновљивих извора енергије у бруто финалној потрошњи електричне енергије, Влада је усвојила Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије (НАПОИЕ), у којем су описане политике и мере за достизање 27% учешћа у глобалној финалној потрошњи енергије у 2020. години. НАПОИЕ није ажуриран од 2013. године. Очекује се да нови циљ учешћа обновљивих извора енергије (ОИЕ) у глобалној финалној потрошњи енергије, који је предложио Секретаријат Енергетске заједнице, буде око 34% до 2030. године, али овај ревидирани циљ још увек није званично усвојен од стране Владе Србије. Србија је изразила подршку националним циљевима, уместо циљевима на нивоу Енергетске

заједнице, и исказала потребу за додатним временом да успостави робустне циљеве до 2030. Године [17].

Стратегија развоја енергетике Републике Србије се великој мери ослања на домаћи лигнит као главни примарни извор снабдевања електричном енергијом. Актуелни НАПОИЕ предвиђа 1092 MW нових ОИЕ до 2020. године у складу са циљем од 27% ОИЕ у бруто финалној потрошњи електричне енергије, који није остварен у потпуности због последица пандемије изазване пандемијом вируса Ковид- 19. Ово би представљало повећање од преко 500 MW са тренутних 534 MW инсталисаног капацитета. Очекује се да ће то бити углавном енергија ветра (500 MW), мале хидроелектране, биомаса и око 10 MW соларних капацитета, инсталације на земљи и кровне PV инсталације [18].

5.1. Соларна енергија

Број часова Сунчевог зрачења на територији Србије износи између 1500 и 2200 часова годишње. Просечан интензитет сунчевог зрачења је од 1,1 kWh/m²/дан на северу до 1,7 kWh/ m²/дан на југу - током јануара, а од 5,9 до 6,6 kWh/m²/дан – током јула. Просечна вредност енергије зрачења износи од 1200 kWh/m²/годишње у северозападној Србији, до 1550 kWh/m²/годишње у југоисточној Србији, док у централном делу износи око 1400 kWh/ m²/годишње (слика 20) [19].



Слика 20. Годишњи просек дневне енергије глобалног зрачења на хоризонталну површину [20].

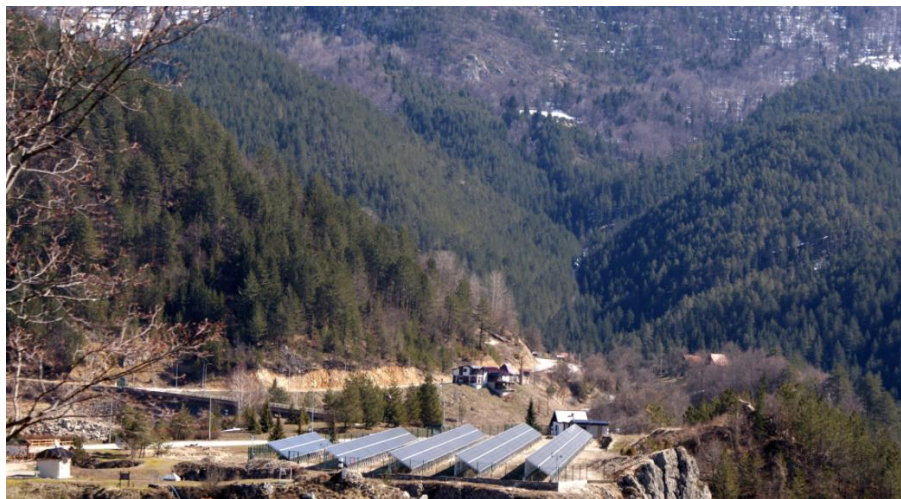
Србија има знатно већи број часова Сунчевог зрачења него већина европских земаља, а најбољи услови су у југоисточном делу наше земље. Мобилне соларне јединице су веома погодне за примену у чистим енергетским технологијама при чему је у последњој деценији у светским оквирима, као и у Србији, своју примену пре свега доживеле у пољопривреди, у њеним најзначајнијим гранама, као што су ратарство и сточарство [19].

Посебан значај ове напојне јединице и агрегати имају на локацијама на којима није доступно мрежно напајање, а постоји потреба за наводњавањем у случајевима сушних периода, или у случајевима органске производње хране, када је потребно обезбедити задовољавање најстрожијих еколошких стандарда. На приложеној мапи (слика 20) се може упоредити просечна годишња осунчаност у различитим деловима Србије. Влада Републике Србије је први пут омогућила путем субвенција прилику за изградњу соларних електрана у Србији Уредбом о подстицајним мерама за производњу електричне енергије из обновљивих извора и из високе • касне комбиноване производње електричне и топлотне енергије 2009. године. Након тога, влада је додатно повећавала капацитет а смањивала субвенционисану цену кроз две нове Уредбе из 2013. и 2016. године. Препреке које стоје на путу експанзији коришћења соларне енергије могу се разврстати на две групе. Као прво, рани типови фотонапонских јединица били су осетљиви на локалне климатске факторе, као што су нпр. екстремно високе температуре, ниво влаге и песак, а све то могло је да умањи количину енергије коју су производиле. Технички напредак у производњи отпорнијих соларних панела значи да фотонапонске јединице могу остати ефикасне чак и у тешким условима. Као друго, током ране фазе развоја коришћења соларне енергије, трошкови производње електричне енергије из соларних панела били су знатно виши у односу на друге изворе енергије. Техничка побољшања која су остварена током протекле деценије, у знатној мери су смањила те трошкове. Има примера где је масовна производња фотонапонских соларних постројења за производњу електричне енергије постала економски одржива и широко се примењује [19].

Тренутни укупни инсталисани соларни капацитет Србије је 10,990 MW, од чега 8,82 MW чине пројекти у оквиру ФИТ шеме; 5,34 MW су инсталације на земљи, а 3,476 MW су кровне инсталације (укупно 107 соларних пројеката). У Србији постоји јако мало шема сопствене потрошње, услед недостатка политике подршке и регулаторног окружења [20]. Тренутно не постоји јавна база података потрошачких соларних инсталација, зато што потрошачи са сопственом производњом тренутно немају обавезу да набаве дозволе за те инсталације. Оне нису видљиве операторима дистрибутивног система или владиним регулаторима, и стога је тачан инсталисани соларни капацитет непознат. Наведене ставке отежавају напоре власти да достигну националне циљеве за обновљиве изворе енергије. Влада још увек није изнела детаљне планове или политике који ће се позабавити недостацима. Обзиром на чињеницу да је достигнут циљ за соларну фотонапонску енергију, док друге технологије ОИЕ показују слабије резултате у односу

на очекивања приликом израде НАПОИЕ, може бити оправдан већи фокус на соларну фотонапонску енергију, као начин постизања циљева за ОИЕ [18].

Пројекат изградње фотонапонске електране „Брана Лазићи“ снаге 330 kW је започет 2015. године формирањем стручног тима „Дринско - Лимске ХЕ“. Одабир локације и израда идејног пројекта су завршени почетом 2016. године. Институт „Михајило Пупин - Аутоматика“ израдио је техничку и пројектну документацију. Радови на изградњи фотонапонске електране реализовани су у три фазе. У првој фази набављена је средњенапонска опрема за прикључење електране, као и развод једносмерног напајања за будућу процесну опрему. Грађевинска служба ХЕ „Бајина Башта“ извршила је изградњу новог објекта за смештај опреме, адаптацију терена за постављање панела, служба машинског одржавања је израдила и поставила челичне конструкције за панеле, а служба електроодржавања извршила је уградњу и пуштање у рад средњенапонске опреме ради омогућења прикључења нове опреме на постојећу инфраструктуру. У оквиру друге фазе, извршена је набавка, уградања и пуштање у рад панела, инвертора и процесне опреме ради реализације првих 110 kW. У следећој, трећој, фази је завршена изградња инфраструктуре, конструкција, набавка преостале опреме и пуштено у рад преосталих 220 kW. Фотонапонска електрана „Брана Лазићи“ у току 2017. године произвела је 388788 kWh електричне енергије, што је остварење плана од 102 % у односу од планираних 381600 kWh. За 15 месеци, од 2016. године до 2017. године од када су на мрежи и преосталих 220 kW, произвела је 478553 kWh електричне енергије (слика 21) [21].



