

IDENTIFIKACIJA POGODNIH LOKACIJA ZA PRIMENU SOLARNE ENERGIJE NA TERITORIJI OPŠTINE PIROT

IDENTIFICATION OF SUITABLE LOCATIONS FOR APPLICATION OF SOLAR ENERGY AT THE TERRITORY MUNICIPALITY OF PIROT

Uroš Durlević, Vladan Grbović, Uroš Milinčić
Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet

durlevicuros@gmail.com, e.vladann@gmail.com, uros.milincic@gmail.com

Apstrakt: U ovom radu primenom geografskih informacionih sistema (GIS), metodom valorizacije i eliminacije, izvršena je identifikacija pogodnih lokacija za primenu solarne energije, odnosno izgradnju solarnih elektrana koje bi smanjile količinu sagorevanja fosilnih goriva i doprinele održivom razvoju. Analizirani su prirodni i antropogeni uslovi. Od prirodnih uslova, kabinetskim radom obrađene su morfometrijske karakteristike terena (nagib i ekspozicija), namena zemljišta, prisutnost zaštićenih područja, a od antropogenih uslova istražena je blizina saobraćajnica. Svi prirodni uslovi su kartografski prikazani u vidu tematskih karata, a kao konačan proizvod dobija se finalna, sintezna karta pogodnosti lokacija za eksploataciju solarne energije. Najveći potencijal solarne energije u Srbiji prisutan je u južnom i jugoistočnom delu zemlje, iz tog razloga je kao studija slučaja, analizirana opština Pirot.

Gljučne reči: Solarna energija; solarne elektrane; opština Pirot; pogodne lokacije; GIS

Abstract: In this paper through application of geographic information systems (GIS) using the method of valorization and elimination, the identification of suitable locations for primary solar energy was performed, that is, for the construction of solar power plants that would reduce the amount of combustion of fossil fuels and contribute to sustainable development. Natural and anthropogenic conditions were analyzed. As for the natural conditions, through cabinet work the morphometric characteristics of the terrain (inclination and exposition) were processed, the purpose of the land, the presence of protected areas, and as for the anthropogenic conditions, proximity of the roads was explored. All natural conditions are presented in the form of thematic maps, and the ultimate product is a final, synthetic map for suitability of the solar energy application. The greatest potential of solar energy in Serbia is present in the south and south-eastern part of the country, therefore, as a case study, the Municipality of Pirot has been analyzed.

Key words: Solar energy; solar power plants; municipality of Pirot; suitable locations; GIS

UVOD

Opština Pirot jedna je od teritorijalno većih opština u Srbiji, nalazi se u jugoistočnom delu države i pripada Pirotskoj oblasti. Površina opštine Pirot iznosi 1232.8 km². Solarna energija je vid obnovljivih izvora energije koji ima najveći potencijal na svetu. Skoro svi obnovljivi izvori energije potiču isključivo od Sunca [1]. Sunce isporučuje više energije po

satu nego što Zemlja koristi u jednoj godini, oslobođena od zagađivača i gasova koji dovode do efekta staklene bašte i bezbedna je od geopolitičkih ograničenja i konflikata [2]. U proseku, Srbija ima više sunčanih časova od većine evropskih zemalja [3], a to se naročito odnosi na jug i jugoistok zemlje, gde je ukupno godišnje sunčevo zračenje 1460 – 1550 kWh/m².

Pomoću raspoložive baze podataka, satelitskih snimaka i njihovom obradom u geografskim softverskim sistemima, dobijaju se relevantni podaci koji u kombinaciji sa terenskim istraživanjima mogu biti vrlo precizni [4]. Za opštinu Pirot analizirani su prirodni i antropogeni uslovi koji su od najvećeg značaja na potencijalnu izgradnju solarnih elektrana. Solarni fotonaponski paneli igraju izuzetno važnu ulogu u proizvodnji električne energije u mnogim zemljama [5]. Direktna konverzija sunčeve u električnu energiju, tzv. fotonaponski efekat primećen je pre skoro dva veka, ali tek razvojem kvantne teorije početkom 20. veka, ovaj fenomen je objašnjen i shvaćen [6].

