



Priručnik za nastavnike

za instaliranje i održavanje
solarnih fotonaponskih sistema

Izdavač

Education Reform Initiative of South Eastern Europe - ERI SEE

Dečanska 8a, Beograd, Srbija

www.erisee.org, office@erisee.org

Autori

Melanija Čalasan Marina Braletić

Za izdavača

Tina Šarić

Izdanje

Beograd, 2025.

ISBN-978-86-82886-11-2

Sadržaj

1.	UVOD	4
1.1.	Svrha priručnika	4
1.2.	Značaj i primena solarnih fotonaponskih sistema	7
1.3.	Struktura priručnika	8
2.	OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	9
3.	ZAŠTITA NA RADU I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE	14
3.1.	Moguće opasnosti po zdravlje i sigurnost radnika pri radu na solarnim fotonaponskim sistemima	14
3.2.	Primena mera bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima	15
3.3.	Sprovođenje mera bezbednosti i mera lične zaštite pri radu na visini u solarnim fotonaponskim sistemima	16
3.4.	Primena mera za smanjenje negativnog uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu. ...	19
4.	ENERGIJA SUNCA	22
4.1.	Solarni energetske sistemi i njihova primena	22
4.2.	Solarni kolektorski sistemi (SKS)	23
4.3.	Koncentrovani solarni sistemi (solarne termoelektre)	23
4.4.	Osnovne komponente solarnih fotonaponskih sistema	27
4.5.	Karakteristike i vrste solarnih fotonaponskih sistema	28
4.6.	Tehnička dokumentacija i tehnička regulativa	35
4.7.	Materijal, alat, oprema i uređaji za rad na izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema	35
5.	IZGRADNJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	38
5.1.	Pripremni radovi na izgradnji solarnih fotonaponskih sistema	38
5.2.	Montaža nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela	40
5.3.	Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema	43
5.4.	Odabir zaštitnih sredstava i opreme za radove na montiranju i demontiranju elemenata solarnog fotonaponskog sistema	48
6.	IZVOĐENJE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	51
6.1.	Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema	51
6.2.	Izvođenje DC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema	55
6.3.	Izvođenje AC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema	58
6.4.	Izvođenje instalacije uzemljenja i gromobranske instalacije solarnih fotonaponskih sistema	63
6.5.	Najčešće greške prilikom instalacije solarnog fotonaponskog sistema	68
7.	POGON I ODRŽAVANJE SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA	69
7.1.	Pripremni radovi i početno testiranje solarnih fotonaponskih sistema	69
7.2.	Praćenje radnih parametara sistema	71
7.3.	Preventivno održavanje i dijagnostika	73
7.4.	Intervencije i sanacija kvarova	76
7.5.	Sezonske i dugoročne pripreme sistema	78
7.6.	Finansijski aspekt fotonaponskih elektrana	81
8.	ZAKLJUČAK I PREPORUKE	82
9.	MATERIJALNI USLOVI I OPREMA	84
	Literatura i korišćeni izvori	86

1. UVOD

1.1. Svrha priručnika

Ovaj priručnik napisan je u okviru *Renewable Energy Services in Education and Training RESET* projekta, koji sprovodi *Education Reform Initiative of South Eastern Europe (ERI SEE)* Sekretarijat u saradnji sa *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*, a finansiran je od strane Nemačkog saveznog ministarstva za Ekonomsku saradnju i razvoj (BMZ). Priručnik je izrađen kao podrška nastavnicima srednjih škola i predavačima programa obrazovanja odraslih koji realizuju nastavu u oblasti obnovljivih izvora električne energije. Priručnik se može koristiti i od strane nadležnih ministarstava i obrazovnih agencija, kompanija uključenih u praktično obrazovanje, trening centara, privatnih institucija koje rade u oblasti obnovljive energije, instruktora praktičnog obrazovanja, ali i ostalih zainteresovanih strana.

Njegova svrha je da pruži jasne metodološke smernice, praktične preporuke i didaktičke strategije za efikasnu realizaciju nastavnog procesa. Priručnik prati sadržaj priručnika za učenike/polaznike "Instalacija i održavanje solarnih fotonaponskih sistema", proširujući ga nastavnim objašnjenjima i smernicama za izvođenje časova.

Materijal je usaglašen među ekspertima iz oblasti obnovljivih izvora električne energije i obrazovanja iz šest ekonomija: Albanije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Kosova^{*1}, Severne Makedonije i Srbije, uključenih u realizaciju projekta."

S obzirom na globalni trend prelaska na obnovljive izvore energije, ovaj priručnik doprinosi osposobljavanju nastavnika za kvalitetnu pripremu učenika/polaznika u jednoj od najperspektivnijih oblasti elektroenergetike. Program kursa obuhvata ključne teme iz oblasti instalacije, održavanja i sigurnosnih mera u solarnim fotonaponskim sistemima, a nastavnici imaju ključnu ulogu u prenošenju znanja i veština neophodnih za rad u ovoj industriji.

Ciljevi priručnika

Ovaj priručnik omogućava nastavnicima:

- Strukturisan pristup izvođenju nastave, uz kombinaciju teorijskih objašnjenja i praktičnih vežbi.
- Razvijanje metodoloških strategija za aktivno uključivanje učenika/polaznika u nastavni proces.
- Smernice za evaluaciju znanja i praćenje napretka učenika/polaznika kroz praktične zadatke.
- Praktične primere i scenario izvođenja nastavnih jedinica koji omogućavaju lakše savladavanje nastavnog gradiva.

Smernice za nastavnike

Nastavnici imaju ključnu ulogu u realizaciji nastavnog procesa, a ovaj priručnik im omogućava:

- Jasno strukturisan pristup obuci učenika/polaznika.
- Povezivanje teorijskih osnova sa praktičnim vežbama.
- Primenu savremenih nastavnih metoda za povećanje angažovanosti učenika/ polaznika.
- Organizaciju individualnih i timskih zadataka kako bi se simulirali realni uslovi rada.

¹ *Ovaj naziv je bez prejudiciranja statusa i u skladu je sa Rezolucijom Saveta bezbednosti Ujedinjenih nacija 1244/1999 i Mišljenjem Međunarodnog suda pravde o Deklaraciji o nezavisnosti Kosova.

Preporuke za izvođenje nastave

Uvod u temu – Početi sa konstrukcionim teorijskim predavanjima o zadatoj temi. Časovi teorijske nastave održavaju se u učionici opremljenoj savremenom tehničkom podrškom za realizaciju predavanja, uz korišćenje prezentacija, simulacija i kontinuiranu komunikaciju sa polaznicima. Teorijski deo nastave treba se bazirati na prezentacijama, upotrebi pokaznih sredstava za demonstraciju, kao i simulacijama, kako bi se svi polaznici motivisali da aktivno prate nastavu. Kroz pitanja, predloge i razmene mišljenja o temama, polaznici će dodatno doprineti razvoju sopstvenih stručnih sposobnosti i unapređenju timskog rada.

Diskusija i analize – Organizovati debate i diskusije sa učenicima/polaznicima na zadatu temu.

Praktične vežbe – Omogućiti učenicima/polaznicima da se upoznaju sa alatom, opremom i uređajima potrebnim za realizaciju praktičnih vežbi, kroz demonstracije i simulacije. Praktična nastava izvodi se u malim grupama, kako bi se minimiziralo ometanje radnog procesa i omogućilo aktivno uključivanje svakog učenika/polaznika u praktični rad. Deo praktične nastave izvodi se u laboratoriji centru za ispitivanja i merenja, koji su opremljeni preporučenim materijalnim resursima i pružaju uslove za bezbedan rad polaznika, dok se deo praktične nastave izvodi u saradnji sa lokalnim kompanijama koje izvedu i održavaju solarne fotonaponske sisteme.

Praktične vežbe/zadaci se mogu raditi individualno, u parovima ili manjim grupama, ali način rada mora biti organizovan tako da svaki učenik/polaznik samostalno odradi zadate praktične vežbe/zadatke. Za svaku praktičnu vežbu svaki učenik/polaznik izrađuje svoj individualni izveštaj, koji sadrži opis rada, rezultate i zaključak. Učenici/Polaznici se kroz ove vežbe osposobljavaju za izvođenje stvarnih zadataka na terenu, uz uvažavanje mera bezbednosti na radu.

Preporučuje se da se određene praktične vežbe realizuju kroz posete energetske objekta obnovljivih izvora energije, laboratorijama za ispitivanja i merenja ili kod poslodavca, gde učenici/polaznici mogu steći praktična iskustva u realnim radnim uslovima. Ovakav pristup omogućava direktnu primenu teorijskog znanja, upoznavanje sa savremenim tehnologijama i rad u profesionalnom okruženju. Posete su grupne ali svaki učenik/polaznik treba samostalno da sačini izveštaj o realizaciji praktične vežbe.

Vežbe: Istraživački radovi i izrada seminarskih radova/PPT prezentacija – Istraživački radovi podstiču analitičko razmišljanje i razvoj tehničkih veština. Učenike/Polaznike treba usmeriti na odabir relevantne teme, prikupljanje podataka iz pouzdanih izvora i analizu prikupljenih informacija. Seminarski radovi i PPT prezentacije trebaju imati jasnu strukturu i biti sažeti. Učenici/Polaznici treba da koriste vizuelne elemente, poput dijagrama i grafikona, kako bi informacije bile pregledne. Nakon prezentacije, učenici/polaznici odgovaraju na pitanja i učestvuju u diskusiji, čime razvijaju komunikacijske veštine. Kroz diskusije i evaluaciju, učenici/polaznici razvijaju sposobnost argumentacije i donošenja zaključaka, što doprinosi njihovoj stručnoj osposobljenosti.

Evaluacija – Evaluacija nastavnog procesa i postignuća učenika/polaznika igra ključnu ulogu u osiguravanju kvaliteta obuke i razvijanja kompetencija potrebnih za rad u solarnim fotonaponskim sistemima. Kroz sistematsko praćenje i procenu znanja i veština, uz jasno definisane liste za proveru (*check liste*), nastavnici mogu prepoznati napredak učenika/polaznika, uočiti oblasti koje zahtevaju dodatno objašnjenje i prilagoditi metode nastave u skladu sa individualnim potrebama.

Proces evaluacije može se sprovoditi različitim metodama, uključujući:

- Ispitivanja – klasični način provere teorijskog znanja putem usmenih ili pismenih testova.
- Kvizove – brza i interaktivna metoda koja omogućava proveru ključnih pojmova i praktičnih aspekata kroz pitanja sa ponuđenim odgovorima. U priručniku su ponuđeni kvizovi rađeni u Microsoft forms-u, ali nastavnik može napraviti i nove, prilagođene strukturi učenika/polaznika.

- Praktične vežbe – zadaci i simulacije koji omogućavaju učenicima/polaznicima da kroz praktičan rad demonstriraju razumevanje postupaka i primenu stečenog znanja.
- Seminarske i istraživačke radove – omogućavaju učenicima/polaznicima da dublje istraže specifične teme vezane za instalaciju, održavanje i sigurnost solarnih fotonaponskih sistema i da razviju analitičke i prezentacione veštine.
- Analizu studija slučaja – učenici/polaznici analiziraju realne ili hipotetičke situacije iz prakse, donose zaključke i predlažu rešenja.

Ovakav pristup evaluaciji omogućava nastavnicima da steknu celovitu sliku o napretku učenika/polaznika, dok učenici/polaznici razvijaju i teorijska i praktična znanja potrebna za rad u sektoru obnovljivih izvora energije. Osim predloženog video materijala, kvizova i tema za seminarske radove, nastavnik može po svom nahođenju sam predlagati video materijal, kreirati odgovarajuće kvizove, urediti postojeće kvizove, kreirati testove kao i zadavati teme za seminarske radove.

Svi elementi nastave treba da budu usmereni ka podsticanju problemskih sadržaja praktičnog karaktera, kako bi polaznici samostalno dolazili do zaključaka prilikom rešavanja problema. Maksimalno primenjujući i povezujući teorijska znanja za rešavanje praktičnih zadataka i problema, polaznici će osnažiti svoju sposobnost samostalnog razmišljanja. Cilj je sticanje teorijskih znanja i veština koje omogućavaju polaznicima da bolje razumeju praktične aspekte i stvarne izazove u oblasti obnovljivih izvora energije, i pripremaju se za uspešno primenjivanje tih znanja u profesionalnom radu.

Ulazni uslovi – preporuka

Stečena kvalifikacija nivoa obrazovanja III iz oblasti elektrotehnike, mašinstva ili mehatronike. Ukoliko učenik/polaznik ima stečenu kvalifikaciju iz druge oblasti ili opšteg obrazovanja, potrebno je savladavanje opštih modula iz oblasti elektrotehnike.

Preporuka je da se teorijska nastava u formalnom obrazovanju realizuje sa celim odeljenjem, a da grupe za praktičnu nastavu broje najviše do 10 učenika. Za neformalno obrazovanje preporuka je da se teorijska nastava realizuje sa maksimalno 12 polaznika, a da grupe za realizaciju praktične nastave broje najviše 3 polaznika.

1.2. Značaj i primena solarnih fotonaponskih sistema

Smernice za nastavnike:

U ovom delu nastavnici učenicima/polaznicima treba da pruže:

- Osnovno razumevanje značaja korišćenja solarnih fotonaponskih sistema (SFNS).
- Analizu tržišta rada i prilika za zapošljavanje u sektoru obnovljivih izvora energije.

Cilj nastavne jedinice:

- Upoznati učenike/polaznike sa značajem solarnih fotonaponskih sistema kao obnovljivog izvora, njihovim ekološkim i ekonomskim prednostima te mogućnostima primene u elektroenergetskom sektoru.

Metodološke preporuke za nastavnike:

- Predavanje uz vizuelnu podršku – Koristiti grafikone i slike solarnih fotonaponskih sistema kako bi učenici/polaznici bolje razumeli trendove u primeni solarne energije.
- Diskusija vođena pitanjima – Postavljanjem pitanja poput: Koje su ključne prednosti solarnih fotonaponskih sistema? Podstaci učenike/polaznike na razmišljanje i argumentovanu raspravu.
- Grafička analiza podataka – Učenici/polaznici mogu analizirati grafikon rasta kapaciteta solarnih fotonaponskih sistema i interpretirati trendove. Nastavnik može tražiti od učenika/polaznika da predvide kako će se industrija solarne energije razvijati u narednim decenijama.

Evaluacija:

- Kritička analiza – Učenici/Polaznici mogu diskutovati o izazovima vezanim za primenu solarnih fotonaponskih sistema (npr. uticaj na životnu sredinu, ekonomska isplativost, zavisnost od vremenskih uslova).
- Pitanja i odgovori na kraju časa – Sažeti ključne informacije kroz diskusiju i proveriti razumevanje učenika/polaznika postavljanjem pitanja o praktičnoj primeni solarnih fotonaponskih sistema.

1.3. Struktura priručnika

Priručnik je organizovan tako da u potpunosti prati sadržaj priručnika za učenike/ polaznike obuke. Sastoji se od osam poglavlja koja detaljno obrađuju ključne aspekte rada sa elektroenergetskom opremom u solarnim fotonaponskim sistemima. Svako poglavlje sadrži metodološke smernice za nastavnike, preporučene nastavne metode i evaluacione kriterijume.

U Uvodu su predstavljeni svrha i ciljevi priručnika i data struktura priručnika, koja prikazuje raspored i tematiku obrađenih poglavlja. Date su i smernice za nastavnike, preporuke za izvođenje nastave kao i ulazni uslovi potrebni za realizaciju nastavnog procesa.

Poglavlje 2, Obnovljivi izvori energije – Pregled različitih oblika obnovljivih izvora energije, sa fokusom na solarnu energiju.

Poglavlje 3, Zaštita na radu i zaštita životne sredine – Sigurnosne mere i zaštita okoline pri radu na elektroenergetskoj opremi u solarnim fotonaponskim sistemima.