Слика 21. Фотонапонска електрана „Брана Лазићи“ [21]

5.2. Енергија ветра

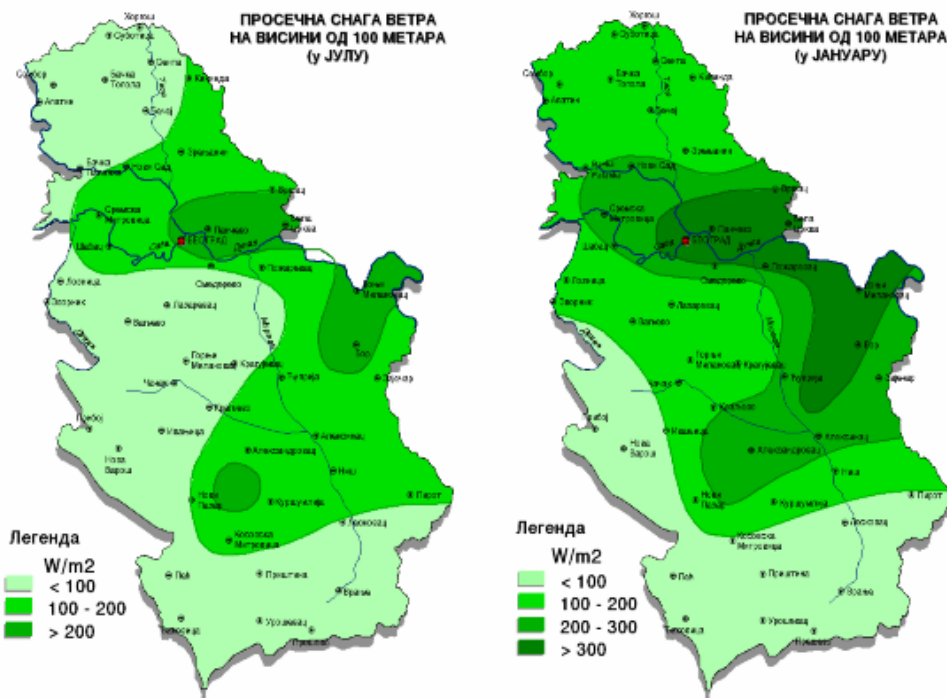
У погледу коришћења енергије ветра, Србија у односу на земље ЕУ касни око 20 година. Разлози овог кашњења могу бити вишеструки. Основни услов за развој ветроенергетике је постојање технички искористивог енергетског потенцијала ветра. Потенцијал ветра одређује економску оправданост инвестирања у изградњу ветроелектрана и представља основ за практичну политику у овој области [21].

Енергетски дефицит и неминовност употребе еколошки чистих извора енергије, као и поштовање обавеза које проистичу из европских директива и других међународних обавеза у овој области, полако усмеравају Србију у инвестиције у развој и експлоатацију енергије ветра Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године и Уредба о Програму остваривања Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године дају довољно простора ветроенергетици као и обновљивим изворима енергије генерално, и стварају предуслове за убрзани развој овог енергетског сектора. У Уредби о Програму остваривања Стратегије енергетике, у приоритетне пројекте у области примене обновљивих извора енергије који би требало да се реализују у периоду од 6. година (до 2023. године) посебно је издвојен Пројекат изградње нових ветроелектрана укупне снаге до 500 MW на подручју Републике Србије [22].

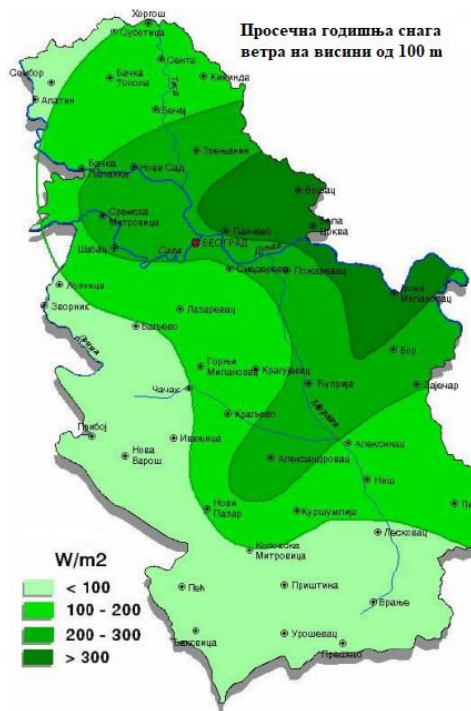
Србија се сврстава у подручја са знатним енергетским потенцијалом. Ранија истраживања енергетског потенцијала ветра углавном су базирана на подацима метеоролошких станица. На основу испитивања и мерења ветра које је вршио РХМЗ Србије, простор са dobrим потенцијалима за ветроенергетику, односно погодне локације за изградњу ветроелектрана у Србији су планинске области Јужне и Источне Србије, а посебно кошавско подручје Панонске низије. Панонска низија, северно од Дунава, која покрива око 2000 km² је погодна за изградњу ветроелектрана, јер поред потенцијала у енергији ветра, има добро развијену саобраћајну и електроенергетску мрежу. Ова релативно повољна оцена енергетског потенцијала ветра послужила је за детаљнија истраживања потенцијала за изградњу ветроелектрана (соларних електрана) која су добила своју форму кроз израду Студије енергетског потенцијала Србије (СЕПС) за коришћење сунчевог зрачења и енергије ветра (НПЕЕ) чији је наручилац било Министарство науке и заштите животне средине, а обрађивач Центар за мултидисциплинарне студије Универзитета у Београду у новембру 2004. године. Резултати ове Студије који су добијени анализом расположивих података мерења и извршених процена, показују да Србија располаже натпросечним ресурсима енергије ветра и сунчевог зрачења, у односу на земље континенталне Европе. Резултати су такође показали да Србија има посебну погодност у комплементарности временске расподеле енергије ветра, што је врло важно за „покривање“ шпицева у општој

потрошњи енергије. На основу добијених резултата, у оквиру Студије је извршено мапирање подручја са индикацијом енергетских потенцијала Републике Србије у области ветроенергетике. Мапе снаге и енергије ветра (слике 21, 22, 23, 24) су рађене за јануар, јул и целу годину за територију Србије. Методика израде карата је била заснована на синоптичкој климатологији по узору на Европски атлас ветра (European Wind Atlas). Утицај топографије је овде укључен само индиректно у оној мери у којој се осећа на подацима мерења, јер мапе одражавају само податке измерене на метеоролошким станицама, које се претежно налазе на малим надморским висинама. Пошто су мерења ветра на висини од 10 m, вредности на висини од 100 m изнад тла израчунаване су помоћу једначине профила ветра и података о рапавости подлоге. Подаци о ветру су из периода од 1971. године до 1990. године [22].

На слици 22 се види да се максималне вредности снаге ветра у јануару налазе на територији доњег Подунавља и Источне Србије. У подручју које је обухваћено изолинијом 300 W/m^2 се налази Јужни Банат, јужна обала Дунава од Београда до Неготина, и долина Тимока са околним планинама. У јулу је ситуација слична јануарској, али су интензитети мањи. Изолинија 200 W/m^2 има сличан ток као 300 W/m^2 у јануару, са тим што се подручје Копаоника издваја по вишим вредностима од своје непосредне околине. Када се говори о просечној годишњој снази ветра (W/m^2) на висини од 100 m изнад тла, она је мања од јануарске, па годишња изолинија 300 W/m^2 не обухвата градове Београд, Пожаревац и Бор, што је случај у јануару (Слика 23) [23].

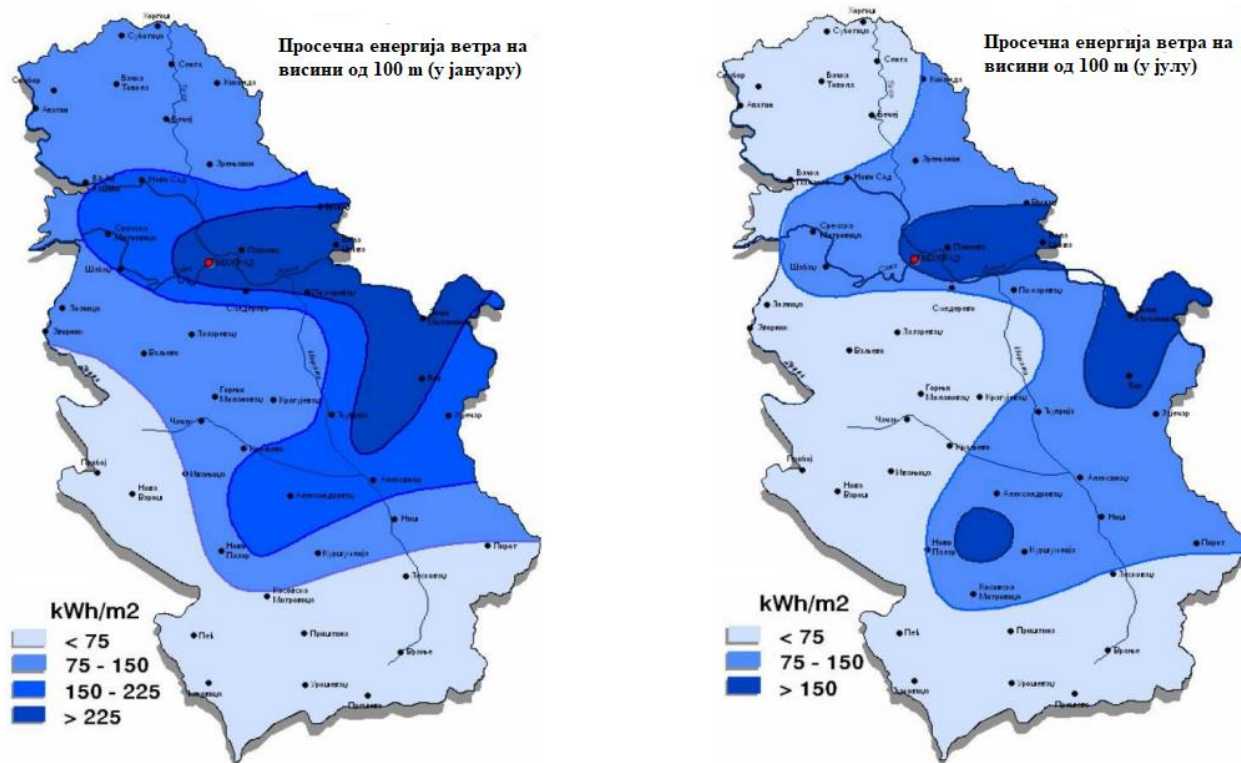


Слика 22. Просечне брзине ветрова у Србији у односу на годишње доба за које су мерени [21]