MATERIJALI I METODE

Radi utvrđivanja pogodnih lokacija za primenu solarne energije, korišćeni su GIS softverski alati: Geomedia Professional i QGIS. Način rada je kabinetski i pruža efikasne i lako dostupne podatke koji se u velikoj meri mogu upotrebiti za analizu prirodnih uslova i dobijanje analitičkih i sinteznih karata [7].

Za potrebe pronalaska pogodnih lokacija za solarne elektrane i njihovog vrednovanja, korišćeno je 6 analitičkih karata na osnovu kojih je formirana finalna, sintezna karta pogodnosti.

Karta ekspozicije zemljišta (S_1) jedna je od najvažnijih karata u valorizaciji lokacija za solarne elektrane. Metod dobijanja karte zasniva se na reklasifikaciji iz dvadesetpetometarskog DEM-a (digitalnog modela visina). Reklasifikacija je izvršena na osnovu osunčanosti terena, gde su za najpovoljnije lokacije određeni tereni sa južnom ekspozicijom zbog izražene insolacije, dok je za najmanje povoljnu lokaciju izabran sever usled znatno manje osunčanosti [6].

Karta uglova nagiba terena (S_2) je takođe rađena po principu dvadesetpetometarskog DEM-a, izvršena je reklasifikacija prema stepenu inklinacije terena. Kao najpogodnije lokacije za izgradnju solarnih elektrana uzeti su (najpristupačniji) tereni sa malim nagibom ($0.5 - 3^0$).

Za potrebe dobijanja treće, karte namene zemljišta (S_3) korišćena je geoprostorna baza podataka evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA) - Corine Land Cover, iz koje su preuzete klase načina korišćenja zemljišta. Izvršena je klasifikacija po nameni zemljišta i određeni su najpovoljniji prostori za potencijalnu izgradnju elektrana.

Prisutnost zaštićenih područja na određenom terenu bitna je karakteritika u analizi pomenutog. Na svim zaštićenim područjima treba izbegavati antropogenu aktivnost, tako da je karta zaštićenih prirodnih dobara takođe uzeta u ukupnom ocenjivanju pogodnosti terena.

Bafer zona oko saobraćajnica (S_4) predstavlja važan antropogeni faktor u određivanju pogodnih lokacija i kasnijoj realizaciji izgradnje solarnih elektrana, tj. dostupnije i efikasnije izgradnje potencijalnih solarnih elektrana. U zavisnosti od blizine saobraćajnica, odrađene su bafer (tampon) zone koje su ocenjene na osnovu blizine terena glavnim saobraćajnicama.

Tabela 1: Bafer zona oko saobraćajnica

Bafer zona	Ocena
m 400 – 0	5
m 800 – 400	4
m 1200 – 800	3
m 1600 – 1200	2
m 1600 Ø	1

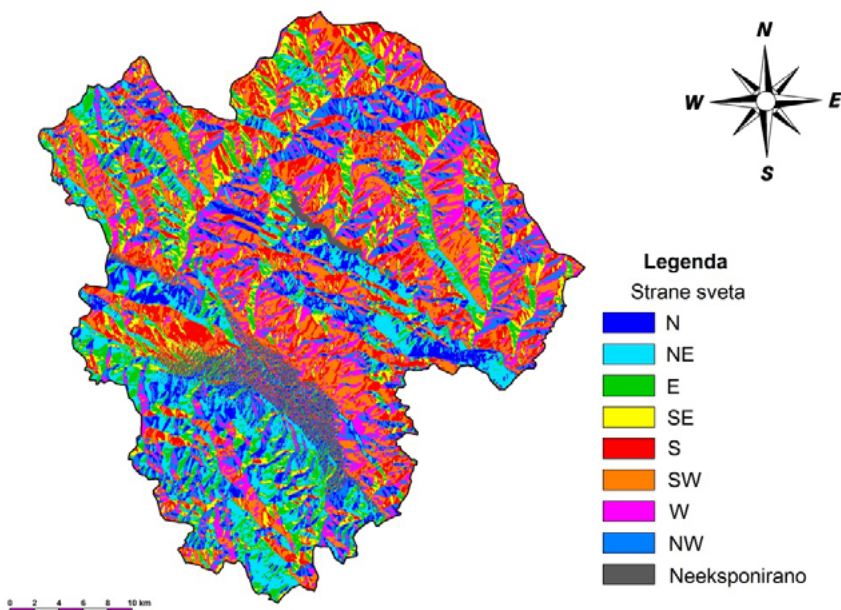
Na osnovu obrade i analize 5 karata, formira se sintezna karta koja predstavlja kombinaciju vrednosti svih pojedinačnih karata. Vrednovanje uslova određeno je sledećim postupkom:

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^4 S_i}{n} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}{4}, \text{ gde je}$$

S_k - sintezna karta S_i – pojedinačne karte n - broj karata, uz eliminaciju zaštićenih područja.