Poglavlje 4, Energija sunca – Osnovne karakteristike solarnih fotonaponskih sistema i njihova primena u elektroenergetskom sektoru.

Poglavlje 5, Izgradnja solarnih fotonaponskih sistema – Osnovni pojmovi i vrste solarnih sistema, njihove karakteristike i kriterijumi podele. Obuhvaćena je i struktura solarnih fotonaponskih sistema, ključni elementi sistema, kao i materijal, alat i oprema neophodna za izgradnju i održavanje ovih energetske postrojenja.

Poglavlje 6, Izvođenje električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema – Postupci izvođenja električnih instalacija u solarnim fotonaponskim sistemima uključujući i kratak opis instalacije uzemljenja i gromobranske zaštite.

Poglavlje 7, Pogon i održavanje solarnih fotonaponskih sistema – Preventivne i korektivne metode održavanja elektroenergetskih sistema i postupke za njihovo sprovođenje. Razmatranje operativnih troškova, perioda povrata investicije i potencijalnih prihoda.

Materijalni uslovi i oprema – Okvirni spisak opreme i nastavnih sredstava potrebnih za realizaciju teorijske i praktične nastave.

Koristan dodatak priručniku je glavni projekat elektroinstalacija malog solarnog fotonaponskog sistema „MSE Sunstream 3“ 49,4 kWp autora Zdravka Perića, koji se nalazi na linku <https://www.erisee.org/wp-content/uploads/2025/04/04-MSE-SUNSTREAM-PDF-Protect.pdf>. Ovaj projekat može poslužiti nastavnicima i učenicima/polaznicima kao primer, na osnovu kog se može uraditi studija slučaja malog solarnog fotonaponskog sistema. Autorke priručnika žele da se zahvale Zdravku Periću na dozvoli za korišćenje njegovog projekta solarnog fotonaponskog sistema.

Na kraju priručnika nalaze se zaključci i preporuke, kao i literatura i dodatni izvori za dalju edukaciju nastavnika i učenika/polaznika.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Cilj nastavne jedinice

Učenici/Polaznici će se upoznati s osnovnim principima energije, njenim oblicima i ulogom u savremenom društvu. Potrebno je razviti svest o značaju obnovljivih izvora energije, njihovoj ulozi u smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte i održivom razvoju. Upoznati učenike/polaznike sa vrstama obnovljivih izvora energije i njihovim primenama u savremenim energetske sistemima.

Ključne teme

- Pojam i osnovne karakteristike energije
- Podela energije prema različitim kriterijumima
- Neobnovljivi izvori energije: karakteristike, problemi i izazovi
- Obnovljivi izvori energije: vrste, prednosti i mogućnosti primene
- Sunčeva energija i solarne elektrane
- Hidroenergija i hidroelektrane
- Energija mora i okeana
- Geotermalna energija i njene primene
- Biomasa i elektrane na biomasu
- Energija vetra i vetroelektrane
- Prednosti i izazovi primene obnovljivih izvora energije

Nastavne metode

- **Predavanje i prezentacija** – Nastavnici objašnjavaju osnovne pojmove i principe rada pojedinih vrsta elektrana, koristeći ilustracije, grafikone i video materijale.
- **Rad u grupama** – Učenici/Polaznici analiziraju različite izvore energije, njihove prednosti i izazove.
- **Diskusija i debate** – Argumentovanje prednosti i izazova različitih izvora energije u kontekstu održivog razvoja.

Evaluacija

- **Kviz sa ključnim pojmovima** – Kviz sa pitanjima višestrukog izbora.
- **Samostalni zadatak** – Istraživanje lokalnih ili globalnih obnovljivih izvora energije i izrada kratke prezentacije o njihovoj ulozi u energetske sistemu.
- **Istraživački rad/PPT prezentacija** – Tema: Analiza energetske postrojenja u regionu i svetu
- **Kritička analiza** – Diskusija o izazovima i mogućnostima primene obnovljivih izvora energije u savremenim društvima.

Vežba: Istraživački rad – Analiza energetske postrojenja u regionu i svetu

Cilj vežbe:

- Upoznati učenike/polaznike s vrstama obnovljivih energetske postrojenja u regionu i svetu.
- Razviti istraživačke veštine kroz analizu tehničkih, ekonomskih i ekoloških aspekata elektrana.

Instrukcije za izvođenje:

1. Uvod

- Objasniti osnovne vrste energetske postrojenja
- Diskutovati o njihovom značaju za lokalnu zajednicu i održivi razvoj.

2. Istraživanje

- Učenici/Polaznici prikupljaju podatke o odabranim elektranama (lokacija, kapacitet, tehnologija).

3. Analiza

- Proceniti doprinos elektrana u snabdevanju energijom.
- Razmotriti ekonomske koristi i uticaj na životnu sredinu.

4. Presentacija rezultata

- Učenici/Polaznici izrađuju kratku prezentaciju ili izveštaj.
- Diskutovati o budućnosti obnovljive energetike u regionu.

Evaluacija istraživačkog rada:

- Kreativnost prezentacije – Da li su podaci jasno predstavljeni u pisanom radu ili vizuelnom prikazu?
- Diskusija i zaključci – Da li učenici/polaznici argumentovano iznose prednosti i izazove energetske postrojenja iz obnovljivih izvora u svom regionu i svetu?

Kviz 1: Obnovljivi izvori energije

<https://forms.office.com/e/YZ1j2ZSCB0>

1. Koja je opšta definicija energije?

- a) **Energija je sposobnost vršenja rada.**
- b) Energija se može stvoriti i uništiti.
- c) Energija se ne može pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- d) Energija postoji samo u obliku električne energije.

2. Koji od navedenih izvora energije nije obnovljiv?

- a) Sunčeva energija
- b) Energija vetra
- c) **Prirodni gas**
- d) Hidroenergija

3. Kako delimo energiju prema prirodnoj obnovljivosti?

- a) Akumulisana i prelazna
- b) Primarna, transformisana i korisna
- c) Konvencionalna i nekonvencionalna
- d) **Obnovljiva i neobnovljiva**

4. Koja energija potiče iz hemijskih veza između atoma?

- a) Kinetička energija
- b) **Hemijska energija**
- c) Nuklearna energija
- d) Elektromagnetna energija

5. Koji od navedenih oblika energije nije primarni obnovljivi izvor energije?

- a) Geotermalna energija
- b) Energija biomase
- c) **Energija nuklearne fisije**
- d) Energija plime i oseke

6. Koja energija nastaje u unutrašnjosti Zemlje?

- a) Hidroenergija
- b) **Geotermalna energija**
- c) Nuklearna energija
- d) Energija plime i oseke

7. Koji proces omogućava proizvodnju električne energije u solarnim fotonaponskim sistemima?

- a) Nuklearna fisija
- b) **Fotoelektrični efekat**
- c) Sagorevanje biomase
- d) Hidraulični ciklus

8. Šta koriste, kao radni fluid, geotermalne elektrane sa fleš parom?

- a) Mazut
- b) Vetar
- c) Prirodni gas
- d) Podzemnu vodu pod visokim pritiskom

9. Koja vrsta hidroelektrana koristi snagu plime i oseke?

- a) Protočne hidroelektrane
- b) Reverzibilne hidroelektrane
- c) Plimne elektrane
- d) Geotermalne elektrane

10. Šta omogućava hibridne solarne elektrane da rade i u periodima bez sunčeve energije?

- a) Skladištenje energije u baterijama
- b) Dodatna upotreba vetroelektrana
- c) Kombinacija sa dizel-generatorima ili hidroenergijom
- d) Sve navedeno

11. Koji od faktora najviše utiče na efikasnost fotonaponskih panela?

- a) Jačina vetra
- b) Položaj panela u odnosu na Sunce
- c) Dubina tla na kojem se postavljaju
- d) Količina padavina

12. Koja vrsta obnovljivog izvora energije koristi temperaturnu razliku između površinskih i dubokih slojeva okeana?

- a) Hidroenergija
- b) Biomasa
- c) OTEC – Ocean Thermal Energy Conversion
- d) Nuklearna energija

13. Koja vrsta solarne elektrane koristi polje heliostata?

- a) Fotonaponska solarna elektrana
- b) Solarni tornjevi
- c) Vetroelektrana
- d) Hidroelektrana

14. Šta je osnovna karakteristika malih hidroelektrana?

- a) Mogu koristiti isključivo podzemne vode
- b) Njihova instalisana snaga je do 10 MW
- c) Imaju manju efikasnost od velikih hidroelektrana
- d) Ne zahtevaju nikakvu infrastrukturu

15. Koja vrsta energije se koristi u elektranama na biomasu?

- a) Nuklearna energija
- b) Organska materija biljnog i životinjskog porekla
- c) Kinetička energija vode
- d) Električna energija iz mreže

16. Koji sistem koristi plimne tokove za proizvodnju energije?

- a) OWC sistemi
- b) Geotermalne elektrane
- c) **Plimne elektrane**
- d) Hidroelektrane na rekama

17. Koja tehnologija koristi ogledala u obnovljivim izvorima energije?

- a) **Termalne solarne elektrane**
- b) Geotermalne elektrane
- c) Vetroturbine
- d) Elektrane na biomasu

18. Koja vrsta hidroelektrana omogućava skladištenje i kasnije ispuštanje vode za proizvodnju električne energije?

- a) Protočne hidroelektrane
- b) Akumulacione hidroelektrane
- c) **Reverzibilne hidroelektrane**
- d) Hidroelektrane na biomasu

19. Koji su glavni izvori energije u okeanima i morima?

- a) Energija plime i oseke
- b) Energija morskih struja
- c) Energija talasa
- d) **Sve navedeno**

20. Koja prednost najbolje opisuje korišćenje obnovljivih izvora energije?

- a) **Ne zagađuju životnu sredinu i smanjuju emisiju CO₂**
- b) Imaju neograničene zalihe fosilnih goriva
- c) Nisu podložni promenama klimatskih uslova
- d) Ne zahtevaju ulaganja u infrastrukturu

3. ZAŠTITA NA RADU I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

3.1. Moguće opasnosti po zdravlje i sigurnost radnika pri radu na solarnim fotonaponskim sistemima

Cilj nastavne jedinice:

Upoznati učenike/polaznike sa rizicima rada u solarnim fotonaponskim sistemima i načinima smanjenja opasnosti primenom adekvatnih zaštitnih mera.

Ključne teme:

- Ekstremni vremenski uslovi (visoke i niske temperature, vetar, vlažnost),
- Buka i vibracije koje mogu izazvati zdravstvene probleme,
- Rizici rada na visini i primena zaštitne opreme,
- Opasnosti od električne struje (direktan dodir delova pod naponom, napon koraka, električni luk),
- Prisustvo opasnih materija i hemikalija,
- Mogućnost požara i eksplozija.

Nastavne metode:

- Predavanje o studijama slučaja,
- Analiza nesreća i diskusija o preventivnim merama,
- Diskusija o postupku ukazivanja pomoći u slučaju akcidenta,
- Grupni rad na prepoznavanju rizika po zdravlje i sigurnost radnika.

Evaluacija:

- Analiza postupanja u simuliranim opasnim situacijama.

Video:

Napon koraka i dodira

<https://www.youtube.com/watch?v=8sPp8G8a48E>

3.2. Primena mera bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima

Cilj nastavne jedinice:

Upoznati učenike/polaznike sa merama bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima, kao i sa pravilnom upotrebom ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava.

Ključne teme:

- Kategorije radova prema prisustvu napona (beznaponsko stanje, rad u blizini napona, rad pod naponom),
- Osnovni principi zaštite od električnog udara i mere opreza,
- Lična zaštitna sredstva (kacige, zaštitne naočare, viziri, rukavice, zaštitna odeća, sigurnosni pojasevi),
- Kolektivna zaštitna sredstva (izolacione barijere, zaštitne pregrade, upozoravajuće oznake),
- Pet zlatnih pravila sigurnosti pri radu na solarnim fotonaponskim sistemima,
- Provera ispravnosti zaštitne opreme prije početka radova,

Nastavne metode:

- Predavanje uz praktične demonstracije zaštitne opreme,
- Grupni rad na identifikaciji potencijalnih rizika i primeni mera zaštite,
- Diskusija o važnosti "pet zlatnih pravila",
- Radionice o primeni lične zaštitne opreme.

Evalucija:

- Pitanja i odgovori na kraju časa – Sažeti ključne informacije kroz diskusiju i proveriti razumevanje učenika/polaznika postavljanjem pitanja o praktičnoj primeni mera bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima.

3.3. Sprovođenje mera bezbednosti i mera lične zaštite pri radu na visini u solarnim fotonaponskim sistemima

Cilj nastavne jedinice:

Upoznati učenike/polaznike sa merama bezbednosti i zaštite pri radu na visini u solarnim fotonaponskim sistemima, kao i sa pravilnom upotrebom lične i kolektivne zaštitne opreme.

Ključne teme:

- Specifičnosti radnih mesta na visini (krovovi objekata, pristupne platforme, nosači panela).
- Identifikacija faktora radne sredine (vremenski uslovi, stabilnost podloge, sigurnost pristupa).
- Lična zaštitna sredstva za rad na visini (kacige, sigurnosni pojasevi, anker tačke, konopci).
- Kolektivne mere zaštite (zaštitne ograde, barijere, stabilne platforme).
- Evakuacione procedure i hitna reagovanja u slučaju nesreće.
- Komunikacija među radnicima radi koordinacije i bezbednog izvođenja radova.

Nastavne metode:

- Predavanje uz vizuelnu podršku (slike i video materijali o pravilima zaštite na visini).
- Demonstracija pravilne upotrebe sigurnosnih pojaseva i druge opreme.
- Grupna analiza rizika u simuliranim radnim uslovima.
- Diskusija o stvarnim primerima nesreća i njihovim uzrocima.
- Simulacija radne situacije uz korišćenje modela i sigurnosne opreme.

Evaluacija:

- Kviz - Primena mera bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima.
- Analiza stvarnih nesreća i diskusija o preventivnim merama.
- Praktična provjera znanja kroz realizaciju zadate praktične vežbe.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Simulacija evakuacije

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti pravilno korišćenje sigurnosne opreme, koordinaciju evakuacije u hitnim situacijama i primenu sigurnosnih procedura pri radu na visini.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati sigurno okruženje za izvođenje simulacije evakuacije.
- Postaviti anker tačke i osigurati da su svi sigurnosni pojasevi i karabineri ispravni.
- Podeliti uloge u timu (osoba za komunikaciju, osoba za proveru opreme, osobe za izvođenje evakuacije).

Objašnjenje zadatka:

- Ukazati na važnost pravilne primene sigurnosne opreme i timske koordinacije.
- Demonstrirati ispravno postavljanje sigurnosnog pojasa i pričvršćivanje na anker tačku.

- Objasniti kako komunicirati sa timom u hitnim situacijama i kako sprovesti evakuaciju.

Izvođenje simulacije:

- Dati signal za početak simulacije evakuacije.
- Posmatrati kako tim sprovodi plan evakuacije i kako radnici komuniciraju tokom postupka.
- Osigurati da se vežba izvodi u kontrolisanim i bezbednim uslovima.

Evaluacija i završna provera:

- Analizirati izvedbu vežbe i identifikovati moguće greške.
 - Razgovarati sa učesnicima o izazovima i načinima poboljšanja.
 - Pružiti povratne informacije o efikasnosti timskog rada i pravilnosti korišćenja sigurnosne opreme.
-

Zadatak 2: Simulacija spašavanja sa visine

Cilj vježbe:

Polaznici će uvežbati hitne postupke spašavanja sa visine, uključujući pravilnu upotrebu sigurnosne mreže, sistema za spuštanje unesrećenog radnika i timsku koordinaciju tokom intervencije.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati odgovarajuće mesto za simulaciju spašavanja, uz bezbednosne mere kako bi se sprečile povrede.
- Pregledati sigurnosnu mrežu, užad, kolturnike i karabinerske kopče kako bi se osigurala ispravnost opreme.
- Postaviti jasne uloge u timu (osoba za nadzor, osoba za osiguravanje stabilnosti mreže, osobe za spašavanje).