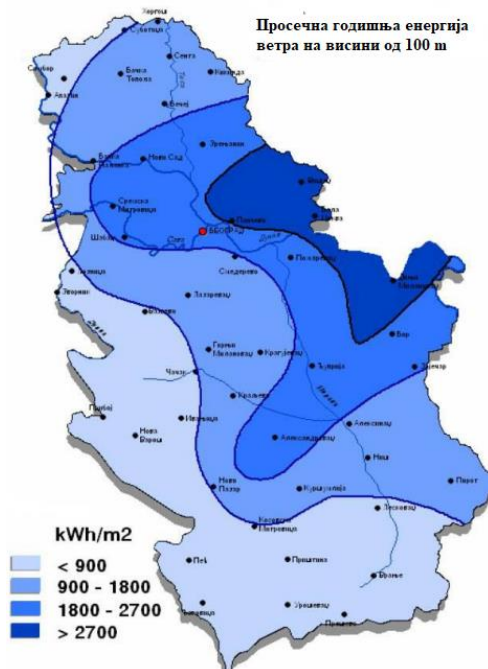


Слика 23. Просечна снага ветра (W/m^2) на висини од 100 m за годину [22]

На слици 24 је приказана просечна укупна енергија ветра (kW/m^2) за јануар и јул такође на висини од 100 m изнад тла. Максималне вредности укупне енергије ветра у јануару налазе се на територији доњег Подунавља и Источне Србије. У подручју које је обухваћено изолинијом $225 kW/m^2$ се налази Јужни Банат, јужна обала Дунава од Београда до Неготина, и долина Тимока са околним планинама. У јулу је ситуација слична јануарској, али су интензитети мањи. Изолинија $150 kW/m^2$ има сличан ток као $300 kW/m^2$ у јануару, са тим што се подручје Копаноника издваја по вишим вредностима од своје непосредне околине. На слици 25 је приказана укупна годишња енергија ветра (kW/m^2) на висини од 100 m изнад тла. Годишња вредност представља суму 12 месечних сума енергије. Годишња изолинија $2700 kW/m^2$ не обухвата градове Београд, Пожаревац и Бор, али је близу њих [22].



Слика 24. Просечна енергија ветра (kWh/m²) на висини од 100 m у јануару и јулу [21]



Слика 25. Просечна годишња потрошња ветра (kWh/m²) на висини од 100 m [22]

Резултати Студије енергетског потенцијала Србије (СЕПС) за коришћење сунчевог зрачења и енергије ветра су послужили као основ за велики број инвеститора да на

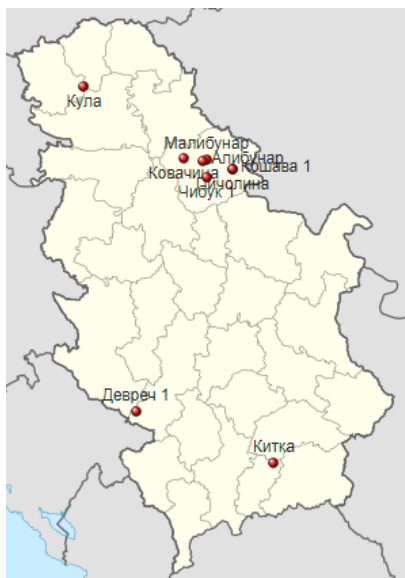
основу њих започну мерења постављањем анемометара, односно стубова за мерење ветра на конкретним микролокацијама које се налазе на подручјима која су према Студији оцењена као повољна, а на којима планирају изградњу ветроелектрана [22].

Према званичним подацима из августа 2013. године, у систему подстицаја пријављено је седам ветроелектрана (често иста ветроелектрана са више фаза изградње) од којих је већина стекла тек статус привремено повлашћеног произвођача. Укупна снага разматраних седам пројеката ветроелектрана је око 50 MW. Са друге стране, реномирана институција Европско удружење за енергију ветра (European Wind Energy Association - EWEA) у свом извештају за Србију наводи да је у планирању укупно 2600 GW пројеката ветроелектрана, и као потенцијалне локације наводи источне делове Србије: Стара Планина, Озрен, Власина, Ртањ, Дели Јован, Црни Врх, планине Пештер, Златибор, Копаоник, Дивчибаре, те Панонску равницу [24].

Локације које су анализирале у студији из 2011. године су представљене у табели 2, а приказане на слици 26. Према истом извору, 75% инсталисаних капацитета ветроелектрана планира се у Војводини. Компаније чланице Српског удружења за енергију ветра - SEWEA - е, (укупно пет компанија) развијају пројекте ветроелектрана укупне снаге 750 MW на подручјима општина Ковин, Алибунар, Ковачица, Вршац, Кула, Пландиште и Велико Градиште. Према јавно доступним изворима, у Србији постоји много различитих пројеката ветроелектрана, међутим још се чека на њихову реализацију. Укупна снага пројеката ветроелектрана наведених у изворима, иде до 1500 MW [23].

Табела 2. Списак ветропаркова у Србији (не рачунајући Косово и Метохију) [23]

Назив	Место	Општина	Капацитет (KW)	Број генератора	Почетак рада (година)	Статус
Девреч I	Девреч	Тугин	600	1	2011.	Активан
Кула	Кула	Кула	9900	3	2016.	Активан
Ла Пичолина	Загајица	Вршац	6600	2	2016.	Активан
Малибунар	Алибунар	Алибунар	8000	4	2017.	Активан
Алибунар	Алибунар	Алибунар	42000	21	2018.	Активан
Ковачица	Дебељача	Ковачица	104500	38	2019.	Активан
Кошава I	Избиште	Вршац	69000	20	2019.	Активан
Чибук I	Мраморак	Ковин	158000	57	2019.	Активан
Пландиште I	Пландиште	Пландиште	102000	34	2021.	Активан
Кривача	Кривача	Голубац	104000	38		У изградњи
Костолац	Костолац	Пожаревац	66000	20		У изградњи



Слика 26. Локације ветропаркова на мапи Србије [23]

Приказана карта ветра Србије даје начелне смернице за истраживање локација, али веома мала резолуција резултата оставља простора за истраживање у осталим крајевима, конкретно на вишим брдима и планинама изван подручја који је означен најтамнијом бојом, што је и показано висококвалитетним мерењима. Од четири таква мерења највећи ветропотенцијал је измерен на локацији Босилеград која се налази у делу карте која је означен генерално најнижим ветропотенцијалом, што указује да се поред регионалних „грубих“ карата ветра при одабиру треба ослонити и на искуства са терена. У сваком случају је за развој пројекта потребно да се обаве квалитетна мерења на самој локацији. Имајући у виду горе наведено, код процена локација које вреди истраживати и развијати, битно је да понекад и мање ветровите локације имају одређене предности уколико су одређени услови изразито повољни [23]., а тичу се:

- једноставности локације:
 - по питању могућности постављања високих ветроагрегата
 - по питању приступачности и једноставног транспорта ветроагрегата и лаке изградње приступних путева унутар ветроелектране
 - по питању могућности (брзине) решавања имовинско-правних односа на жељеним локацијама
 - по питању постављања темеља
- близине повољне тачке прикључка на електроенергетску мрежу
- минималних ограничења везаних за утицаје на животну средину (визуелни утицај, бука, утицај на станишта, птице, следе мишеве и слично) која могу да утичу на смањење броја ветроагрегата или на одступања од енергетски оптималног распореда и/или услова рада [23].