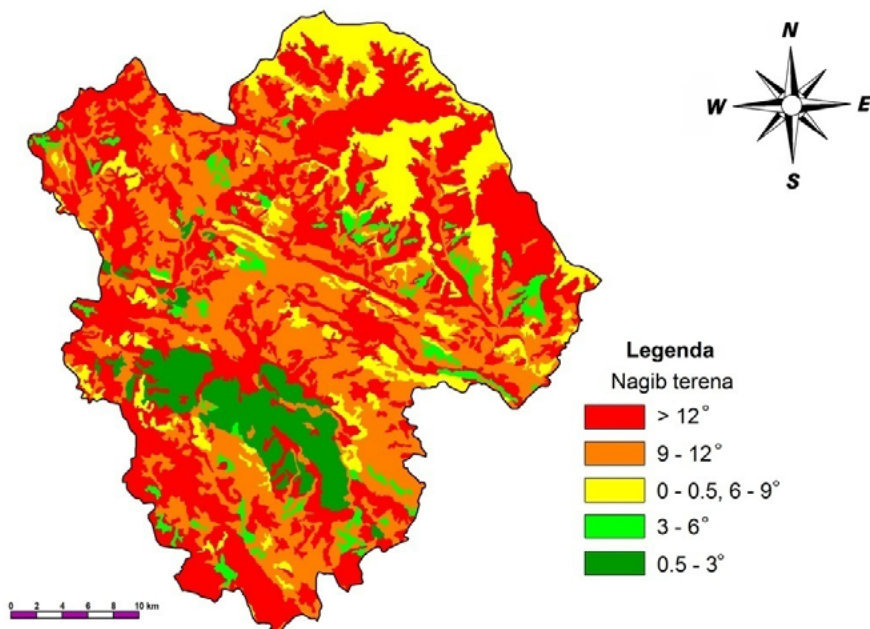
Rezultati i diskusija

Glavna prednost sunčeve energije u odnosu na druge konvencionalne proizvođače jeste da sunčeva svetlost može biti direktno pretvorena u solarnu energiju uz upotrebu malih fotonaponskih solarnih ćelija [8]. Solarne ćelije su važna i potencijalno obećavajuća tehnologija i one su budućnost održive energije za ljudsku civilizaciju [9]. Obradom raspoložive baze podataka i upotrebom GIS-a, dobijene su tematske karte.