Objašnjenje zadatka:

- Demonstrirati postupke postavljanja sigurnosne mreže i upotrebu opreme za spašavanje.
- Objasniti kako brzo i efikasno reagovati u slučaju pada radnika sa visine.
- Pojasniti način komunikacije tokom spašavanja i značaj pravovremene reakcije.

Izvođenje simulacije:

- Dati signal za početak simulacije spašavanja.
- Posmatrati kako tim organizuje spašavanje, postavlja sigurnosnu mrežu i koristi sistem za spuštanje unesrećenog radnika.
- Osigurati da se svi postupci izvode prema sigurnosnim protokolima.

Evaluacija i završna provera:

- Analizirati koliko je efikasno sprovedeno spašavanje.
- Identifikovati eventualne propuste i predložiti poboljšanja.
- Diskutovati sa učesnicima o izazovima tokom simulacije i važnosti precizne koordinacije.

Kviz 2: Primena mera bezbednosti i zaštite na radu prilikom izvođenja radova na solarnim fotonaponskim sistemima

<https://forms.office.com/e/J2vYyMiPED>

1. Koji su glavni rizici pri izvođenju radova na visini na solarnim fotonaponskim sistemima?

- a) Pad sa visine
- b) Buka i vibracije
- c) Trovanje hemikalijama
- d) Nepravilno skladištenje otpada

2. Koji efekti električne struje mogu dovesti do opekotina?

- a) Biološki
- b) Mehanički
- c) Toplotni
- d) Elektrohemijski

3. Kako se zove pravilo koje uključuje isključenje napona i osiguranje od ponovnog uključenja?

- a) Pet zlatnih pravila
- b) Sigurnosni kod
- c) Pravilo izolacije
- d) Standard zaštite

4. Indukovani napon može predstavljati opasnost pri radu na električnim instalacijama solarnog fotonaponskog sistema.

- a) Tačno
- b) Netačno

5. Koja zaštitna sredstva spadaju u ličnu zaštitnu opremu prilikom rada na solarnim fotonaponskim sistemima?

- a) Zaštitne kacige, rukavice i sigurnosni pojasevi
- b) Izolacione pregrade i upozoravajuće oznake
- c) Sigurnosni znakovi i kolektivne zaštitne ograde
- d) Hitne evakuacione staze

6. Koji su prvi koraci u pružanju pomoći osobi pod strujnim udarom u solarnim fotonaponskim sistemima?

- a) Provera disanja i pulsa
- b) Isključenje napona
- c) Direktno povlačenje unesrećenog
- d) Upotreba vode za hlađenje tela

Napomena za nastavnike:

- Preporučuje se da se simulacija izvodi u saradnji sa stručnjacima za sigurnost na radu ili sa kompanijama koje se bave industrijskom zaštitom.
- Po završetku vežbi, omogućiti učenicima/polaznicima da postavljaju pitanja i dodatno diskutuju o realnim izazovima evakuacije i spašavanja u industrijskom okruženju.

Video:**Rad na visini**

<https://www.youtube.com/watch?v=FqEOVrBnE58>

Upotreba i karakteristike delova lične zaštitne opreme

<https://www.youtube.com/watch?v=nA9oC--tg50>

3.4. Primena mera za smanjenje negativnog uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu.

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa ekološkim izazovima i merama za smanjenje negativnog uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu. Razviti svest o važnosti pravilnog planiranja, upravljanja otpadom i reciklaže solarnih panela radi postizanja održivog razvoja.

Ključne teme

- Uticaj solarnih fotonaponskih sistema na zemljište, biodiverzitet i ekosisteme.
- Optičke smetnje i uticaj na ptice i druge vrste.
- Buka i elektromagnetne interferencije.
- Pravilno planiranje lokacija solarnih farmi.
- Tehnologije za smanjenje refleksije panela.
- Održivo upravljanje solarnim otpadom i reciklaža solarnih panela.
- Regulativa i primeri dobre prakse u svetu.

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje ekoloških izazova i prikaz primera dobre prakse iz sveta.
- Studija slučaja – Analiza konkretnih primera (npr. primena reciklaže u EU, solarne farme na industrijskim lokacijama).
- Grupni rad – Učenici/Polaznici izrađuju plan za ekološki održivu solarnu elektranu.
- Simulacija – Analiza životnog ciklusa solarnih panela i diskusija o opcijama zbrinjavanja nakon isteka veka trajanja.
- Praktične vežbe – Upravljanje otpadom i primena zaštitne opreme pri sprovođenju mera zaštite životne sredine.

Evaluacija:

- Samostalni zadatak – istraživanje načina reciklaže delova solarnih fotonaponskih sistema u različitim zemljama i analiza njihove održivosti.
- Esej ili kratki seminarski rad – učenici/polaznici mogu pisati na temu: Kako tehnologije smanjuju negativne ekološke efekte solarnih fotonaponskih sistema?
- Kritička analiza – diskusija o balansu između koristi solarnih fotonaponskih sistema i njihovog uticaja na životnu sredinu.
- Praktična provera znanja kroz realizaciju zadate praktične vežbe.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Upravljanje otpadom kod solarnih fotonaponskih sistema

Cilj vežbe:

Učenici/Polaznici će naučiti pravilno identifikovati, razvrstavati i skladištiti otpad nastao tokom rada i održavanja solarnih fotonaponskih sistema, uz poštovanje ekoloških standarda i propisanih procedura reciklaže i ponovne upotrebe materijala.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

- Pre početka vežbe, održati kratko teorijsko predavanje o vrstama otpada u solarnoj industriji i ekološkim propisima za njegovo zbrinjavanje.
- Učenike/polaznike podeliti u manje grupe i dodeliti im specifične zadatke vezane za identifikaciju, razvrstavanje i pravilno skladištenje otpada.
- Prikazati primere pravilnog označavanja i pakovanja otpada prema industrijskim standardima.
- Omogućiti učenicima/polaznicima praktičan rad sa stvarnim ili simuliranim otpadnim materijalima (papir, plastika, metal, elektronski otpad) kako bi naučili metode klasifikacije i skladištenja.
- U završnoj fazi vežbe, analizirati postupke razvrstavanja i diskutovati o mogućnostima za unapređenje procesa reciklaže i ponovne upotrebe materijala.

Završna provera:

- Nastavnik će proveriti da li su učenici/polaznici pravilno razvrstali otpad i da li su spremnici ispravno označeni.
- Tokom diskusije, učenici/polaznici će obrazložiti svoje odluke o razvrstavanju i dati predloge za poboljšanja.
- Učenici/Polaznici mogu pripremiti kratke izveštaje o ekološkim propisima i njihovoj primeni u solarnoj industriji.

Zadatak 2: Primena zaštitne opreme pri sprovođenju mera zaštite životne sredine

Cilj vežbe:

Učenici/Polaznici će naučiti pravilno korišćenje lične zaštitne opreme pri rukovanju otpadnim materijalima i hemikalijama u solarnoj fotonaponskoj elektrani, kao i sprovođenje ispravnih procedura pakovanja i transporta opasnog otpada.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

- Pre izvođenja vežbe, nastavnik treba objasniti važnost lične zaštitne opreme prilikom rada sa otpadnim materijalima i hemikalijama.
- Pokazati učenicima/polaznicima pravilnu upotrebu zaštitne opreme (rukavice, maske, zaštitna odela i obuća) i naglasiti propise o rukovanju opasnim materijalima.
- Učenike/polaznike podeliti u timove i zadati im simulirani scenario rukovanja opasnim otpadom, uključujući pravilno pakovanje i označavanje materijala.
- Tokom izvođenja vežbe, pratiti ispravnost postupaka i ukazivati na moguće propuste u rukovanju zaštitnom opremom i otpadom.
- Na kraju vežbe organizovati diskusiju o izazovima i potencijalnim poboljšanjima u zaštiti životne sredine pri radu u solarnim fotonaponskim sistemima.

Završna provera:

- Proveriti da li su učenici/polaznici ispravno koristili zaštitnu opremu i da li su ispravno rukovali otpadom i hemikalijama.
- Analizirati učeničke/polazničke izveštaje o postupanju sa opasnim materijalima i diskutovati o mogućnostima poboljšanja procedura.
- Učenici/Polaznici mogu predložiti dodatne mere za poboljšanje sigurnosti i ekološke efikasnosti u postupanju s otpadom.

Napomena za nastavnike:

Prilikom izvođenja ovih praktičnih vežbi, važno je obezbediti sigurno radno okruženje i osigurati da učenici/polaznici budu upoznati sa svim sigurnosnim protokolima pre početka rada.

Ukoliko je moguće, preporučuje se izvođenje vežbi u realnom industrijskom okruženju, u saradnji sa lokalnim kompanijama.

Nastavnici treba da podstiču učenike/polaznike na kritičko razmišljanje i predlaganje rešenja za poboljšanje procesa upravljanja otpadom i zaštite životne sredine, jer su to ključni aspekti održivog razvoja u sektoru obnovljivih izvora energije.

4. ENERGIJA SUNCA

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa osnovnim karakteristikama Sunčeve energije, vrstama Sunčevog zračenja, njegovim parametrima i metodama merenja. Razviti razumevanje uticaja geografskih i meteoroloških faktora na iskorišćenje solarne energije u fotonaponskim sistemima.

Ključne teme

- Osnovne karakteristike Sunčeve energije,
- Vrste Sunčevog zračenja i njihova uloga u solarnim sistemima,
- Parametri Sunčevog zračenja (intenzitet, spektralni sastav, sunčeva konstanta),
- Mapa solarnog zračenja po regijama (sajt za dobijanje preciznih podataka o sunčevom zračenju: <https://globalsolaratlas.info/map>),
- Faktori koji utiču na varijacije Sunčevog zračenja,
- Metode merenja Sunčevog zračenja i instrumenti.

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje osnovnih pojmova i faktora koji utiču na iskorišćenje Sunčeve energije.
- Grupni rad – Simulacija planiranja solarnih sistema uz korišćenje GIS alata.

Evaluacija

- Kritička analiza – Diskusija o Uticajnim faktori Sunčevog zračenja.

4.1. Solarni energetske sistemi i njihova primena

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa osnovnim vrstama solarnih energetske sistema, njihovim principima rada i primenom.

4.2. Solarni kolektorski sistemi (SKS)

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa principom rada, komponentama i vrstama solarnih kolektorskih sistema. Objasniti njihovu primenu u različitim sektorima, prednosti i izazove implementacije, te značaj korišćenja solarne termalne energije za održivu budućnost.

Ključne teme

- Osnovni principi rada solarnih kolektorskih sistema,
- Komponente solarnih kolektorskih sistema i njihov značaj,
- Vrste solarnih kolektora i njihove karakteristike,
- Primena solarnih kolektorskih sistema u različitim sektorima,
- Prednosti i izazovi solarnih kolektorskih sistema.

Nastavne metode

- **Predavanje i diskusija** – Objašnjenje rada i komponenata solarnih kolektorskih sistema.
- **Praktična demonstracija upotrebom video materijala** – Prikaz modela kolektora i njihova efikasnost u radu.
- **Studija slučaja** – Istraživanje primene solarnih kolektora u industriji i domaćinstvima.

Evaluacija

- **Samostalni zadatak** – Istraživanje primene solarnih kolektorskih sistema u industriji i domaćinstvima.
- **Kritička analiza** – Diskusija o ekološkim i ekonomskim aspektima solarne termalne energije.

4.3. Koncentrovani solarni sistemi (solarne termoelektre)

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa principima rada koncentrovanih solarnih sistema, njihovim tehnologijama i primenom u proizvodnji električne energije. Objasniti prednosti i izazove ove tehnologije, te ulogu solarnih termoelektrana u energetskej tranziciji.

Ključne teme

- Osnovni principi rada koncentrovanih solarnih sistema (CSP),
- Tipovi CSP tehnologija: parabolični kolektori, linearni Fresnelovi kolektori, solarni tanjiri, solarni tornjevi,
- Prednosti i nedostaci CSP sistema.

Nastavne metode

- **Predavanje i diskusija** – Objašnjenje rada i ključnih komponenti CSP sistema.
- **Studija slučaja** – Analiza primera solarnih termoelektrana širom sveta.
- **Video demonstracija** – Prikaz rada heliostata i prijemnih tornjeva.

Evaluacija

- **Kviz sa ključnim pojmovima** – Kviz sa pitanjima višestrukog izbora o SKS i CSP tehnologijama i njihovim primenama.
- **Kritička analiza** – prednosti i izazovi CSP sistema u različitim klimatskim uslovima.

Kviz 3: SKS i CSP tehnologije i njihove primene

<https://forms.office.com/e/K8RJQZTQPU>

1. Koja je osnovna namena solarnih kolektorskih sistema (SKS)?

- a) Proizvodnja električne energije
- b) Zagrevanje fluida za prenos toplote**
- c) Direktna konverzija Sunčeve svetlosti u struju
- d) Skladištenje energije za kasniju upotrebu

2. Koja od sedjećih komponenti NIJE deo solarnog kolektorskog sistema?

- a) Solarni kolektor
- b) Cirkulaciona pumpa
- c) Generator električne energije**
- d) Izmenjivač toplote

3. Koja vrsta solarnih kolektora ima najbolju izolaciju i najmanje toplotne gubitke?

- a) Ravni pločasti kolektori
- b) Vakumski cevni kolektori**
- c) Koncentracioni kolektori
- d) Linearni Fresnel kolektori

4. Šta je glavni nedostatak solarnih kolektorskih sistema?