5.3. Хидроенергија

Хидроелектране у Србији производе годишње око 9180 GWh, што је око 25,5% укупне годишње производње електричне енергије [1]. Њихова инсталисана снага износи 2831 MW, што је 34 % од укупних инсталисаних електроенергетских потенцијала за производњу струје. Производња варира од хидролошке ситуације. Прва хидроелектрана у Србији је била пуштена 2. августа 1900. године са Теслиним системом трофазних струја (електроцентрала „Под градом“ у Ужицу на Ђетињи). Била је заустављена 1970. године, па поново покренута 2000. године и ради и данас. Инжењер Аћим Стевовић је израдио грађевински пројекат хидроелектране који садржи три објекта: брану висине 5,7 m, јаз дужине 775,9 m и зграду централе. Испод старе тврђаве, на десној обали Ђетиње 3. маја 1899. Године је обележен почетак изградње хидроелектране. Краљ Александар I Обреновић, који је тим поводом дошао у Ужице, положио је камен темељац који је поставио уз помоћ месинганог чекића који је био специјално направљен за ту прилику у Београду. Зграда хидроелектране је делимично изграђена у усеченој стени, а канал за довод воде до бране налази се иза саме зграде одакле се кроз две гвоздене цеви доводи до турбина. У згради су смештени генератори трофазне наизменичне струје од 50 Hz, снаге 32,5 kW сваки и напона од 2000 V, затим електроразводно постројење, табла са контролним елементима и регулаторима, а до ње налазе се и полуге за регулисање дотока воде у турбине. Године 1903. зграда је проширена, а у њу је смештена још једна турбина чијом уградњом је утростручен капацитет хидроелектране. Због повећане потребе Ужица за електричном енергијом изграђена је и нова хидроелектрана у Турици код Ужица, која је пуштена у рад 1929. године. Након другог светског рата Ткачка радионица је прешла у државну својину. Зграда хидроелектране и њена непосредна околина је проглашена за културно добро од великог значаја 1977. године. Објекат је последњи пут реконструисан 2000. године, а касније је испред зграде хидроцентрале постављена биста Николе Тесле. Хидроелектрана „Под градом“ данас је у власништву Електропривреде Србије, у функцији је али не производи струју. Пушта се врло ретко у погон. Са снагом од 364 kW расположиве снаге могла би да се укључи у електроенергетски систем и задовољи потребе уличне расвете ужег центра града [24]. На слици 28 је приказан њен изглед у периоду када је почела са радом, а на слици 27 њен садашњи изглед.



Слика 27. Хидроцентрала „Под градом“ у Ужицу у периоду када је почела са радом [24]



Слика 28. Хидроцентрала „Под градом“ у Ужицу данас [24]

Друга хидроцентрала је пуштена на речици Вучјанка у Вучју 1903. године. Ради и данас. За ове две и још многе хидроцентралне саграђене пре Првог светског рата у Србији је заслужан Ђорђе Станојевић. Следећа хидроцентрала била је „Света Петка“ на Нишави из 1908. године и потом „Гамзиград“ на Црном Тимоку близу Зајечара из 1909. године. Обе електране су у оперативном стању и још увек раде. После Другог светског рата прва хидроелектрана која је била направљена је била „Соколовица“ на Тимоку код Чокоњара, саграђена је 1948. године. Прва хидроелектрана на Дрини је била „Зворник“, пуштена је у рад 1955. године. Највећа хидроелектрана у Републици Србији је „Ђердап 1“ је пуштена у погон августа 1970. године. Сви генератори су прорадили пуном снагом 16. маја 1972. године. Последња значајнија хидроелектрана, ХЕ "Пирот" на Височкој реци је пуштена у погон 1990. године. Од тада није било значајнијих инвестиција у нове објекте хидроенергетике. У Табели 3 је приказан списак хидроелектрана у Србији [29].

Табела 3. Хидроелектране у Србији [23].

Врсте и снаге хидроелектрана						
Назив	Број генератора	Активна снага [MW]	Врста	Годишња производња [GWh]	Запремина језера [мил m3]	Укупно [MW]
Дунав						
Ђердап I	6	176,3	Бранска	5489	2800	1026
Ђердап II	10	27	Речно - проточна	1504	716,5	270
Дрина						
Зворник	4	24	Предбранско – проточна	550	89	96
Бајина Башта	4	105	Прибранска	1819	340	420
РХ Бајина Башта	2	307	Реверзибилна	501	170	614
Лим						
Бистрица	2	51	Акумулациона	/	7,6	102
Потпећ	3	17	Прибранска	/	27,5	51
Увац						
Увац	1	36	Деривациона	/	213	36
Кокин Брод	2	11	Прибранска	/	250	22
Западна Морава						
Овчар Бања	1	2,2	Деривациона	/	1,5	
	1	3,3				
Међувршје	1	2,5	Проточна	/	13	
	1	4,5				
Височица						
Пирот	2	40	Акумулациона	87	180	80
Власина – Хидроенергетски систем Власина						
Врла 1	2	11,2	Акумулациона	/	165	50
	2	14,2				
Врла 2	1	10,7	Акумулациона	51	0,1	24
	1	13,3				
Врла 3	1	12,8	Акумулациона	73	/	29,4
	1	16,6				
Врла 4	1	11,2	Акумулациона	63	0,1	25,4
	1	14,2				

Хидроенергетски и пловидбени систем „Ђердап 1", комплексан и вишенаменски објекат је изграђен на 943 km Дунава од ушћа у Црно море. Највећа хидротехничка грађевина на Дунаву, укупне дужине 1278 m, потпуно је симетрична и пројектована тако да свака земља (СРБ и РО) располаже истим деловима главног објекта, које одржавају и користе сходно споразуму и конвенцијама о изградњи и експлоатацији. Свака страна располаже са по једном електраном, бродском преводницом и по 7 преливних поља од укупно 14, колико их има у заједничкој преливној брани. У електрани је монтирано два хидроагрегата снаге по 171 MW и четири ревитализовна хидроагрегата по 190 MW, са Каплановим турбинама, чији пречник радног кола износи 9,5 m. До тада у свету нису грађене турбине већег пречника. У енергетски критичним периодима, при ниским водостајима, електрана ради тако да покрива врхове у дневном дијаграму оптерећења. Обе електране су међусобно повезане тако да у случају потребе агрегати електране на српској страни могу испоручивати електричну енергију у мрежу на румунској страни и обратно. У табели 3 су приказани подаци за ХЕ „Ђердап 1“, а на слици 29 је приказан спољашњи изглед ХЕ „Ђердап 1“ [25].

Табела 3. Подаци за ХЕ „Ђердап 1“ [25]

Номинална привидна снага електране	1204.44 MVA (2 x 190 + 4 x 211.11)
Номинални напон	15.75 kV
Номинални фактор снаге генератора	0.9
Номинална активна снага електране за номинални напон и номинални фактор снаге	1083 MW (3 x 171 + 3 x 190)
Укупни контролисани проток	5040m ³ /s (6 x 840)
Тип	Бранска
Датум прве синхронизације	05.08.1970



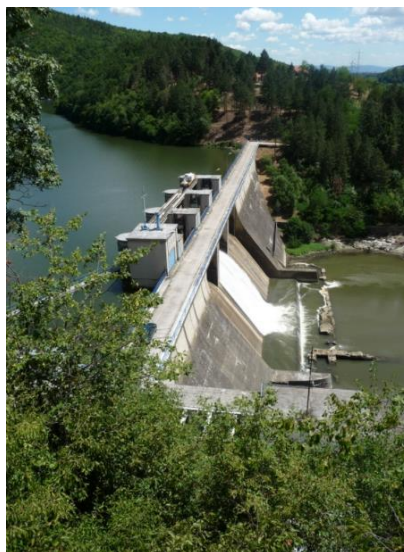
Слика 29. Спољашњи изглед ХЕ „Ђердап 1“ [25]

Обзиром да је већи део хидроенергетских објеката и постројења старији од 40 година, од 2000. године су припремани планови за ревитализацију постојећих капацитета. Процењено је да се модернизацијом, снага постојећих генератора може повећати за 128 MW што је око 4,5% и додати нових 50 MW. Само на Ђердапу је предвиђено нових 66 MW, у Бајиној Башти 28 MW, у Зворнику 25 MW а на Власинским хидроелектранама још 5 MW. После више година договарања и чекања, у јуну 2011. године ревитализована је турбина 6 на Ђердапу 1. Номинална снага генератора је подигнута на 190 MW. Потом је кренула ревитализација турбине 4 и слично. Проточна „Хидроелектрана Бајина Башта“ у Перућцу је највећи хидроенергетски пројекат који је саграђен на реци Дрини, а пуштена је у рад 1966. године. Када је Дрина преграђена браном дугом 460 m и високом 90 m, створено је Перућачко језеро које досеже све до Вишеграда и Андрићеве На Дрини Ћуприје. Перућачко језеро је акумулационо језеро које се водом снабдева из реке Дрине, површине око 12,5 km² при коти нормалног успора, укупне запремине 345x106 m³ воде, а дубине до 60 m. Дужина акумулационог базена при максималном успору износи 55 km, најмања ширина је око 150 m, а највећа ширина око 1000 m. Средина језера представља границу између Републике Српске, БиХ и Републике Србије. На хидроелектрани „Бајина Башта“ је од 2010. године до 2012. године завршена ревитализација три генератора, а када се ревитализују сва четири добиће се додатна 52 MW, на сваком по 13. Годишња производња ће бити већа за 40 милиона kWh уз инвестицију од 77 милиона евра. Почетком јуна 2009. године, односно након 42 године рада, започели су радови на ревитализацији четири агрегата ХЕ „Бајина Башта“. Ревитализацијом, која је трајала наредних пет година, инсталисана снага ХЕ „Бајина Башта“ повећана је за додатних 54 MW. Инсталисана снага генератора је 105 MW, док је снага блок трансформатора 112 MVA. Ревитализација је обухватила и систем управљања, локалну команду, електричне заштите, турбинску опрему, поља агрегата разводног постројења 220 kV са проширењем, сопствену потрошњу електране. За 40 година рада ХЕ „Бајина Башта“ је произвела преко 76000 GWh електричне енергије. Погонска спремност је захваљујући изузетно стручном одржавању на високом нивоу (слика 30) [26].