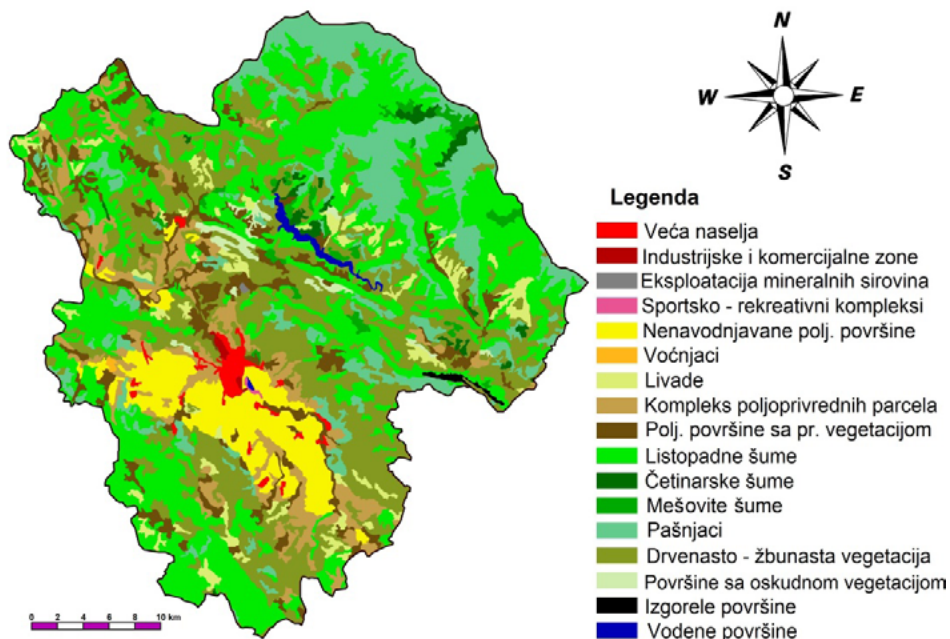
Slika 1: Karta ekspozicije reljefa

Na osnovu karte može se zaključiti da je južna ekspozicija najviše zastupljena u centralnom, severnom i severoistočnom delu opštine. Prisojne strane (južna osunčanost) su tereni na kojima se javlja najveći broj sunčanih časova. U južnom delu opštine dominiraju osojne strane terena koje nisu pogodne za primenu solarne energije.



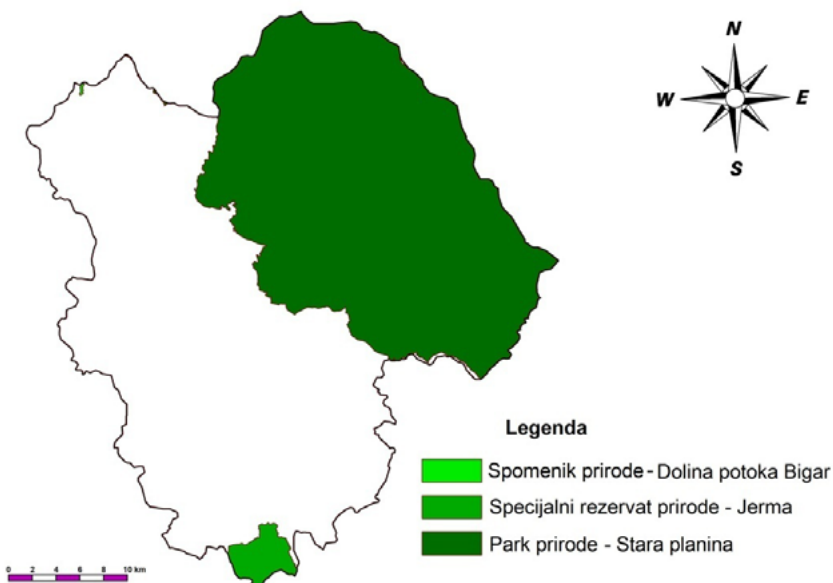
Slika 2: Karta nagiba terena

Na teritoriji opštine Pirot stepen inklinacije terena generalno je veliki u odnosu na ostale opštine. Na karti nagiba terena može se primetiti da je prostor oko doline Nišave pogodan razvoj solarnih panela zbog izuzetno malog nagiba terena 0.5 - 3°. Zbog nepristupačnosti tokom izgradnje i otežanog održavanja elektrana, izbegavaju se veliki nagibi. U zavisnosti od specifičnosti geološke i pedološke podloge, prostor gde je nagib terena 0 – 0.5° nije ocenjen najvišom ocenom zbog slabijeg površinskog oticanja vode, tj. većih šansi za nastanak poplava koje bi napravile veliku štetu solarnim elektranama.



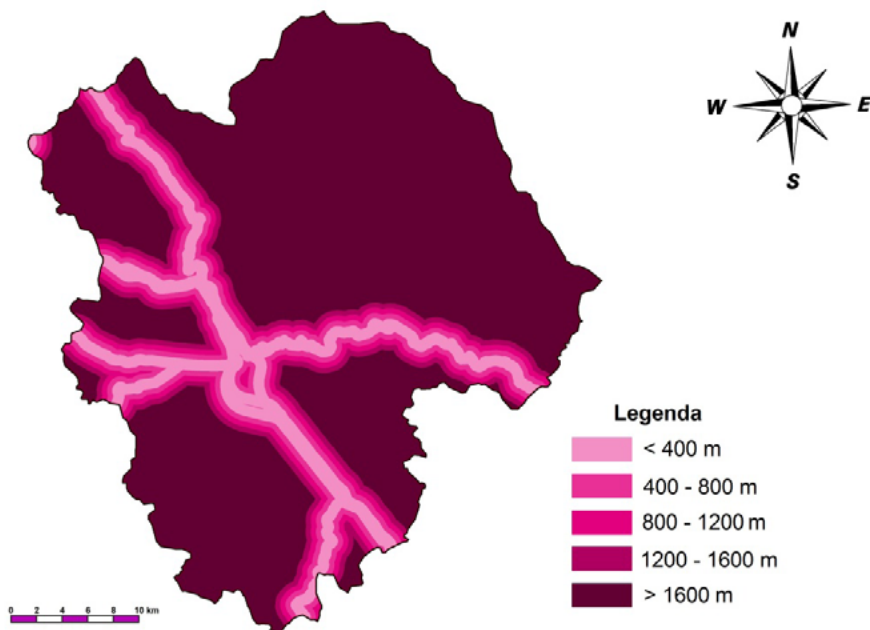
Slika 3: Karta načina korišćenja zemljišta