- a) Veliki troškovi održavanja
- b) Nemogućnost skladištenja energije**
- c) Visoka emisija CO₂
- d) Kratak vek trajanja

5. Koja komponenta omogućava čuvanje toplote u solarno-termalnim sistemima?

- a) Cirkulaciona pumpa
- b) Izmenjivač toplote
- c) Akumulacioni rezervoar**
- d) Merni instrumenti

6. Koji princip rada koriste koncentrovani solarni sistemi (CSP)?

- a) Direktna konverzija Sunčeve svetlosti u električnu energiju
- b) Sakupljanje Sunčevog zračenja pomoću fotonaponskih ćelija
- c) Fokusiranje Sunčevih zraka kako bi se zagrejavao radni fluid**
- d) Transformacija kinetičke energije vetra u električnu energiju

7. Koja je glavna prednost CSP sistema u odnosu na fotonaponske sisteme?

- a) Niži troškovi instalacije
- b) Mogućnost skladištenja energije za proizvodnju struje noću**
- c) Manja površina potrebna za instalaciju
- d) Direktna konverzija svetlosti u električnu energiju

8. Koja tehnologija CSP sistema koristi heliostate za reflektovanje Sunčeve energije na centralni prijemnik?

- a) Parabolični kolektori
- b) Linearni Fresnel kolektori
- c) Solarni tornjevi**
- d) Solarni tanjiri

9. Koja je glavna svrha paraboličnih kolektora u CSP sistemima?

- a) Direktno pretvaranje Sunčeve energije u električnu energiju
- b) Fokusiranje Sunčevih zraka na cev sa radnim fluidom**
- c) Pretvaranje mehaničke energije u električnu energiju
- d) Rashlađivanje radnog fluida u sistemu

10. Koji su glavni nedostaci CSP sistema?

- a) Niska efikasnost i mala pouzdanost
- b) Visoki početni troškovi i zavisnost od direktnog Sunčevog zračenja**
- c) Nemogućnost skladištenja energije i niska otpornost na vremenske uslove
- d) Visoka emisija gasova staklene bašte

Kviz 4: Solarni kolektorski sistemi (SKS) i koncentrovani solarni sistemi (CSP)

<https://forms.office.com/e/6KyGAFYrMc>

1. Koja je osnovna svrha solarnih kolektorskih sistema (SKS)?

- a) Proizvodnja električne energije
- b) Skladištenje Sunčeve svetlosti
- c) Zagrevanje fluida za različite primene**
- d) Prikupljanje kišnice

2. Koji je osnovni princip rada solarnih kolektorskih sistema?

- a) Direktna pretvaranje Sunčeve energije u električnu
- b) Prikupljanje Sunčeve energije i njeno skladištenje u baterijama
- c) ApSORpcija Sunčeve energije i prenos toplote na radni fluid**
- d) Korišćenje solarnih panela za proizvodnju pare

3. Koja vrsta kolektora omogućava najvišu efikasnost zbog boljeg zadržavanja toplote?

- a) Ravni pločasti kolektori
- b) Vakumski cevni kolektori**
- c) Koncentracioni kolektori
- d) Solarna ogledala

4. Koji od sledećih fluida može biti korišćen kao radni fluid u SKS sistemima?

- a) Električna struja
- b) Termalno ulje**
- c) Vodonik
- d) Kiseonik

5. Gde se najčešće primenjuju solarni kolektorski sistemi?

- a) U termoelektranama
- b) U hidroelektranama
- c) U grejanju vode za domaćinstva, industriju i daljinsko grejanje**
- d) U rashladnim sistemima

6. Koji su osnovni nedostaci solarnih kolektorskih sistema?

- a) Visoki početni troškovi i zavisnost od Sunčevog zračenja**
- b) Nemogućnost rada na niskim temperaturama
- c) Nepouzdanost u dugoročnom radu
- d) Visoka emisija CO₂

7. Koja tehnologija se koristi u koncentrovanim solarnim sistemima (CSP)?

- a) Fotovoltaične ćelije
- b) Termalni kolektori sa običnim staklom
- c) Optički uređaji poput ogledala i sočiva za fokusiranje Sunčeve energije**
- d) Električni transformatori

8. Koji tip CSP sistema koristi heliostate za fokusiranje Sunčeve svetlosti na centralni prijemnik?

- a) Parabolični kolektori
- b) Linearni Fresnelovi kolektori
- c) Solarni tanjiri
- d) Solarni tornjevi**

9. Koja je glavna prednost CSP sistema u odnosu na fotonaponske sisteme?

- a) **Mogućnost skladištenja toplote za kontinuiranu proizvodnju električne energije**
- b) Jeftinija instalacija i održavanje
- c) Veća otpornost na vremenske uslove
- d) Manja potrebna površina za postavljanje

10. Zašto su CSP sistemi pogodniji za industrijsku upotrebu nego fotonaponski sistemi?

- a) Zauzimaju manje prostora od fotonaponskih panela
- b) **Mogu dostići visoke temperature pogodne za industrijske procese**
- c) Ne zahtevaju održavanje
- d) Ne zavise od Sunčeve svetlosti

4.4. Osnovne komponente solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa osnovnim komponentama solarnih fotonaponskih sistema, uključujući fotonaponske ćelije i panele, njihovom strukturom, principom rada i električnim karakteristikama. Razviti razumevanje različitih tipova fotonaponskih ćelija i panela te njihovog uticaja na efikasnost solarnih sistema.

Ključne teme

- Struktura i princip rada fotonaponskih ćelija,
- Vrste fotonaponskih ćelija i njihova efikasnost,
- Električne karakteristike fotonaponskih ćelija i njihova primena,
- Formiranje fotonaponskih panela i načini povezivanja ćelija,
- Električne karakteristike fotonaponskih panela i tehničke specifikacije.

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje osnovnih komponenti solarnih fotonaponskih sistema i principa rada.
- Praktična demonstracija – Analiza električnih karakteristika fotonaponskih ćelija i panela.
- Eksperimentalna analiza – Merenje I-V karakteristika fotonaponskih ćelija.
- Grupni rad – Dizajniranje optimalnog solarnog sistema uz izbor odgovarajućih fotonaponskih komponenti.

Evaluacija

- Samostalni zadatak – Istraživanje prednosti i nedostataka različitih vrsta fotonaponskih ćelija i panela.
- Rad u grupama – Diskusija o Formiranju fotonaponskih panela i analiza električnih karakteristika

Video:**Struktura solarnog fotonaponskog panela**

<https://www.youtube.com/watch?v=TZTUefOjNI8>

4.5. Karakteristike i vrste solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa osnovnim karakteristikama solarnih fotonaponskih sistema, njihovom klasifikacijom i faktorima koji utiču na njihovu efikasnost. Razviti razumevanje o značaju skladištenja energije i integraciji u pametne elektroenergetske mreže.

Ključne teme

- Kategorije solarnih fotonaponskih sistema prema snazi i primeni
- Osnovne karakteristike solarnih fotonaponskih sistema

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje ključnih karakteristika solarnih fotonaponskih sistema i uticaja na elektroenergetske mreže.
- Evaluacija
- Kriteička analiza – Diskusija o održivosti solarnih fotonaponskih sistema i mogućnostima unapređenja tehnologije.

4.5.1. Podela solarnih fotonaponskih sistema prema različitim kriterijumima

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa različitim kriterijumima klasifikacije solarnih fotonaponskih sistema. Razviti razumevanje njihovih tehničkih i operativnih karakteristika, uključujući način rada, lokaciju instalacije, veličinu sistema i vrstu korišćenih fotonaponskih ćelija.

Ključne teme

- Podela prema autonomiji rada (samostalne, mrežne, hibridne),
- Podela prema lokaciji (krovne, tlo, plutajuće, mobilne),
- Podela prema veličini sistema (mikro, male, srednje, velike elektrane),
- Podela prema tehnologiji panela (monokristalni, polikristalni, tankoslojni, organski, perovskitni).

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Pregled osnovnih kriterijuma podele solarnih fotonaponskih sistema.
- Grupni rad – Učenici/Polaznici upoređuju solarne fotonaposke sisteme prema zadatim kriterijumima klasifikacije.

Evaluacija

- Pitanja i odgovori na kraju časa – Sažeti ključne informacije kroz diskusiju i proveriti razumevanje učenika/polaznika postavljanjem pitanja o klasifikaciji solarnih fotonaponskih sistema

4.5.1.1. Samostalni (Off-Grid) solarni fotonaponski sistemi

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa principima rada, strukturom i komponentama samostalnih (*off-grid*) solarnih fotonaponskih sistema. Razviti razumevanje različitih tipova *off-grid* sistema i njihove primene u različitim okruženjima.

Ključne teme

- Klasifikacija *off-grid* solarnih fotonaponskih sistema,
- Struktura i princip rada *off-grid* sistema,
- Osnovne komponente sistema (DC i AC komponente, baterijski sistem, uzemljenje),
- Prikazi i šematski dijagrami za razumevanje tokova energije.

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje principa rada i primene *off-grid* sistema.
- Grupni rad – Istraživanje uticaja kapaciteta baterija na rad *off-grid* sistema.

Evaluacija

- Diskusija – o uticaju kapaciteta baterija na rad *off-grid* solarnih sistema.
- Kritička analiza – Diskusija o radu i primeni *off-grid* solarnih sistema.

Video:

Princip rada *off-grid* solarnih fotonaponskih sistema

https://www.youtube.com/watch?v=j_4rJS35GF4

4.5.1.2. Mrežni (On-Grid) solarni fotonaponski sistemi

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa principom rada, strukturom i komponentama mrežnih (*on-grid*) solarnih fotonaponskih sistema. Razviti razumevanje prednosti i ograničenja ovih sistema u kontekstu moderne elektroenergetske mreže.

Ključne teme

- Klasifikacija *on-grid* sistema prema načinu priključenja (kućni, direktno priključeni),
- Struktura i komponente *on-grid* solarnih elektrana,
- Princip rada i integracija sa elektroenergetskom mrežom,
- Merenje, obračun i ekonomski aspekti korišćenja *on-grid* sistema.

Nastavne metode

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje principa rada *on-grid* solarnih elektrana i integracija sa elektroenergetskom mrežom.
- Grupni rad – Analiza ključnih komponenti *on-grid* sistema.

Evaluacija

- Kritička analiza – Diskusija o prednostima i izazovima on-grid solarnih sistema u odnosu na off-grid sisteme, u modernoj elektroenergetskoj mreži.

4.5.1.3. Hibridni solarni fotonaponski sistemi

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa principom rada, strukturom i komponentama hibridnih solarnih fotonaponskih sistema. Razviti razumevanje kombinacije različitih izvora energije i skladištenja kako bi se obezbedilo stabilno napajanje električnom energijom.

Ključne teme

- Klasifikacija hibridnih solarnih sistema,
- Integracija solarnih panela sa baterijama, generatorima, vetroturbinama i hidroelektranama,
- Blok dijagram i struktura hibridnih sistema,
- Primena i fleksibilnost hibridnih sistema u energetsom snabdevanju.

Nastavne metode

- **Predavanje i diskusija** – Objašnjenje principa rada i integracije različitih izvora energije u hibridne sisteme.
- **Studija slučaja** – Pregled primera hibridnih sistema u praksi i analiza njihove efikasnosti.
- **Grupni rad** – Učenici/Polaznici kreiraju simulaciju hibridnog sistema sa različitim izvorima energije.

Evaluacija

- **Istraživački rad/PPT prezentacija** – Uporedna analiza prednosti i izazova off-grid, on-grid i hibridnih solarnih elektrana.
- **Kritička analiza** – Diskusija o mogućnostima unapređenja hibridnih solarnih sistema u kontekstu energetske tranzicije.
- **Kviz** – Pitanja o *off-grid*, *on-grid* i hibridnim elektranama.

Vežba: Istraživački rad – Uporedna analiza *off-grid*, *on-grid* i hibridnih solarnih elektrana

Cilj vežbe:

Razviti analitičke i istraživačke veštine kroz upoređivanje različitih sistema solarne energije i povezati teorijska znanja sa praktičnim primenama.

Instrukcije za izvođenje vežbe

Uvod

- Objasniti osnovne karakteristike off-grid, on-grid i hibridnih solarnih elektrana.
- Postaviti ključna istraživačka pitanja:
 - Koje su prednosti i izazovi svakog sistema?
 - Koji faktori utiču na izbor odgovarajućeg tipa elektrane?
 - Kako različiti sistemi doprinose energetskej održivosti?

Istraživanje

- Učenici/Polaznici prikupljaju podatke o principu rada, prednostima i izazovima i primeni u različitim uslovima.

Analiza

- Procenjuju koji sistem je najpogodniji za određene lokacije i potrebe korisnika.
- Identifikuju ključne ekonomske i ekološke faktore koji utiču na implementaciju solarnih sistema.

Prezentacija rezultata

- Učenici/Polaznici izrađuju PPT prezentaciju ili pisani izveštaj sa analizom i ključnim zaključcima.
- Svaka grupa predstavlja rezultate, nakon čega sledi diskusija o optimalnim rešenjima za budućnost solarne energetike.

Kviz 5: Podela solarnih fotonaponskih sistema na off-grid, on-grid i hibridne elektrane

<https://forms.office.com/e/77hGTtsPQV>

1. Koja karakteristika razlikuje off-grid solarne fotonaponske sisteme od on-grid sistema?

- a) Off-grid sistemi su povezani na elektroenergetsku mrežu
- b) Off-grid sistemi koriste baterije za skladištenje energije**
- c) On-grid sistemi ne proizvode električnu energiju
- d) On-grid sistemi rade samo u noćnim uslovima

2. Gde se najčešće koriste samostalni (off-grid) solarni fotonaponski sistemi?

- a) U urbanim sredinama sa stabilnim napajanjem iz mreže
- b) Na krovovima komercijalnih objekata povezanih na mrežu
- c) U udaljenim područjima bez pristupa elektroenergetskoj mreži**
- d) Na industrijskim postrojenjima u gradskim centrima

3. Koja je glavna karakteristika mrežnih (on-grid) solarnih elektrana?

- a) Nisu povezane na javnu elektroenergetsku mrežu
- b) Koriste samo obnovljive izvore energije bez baterija
- c) Višak proizvedene energije može se isporučivati u mrežu**
- d) Koriste isključivo solarne kolektore umesto fotonaponskih panela

4. Kako se nazivaju solarne elektrane koje kombinuju više izvora energije, poput vetroelektrana ili dizel-generatora?

- a) On-grid elektrane
- b) Off-grid elektrane
- c) Hibridne elektrane**
- d) Plutajuće elektrane

5. Koja je prednost plutajućih solarnih elektrana?

- a) Mogu raditi bez Sunčeve svetlosti
- b) Smanjuju zauzimanje kopnenog prostora i povećavaju efikasnost hlađenjem vodom**
- c) Efikasnije su od svih ostalih solarnih tehnologija
- d) Ne zahtevaju inverterske sisteme za pretvaranje energije

6. Koji su glavni kriterijumi za podelu solarnih fotonaponskih sistema?

- a) Boja panela i visina postavljanja
- b) Autonomija rada, lokacija, veličina sistema i tehnologija panela**
- c) Godina proizvodnje i dužina trajanja sistema
- d) Upotreba akumulatora i broj zaposlenih u elektrani

7. Koje su glavne karakteristike prenosivih (mobilnih) off-grid solarnih elektrana?

- a) Veliki kapaciteti i visoka efikasnost
- b) Fiksno postavljanje i velika dugovečnost
- c) Mobilnost, jednostavno postavljanje i ograničen kapacitet**
- d) Ne koriste baterijsko skladištenje energije

8. Koje solarne fotonaponske elektrane spadaju u grupu velikih elektrana?

- a) One čija je snaga do nekoliko desetina kilovata
- b) One čiji je instalirani kapacitet izražen u megavatima (MW)**
- c) Male elektrane namenjene za kućne instalacije
- d) Prenosive elektrane sa ograničenim kapacitetom

9. Koja je glavna prednost hibridnih solarnih fotonaponskih sistema?

- a) Manji troškovi instalacije od on-grid sistema
- b) Mogućnost kombinovanja solarne energije sa drugim izvorima**
- c) Rad isključivo noću kada nema Sunčeve svetlosti
- d) Ne zahtevaju održavanje

10. Koje tehnologije fotonaponskih panela se koriste u savremenim solarnim elektranama?

- a) Monokristalne, polikristalne, tankoslojne, perovskitne i organske ćelije**
- b) Isključivo polikristalne ćelije zbog njihove dugovečnosti
- c) Samo organske fotonaponske ćelije jer su ekološki prihvatljive
- d) Pločasti termalni kolektori i parabolični reflektori

4.5.2. Elementi solarnih fotonaponskih sistema, funkcija i princip montaže

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa ključnim komponentama solarnih fotonaponskih sistema, njihovim funkcijama i postupkom montaže. Razviti razumevanje pravilne instalacije i integracije sistema kako bi se osigurala efikasnost i dugotrajnost sistema.

Ključne teme

- Noseće konstrukcije fotonaponskih panela (vrste, postupak montaže, komponente),
- Sistemi za skladištenje električne energije (baterijski sistemi, karakteristike, postupak montaže),
- Regulatori punjenja (funkcija, postupak montaže i konfiguracija),
- Inverteri (funkcija, povezivanje sa panelima, baterijama i mrežom),
- Električne instalacije i zaštitni sistemi (kabliranje, razvodni ormari, uzemljenje, zaštita od groma),
- Sistem nadzora i upravljanja (senzori, softver, alarmi).

Nastavne metode

- Predavanje i vizualizacija – Prikaz i analiza ključnih komponenti solarnih fotonaponskih sistema.

Evaluacija

- Kviz sa ključnim pojmovima – Kviz: Elementi solarnih fotonaponskih sistema, funkcija i princip montaže.
- Kritička analiza – Diskusija o izazovima montaže fotonaponskih sistema.