Слика 30. Пуњење акумулационог језера (Перућачко језеро) [26]

Након завршетка Другог светског рата концепција о коришћењу потенцијала Западне Мораве у Овчарско – Кабларској клисури проширена је на цео потез, тако да је поред деривационе електране у Овчар Бањи планирана и прибранска низводна електрана у Међувршју. Величина обе електране је 6 MW и 7 MW на укупном паду од 40 m. После завршетка неопходних истраживања и припрема су отпочели радови 1946. године у Овчар Бањи а 1947. године у Међувршју. Радови су извођени сукцесивно тако да је први агрегат у ХЕ „Овчар Бања“ укључен на мрежу 1954. године, а последњи у ХЕ „Међувршје“ 1957. године, чиме је коначно изграђена и монтажа завршена. Од тада електрана непрекидно ради са просечном годишњом производњом 60 милиона KWh електричне енергије. Приликом велике поплаве на Западној Морави, 13. маја 1965. године обе електране биле су потпуно поплављене, а бране оштећене. Тада електрана, због чишћења и поправки, није радила скоро годину дана. „Електроморава“ као најстарија хидроелектрана, прва је у ЈП ЕПС у којој је урађена ревитализација електромашинске опреме. Одлуку о ревитализацији донео је управни одбор ЈП ЕПС, а потврдила га је Влада Републике Србије 2006.године. Радови на терену почели су у мају 2008. године у „Овчар Бањи“, а завршени средином децембра 2010. године у „Међувршју“, а извођени су сукцесивно, агрегат по агрегат. Обим радова на ревитализацији био је велики. Замењено је око 95% електромашинске опреме турбине и генератора, док је остала електроопрема у потпуности замењена. У 2014. Години је уграђен трећи, додатни агрегат у ХЕ „Међувршје“ који има снагу од 600 KW и чија је просечна годишња производња електричне енергије 1,7 мил KWh. Улога овог агрегата је да узима део воде из акумулације кад су велике воде правећи додатне киловате, а у времену ниског водостаја кроз овај агрегат обезбеђује се биолошки минимум, такође правећи додатне киловате. Ревитализацијом је снага ХЕ „Електроморава“ повећана за 25%, а адекватно томе и производња. Сада обе електране имају укупну снагу 18 MW са инсталисаним протоком од 50 m³/s (слика 31) [27].



Слика 31. Хидроелектране „Међувршје“ и „Овчар Бања“ [27]

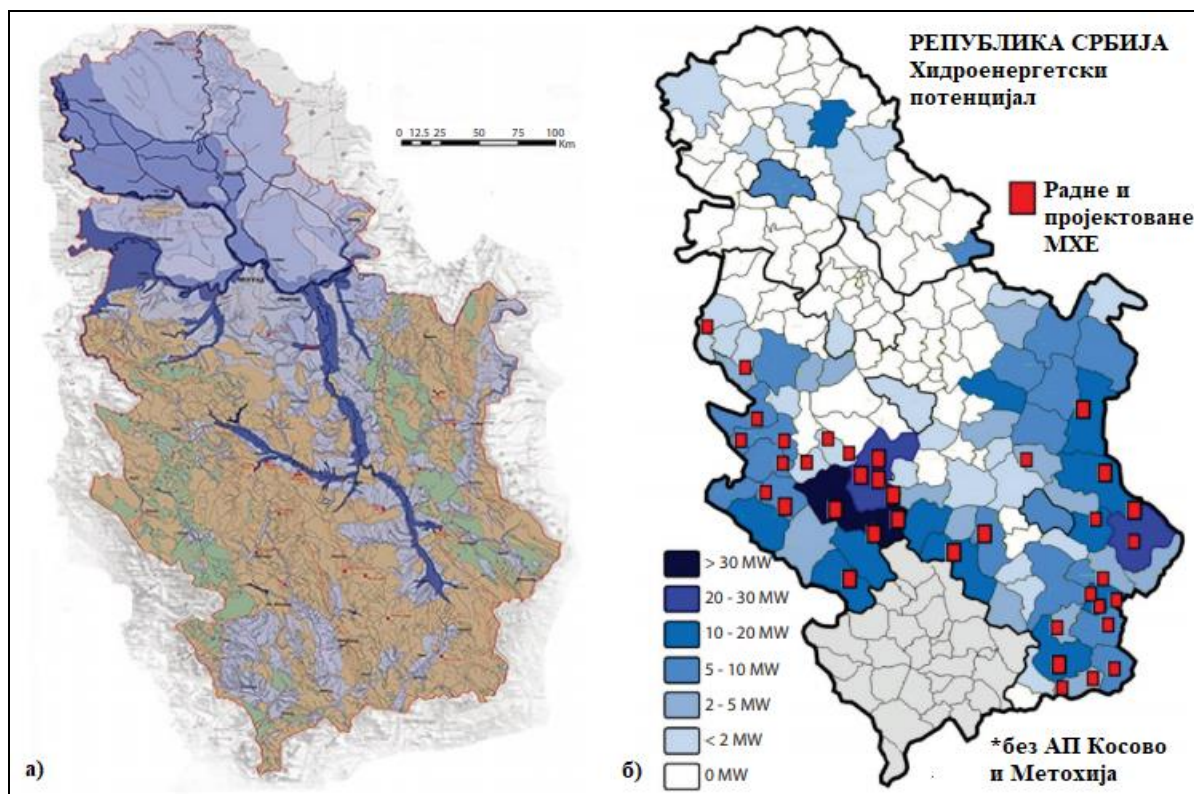
Агрегати ХЕ „Зворник“ непрекидно раде већ 60 година, последњи агрегат је пуштен у рад 1955. године. Пројектом „Ревитализација ХЕ Зворник“, предвиђена је комплетна замена турбинске опреме, турбинске регулације, система расхладне воде, система компримованог ваздуха, генератора са побудним системима, блок трансформатора, опреме генераторског напона, опреме 110kV разводног постројења и система за управљање и система електричних заштита хидроелектране. Планирана је ревитализација турбина и генератора на ХЕ „Зворник“ где се очекивало подизање снаге појединих генератора са 24 на 32,4 MW и предвиђао почетак радова за 2013. годину. Такође се планирало додавање петог агрегата. Уговор за реализацију пројекта потписан је са извођачем „Voith Hydro“ 2013. године на износ од 63149355 евра. Уговор је ступио на снагу 2014. године, а ревитализација првог агрегата је почела у октобру 2015. године. Предвиђено је да радови на сваком од агрегата трају по 12 месеци, рачунајући демонтажу опреме, извођење свих неопходних грађевинских радова, монтажу нове опреме, испитивање и пуштање у рад, а затим и пробни рад и преузимање агрегата и пратећих система. До почетка 2018. године завршена је ревитализација агрегата број 1 и број 2 и започети су радови на ревитализацији агрегата број 3 [30].

На Дрини код Љубовије су планиране још две хидроелектране, „Тегаре“ и „Мала Дубравица“, укупне снаге око 300 MW и још дванаест минихидроелектрана на притокама Дрине, Љубовићи, Цапарићској и Грачаничкој реци. Директор Електропривреде Србије је потписао споразум са представником италијанске компаније „Сеџи енергије“ о изградњи три хидроелектране на средњем току Дрине, између Бајине Баште и Зворника, укупне снаге 320 MW за коју је процењена вредност инвестиције око 800 милиона евра[8]. Ове електране ће производити око 1,2 милијарди kWh годишње [25].

У стратешким и регулаторним актима Републике Србије из области енергетике нема прецизне поделе, односно дефиниције малих и великих хидроелектрана. У стратешким документима се помињу мале хидроелектране, без дефиниције, док се у Закону о енергетици наводи искључиво појам „хидроелектрана“. Законом о енергетици и подзаконским актима којима се ближе уређују мере подстицаја за обновљиве изворе енергије дефинисана је гранична снага за хидроелектране до које се може стећи статус повлашћеног произвођача електричне енергије и она износи 30 MW, док је сама хидроелектрана дефинисана као „електрана која енергију природног водотока претвара у електричну енергију“. Ради процене хидролошког потенцијала водотокова Србије, још 1987. године је урађен Катастар малих хидроелектрана који је дао приказ свих локација повољних за изградњу хидроелектрана у распону снага од 100 kW до 10 MW. Катастар никада није заживео као законом или планским документима обавезујући акт, али је често служио као смерница где се могу градити мале хидроелектране, као и за прелиминарну процену капацитета планираних пројеката. У последњих 30 година је знатно измењена ситуација на терену. Многе потенцијално повољне локације за изградњу хидроелектрана су већ искоришћене или из неких других разлога више нису на располагању за изградњу.