U velikom delu opštine kao tipovi vegetacije zastupljeni su pašnjaci i listopadne šume. Za izgradnju solarnih elektrana kao najpogodnije površine uzete su nenavodnjavane poljoprivredne površine, ali i izgorele površine koje kao degradacioni tip zemljišta pogoduju primeni solarne energije.



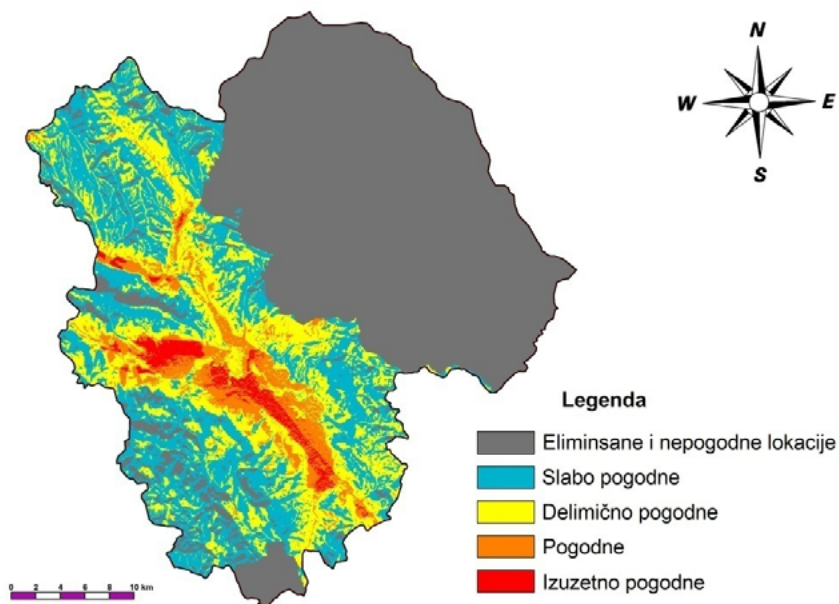
Slika 4: Zaštićena prirodna dobra

Značajan deo površine opštine Pirot je zakonom zaštićen. Na istoku opštine nalazi se Park prirode „Stara planina”, na jugu opštine manjim delom zastupljen je Specijalni rezervat prirode „Jerma“, dok se na severu opštine Pirot nalazi Spomenik prirode „Dolina potoka Bigar”. Zaštićena područja imaju nemerljiv ekološki značaj i na ovim površinama zabranjena je svaka veća antropogena aktivnost. Zaštićene površine su eliminisane iz valorizacije pogodnih lokacija.



Slika 5: Bafer zone oko saobraćajnica

Blizina saobraćajnica igra veliku ulogu u pristupačnosti izgradnje potencijalnih solarnih elektrana. Najbolje ocenjena tampon zona ukazuje na udaljenost od saobraćajnica do 400 m. Sa sve većim udaljavanjem prostora od saobraćajnica, smanjuje se dostupnost prilikom izgradnje i održavanja solarnih elektrana, a samim tim smanjuje se generalno potencijal za primenu solarne energije.



Slika 6: Sinteza karta pogodnih lokacija

Sinteza tematskih karata, dobija se finalna karta pogodnosti primene solarne energije. Na teritoriji opštine Pirot, najpogodnije lokacije nalaze se u centralnom delu opštine. Kombinacijom pogodnih i izuzetno pogodnih lokacija dobija se zadovoljavajuća površina za izgradnju solarne elektrane koja bi snabdevala električnom energijom čitavo lokalno stanovništvo.