Kviz 6: Elementi solarnih fotonaponskih sistema, funkcija i princip montaže

<https://forms.office.com/e/qNGbXtUMhy>

1. Koja je osnovna funkcija noseće konstrukcije fotonaponskih panela?

- a) Pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju
- b) Osiguravanje mehaničke stabilnosti panela i optimalnog pozicioniranja**
- c) Smanjenje temperature panela tokom rada
- d) Generisanje električne energije iz vetra

2. Koja vrsta noseće konstrukcije omogućava automatsko praćenje Sunca tokom dana?

- a) Fiksne konstrukcije
- b) Konstrukcije za montažu na krov
- c) Sistemi sa praćenjem položaja Sunca**
- d) Podzemni nosači

3. Koji materijali se najčešće koriste za izradu nosećih konstrukcija solarnih panela?

- a) Plastika i drvo
- b) Aluminijum i čelik**
- c) Bakar i guma
- d) Keramika i beton

4. Koja je osnovna funkcija baterijskih sistema u solarnim elektranama?

- a) Pretvaranje naizmenične u naizmeničnu struju
- b) Regulacija temperature solarnih panela
- c) Skladištenje viška električne energije za kasniju upotrebu**
- d) Praćenje potrošnje električne energije

5. Kako se nazivaju električni uređaji koji upravljaju punjenjem i pražnjenjem baterija u solarnim sistemima?

- a) Inverteri
- b) Regulatori punjenja**
- c) Transformatori
- d) Kontroleri napona

6. Koji je zadatak invertera u solarnoj fotonaponskoj elektrani?

- a) Povećanje temperature panela
- b) Pretvaranje naizmenične struje (DC) u naizmeničnu struju (AC)**
- c) Smanjenje otpora u kablovima
- d) Skladištenje električne energije

7. Šta je primarna uloga razvodnog ormara u solarnim elektranama?

- a) Proizvodnja električne energije
- b) Zaštita i distribucija električne energije u sistemu**
- c) Rashlađivanje solarnih panela
- d) Povećanje efikasnosti fotonaponskih ćelija

8. Koja zaštitna mera se koristi za smanjenje rizika od udara groma u solarnim elektranama?

- a) Postavljanje panela pod vodu
- b) Ugradnja uzemljenja i gromobranske zaštite**
- c) Smanjenje broja solarnih panela
- d) Upotreba staklenih nosača

9. Koji element omogućava daljinsko praćenje i optimizaciju rada solarnog fotonaponskog sistema?

- a) Inverter
- b) Regulator punjenja
- c) Sistem nadzora i upravljanja**
- d) Transformator

10. Kako se postavljaju fotonaponski paneli na krovovima objekata?

- a) Korišćenjem sidara, krovnih kuka i šina za pričvršćivanje panela**
- b) Direktnim lepljenjem panela na krovnu površinu
- c) Postavljanjem panela na zemlju pored objekta
- d) Korišćenjem drvenih nosača bez pričvršćivanja

4.6. Tehnička dokumentacija i tehnička regulativa

Cilj nastavne jedinice

Upoznati učenike/polaznike sa vrstama tehničke dokumentacije i regulative u solarnoj fotonaponskoj industriji. Razviti razumevanje standarda, projektnih dokumenata i sigurnosnih propisa koji regulišu rad solarnih elektrana.

Ključne teme

- Vrste tehničke dokumentacije (projektna dokumentacija, dokumentacija proizvođača, ispitni protokoli, atesti),
- Standardi i tehnička regulativa u oblasti solarnih fotonaponskih sistema,
- Tumačenje projektne dokumentacije (principske šeme, blok dijagrami, jednopolne šeme).

Nastavne metode

- **Predavanje i diskusija** – Objašnjenje važnosti tehničke dokumentacije i regulative.
- **Praktična demonstracija** – Pregled i analiza tehničke dokumentacije solarnih elektrana.
- **Studija slučaja** – Analiza projektne dokumentacije solarnih postrojenja i tumačenje električnih šema i simbola u dokumentaciji.

Evaluacija

- **Kritička analiza** – Diskusija o važnosti poštovanja regulative u održavanju solarnih sistema.

4.7. Materijal, alat, oprema i uređaji za rad na izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice:

Upoznati učenike/polaznike sa vrstama materijala koji se koriste u izgradnji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema, njihovim svojstvima i načinom primene.

Ključne teme:

- Materijal,
- Alat,
- Oprema i uređaji,
- Specijalizovane mašine i vozila.

Nastavne metode:

- Predavanje uz demonstraciju uzoraka materijala,
- Analiza tehničkih specifikacija kablova i spojeva,
- Diskusija o kriterijumima izbora materijala.

Evaluacija:

- Prepoznavanje raznih vrsta provodnika i kablova i elemenata za spajanje i zaštitu,
- Praktična provera sposobnosti pravilnog korišćenja određenih alata.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Prepoznavanje i analiza materijala za rad u solarnim fotonaponskim sistemima

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako identifikovati i analizirati različite vrste materijala koji se koriste u elektroinstalacijama, razumeti njihova svojstva i odabrati odgovarajući materijal za određene radne uslove.

Materijal i alat:

- Uzorci različitih vrsta materijala (bakarni i aluminijumski provodnici, izolacioni materijali, plastične i metalne cevi, zaštitni omotači),
- Tehnička dokumentacija i katalozi proizvođača,
- Merne alatke (mikrometar, klešta za presovanje, nož za skidanje izolacije),
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare).

Instrukcije za izvođenje vežbe:

- Pre početka vežbe, nastavnik treba održati kratko uvodno predavanje o vrstama materijala koji se koriste u elektroinstalacijama i njihovim karakteristikama.
- Objasniti važnost ispravnog izbora materijala u zavisnosti od uslova rada, trajnosti i bezbednosti električnih instalacija.
- Podeliti učenike/polaznike u timove i zadati im zadatke vezane za prepoznavanje i analizu materijala.
- Pružiti tehničku dokumentaciju, kataloge proizvođača i uzorke materijala kako bi učenici/polaznici mogli praktično analizirati svojstva različitih provodnika i izolacionih materijala.
- Učenici/Polaznici trebaju uporediti materijale i identifikovati njihove prednosti i nedostatke kroz diskusiju i merenje određenih parametara.
- Tokom vežbe nadzirati učenike/polaznike, ispravljati eventualne greške i ukazivati na faktore koji utiču na izbor materijala za elektroinstalacije.
- Na kraju vežbe, organizovati prezentaciju rezultata svake grupe i diskutovati o odabiru materijala u specifičnim uslovima rada.

Završna provera:

- Proveriti tačnost prepoznavanja materijala i ispravnost donesenih zaključaka.
 - Analizirati koliko su učenici/polaznici razumeli tehničke specifikacije i kako ih mogu primeniti u praksi.
 - Na osnovu diskusije, proceniti koliko učenici/polaznici mogu samostalno odabrati odgovarajući materijal za različite instalacije.
-

Zadatak 2: Korišćenje ručnih i električnih alata

Cilj vežbe:

Učenici/Polaznici će steći praktične veštine korišćenja osnovnih ručnih i električnih alata koji se koriste u elektroinstalacijama, uz naglasak na sigurnost i efikasnost rada.

Materijal i alat:

- Osnovni ručni alati (klešta, odvijači, skalpeli, noževi za skidanje izolacije),
- Električni alati (bušilica, brusilica, lemilica, pištolj za vrući vazduh),
- Testeri i merni instrumenti (multimetar, ispitivač napona, ampermetar),
- Sigurnosna oprema (zaštitne rukavice, zaštitne naočare, radna odeća).

Instrukcije za nastavnike:

- Uvodno objasniti osnovne funkcije i pravila korišćenja ručnih i električnih alata u elektroinstalacijama.
- Demonstrirati ispravnu upotrebu alata, uz naglasak na tehničke karakteristike i sigurnosne mere.
- Učenike/polaznike podeliti u grupe i zadati im praktične zadatke koji uključuju upotrebu različitih alata.
- Tokom vežbe, nadgledati učenike/polaznike i proveravati njihovu preciznost, sigurnost pri radu i efikasnost u upotrebi alata.
- Diskutovati o najčešćim greškama prilikom korišćenja alata i kako ih izbeći.
- Na kraju vežbe, analizirati tačnost i sigurnost rada svakog učenika/polaznika i dati preporuke za poboljšanje tehnike rada.

Završna provera:

- Proveriti ispravnost rukovanja alatima kroz demonstraciju praktičnih zadataka.
- Proceniti koliko su učenici/polaznici razumeli sigurnosne procedure i pravila pri radu s ručnim i električnim alatima.
- Na osnovu diskusije, utvrditi da li učenici/polaznici znaju prepoznati odgovarajući alat za specifične instalacione zadatke.

5. IZGRADNJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

5.1. Pripremni radovi na izgradnji solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela.

Upoznati učenike/polaznike sa ključnim fazama pripremnih radova pre instalacije solarnih fotonaponskih sistema. Razviti razumevanje tehničke dokumentacije, pravilne procene lokacije i organizacije opreme, kao i važnosti bezbednosnih mera.

Ključne teme

- Tumačenje tehničke dokumentacije (projektni nacrti, specifikacije sistema, sigurnosni standardi),
- Organizacija materijala, alata i opreme za montažu,
- Procena i priprema podloge za montažu (nosivost krova, analiza tla, stabilnost konstrukcije),
- Identifikacija i uklanjanje izvora senčenja,
- Optimalna orijentacija i nagib solarnih panela,
- Sigurnosne mere i obeležavanje radnog prostora.

Nastavne metode

- **Predavanje i vizuelna prezentacija** – Korišćenje tehničkih dijagrama i fotografija za objašnjenje pripremnih radova i organizacije instalacije.
- **Demonstracija** – Prikaz ispravne procene podloge, korišćenja mernih instrumenata i sigurnosne opreme.
- **Diskusija i grupni rad** – Analiza izazova u zavisnosti od vrste lokacije i ekoloških faktora.
- **Praktične vežbe** – Učenici/polaznici izводе procenu lokacije koristeći mernu opremu, analiziraju tehničku dokumentaciju i pripremaju montažnu opremu i alat.

Evaluacija

- Analiza tehničkih rešenja – Učenici/polaznici proučavaju tehničke nacрте i diskutuju o pravilnoj orijentaciji i nagibu solarnih panela.
- Diskusija i praktična procena – Evaluacija učenikovog/polaznikovog razumevanja kroz analizu različitih metoda pripreme terena.
- Demonstracija sigurnosnih mera – Učenici/polaznici pokazuju ispravnu upotrebu zaštitne opreme i organizaciju radnog prostora.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Procena lokacije za solarnu elektranu

Cilj vežbe:

Učenici/Polaznici će naučiti kako pravilno izmeriti nagib i orijentaciju krova/tla pomoću mernih instrumenata, kako bi se osigurala optimalna efikasnost solarnog fotonaponskog sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati sigurno okruženje za izvođenje merenja.
- Pripremiti potrebne merne instrumente (inclinometar, kompas, solarni analizator).

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti značaj orijentacije i nagiba u optimizaciji solarne proizvodnje.
- Demonstrirati kako koristiti merne instrumente za precizna merenja.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici mere nagib krova ili tla pomoću inclinometra.
- Koriste kompas za utvrđivanje orijentacije prema jugu.
- Upoređuju dobijene podatke sa tehničkim smernicama za optimalnu proizvodnju energije.

Evaluacija i završna provera:

- Uporediti izmerene vrednosti s preporučenim parametrima za solarnu instalaciju.
- Diskutovati o mogućim izazovima u merenju i predlozima za poboljšanje.

Zadatak 2: Priprema montažne opreme i alata**Cilj vežbe:**

Polaznici će naučiti kako pravilno organizovati potrebne materijale i postaviti sigurnosne mere pre montaže solarnih panela.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati da su svi materijali i alati dostupni i organizovani.
- Proveriti sigurnosne mere na radnoj lokaciji (zaštitna oprema, barijere, signalizacija).

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti ulogu svakog alata i materijala u procesu montaže.
- Demonstrirati pravilan način rukovanja opremom i sigurno postavljanje montažne strukture.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici raspoređuju i organizuju materijale prema fazama montaže.
- Proveravaju ispravnost montažne opreme i sigurnosnih sistema.
- Postavljaju privremene zaštitne mere pre početka radova.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti da li su svi materijali i alati pravilno pripremljeni.
- Diskutovati o mogućim poboljšanjima u organizaciji montažnih radova.

5.2. Montaža nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela

Cilj ove nastavne jedinice je da učenici/polaznici steknu teorijska i praktična znanja o montaži nosećih konstrukcija i fotonaponskih panela. Fokus je na pravilnoj instalaciji, sigurnosnim merama i optimizaciji performansi solarnog fotonaponskog sistema.

Ključne teme:

- Određivanje lokacije i priprema terena,,
- Izrada temelja i montaža noseće konstrukcije
- Montaža fotonaponskih panela,
- Pravilan nagib i orijentacija panela,,
- Polaganje i povezivanje DC kablova
- Sigurnosne mere pri montaži.

Nastavne metode:

- **Predavanje uz vizuelne prikaze** – Presentacija različitih vrsta nosača i njihovih tehničkih karakteristika.
- **Demonstracija** – Prikaz praktične montaže noseće konstrukcije i panela uz korišćenje odgovarajućih alata.
- **Diskusija i grupni rad** – Analiza najboljih metoda instalacije u zavisnosti od specifičnosti lokacije.
- **Radionički rad** – Učenici/polaznici u grupama simuliraju montažu panela koristeći modele ili stvarne komponente.

Evaluacija:

- **Analiza tehničkih rešenja** – Učenici/polaznici analiziraju različite vrste nosača i sistema montaže.
- **Diskusija i praktična procena** – Razmena mišljenja o izazovima u montaži i metodama osiguranja stabilnosti.
- **Demonstracija** – Praktično izvođenje montaže nosača i panela uz evaluaciju preciznosti i sigurnosti rada.

Video:

Postupak krovne montaže noseće konstrukcije i solarnih panela

<https://www.youtube.com/watch?v=X51ZnslbWNY>

Praktične vežbe

Zadatak 1: Montiranje fotonaponskih panela na noseću konstrukciju, uz proveru njihove poravnatosti i stabilnosti

Cilj vežbe

Polaznici će naučiti kako pravilno montirati fotonaponske panele na noseću konstrukciju, osigurati njihovu stabilnost i poravnatost, te provesti osnovnu proveru ispravnosti postavljanja.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora

- Osigurati da su svi potrebni materijali i alati dostupni na radnom mestu.
- Proveriti sigurnost radne površine i postaviti zaštitnu opremu.
- Podeliti učenike/polaznike u manje grupe i raspodeliti zadatke.

Objašnjenje zadatka

- Nastavnik objašnjava važnost pravilne montaže fotonaponskih panela i njihovu ulogu u proizvodnji električne energije.
- Pojasniti značaj orijentacije i nagiba panela za optimalnu efikasnost sistema.
- Objasniti postupak pričvršćivanja panela na noseću konstrukciju koristeći odgovarajuće nosače i stezaljke.

Izvođenje simulacije

- Nastavnik demonstrira montažu jednog fotonaponskog panela, objašnjavajući korake u realnom vremenu.
- Učenici/polaznici posmatraju demonstraciju i postavljaju pitanja u vezi s postupkom montaže.
- Posebna pažnja se posvećuje pravilnom korišćenju alata i sigurnosnih mera.

Samostalni rad učenika/polaznika

- Učenici/polaznici u grupama vrše montažu panela na pripremljenu noseću konstrukciju.
- Nastavnik nadgleda rad i ispravlja eventualne greške.
- Proverava stabilnost konstrukcije i pravilno pričvršćivanje panela.

Evaluacija i završna provera

- Nastavnik proverava poravnatost panela i stabilnost spojeva.
- Korišćenjem libele ili merača nagiba proverava se da li su paneli postavljeni pod odgovarajućim uglom.
- Učenici/polaznici učestvuju u analizi potencijalnih grešaka i diskusiji o mogućim poboljšanjima.