Министарство рударства и енергетике је започело израду новог катастра малих хидроелектрана, а завршетак тог пројекта се очекује 2019. године [24].

Према Стратегији развоја енергетике укупан теоретски расположив хидроенергетски потенцијал вода које отичу водотоцима на територији Републике Србије износи око 25000 GWh/год. Највећи део хидропотенцијала, преко 70 % концентрисан је само на неколико водотока са потенцијалом изнад 1000 GWh/год: Дунав, Дрина, Велика Морава, Лим и Ибар. Са друге стране, на више река у Републици Србији хидроенергетски потенцијал ће моћи само делимично да се искористи, због приоритетности водопривредног коришћења вода, јер су неке реке планиране као изворишта регионалних водоводних система: Топлица, Црни Тимок, Расина, Студеница, Велики Рзав, Млава, Лепенац, итд. Технички искористив потенцијал у Републици Србији износи око 19,5 GWh/год, од чега је око 17,7 GWh/год на објектима већим од 10 MW. До сада је изграђено 16 великих хидроелектрана и оне производе просечно око 10,5 GWh годишње. Укупни технички потенцијал хидроелектрана снаге до 10 MW се процењује на око 1800 GWh годишње (табела 5) [24]. На слици 32 је приказан преглед хидрологије и мапа малих хидроелектрана у Србији.



Слика 32. Преглед хидрологије (а) и мапа малих хидроелектрана (б) у Србији [24]

Табела 5. Хидропотенцијал Србије [24]

Хидроенергија	Расположиви технички потенцијал који се користи (Mtoe)	Неискоришћени расположиви технички потенцијал (Mtoe)	Укупни расположиви технички потенцијал (Mtoe)
Укупно хидроенергија	0,909	0,770	1,679
За капацитете до 10 MW	0,004	0,151	0,155
За капацитете од 10 MW до 30 MW	0.020	0,102	0,122
За капацитете преко 30 MW	0.885	0,517	1,402

Од 2010. године, када су у Србији почеле да се примењују подстицајне мере за произвођаче електричне енергије који користе обновљиве изворе, изградња малих хидроелектрана континуирано тече са просечним растом од око 12 електрана годишње, за разлику од свих других технологија које су имале периоде без инвестиција и периоде интензивног интересовања инвеститора [24].

Табела 6. Хидроелектране – са повлашћеним и привремено повлашћеним статусом [24]

Година стицања статуса	Привремени статус		Повлашћени статус	
	Број електрана	Нова инсталисана снага (MW)	Број електрана	Нова инсталисана снага (MW)
2010	0	0	12	3.33
2010	0	0	4	2.09
2012	0	0	5	3.08
2013	0	0	12	15.34
2014	0	0	13	10.84
2015	0	0	8	3.78
2016	4	2.70	11	5.11
2017	3	3.09	21	10.02
2018	16	13.20	14	9.31
Укупно	23	18.99	100	62.90

Производња из хидроелектрана представља окосницу доприноса у уделу обновљивих извора енергије за сектор електричне енергије. Сваке године, са мањим или већим одступањима, велике и мале хидроелектране произведу око 30% укупне електричне енергије Србије. Хидроелектране имају веома важну улогу у акумулацији енергије.

Обзиром на величину њихових укупних капацитета и природу (обновљиви извор енергије), ова постројења остаће веома значајна за рад електроенергетских система широм света. Могућност да производе енергију када је то потребно и привремено обуставе рад у периоду дана када други извори (соларне и ветроелектране) раде пуном снагом, даје додатни значај овој технологији. Посебно су важни системи који омогућавају препумпавање воде из акумулационог језера нижег потенцијала у језеро веће надморске висине - реверзибилне хидроелектране. Програм остваривања Стратегије развоја енергетике Републике Србије, најављује изградњу две реверзибилне хидроелектране, РХЕ Бистрица - 680 MW и РХЕ Ђердап 3 - 600 MW. Њиховом изградњом значајно би се повећале могућности за пријем веће количине електричне енергије из соларних и ветроелектрана у енергетски систем [24].

Мини хидроелектране на рекама у Србији се протеклих година промовишу као један од главних начина за повећање удела енергије из обновљивих извора будући да Србија обилује водама. Србија поседује значајне ресурсе хидроенергије имајући у виду да је укупан технички капацитет за производњу електричне енергије процењен на око 17000 GWh од чега је само 10000 GWh у употреби, према подацима Електропривреде Србије (ЕПС), укупна снага постојећих 16 хидроелектрана је 2936 MW, што представља скоро 40,2% укупног енергетског потенцијала. У Србији тренутно има 90 малих хидроелектрана, при чему 16 у власништву ЕПС - а, док је 74 у власништву приватних инвеститора. У складу са условима за приступање Европској унији, Србија се обавезала да повећа удео енергије из обновљивих извора, пре свега енергије воде, сунца и ветра, у бруто финалној потрошњи са садашњих 21,2 на 27% до 2020. године. Стога је 2013. године израђен Национални акциони план и донете су Уредбе са намером да повећа удео енергије која се производи из ових извора. Србија је 2006. године ратификовала Уговор о оснивању Енергетске заједнице и на тај начин се обавезала да ће преузети међународне обавезе које се односе на обновљиве изворе енергије, из чега је управо и проистекла израда овог акционог плана. Акционим планом је предвиђено да се до 2020. године инсталира додатних 1092 MWи то уз помоћ објеката снаге 500 MW за производњу струје из ветра, 438 MW мини хидроелектрана, 100 MW електрана на биомасу, 30 MWна биогаз, по 10 MW на депонијски гас и сунчеву енергију, 3 MW за електране на отпад и 1 MW на геотермалну енергију [25].

Министарство рударства и енергетике је Уредбом о подстицајним мерама за производњу електричне енергије из обновљивих извора и из високоефикасне комбиноване производње електричне и топлотне енергије прописало подстицајну откупну цену као облик оперативне државне помоћи повлашћеним произвођачима. У подстицајном периоду од 12 година, повлашћеном произвођачу се омогућава откуп струје по цени у распону од 6 до 12,6 евроценти/kWh (фид – ин, стимулативне тарифе) у зависности од типа и величине постројења, као и максималног времена њиховог ефективног рада. Како би се обезбедио удео мини хидроелектрана у укупној производњи електричне енергије од 438 MW, у

Катастру малих хидроелектрана у Србији из 1987. године је предвиђена изградња 856 постројења у брдско - планинским подручјима од којих се већина налази под заштитиом државе као природно добро од изузетног значаја, као на пример пример Стара планина. У табели 6 су наведене мини хидроелектране са највећом инсталисаном снагом, као и податак о могућој годишњој производњи [24].

Табела 6. Мини хидроелектране са инсталисаном снагом предвиђене за изградњу према Катастру мини хидроелектрана из 1987. године [25].

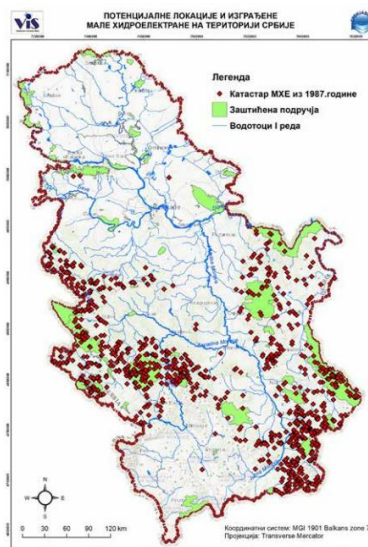
Назив	Река	Општина	Снага (MW)	Годишња производња (GWh)
Градина 1	Студеница	Ивањица	8,4	22,3
Мала Бела Паланка	Нишава	Бела Паланка	8	28,4
Тигар	Нишава	Пирот	5,85	15,4
Пажар	Нишава	Пирот	5,6	18
Рас (Сопоћани)	Рашка	Нови Пазар	5,6	22
Марићи	Самоковска, Сутановачка	Рашка	5,5	14,6
Соколовица	Тимок	Зајечар	5,2	15
Табаковац	Тимок	Зајечар	5	15,6
Трнавац	Тимок	Зајечар	5	22

Циљ је да се искористе водотокови које одликује изузетан хидропотенцијал. Највећи број хидроелектрана би требало бити изграђен у Краљевачком (158 са инсталисаном снагом 96,1 MW), Ужичком (203 са инсталисаном снагом 93,2 MW), Јужноморавском (177 са инсталисаном снагом 77,2 MW) и Нишком округу (141 са инсталисаном снагом 75,7 MW). Предвиђени број мини хидроелектрана би требало да обезбеди 1590 GWh годишње. Према подацима Србија Воде, потенцијал речних токова на којима би оне биле изграђене би износио 4,7% укупне производње електричне енергије у Србији или око 15% произведене енергије у хидроелектранама [25].