Tabela 2: Stepen pogodnosti lokacija za primenu solarne energije

Stepen pogodnosti	(Površina (km ²))	(%) Udeo
Eliminisane i nepogodne lokacije	615.42	49.92
Slabo pogodne	301.23	24.43
Delimično pogodne	217.37	17.63
Pogodne	75.68	6.14
Izuzetno pogodne	23.14	1.88
Ukupno	1232.85	100.00

Skoro 99 km² je pogodno i izuzetno pogodno za primenu solarne energije. Potrebno je odraditi više projekata i procena uticaja na životnu sredinu, kako bi solarna energija dobila na većem značaju. Osim što ne emituje gasove sa efektom staklene bašte, solarna energija je i ekonomski opravdana. Radni vek solarnog panela je 20 - 25 godina, a isplativost investicije je 7 - 9 godina nakon instalacije celokupnog sistema. Troškovi izgradnje bi mogli delom biti pokriveni od strane Republike Srbije, a delom od strane organizacija u razvijenim zemljama koje su izrazile spremnost na konferenciji u Kopenhagednu 2009. da dodele značajna sredstva (do 100 milijardi \$ godišnje) za pomoć zemljama u razvoju i njihovom prelasku na čistu energiju [10].

ZAKLJUČAK

Na teritoriji opštine Pirot izvršena je analiza i valorizacija prirodnih i antropogenih uslova kako bi se identifikovale pogodne lokacije za primenu solarne energije. Sintezom tematskih karata, dobijena je finalna karta pogodnosti, gde su površine u centralnom delu opštine označene kao najpogodnije za izgradnju solarnih elektrana. Dostupnost glavnim saobraćajnicama, mali nagib terena, prisustvo južne ekspozicije i nednavodnjavanih površina, kao i odsustvo zaštićenih područja uslovalo je da ovaj deo opštine bude najpogodniji za eksploataciju energije sunca.

Da bi se podaci dobijeni kabinetskim radom potvrdili kao tačni, potrebno je na terenu istražiti karakteristike prostora koji su upotrebom geografskih informacionih sistema dobijeni i interpretirani. Potencijalna izgradnja solarnih panela umnogome bi doprinela konceptu održivog razvoja, ali i očuvanju životne sredine. Redukcija gasova sa efektom staklene bašte, zaštita vodnih resursa i kvaliteta zemljišta, glavne su prednosti primene solarne energije u odnosu na eksploataciju i sagorevanje fosilnih goriva.

LITERATURA

[1] **Sen Z.**, Solar energy fundamentals and Modeling Techniques, Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy, 2008, pp. 1 – 264.

[2] **O. S. Ohunaki, M. S. Adaramola, O. M. Oyewola, R. O. Fagbenle**, Solar energy applications and development in Nigeria: Drivers and barriers, Renewable and Sustainable Energy Reviews 32, 2014, pp. 294 – 301.

[3] **Milanović M., Filipović D.**, Informacioni sistemi u planiranju i zaštiti prostora. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, 2017, pp. 151.

[4] **Durlević U., Mihailović B., Čurić V.** (2018). Application of GIS assessing natural conditions for the development of raspberry growing at the territory of the municipality of Štrpce. Novi Sad, Researches review of the department of geography, tourism and hotel management, 47-1, 1-10.

[5] **Petrović S., Stević Z., Jovanović I., Krstić S.**, Solar power as sustainable energy source. 5th International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Belgrade, 2017, pp. 149.

[6] **Stamenić Lj.**, Korišćenje solarne fotonaponske energije u Srbiji. *Institut Jefferson*, 2009, pp. 5.

[7] **Дурлевић У., Ђурић В.**, Примена ГИС-а у избору локација за изградњу соларних електрана на територији Браничевског округа, ГИС журнал 1/2018 – Збраник радова са ГИС форума, Београд 2018, pp. 6 – 10.

[8] **Sirajuddin Shaikh R.M., Waghmare B. S., Labade Sh. S., Fuke V. P., Tekale A., A** Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy, International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 2017, Vol. 5, Issue 9, pp.1884.

[9] **Ranabhat K., Patrikeev L., Revina A. A., Andrianov K., Lapshinsky V., Sofronova E.**, An introduction to solar cell technology, 2016, Review paper iipp, pp.481.

[10] United Nations, Copenhagen Climate change, 2009., http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php.