Zadatak 2: Povezivanje fotonaponskih panela, prema tehničkoj dokumentaciji uz pravilno polaganje DC kablova**Cilj vežbe**

Učenici/Polaznici će naučiti kako pravilno povezati fotonaponske panele u skladu s tehničkom dokumentacijom, osigurati sigurno polaganje i provlačenje DC kablova te provesti osnovnu proveru električnih parametara sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:**Priprema učionice ili radnog prostora**

- Osigurati da su svi potrebni materijali i alati dostupni i organizovani.
- Proveriti da su učenici/polaznici opremljeni odgovarajućom zaštitnom opremom.
- Raspodeliti učenike/polaznike u manje grupe radi efikasnijeg rada.

Objašnjenje zadatka

- Nastavnik objašnjava princip povezivanja fotonaponskih panela i različite tipove veza (serijska, paralelna, mešovita).
- Pojasniti važnost pravilnog dimenzionisanja kablova i korišćenja MC4 konektora.
- Objasniti pravila sigurnog rukovanja kablovima i konektorima.

Izvođenje simulacije

- Nastavnik demonstrira povezivanje fotonaponskih panela, objašnjavajući svaki korak.
- Pokazuje pravilno korišćenje alata za spajanje kablova i proveru spojeva.
- Objašnjava merenje električnih parametara pomoću multimetra.

Samostalni rad učenika/polaznika

- Učenici/polaznici u grupama izvode povezivanje panela u skladu s tehničkom dokumentacijom.
- Pravilno polažu kablove i pričvršćuju ih pomoću UV-otpornih vezica i zaštitnih cevi.
- Nastavnik prati rad učenika/polaznika i pruža savete za ispravljanje grešaka.

Evaluacija i završna provera

- Nastavnik proverava sigurnost i ispravnost spojeva.
- Multimetrom se vrši merenje napona i struje kako bi se osigurala tačnost povezivanja.
- Učenici/polaznici učestvuju u analizi grešaka i diskusiji o mogućim poboljšanjima.

5.3. Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici treba da nauče principe montaže i povezivanja opreme u solarnim fotonaponskim sistema. Razumeće značaj pravilnog postavljanja nosećih konstrukcija, organizacije kablovskih instalacija, kao i montaže i povezivanja invertera i regulatora punjenja. Takođe, upoznaće se s postupcima testiranja ispravnosti sistema i važnošću uzemljenja i zaštite od prenapona.

Ključne teme

- Vrste nosećih konstrukcija za električnu opremu (zidni, podni nosači, šinska montaža, ormari za opremu),
- Organizacija i zaštita kablovskih instalacija (kablovske police, kanali, cevi, nosači, rovovi),
- Postupak montaže i povezivanja invertera i regulatora punjenja,
- Pravilno povezivanje solarnih panela, baterija i razvodnog ormara,
- Sistemi uzemljenja i zaštite od prenapona,
- Testiranje funkcionalnosti i sigurnosna provera sistema.

Nastavne metode

Predavanje i vizuelna prezentacija

- Nastavnici koriste slike, dijagrame i tehničke ilustracije za objašnjenje montaže i povezivanja opreme.
- Objašnjenje funkcije invertera i regulatora punjenja pomoću tehničkih šema i prikaza električnih spojeva.

Demonstracija postupaka

- Praktično prikazivanje montaže nosača, ormara i povezivanja kablova.
- Demonstracija pravilne upotrebe alata i sigurnosnih mera tokom montaže.

Grupni rad i praktična primena

- Učenici/polaznici u grupama izvode montažu i povezivanje opreme prema tehničkoj dokumentaciji.
- Nastavnik nadgleda proces, ispravlja greške i objašnjava korekcije u realnom vremenu.

Diskusija i analiza primera

- Analiza različitih vrsta nosača i konstrukcija kroz primere iz prakse.
- Diskusija o izazovima montaže u različitim uslovima (krovni, podni, plutajući sistemi).

Evaluacija

Analiza tehničkih rešenja

- Učenici/polaznici analiziraju tehničku dokumentaciju i predlažu odgovarajuće tipove nosača i metoda montaže za određene uslove instalacije.

Diskusija i praktična procena

- Evaluacija učenikovog/polaznikovog razumevanja kroz razmenu mišljenja o izazovima povezivanja solarnih fotonaponskih sistema.

- Pitanja i odgovori na ključne tehničke aspekte montaže i testiranja opreme.

Demonstracija i provera praktičnog rada

- Učenici/polaznici demonstriraju postupke montaže invertera i regulatora punjenja.
- Testiranje ispravnosti povezanog sistema pomoću multimetra i drugih mernih instrumenata.
- Provera sigurnosti instalacije i uzemljenja sistema.

Video:

Povezivanje elemenata hibridnog solarnog sistema (korak po korak)

<https://www.youtube.com/watch?v=cCH4IEs1Vzc>

Postupak montaže i povezivanja solarnih fotonaponski panela

<https://www.youtube.com/watch?v=oeFeP0JU28w>

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Montiranje invertera na noseću konstrukciju i povezivanje sa solarnim panelima

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti pravilno montirati inverter na odgovarajuću noseću konstrukciju, povezati ga sa solarnim panelima i izvršiti proveru ispravnosti sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učenika/polaznika:

- Upoznati učenike/polaznike sa tehničkom dokumentacijom invertera.
- Objasniti značaj pravilnog pozicioniranja invertera u sistemu.
- Naglasiti sigurnosne mere tokom montaže i povezivanja.

Demonstracija postupka:

- Nastavnik pokazuje kako odabrati i označiti odgovarajuću lokaciju za montažu invertera.
- Praktično prikazati postupak fiksiranja invertera na nosače.
- Demonstrirati povezivanje DC kablova sa solarnim panelima i ispravan način merenja napona.

Samostalni rad učenika/polaznika:

- Polaznici u parovima ili manjim grupama montiraju inverter prema tehničkoj dokumentaciji.
- Povezuju inverter sa solarnim panelima, prateći pravila polarizacije.
- Koriste multimetar za proveru naponskih vrednosti pre konačnog povezivanja.

Analiza i evaluacija rada:

- Nastavnik proverava ispravnost spojeva i sigurnost instalacije.
- Učenici/polaznici analiziraju greške i predlažu moguća poboljšanja.
- Izvodi se test funkcionalnosti invertera i dokumentuju se rezultati.

Zadatak 2: Montiranje regulatora punjenja i povezivanje sa baterijskim sistemom

Cilj vežbe:

Polaznici će savladati postupak montaže regulatora punjenja i njegovog povezivanja sa solarnim panelima i baterijskim sistemom, uz proveru funkcionalnosti sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učenika/polaznika:

- Predstaviti funkciju i značaj regulatora punjenja u solarnom sistemu.
- Upoznati polaznike sa tehničkim zahtevima montaže.
- Objasniti sigurnosne mere kod povezivanja sa baterijama.

Demonstracija postupka:

- Nastavnik prikazuje montažu regulatora na zidni nosač.
- Pokazuje ispravan postupak povezivanja regulatora sa solarnim panelima i baterijskim sistemom.
- Objlašnja ulogu osigurača i proveru naponskih vrednosti.

Samostalni rad učenika/polaznika:

- Učenici/polaznici izvode montažu regulatora punjenja na nosač.
- Pravilno povezuju regulator sa solarnim panelima i baterijama.
- Izvršavaju merenje napona kako bi proverili ispravnost veze.

Analiza i evaluacija rada:

- Nastavnik proverava ispravnost instalacije i spojeva.
- Diskutuje se o potencijalnim greškama i poboljšanjima.
- Učenici/polaznici dokumentuju rezultate merenja i analiziraju performanse regulatora punjenja.

Kviz 7: Montaža i povezivanje opreme solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/g1CTChgFNp>

1. Koja je glavna svrha noseće konstrukcije za električnu opremu u solarnim fotonaponskim elektranama?

- a) Estetski izgled sistema
- b) Održavanje kablova na otvorenom prostoru
- c) Osiguravanje stabilnosti, zaštite i lakog održavanja opreme**
- d) Smanjenje troškova montaže

2. Koji tip nosača se najčešće koristi za montažu invertera unutar tehničke prostorije?

- a) Podni nosači
- b) Zidni nosači**
- c) Šinska montaža
- d) Krovni nosači

3. Šta je glavni razlog upotrebe kablovskih polica i regala u solarnim sistemima?

- a) Obezbeđivanje stabilnog i sigurnog rasporeda kablova**
- b) Smanjenje troškova instalacije
- c) Skrivanje kablova od pogleda
- d) Smanjenje električnog otpora kablova

4. Zašto je važno osigurati dobru ventilaciju prilikom montaže invertera?

- a) Da bi se inverter bolje uklopio u prostor
- b) Da bi se smanjila buka tokom rada
- c) Da bi se sprečilo pregrevavanje i produžio vek trajanja**
- d) Da bi se povećala brzina prenosa električne energije

5. Koji element u sistemu kontroliše proces punjenja baterija i sprečava njihovo prekomerno punjenje ili pražnjenje?

- a) Inverter
- b) Razvodni ormar
- c) Regulator punjenja**
- d) Prenaponska zaštita

6. Koji je osnovni korak prilikom povezivanja solarnih panela sa inverterom?

- a) Povezivanje AC kablova iz panela direktno u mrežu
- b) Pravilno povezivanje DC kablova prema tehničkoj dokumentaciji**
- c) Povezivanje regulatora punjenja sa mrežnim priključkom
- d) Instalacija kablova unutar invertera bez uzemljenja

7. Koja komponenta štiti solarni sistem od prenapona i atmosferskih pražnjenja?

- a) Uzemljenje i gromobranski sistem**
- b) Regulator punjenja
- c) AC razvodni ormar
- d) Kablovski nosači

8. Koja od sedjećih tvrdnji je tačna u vezi sa povezivanjem inverteta sa razvodnim ormarom?

- a) Inverter se povezuje isključivo na AC razvodni ormar
- b) Inverter se može povezati direktno na mrežu bez zaštitnih uređaja
- c) Prilikom povezivanja inverteta ne treba voditi računa o zaštiti od preopterećenja
- d) Inverter mora biti povezan sa zaštitnim i mernim uređajima u razvodnom ormaru

9. Koji alat je neophodan za proveru ispravnosti spojeva nakon povezivanja opreme?

- a) Čekić
- b) Multimetar
- c) Vakuum pumpa
- d) Libela

10. Koji je poslednji korak pre puštanja solarnog fotonaponskog sistema u rad?

- a) Montiranje solarnih panela
- b) Čišćenje kablova i stezaljki
- c) Testiranje sistema i provera svih spojeva
- d) Provera vizuelnog izgleda sistema

5.4. Odabir zaštitnih sredstava i opreme za radove na montiranju i demontiranju elemenata solarnog fotonaponskog sistema

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će razumeti značaj zaštitnih sredstava i opreme pri radu na montaži i demontaži solarnih elektrana, uključujući primenu lične i kolektivne zaštite, zaštite od električnih udara i standardnih sigurnosnih procedura.

Ključne teme

- **Lična zaštitna oprema (LZO)** – Zaštita glave, ruku, tela, nogu i respiratornog sistema.
- **Kolektivna zaštitna sredstva** – Sigurnosne barijere, zaštita od udara groma, pomoćni sistemi za podizanje tereta.
- **Električna zaštita** – Dielektrična oprema, izolacione podloge, alati sa izolovanim drškama.
- **Procedura provere zaštitne opreme** – Inspekcija i testiranje zaštitnih sistema.
- **Plan hitnih mera i evakuacije** – Reakcija na nesreće i postupci spašavanja u hitnim situacijama.

Nastavne metode

Predavanje uz vizuelne prikaze

- Korišćenje slika i dijagrama zaštitne opreme i sigurnosnih procedura.
- Objašnjenje tipova zaštitne opreme kroz praktične primere.

Demonstracija elemenata zaštitne opreme

- Prikaz pravilnog korišćenja zaštitne kacige, sigurnosnog pojasa i dielektričnih rukavica.
- Demonstracija izolovanog alata i testera napona.

Praktična simulacija

- Učenici/polaznici postavljaju i proveravaju zaštitnu opremu pre simuliranog zadatka montaže.

Evaluacija

- **Provera znanja kroz kviz** – Učenici/polaznici odgovaraju na pitanja o zaštitnoj opremi i procedurama sigurnosti.
- **Praktična provera** – Demonstracija pravilne upotrebe lične zaštitne opreme i sigurnosnih procedura.
- **Ocenjivanje istraživačkog rada** – Analiza kolektivne zaštitne opreme kroz seminarski rad i prezentaciju.

Kviz 8: Provera znanja o zaštitnim sredstvima i opremi

<https://forms.office.com/e/Esgnr67zKf>

1. Koji je osnovni zadatak zaštitne kacige pri radu na solarnoj fotonaponskoj elektrani?
 - a) Povećava vidljivost radnika
 - b) Omogućava lakšu komunikaciju
 - c) Štiti od udaraca i padajućih predmeta**
 - d) Pruža dodatnu ventilaciju
2. Koje su osnovne karakteristike zaštitne obuće za rad na solarnim fotonaponskim elektranama?
 - a) Vodootpornost, lagana struktura, plastični đon
 - b) Protivklizni đon, zaštitna kapica, antistatička svojstva**
 - c) Prozračni materijal, fleksibilni đon, pamučni ulošci
 - d) Gumeni đon, termalna izolacija, sportski dizajn
3. Koja vrsta zaštitnih rukavica se koristi za rad sa elektroenergetskim komponentama?
 - a) Kožne rukavice
 - b) Platnene rukavice
 - c) Gumene rukavice
 - d) Dielektrične rukavice**
4. Šta predstavlja kolektivnu zaštitnu opremu u solarnim fotonaponskim elektranama?
 - a) Sigurnosne kacige i zaštitne naočare
 - b) Sigurnosne barijere, zaštitne mreže, sistemi protiv udara groma**
 - c) Izolovani alati i testere napona
 - d) Električne rukavice i zaštitne cipele
5. Koja su glavna sredstva za zaštitu od električnog udara?
 - a) Reflektujući prsluci i radio uređaji
 - b) Izolovana obuća, rukavice i podloge**
 - c) Zaštitne naočare i antifoni
 - d) Gasne maske i respiratori

Vežba: Seminarski rad/PPT prezentacija – Lična ili kolektivna zaštitna oprema u solarnim fotonaponskim elektranama

Polaznici trebaju napisati seminarski rad/PPT o ličnoj ili kolektivnoj zaštitnoj opremi koja se koristi na gradilištima solarnih fotonaponskih sistema.

Uputstvo:

- Objasniti važnost sigurnosnih barijera i zaštitnih mreža.
- Opisati kako funkcioniše sistem zaštite od udara groma na solarnim panelima.
- Istražiti kako pravilno postavljanje signalizacije i označavanje radnih zona smanjuje rizik od nesreća.
- Dati primere konkretnih propisa i standarda koji regulišu upotrebu kolektivne zaštitne opreme.

Dodatni materijali za nastavnike

Debata o važnosti poštovanja zaštitnih mera u realnim radnim uslovima.

- Zašto je važno redovno proveravati ispravnost zaštitne opreme?
- Koje zaštitne mere se moraju primeniti pri radu na visini?
- Kako se kolektivna zaštitna sredstva postavljaju u solarnoj fotonaponskoj elektrani?

6. IZVOĐENJE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

6.1. Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će razumeti osnovne elemente električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema, uključujući vrste instalacija, kablovske sisteme, elektroinstalacionu opremu, uzemljenje i gromobransku zaštitu. Steći će praktična znanja o izvođenju instalacija i sigurnosnim merama koje osiguravaju efikasan i siguran rad sistema.