5.3.1. Мини хидроелектране

Доношењем Закона о енергетици 2004. године су утврђени дугорочни циљеви енергетске политике, међу којима су и стварање услова за стимулисање коришћења обновљивих извора енергије и унапређење животне средине. Изменама Закона о енергетици 2011. године одлучено је да производња електричне енергије није делатност од општег интереса и да је могу обављати предузећа и предузетници на основу лиценци и уписа у одговарајући регистар произвођача електричне енергије. Уведен је принцип конкурентности и једнаког положаја свих субјеката у остваривању права на изградњу

електрана, као и да се производња електричне енергије обавља по тржишним принципима. Прописано је да се енергетски објекти граде у складу са Законом о планирању и изградњи, просторним плановима и техничким прописима, а по претходно прибављеној енергетској дозволи. Уведено је и специфично законско решење, да се енергетски објекти граде расписивањем јавног тендера само у случају да путем издавања енергетских дозвола не може да се обезбеди планирана динамика изградње енергетских објеката и производње енергије [30]. Стратегијом развоја енергетике Србије су утврђени приоритети и подстицајне мере за производњу електричне енергије из обновљивих извора. Хидропотенцијал је, као што је већ речено, издвојен као најзначајнији обновљиви енергетски ресурс Србије, при чему је процењено да технички искористив потенцијал износи 19500 GWh годишње, од чега 17700 GWh на хи дроелектранама снаге преко 10 MW и 1800 GWh на хидроелектранама снаге до 10 MW. У Стратегији је констатовано да постоје ограничења у коришћењу хидропотенцијала на рекама које се налазе у заштићеним зонама паркова природе, затим културно-историјских и амбијенталних целина и у зонама изворишта за водоснабдевање и да ће се изградња електрана на овим локацијама реализовати у складу са вишенаменским коришћењем вода и критеријумима заштите животне средине. До сада није урађен плански документ, односно студија оправданости и пројектно решење изградње МХЕ, већ је у јуну 2013. године усвојен амбициозан акциони план (НАПОИ), којим је предвиђено да се до 2020. године изграде хидроелектране укупне снаге 458 MW и до 2030. године укупно 750 MW. Од тога МХЕ требало би да износе око 50%, односно 208 MW до 2020. и 400 MW до 2030. године. Овако пројектовани капацитети засновани су на Катастру МХЕ на територији Србије, који су 1987. године за Здружену електропривреду Србије урадили „Енергопројект“ и Институт „Јарослав Черни“, што се може видети на слици 33 [29].



Слика 33. Катастар МХЕ 1987. године, положај захвата према подацима из Водопривредног информационог система Србије „Србија воде“ из 2019. године [29]

Катастром је одређено 856 потенцијалних локација за изградњу МХЕ на водотоцима у Централној Србији. Укупна инсталисана снага МХЕ дефинисаних катастром износи око 450 MW, а њихова годишња производња је процењена на 1590 GWh. Катастар МХЕ из 1987. године је дао евиденцију потенцијалних локација и технички искористивог потенцијала за производњу електричне енергије, не водећи рачуна о водним условима, еколошкој прихватљивости и економској оправданости њихове изградње, тако да су у њему прецењени капацитети и производне могућности МХЕ. У Закону о просторном плану РС од 2010. до 2020. године је прописано да се плански основ за изградњу МХЕ обезбеђује директном применом просторних планова јединица локалне самоуправе и просторних планова подручја посебне намене и да је на подручјима на којима није предвиђена израда урбанистичких планова дозвољена изградња МХЕ према условима заштите природе и водним условима. При изради просторних планова јединица локалне самоуправе, без претходне анализе и процене утицаја, унете су све локације из Катастра МХЕ, а додате су и нове из различитих докумената и извора, тако да је данас у просторним плановима у оптицају преко 1000 потенцијалних локација за изградњу МХЕ. Уколико би се наставила изградња каскадно постављених МХЕ у планираном обиму, у коначној фази реализације постоји опасност од девастирања око 2500 km речних токова у Србији, чиме би се битно изменили хидроморфолошки услови и режим отицаја целих сливова, са значајним последицама на екосистем речних долина [26]. О месту, значају и улози МХЕ у производњи електричне енергије у Србији најбоље говоре подаци који су приказани у табели 7 [30].

Табела 7. Рад МХЕ на територији Републике Србије [30]

Статистика електричне енергије	2016	2017	2018
Опис (јединица мере)			
Производња електричне енергије (GWh)	36,781	34,441	34,950
Производња ТЕ	25,016	24,240	22,955
Производња ХЕ (укупно)	11,615	9,958	11,591
Производња ФиТ МХЕ	192	183	266
Производња из других ОИЕ	150	243	404
Финална потрошња електричне енергије (GWh)	29,210	29,713	29,200
Укупни капацитет (MW)	7,450	7,838	8,088
<i>По изворима:</i>			
Угаљ/ мазут	4,032	4,386	4,386
Гас	347	347	347
ХЕ укупно	3024	3054	3066
ФиТ МХЕ	47	51	289
Остало	47	51	289
Удео ФиТ МХЕ у укупно инсталираним капацитетима (%)	0,6	0,8	1,3
Удео ФиТ МХЕ у укупној производњи електричне енергије (%)	0,52	0,53	0,76
Удео ФиТ МХЕ у укупној производњи из ХЕ	1,65	1,84	2,29
Удео ФиТ МХЕ у укупној финалној потрошњи електричне енергије (%)	0,66	0,62	0,91

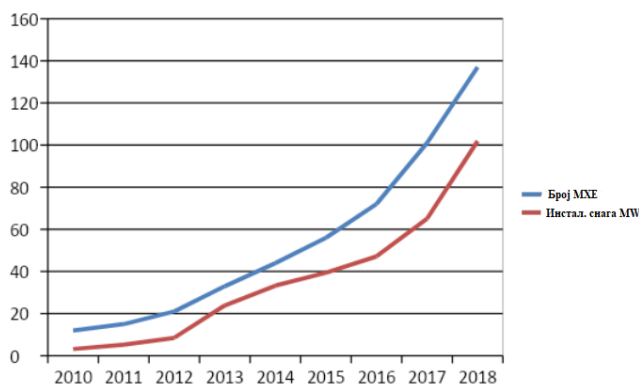
Као што се види из приказаних података, МХЕ имају занемарљиву улогу у Србији, како у погледу инсталираних капацитета, односно 1,3 % учешћа, тако и у погледу производње, односно 0,76 % укупне производње електричне енергије. Уколико се при томе има у виду и податак да МХЕ у укупној финалној потрошњи електричне енергије у Србији са својом производњом учествују са 0,91 % онда претходно изведени закључак добија своју пуну основу. Подстицање производње електричне енергије из МХЕ и након 9 година провођења актуелне политике подстицаја ОИЕ, представља главну полугу система подстицаја кроз ФиТ (фид - ин тарифа) [30].

Статус овлашћеног и привремено овлашћеног произвођача електричне енергије из МХЕ, који у складу са прописима имају право на гарантовани откуп електричне енергије по гарантованим подстицајним ценама, на крају 2018. године је имало укупно 137 МХЕ. Кретање броја и инсталисане снаге овлашћених и привремено овлашћених МХЕ по годинама примене система подстицаја за ОИЕ дато је у табели 8 [30].

Табела 8. Кретање броја и инсталисане снаге овлашћених и привремено овлашћених МХЕ по годинама примене система подстицаја за ОИЕ [30].

Година	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Број МХЕ	12	15	21	33	44	56	72	101	137
Инстал. Снага (MW)	3,17	5,28	8,53	23,87	33,29	39,44	47,14	65,07	101,89

На основу података из табеле 6 приказан је график на слици 34.



Слика 34. Број МХЕ и њихова инстал. снага у Републици Србији [30]

У структури МХЕ, доминирају МХЕ инсталиране снаге мање од 1 MW, док МХЕ преко 5 MW чине само 1 % укупног броја МХЕ из система подстицаја (слика 35) [30].



Слика 35. МХЕ према инсталираној снази према подацима из 2018. године [30]

Преглед планиране (према НАПОИЕ) и остварене производње електричне енергије из ОИЕ је дат у табели 9:

Табела 9. Преглед планиране и остварене производње електричне енергије из ОИЕ [30]

ОИЕ	Планирана производња 2020. (GWh)	Остварена производња у 2018(GWh)	% остварења
МХЕ	592	266	44,93
Соларна енергија	13	10,5	80,77
Енергија ветра	1000	150	15,00
Биомаса/ биогаз	865	196	22,66
Укупно	2470	622,5	25,20

Из података о степену остварења НАПОИЕ се може видети да Србија није успела остварити све циљеве дефинисане Стратегијом развоја енергетике до 2020. године и параметре предвиђене планом када је у питању производња електричне енергије из ОИЕ. Један од разлога је био и последица пандемије Ковид – 19 вируса, али то не искључује чињеницу на остварења до 2018. године која су дата у табели, а из којих се може уочити и да изабрани модел и начин подстицања производње из ОИЕ био неадекватан и неефективан, поготово ако се има у виду чињеница да је производња из енергије сунца и ветра била ограничена годишњим квотама, за разлику од производње из МХЕ [30].

Чињеница је да МХЕ немају значајну улогу, нити могу бити значајан фактор повећања производње електричне енергије из ОИЕ, па самим тим ни значајно допринети развоју електроенергетског система Србије. Истовремено МХЕ имају најлошији утицај на животну околину и биодиверзитет у односу на остале ОИЕ . Ово је поготово значајно ако се имају у виду климатске промене и све чешћа ситуација у погледу лоших хидролошких прилика, као што је то био случај у 2017.години [30].

6. Закључак

Снажна енергетска привреда и енергетска независност су битни предуслови економског развоја Републике Србије. Државе које у енергетском смислу зависе од увоза, углавном нису конкурентне на међународном тржишту. У енергетској привреди Србије, најдужу традицију, као и највеће учешће има употреба лигнита, угља најниже енергетске вредности, чије се резерве непрестану смањују. Подједнаку дугу традицију, дужу од столећа, има и хидроенергетика, која такође представља битан енергетски потенцијал Републике Србије, али су и овде енергетски потенцијали углавном искоришћени. Нафта и гас су заступљени у српској енергетици преко 50 година, док су уљни шкриљци и обновљиви извори енергије новина, којој у будућем развоју енергетске привреде треба посветити пажњу. На основу свега наведеног, није тешко закључити да будући развој енергетске привреде Републике Србије треба тражити у обновљивим енергетским изворима. Соларна енергија би највећу примену могла да има у јужном делу Републике Србије, обзиром да је овда највећа инсолација. Међутим, соларни енергетски системи су још увек скупи, а степен искоришћености сунчеве енергије је релативно низак. Енергија ветра се намеће као најреалнији и најефикаснији вид обновљиве енергије који је могуће производити на тлу Републике Србије. Ветроенергетика је тренутно грана енергетике са највећим растом, који се креће до 30% годишње. На ту указује и унапређење ветрогенератора, од оних из 80-их година прошлог века, снаге од 100 kW, до садашњих снаге до 5 MW. Највећи недостатак енергије ветра је променљивост снаге и правца дувања ветра, као и немогућност његов складиштења, као што је то случај са акумулацијама хидроелектрана. С друге стране, изградња хидроелектрана је вишегодишњи процес, за разлику од ветроелектрана које од израде пројекта до експлоатације могу бити завршене за мање од годину дана. Такође, ветропаркови су далеко мања инвестиција, а сви трошкови се исплаћују већ после пет година, што је према животном веку ветрогенератора (од 25-30 година) врло исплативо. Енергија ветра у Републици Србији највећи потенцијал има у Војводини и планинским пределима Централне Србије. Изградњом ветропаркова би се дошло до најекономичнијег система за добијање електричне енергије, што указује на нужност реализације постојећих планова и инсталације ових система, тамо где има потенцијала за њихово ефикасно коришћење. Мада је последњих пет година у Републици Србији око двадесет ветропаркова пуштено у рад или је у изградњи и пројектној документацији, учешће енергије ветра у инсталисаној снази из обновљивих извора износи само око 15%, при чему хидроенергија и даље доминира са 80%.

Република Србија мора да тежи ослобађању од увоза енергената, односно да оствари производњу електричне енергије која ће макар покрити сопствена потраживања, а обзиром да су експлоатација лигнита и хидроенергије већ достигли максимуме капацитета, енергија ветра се намеће као најисплативији и најперспективнији начин ослобађања од енергетске зависности Републике Србије.

Литература

1. В. Спасић, Производња електричне енергије из електрана које добијају fid-in тарифе, и највећим делом користе обновљиве изворе енергије, дуплирана је прошле године у односу на претходну – са 638 GWh на 1.361 GWh, доступно на: <https://balkangreenenergynews.com/rs/u-2019-duplirana-proizvodnja-elektricne-energije-iz-obnovljivih-izvora-u-srbiji/>, приступљено 03.02.2021
2. Енергетски портал: Обновљиви извори енергије, доступно на: <https://www.energetskiportal.rs/obnovljivi-izvori-energije/>, приступљено 03.02.2021
3. Закон о енергетици („Службени гласник РС" бр. 145/2014 и 95/2018- др. закон)
4. М. Sato, Thermochemistry of the formation of fossil fuels, U.S. Geological Survey, MS 959, Reston, Virginia 22092, U.S.A, 1990
5. Ш. Лана: Енергија сунца и иновације за будућност, Велеучелиште у Шибенику, Шибеник, 2016
6. <https://www.pinterest.com/>, приступљено 04.02.2021
7. ESCO Београд: Energy Saving Company: Биомаса, доступно на: <http://www.esco.rs/biomasa.html>, приступљено 04.02.2021
8. М. Ђонлагић: Обновљиви извори енергије, Студија о обновљивим изворима енергије у БиХ, Тузла, 2010
9. Моја учионица: геотермална енергија, доступно на: <https://sites.google.com/site/tehskolamojaucionica/home/obnovljivi-izvori-energije/geothermalna-energija>, приступљено 05.02.2021
10. З. Миловановић, Љ. Папић, С. Думоњић Миловановић, А. Милашиновић, Д. Кнежевић: Одрживо планирање енергије: технологије и енергетска ефикасност, Истраживачки центар DQM, Пријевор, 2018
11. Е. Ђатовић: Енергија ветра: Предности и мане, доступно на: <http://ekoblog.info/energija-vetra/>, приступљено 05.02.2021
12. А. Влајковић: Енергетска ефикасност енергије ветра и ветрогенератора, Мастер рад, Факултет техничких наука, Чачак, 2014
13. Eurostat Statistics Explained: Renewable energy statistics, доступно на https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Share_of_renewable_energy_more_than_doubled_between_2004_and_2019, приступљено 07.02.2021
14. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition, European Commission, Brussels, 2020
15. РЗС: Укупан енергетски биланс., Београд, Србија (2018)

16. З. Васиљевић: Одређивање потенцијала обновљивих извора енергије у општини у Републици Србији, Мастер рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2020
17. Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине: НАЦИОНАЛНИ АКЦИОНИ ПЛАН ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, Београд, 2013
18. М. Тураковић: Соларна енергија, Србија, Скалирање соларних система у Србији: анализа тржишта и препоруке, Е3 Analytics, 2020
19. Б. Јелена, К. Ђурић, Д. Турањанин: Соларни извори енергије у функцији одрживог развоја, Стручни рад, Факултет за економију и инжењерски менаџмент у Новом Саду, Нови Сад, (49-64)
20. Топлотна конверзија соларне енергије: Соларни колектори, доступно на: <http://www.solarni-kolektori.co.rs/>, приступљено 07.02.2021
21. А. Влајковић: Енергетска ефикасност ветра и ветрогенератора, Мастер рад, Факултет техничких наука, Чачак, 2014
22. UNDP: Заштита природе и развој ветроелектрана у Србији, Програм уједињених нација за развој, Београд, 2013
23. Зелена енергија: Хидроенергија, доступно на: <http://www.zelenaenergija.pks.rs/ZelenaEnergija.aspx?id=59&p=1&>, приступљено: 05.03.2021
24. Институт за мултидисциплинарна истраживања: СТУДИЈА ЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА СРБИЈЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВОГ ЗРАЧЕЊА И ЕНЕРГИЈЕ ВЕТРА, Београд, 2008
25. Ј. Звездановић Лобанова, М. Лобанов, М. Звездановић: Изградња мини хидроелектрана у Србији: Повећање еколошке задужености или развој?, Институт друштвених наука, Руска академија наука, Београд, 2016
26. Електропривреда Србије: ХЕ „Бајина Башта“, доступно на: <http://www.eps.rs/cir/dlhe/Pages/HE-Bajina-Ba%C5%A1ta.aspx>, приступљено 12.05.2021
27. Електропривреда Србије: ХЕ „Овчар Бања“ и ХЕ „Мешувршје“, доступно на: <http://www.eps.rs/cir/dlhe/Pages/HE-Ov%C4%8Dar-Banja%20i%20HE%20Me%C4%91uvr%C5%A1je.aspx>, приступљено 12.05.2021
28. Електропривреда Србије: „Планирање и развој“, доступно на: <http://www.eps.rs/cir/dlhe/Pages/Planiranje%20i%20razvoj.aspx>, приступљено 12.05.2021
29. М. Анђелковић: Утицај малих хидроелектрана на животну средину, Српска академија наука и уметности, Београд, 2020
30. Д. Миљевић: Анализа економске оправданости концесионих накнада и подстицаја са мале хидроелектране на територији Републике Србије, Загреб, 2019