Ključne teme

Vrste električnih instalacija u solarnom fotonaponskom sistemu

- DC (jednosmerne) instalacije
- AC (naizmenične) instalacije
- Instalacije uzemljenja i zaštite od prenapona
- Instalacije za nadzor i upravljanje

Kablovske konstrukcije i kablovi u fotonaponskim sistemima

- Kablovske police, regali, kanali, cevi, nosači i rovovi
- DC i AC kablovi – karakteristike i primena

Elektroinstalaciona oprema

- Zaštitni prekidači, 4p prekidač sa motornim pogonom, rastavljači, osigurači
- Prenaponska zaštita
- Merni uređaji i priključne komponente

Izvođenje DC i AC električnih instalacija

- Razvodni ormari, sabirnice i priključni elementi

Sistemi uzemljenja i zaštite od udara groma

- Funkcija uzemljenja u solarnoj elektrani
- Elementi gromobranske zaštite i njihova pravilna instalacija

Nastavne metode

Predavanje uz vizuelne prikaze

- Korišćenje slika i tehničkih ilustracija za prikaz električnih instalacija.

Demonstracija elemenata elektroinstalacija

- Prikaz različitih vrsta zaštitnih sklopki, osigurača i odvodnika prenapona.
- Demonstracija pravilnog uzemljenja i merenja otpora uzemljenja.

Diskusija i grupni rad

- Analiza faktora koji utiču na kvalitet instalacija i bezbednost sistema.
- Identifikacija izazova pri izvođenju solarnih elektroinstalacija i diskusija o mogućim rešenjima.

Praktična simulacija

- Učenici/polaznici analiziraju šeme povezivanja solarnih panela i invertera.
- Vežbanje merenja parametara instalacije pomoću multimetra.

Evaluacija

Analiza tehničkih rešenja

- Učenici/polaznici analiziraju razliku između DC i AC instalacija i njihovu funkcionalnost.

Praktična procena

- Provera ispravnosti povezivanja kablova i zaštitnih sklopki.
- Merenje električnih parametara uz upotrebu ispravnih metoda testiranja.

Diskusija o sigurnosti elektroinstalacija

- Evaluacija učenikovog/polaznikovog razumevanja kroz analizu slučajeva kvarova u električnim instalacijama solarnih elektrana.

Kviz 9: Elementi i način izvođenja električnih instalacija solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/5CE9DnvbUd>

1. Koja je osnovna uloga električne instalacije u solarnim fotonaponskim elektranama?

- a) Povezivanje panela sa sistemom za navodnjavanje
- b) Prenos i distribucija električne energije od solarnih panela do potrošača**
- c) Hlađenje solarnih panela
- d) Povezivanje panela sa sistemom za prikupljanje kišnice

2. Koja se vrsta električne energije proizvodi u solarnim fotonaponskim panelima?

- a) Naizmjenična struja (AC)
- b) Jednosmerna struja (DC)**
- c) Kombinovana struja (AC/DC)
- d) Indukciona struja

3. Koja komponenta se koristi za konverziju naizmjenične struje u naizmjeničnu struju?

- a) Regulator punjenja
- b) Osigurač
- c) Inverter**
- d) Uzemljivač

4. Gde se najčešće postavljaju DC razvodni ormari?

- a) Na samim panelima
- b) Unutar razvodnih ormara niskog napona
- c) U neposrednoj blizini solarnih panela**
- d) U dalekovodnim stubovima

5. Šta je osnovna funkcija razvodnog ormara u električnoj instalaciji solarnih fotonaponskih sistemima?

- a) Distribucija električne energije i zaštita sistema od preopterećenja**
- b) Smanjenje temperature fotonaponskih ćelija
- c) Praćenje kretanja Sunca
- d) Optimizacija brzine vetra

6. Koja komponenta omogućava zaštitu sistema od prenapona?

- a) Inverter
- b) Prenaponski odvodnik**
- c) Termalni senzor
- d) Fotodetektor

7. Koji tip kablova se koristi za povezivanje fotonaponskih panela?

- a) Standardni električni kablovi za kućne instalacije
- b) Specijalizovani DC kablovi otporni na UV zračenje i vremenske uslove**
- c) Telefonski kablovi
- d) Kablovi za ethernet mreže

8. Šta je glavni cilj uzemljenja solarnog fotonaponskog sistema?

- a) Sprečavanje elektromagnetnih smetnji
- b) Povećanje proizvodnje energije
- c) **Zaštita sistema od prenapona i električnih udara**
- d) Optimizacija nagiba panela

9. Kako se naziva sistem zaštite solarnih instalacija od udara groma?

- a) Termalna zaštita
- b) Sistem za pasivno hlađenje
- c) **Gromobranski sistem**
- d) Elektromagnetska barijera

10. Zašto se koristi zaštita od preopterećenja u solarnim elektranama?

- a) Da bi se sprečila prekomerna proizvodnja električne energije
- b) Da bi se osigurao ravnomeran raspored sunčeve svetlosti
- c) **Da bi se sprečili kvarovi usled visokih struja i napona**
- d) Da bi se povećao vek trajanja solarnih panela

6.2. Izvođenje DC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela

Cilj nastavne jedinice:

Učenici/polaznici će steći teorijska i praktična znanja o pravilnom izvođenju DC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema, uključujući povezivanje solarnih panela, polaganje kablova, zaštitu sistema i sigurnosne mere.

Ključne teme:

- **Karakteristike DC instalacije** – Osnovne specifičnosti istosmernih električnih instalacija u solarnim sistemima.
- **Polaganje i zaštita DC kablova** – Načini i standardi postavljanja kablova radi dugovečnosti i sigurnosti sistema.
- **Povezivanje solarnih panela** – Različite metode povezivanja panela u seriju i paralelu radi optimizacije napona i struje.
- **MPPT (Maximum Power Point Tracking) za optimizaciju proizvodnje energije** – Način funkcionisanja, prednosti MPPT tehnologije, opseg i povezivanje.
- **Dimenzionisanje stringova i MPPT u solarnim fotonaponskim sistemima** – Analiziranje datasheet-a panela i invertera, napona u DC granama sistema i važnost pravilnog odreživanja broja panela u stringu.
- **Instalacija i povezivanje DC razvodnog ormara** – Ključni zaštitni i funkcionalni elementi ormara.
- **Povezivanje DC instalacije sa inverterom** – Proces konverzije naizmenične u naizmeničnu struju i pravilan postupak povezivanja.
- **Sigurnosni aspekti izvođenja DC instalacija** – Pravila za rad pod visokim DC naponima i zaštita od električnih rizika.
- **Testiranje i provera ispravnosti DC instalacije** – Merenje napona, struje i provera ispravnosti zaštitnih elemenata.

Nastavne metode:

- Predavanje i uputstva za praktičan rad – Objašnjenje ključnih komponenti i njihovih funkcija i objašnjenje praktične vežbe.
- Demonstracija tehničkih procedura – Praktično pokazivanje povezivanja solarnih panela i polaganja kablova.
- Grupna analiza sistema – Razrada primera različitih konfiguracija solarnih sistema i njihova tehnička analiza.

Evaluacija:

- Analiza i diskusija o povezivanju sistema – Učenici/polaznici objašnjavaju principe rada DC instalacija i upoređuju različite metode povezivanja.
- Praktična vežba merenja i povezivanja – Provera pravilnog rukovanja kablovima, konektorima i razvodnim ormarom.
- Pitanja i odgovori o sigurnosnim procedurama – Evaluacija razumevanja zaštitnih mera i pravila rada s jednosmernom strujom.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Povezivanje fotonaponskih panela u nizove

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno povezati fotonaponske panele u serijske i paralelne nizove, uz proveru polariteta i merenje napona kako bi se osigurala pravilna konfiguracija sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati sigurno okruženje za izvođenje vežbe.
- Pregledati ispravnost fotonaponskih panela, kablova i alata.

Objašnjenje zadatka:

- Demonstrirati razliku između serijskog i paralelnog povezivanja.
- Objasniti kako se pravilno koriste MC4 konektori i multimetar.

Izvođenje simulacije:

- Učenici/polaznici će povezati panele prema uputstvima i proveriti polaritet.
- Izvršiti merenje napona kako bi se potvrdila ispravnost spojeva.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti čvrstoću konektora i zaštitu spojeva.
 - Upporediti izmerene vrednosti s tehničkom dokumentacijom.
-

Zadatak 2: Montaža i povezivanje DC razvodnog ormara

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno montirati i povezati DC razvodni ormar, uz ispravnu instalaciju zaštitnih osigurača i prekidača prema tehničkoj dokumentaciji.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati stabilno mesto za montažu DC razvodnog ormara.
- Pregledati sav potreban materijal i alat.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti svrhu razvodnog ormara i njegovih komponenti.
- Demonstrirati ispravan način postavljanja osigurača i DC prekidača.

Izvođenje simulacije:

- Montirati ormar na zidni nosač ili podnu konstrukciju.
- Povezati dolazne kablove iz solarnih panela i izlazne ka inverteru.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti ispravnost svih veza i osigurati da su konektori pravilno priključeni.
 - Izmeriti naponske vrednosti pomoću multimetra.
-

Zadatak 3: Povezivanje invertora sa DC instalacijom

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno povezati inverter sa DC razvodnim ormarom, proveriti spojeve i izmeriti napon pre puštanja sistema u rad.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Odabrati odgovarajuće mesto za montažu invertora.
- Osigurati potreban alat i opremu.

Objašnjenje zadatka:

- Demonstrirati postupak povezivanja invertora sa DC razvodnim ormarom.
- Objasniti značaj pravilne polarizacije prilikom povezivanja.

Izvođenje simulacije:

- Montirati inverter na nosač prema tehničkim specifikacijama.
- Povezati pozitivni i negativni kabl iz DC razvodnog ormara na odgovarajuće priključke invertora.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti da li su svi spojevi ispravno izvedeni i sigurno povezani.
- Izmeriti napon na ulaznim priključcima invertora pre puštanja sistema u rad.

6.3. Izvođenje AC električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će razumeti princip rada AC instalacija u solarnim fotonaponskim sistemima, naučiti kako se izvode naizmenične električne instalacije i kako se sistem integriše s elektrodistributivnom mrežom. Poseban fokus biće na pravilnom polaganju kablova, ugradnji zaštitnih uređaja i poštovanju sigurnosnih mera.

Ključne teme

- Uloga AC instalacije u solarnim elektranama,
- Osnovni elementi AC sistema: inverter, razvodni ormar, osigurači, prekidači,
- Pravila polaganja i povezivanja AC kablova,
- Priključenje sistema na elektrodistributivnu mrežu (PCC),
- Sigurnosne mere i standardi izvođenja AC instalacija.

Nastavne metode

- Predavanje i uputstva za praktičan rad – Objašnjenje rada AC instalacija.
- Diskusija i grupni rad – Učenici/polaznici analiziraju različite konfiguracije AC instalacija i prednosti on-grid i off-grid sistema.
- Demonstracija i simulacija – Prikaz ključnih komponenti AC sistema i simulacija postupka povezivanja invertora s mrežom.

Evaluacija

- Praktična procena – Analiza šema AC sistema i prepoznavanje ispravnih i neispravnih instalacija.
- Pitanja i odgovori o sigurnosnim procedurama – Evaluacija razumevanja zaštitnih mera i pravila rada s jednosmernom strujom.

Praktične vežbe:**Zadatak 1: Montaža i povezivanje AC razvodnog ormara**

Cilj vežbe:

Učenici/polaznici će naučiti kako pravilno montirati i povezati AC razvodni ormar, uključujući postavljanje sabirnica, zaštitnih prekidača i mernih uređaja, u skladu sa tehničkom dokumentacijom i standardima elektroinstalacija.

Instrukcije za izvođenje vežbe:**Priprema učionice ili radnog prostora**

- Podeliti učenike/polaznike u grupe – svaka grupa će imati zadatak da izvrši montažu određenog segmenta AC razvodnog ormara.
- Pregledati tehničku dokumentaciju i plan montaže.
- Osigurati da je radni prostor čist i siguran za izvođenje aktivnosti.
- Pripremiti neophodne alate i zaštitnu opremu.

Objašnjenje zadatka

- Demonstrirati izgled AC razvodnog ormara i ključnih komponenti.
- Objasniti funkciju sabirnica, zaštitnih prekidača i mernih uređaja.
- Naglasiti sigurnosne mere pri radu sa AC instalacijama.

Izvođenje simulacije**Grupa 1 – Montaža i fiksiranje AC razvodnog ormara**

- Odrediti tačnu poziciju ormara prema tehničkom planu.
- Pričvrstiti ormar na odgovarajuću površinu pomoću tipli i vijaka.

Grupa 2 – Instalacija sabirnica i zaštitnih prekidača

- Postaviti sabirnice unutar ormara prema specifikacijama.
- Osigurati njihovu pravilnu fiksaciju i proveriti spojeve.
- Instalirati osigurače i automatske prekidače i povezati ih sa sabirnicama.

Grupa 3 – Ugradnja mernih uređaja i završna provera

- Postaviti voltmetre, ampermetre i vatmetre na predviđena mesta.
- Povezati ih sa odgovarajućim kablovima i sabirnicama.
- Vizuelno proveriti sve priključke i osigurati da su ispravno spojeni.

Evaluacija i završna provera

- Proveriti fizičku stabilnost ormara i svih komponenti.
- Izmeriti napon i proveriti pravilno funkcionisanje zaštitnih prekidača.
- Diskutovati o mogućim greškama i kako ih izbeći u budućim instalacijama.

Zadatak 2: Povezivanje invertera sa AC sistemom

Cilj vežbe:

Učenici/polaznici će naučiti kako povezati inverter sa AC sistemom, uključujući spajanje AC kablova prema tehničkoj dokumentaciji i proveru napona pre puštanja u rad.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora

- Podeliti učenike/polaznike u tri grupe – svaka grupa će raditi na različitim segmentima povezivanja invertera.
- Pregledati tehničku dokumentaciju i objasniti ključne tačke povezivanja.
- Osigurati prisustvo zaštitne opreme i alata za bezbedan rad.

Objašnjenje zadatka

- Demonstrirati izgled invertera i AC sistema.
- Objasniti princip rada invertera i način konverzije DC u AC struju.
- Naglasiti važnost ispravnog polariteta i zaštitnih mera.

Izvođenje simulacije

Grupa 1 – Priprema i provera invertera i AC sistema

- Osigurati da je inverter isključen iz napajanja.
- Proveriti napon AC instalacije koristeći multimetar.

Grupa 2 – Povezivanje AC kablova

- Pronaći odgovarajuće priključke za fazu (L), nulu (N) i uzemljenje (PE).
- Povezati AC kablove prema tehničkoj dokumentaciji i osigurati ih stezaljkama.

Grupa 3 – Organizacija kablova i testiranje sistema

- Postaviti kablove u zaštitne cevi kako bi se sprečila mehanička oštećenja.
- Multimetrom izmeriti napon na izlazu invertera pre uključivanja.
- Simulirati rad sistema i proveriti da li se inverter ispravno povezao sa mrežom ili lokalnim potrošačima.

Evaluacija i završna provera

- Proveriti sve priključke i osigurati da su čvrsto spojeni.
- Izmeriti napon i struju na priključnim tačkama invertera.
- Diskutovati o mogućim problemima prilikom povezivanja i načinima njihovog rešavanja.

Zadatak 3: Ispitivanje električne instalacije solarnih fotonaponskih sistema prema IEC 60364-6

Testirati električnu instalaciju solarnog fotonaponskog (FN) sistema prema standardu IEC 60364-6, uključujući proveru kontinuiteta provodnika, polariteta, otpora izolacije, funkcionalnih testova i ostalih ključnih parametara kako bi se osigurao ispravan rad sistema.

Materijal i alat:

- Multifunkcionalni tester za ispitivanje električnih instalacija (npr. Fluke 1664 FC, Megger MFT),
- Digitalni multimetar,
- Klešta za merenje struje,
- Tester izolacije (megger),
- Šema fotonaponskog sistema sa tačkama ispitivanja,
- Zaštitna oprema (rukavice, zaštitne naočare, tester napona).

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Ispitivanje neprekidnosti provodnika za uzemljenje i izjednačavanje potencijala

- Proveriti kontinuitet provodnika uzemljenja pomoću testera kontinuiteta.
- Spojiti jednu sondu testera na glavni uzemljivač, a drugu na zaštitni provodnik.
- Očitati rezultat i uporediti sa standardnim vrednostima prema IEC 60364-6.

Test polariteta

- Pomoću digitalnog multimetra proveriti da li je fazni provodnik pravilno povezan.
- Prisloniti jednu sondu na fazni provodnik, a drugu na zaštitni provodnik i proveriti očitane vrednosti napona.
- Ako se napon ne podudara s očekivanim, proveriti i ispraviti povezivanje.

Test kombinovane kutije (string kombiner kutije)

- Proveriti osigurače, zaštitne sklopke i priključke u kombiner kutiji.
- Izvršiti ispitivanje napona na ulaznim i izlaznim terminalima.
- Proveriti rad zaštitnih uređaja ispitivanjem prekidača uzemljenja.

Ispitivanje napona otvorenog kola (Voc)

- Razdvojiti fotonaponski string od invertera.
- Pomoću multimetra izmeriti napon otvorenog kola između pozitivnog i negativnog terminala fotonaponskog stringa.
- Uporediti izmerene vrednosti sa očekivanim, prema tehničkoj dokumentaciji panela.

Ispitivanje kratkog spoja (Isc)

- Spojiti ampermetar u strujni krug fotonaponskog stringa.
- Kratko spojiti pozitivni i negativni terminal i očitati struju kratkog spoja.
- Uporediti izmerene vrednosti sa podacima proizvođača.

Funkcionalni testovi

- Povezati fotonaponski sistem na inverter i mrežu.
- Proveriti rad invertera pri različitim nivoima osunčanja.
- Testirati rad zaštitnih uređaja isključenjem fotonaponskog stringa.
- Proveriti da li inverter ispravno prati MPPT tačku.

Ispitivanje otpora izolacije DC kola

- Isključiti inverter i fotonaponske stringove.
- Spojiti tester izolacije (megger) na DC kablove i provesti ispitivanje pri naponu od 500V ili 1000V.
- Proveriti da li izmerene vrednosti zadovoljavaju minimalne zahteve standarda.

Završna provera:

- Uporediti sve izmerene vrednosti sa specifikacijama proizvođača i IEC 60364-6 standardom.
- Identifikovati eventualne greške u instalaciji.
- Dokumentovati rezultate ispitivanja u kontrolni list.

6.4. Izvođenje instalacije uzemljenja i gromobranske instalacije solarnih fotonaponskih sistema

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi montažom solarnih panela

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će steći teorijska i praktična znanja o instalaciji sistema uzemljenja i gromobranske zaštite u solarnim fotonaponskim sistemima. Razumeće značaj ovih instalacija za sigurnost sistema i korisnika, kao i postupke pravilnog izvođenja, testiranja i verifikacije.

Ključne teme:

- Uloga i značaj uzemljenja u solarnim fotonaponskim sistemima,
- Elementi sistema uzemljenja,
- Postupak instalacije i povezivanja uzemljenja,
- Gromobranska zaštita – vrste i elementi,
- Pravila i standardi za izvođenje uzemljenja i gromobranske zaštite,
- Testiranje i verifikacija instalacije.

Nastavne metode

- **Predavanje uz vizuelne prikaze** – Objašnjenje osnovnih koncepata i važnosti uzemljenja i gromobranske zaštite uz tehničke ilustracije.
- **Demonstracija elemenata** – Prikaz različitih tipova uzemljivača, provodnika i gromobranskih komponenti.
- **Praktična vežba** – Simulacija postavljanja uzemljivača, povezivanja sabirnica i testiranja instalacije.
- **Diskusija i analiza** – Analiza primera neispravne instalacije i diskusija o najčešćim greškama i njihovim posledicama.

Evaluacija

- Analiza tehničkih rešenja – Učenici/Polaznici će analizirati različite vrste uzemljenja i gromobranske zaštite.
- Praktična procena – Provera ispravnosti spojeva i merenje otpora uzemljenja.
- Diskusija i zaključci – Kritička analiza uticaja pravilno izvedenog uzemljenja na sigurnost sistema.
- Kviz – Kratak test sa pitanjima o komponentama i pravilima izvođenja uzemljenja i gromobranske zaštite.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Montaža i povezivanje sistema uzemljenja

Cilj vežbe

Učenici/Polaznici će naučiti kako izvesti sistem uzemljenja solarnog fotonaponskog sistema, uključujući postavljanje uzemljivača, povezivanje provodnika i merenje otpora uzemljenja.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora

- Osigurati odgovarajući teren za izvođenje vežbe.
- Pripremiti uzemljivačke šipke, provodnike, merni instrument i neophodne alate.
- Pregledati sigurnosnu opremu i osigurati da učenici/polaznici koriste zaštitne rukavice i naočare.

Objašnjenje zadatka

- Objasniti značaj uzemljenja za sigurnost solarnih elektrana.
- Demonstrirati postupak postavljanja uzemljivača i povezivanja provodnika.
- Objasniti kako se meri otpor uzemljenja i koje su propisane vrednosti.

Izvođenje simulacije

- Podeliti učenike/polaznike u grupe i dodeliti im konkretne zadatke:
 - Grupa 1: Obeležavanje lokacija i iskopavanje rovova.
 - Grupa 2: Postavljanje uzemljivača i povezivanje sa sabirnicama.
 - Grupa 3: Povezivanje sistema uzemljenja sa metalnim delovima instalacije.
 - Grupa 4: Merenje otpora i verifikacija spojeva.
- Nadgledati rad učenika/polaznika i osigurati poštovanje tehničkih specifikacija.

Evaluacija i završna provera

- Pregledati sve spojeve i pričvršćene provodnike.
- Uporediti izmerene vrednosti otpora sa propisanim standardima.
- Diskutovati sa učenicima/polaznicima o eventualnim problemima i mogućim poboljšanjima u postupku izvođenja uzemljenja.
- Dokumentovati postupak i evidentirati eventualne nepravilnosti.

Zadatak 2: Montaža i povezivanje gromobranske instalacije

Cilj vežbe

Učenici/Polaznici će naučiti kako postaviti i povezati elemente gromobranske zaštite solarnog fotonaponskog sistema, uključujući gromobranske šipke, provodnike i uzemljivače.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora

- Pripremiti teren i obezbediti potreban materijal i alate.
- Osigurati zaštitnu opremu za rad na visini ako je potrebno.
- Proveriti tehničku dokumentaciju za pravilan raspored gromobrana.

Objašnjenje zadatka

- Objasniti ulogu gromobrana i princip rada sistema zaštite od udara munje.
- Demonstrirati postupak postavljanja hvataljki, provodnika i uzemljivača.
- Objasniti sigurnosne mere i postupke testiranja sistema.

Izvođenje simulacije

- Podeliti učenike/polaznike u timove sa različitim zadacima:
 - Grupa 1: Određivanje i obeležavanje tačaka postavljanja gromobrana.
 - Grupa 2: Montaža gromobranskih šipki na predviđene lokacije.
 - Grupa 3: Povezivanje provodnika sa hvataljkama i uzemljenjem.
 - Grupa 4: Testiranje provodljivosti sistema i verifikacija instalacije.
- Nadgledati učenike/polaznike i osigurati pravilnu primenu sigurnosnih mera.

Evaluacija i završna provera

- Vizuelno pregledati sve spojne tačke i montažne elemente.
- Verifikovati električnu provodljivost sistema i osigurati da svi spojevi zadovoljavaju standarde zaštite.
- Diskutovati o mogućim problemima u montaži i analizirati kako poboljšati instalaciju gromobranskog sistema.
- Dokumentovati postupak i evidentirati eventualne korekcije.

Zadatak 3: Testiranje uzemljenja i gromobranske zaštite**Cilj vežbe**

Učenici/polaznici će naučiti kako testirati sistem uzemljenja i gromobranske zaštite pomoću odgovarajućih merenja i provere spojeva.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora

- Pripremiti merače otpora uzemljenja i testne instrumente za gromobransku zaštitu.
- Obezbediti sigurno okruženje za izvođenje testiranja.
- Pregledati sve priključke i osigurati da su svi sistemi isključeni pre početka testiranja.

Objašnjenje zadatka

- Objasniti metode merenja otpora uzemljenja i verifikacije provodljivosti.
- Demonstrirati kako pravilno koristiti merni instrument i interpretirati rezultate.
- Objasniti kako se analiziraju rezultati i koje vrednosti moraju biti zadovoljene.

Izvođenje simulacije

- Podeliti učenike/polaznike u grupe sa različitim zadacima:
 - Grupa 1: Merenje otpora uzemljenja pomoću mernog instrumenta.
 - Grupa 2: Provera integriteta svih spojeva uzemljenja i gromobranske instalacije.
 - Grupa 3: Testiranje provodljivosti provodnika gromobranskog sistema.
 - Grupa 4: Analiza rezultata merenja i poređenje sa standardima.
- Nadgledati učenike/polaznike tokom izvođenja merenja i provera.

Evaluacija i završna provera

- Osigurati da svi izmereni parametri zadovoljavaju propisane standarde.
- Diskutovati o mogućim greškama i kako ih izbeći u budućem radu.
- Dokumentovati sva merenja i eventualne korekcije.
- Pripremiti izveštaj o verifikaciji ispravnosti sistema.

Kviz 10: Uzemljenje i gromobranska zaštita solarnih fotonaponskih sistema

<https://forms.office.com/e/d8mq2j23jd>

1. Koja je osnovna svrha uzemljenja u solarnim fotonaponskim elektranama?

- a) Povećanje napona u sistemu
- b) Održavanje temperature panela
- c) Osiguranje sigurnosti i sprečavanje električnog udara**
- d) Smanjenje troškova instalacije

2. Koje se komponente koriste za izradu sistema uzemljenja?

- a) Gromobranske šipke i osigurači
- b) Metalne šipke, uzemljivački provodnici i sabirnice**
- c) Solarni paneli i akumulatori
- d) DC kablovi i MC4 konektori

3. Gde se postavljaju uzemljivači u solarnim fotonaponskim elektranama?

- a) Na vrhu solarnih panela
- b) U električnom ormaru
- c) U tlu, na određenim lokacijama**
- d) Unutar invertera

4. Koja je funkcija gromobranskog sistema u solarnoj elektrani?

- a) Smanjuje gubitke energije u sistemu
- b) Privlači i bezbedno odvodi udare groma u zemlju**
- c) Povećava efikasnost solarnih panela
- d) Reguliše rad baterijskih sistema

5. Koji su osnovni elementi gromobranske instalacije?

- a) Gromobranske šipke, odvodni provodnici i uzemljivači**
- b) Solarni paneli, inverter i baterijski sistem
- c) Prekidači, osigurači i regulator punjenja
- d) Metalni nosači, zaštitne trake i AC razvodni ormar

6. Koji alat se koristi za merenje otpora uzemljenja?

- a) Multimetar
- b) Merač otpora uzemljenja**
- c) Termovizijska kamera
- d) Ampermetar

7. Koji su ključni koraci u postupku montiranja gromobranske zaštite?

- a) Postavljanje solarnih panela i baterija
- b) Instalacija gromobranskih šipki, povezivanje provodnika i uzemljivača**
- c) Povezivanje DC kablova sa razvodnim ormarom
- d) Montaža invertera i priključivanje na mrežu

8. Šta osigurava pravilno uzemljenje električne opreme?

- a) Povezivanje svih metalnih delova sa uzemljivačima**
- b) Ugradnja dodatnih solarnih panela
- c) Korišćenje samo plastičnih nosača
- d) Povezivanje uzemljenja samo sa gromobranom

9. Koja je glavna funkcija sabirnica za uzemljenje?

- a) Distribucija naizmenične struje ka inverteru
- b) Povezivanje više uzemljenih provodnika u jedinstveni sistem**
- c) Regulacija temperature unutar električne instalacije
- d) Održavanje konstantnog napona u AC instalaciji

10. Zašto je važno testiranje uzemljenja i gromobranske zaštite nakon instalacije?

- a) Da bi se osigurala sigurnost i funkcionalnost sistema**
- b) Da bi se povećala izlazna snaga solarnih panela
- c) Da bi se optimizovala potrošnja energije invertera
- d) Da bi se izbeglo pregrevavanje DC kablova

6.5. Najčešće greške prilikom instalacije solarnog fotonaponskog sistema

Cilj nastavne jedinice

Učenici/Polaznici će naučiti o najčešćim greškama koje se javljaju prilikom instalacije fotonaponskih sistema i kako ih izbeći. Razumeće važnost pravilnog dimenzionisanja sistema, optimizacije položaja panela, pravilnog izvođenja električnih instalacija i važnosti redovnog održavanja sistema.

Ključne teme

- Pogrešno dimenzionisanje sistema,
- Greške u postavljanju panela,
- Greške u električnim instalacijama,
- Greške u montaži i sigurnosnim merama,
- Nedostatak monitoringa i održavanja,
- Kako izbeći greške pri instalaciji?

Nastavne metode

- Predavanje i prezentacija – Objašnjenje ključnih grešaka u instalaciji fotonaponskih sistema uz ilustracije i studije slučaja.
- Demonstracija – Prikaz ispravnog i neispravnog postavljanja fotonaponskih sistema i analiza tehničkih problema na stvarnim primerima.
- Diskusija i analiza – Razgovor o najčešćim izazovima u instalaciji fotonaponskih sistema i razmena iskustava.
- Rad u grupama – Analiza scenarija iz prakse i predlaganje rešenja za ispravljanje grešaka.
- Studija slučaja – Učenici analiziraju dokumentovane slučajeve neispravno instaliranih sistema i donose preporuke za poboljšanje.

Evaluacija

- Usmeno ispitivanje – Pitanja o najčešćim greškama i pravilima instalacije fotonaponskih sistema.
- Prezentacija rešenja – Za konkretan primer svaka grupa izrađuje izveštaj o potencijalnim greškama i predlaže metode prevencije i optimizacije fotonaponskih sistema.

7. POGON I ODRŽAVANJE SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA

7.1. Pripremni radovi i početno testiranje solarnih fotonaponskih sistema

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će naučiti kako pravilno sprovesti pripremne radove i početna testiranja solarnog fotonaponskog sistema pre njenog puštanja u rad. Razumeće značaj analize tehničke dokumentacije, planiranja intervencija i ispitivanja funkcionalnosti sistema.

Ključne teme

- Pregled tehničke dokumentacije i analiza ključnih parametara sistema,
- Priprema alata, opreme i zaštitnih sredstava,
- Planiranje aktivnosti i raspored intervencija,
- Provera sistema pre pokretanja i testiranje komponenti,
- Aktivacija invertera i solarnih panela uz kontrolu rada,
- Verifikacija komunikacionih sistema i zaštitnih uređaja.

Nastavne metode

- Predavanje i prezentacija – Objašnjenje tehničke dokumentacije i ključnih parametara sistema uz vizuelne prikaze.
- Diskusija i grupni rad – Analiza mogućih izazova tokom pripremnih radova i testiranja sistema.
- Praktična simulacija – Izvođenje testnih merenja i analiza rezultata.

Evaluacija

- Teorijska provera znanja – Učenici/polaznici odgovaraju na pitanja vezana za tehničke parametre, postupke testiranja i sigurnosne mere.
- Praktični zadatak – Simulacija testiranja sistema (merenje napona, provera spojeva i zaštitnih uređaja).
- Završni izveštaj – Učenici/polaznici izrađuju kratki tehnički izveštaj sa rezultatima provera i predloženim poboljšanjima.

Praktična vežba:

Zadatak: Početno testiranje solarnog fotonaponskog sistema

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno izvršiti vizuelnu inspekciju, električna merenja i aktivaciju solarnog fotonaponskog sistema, prateći tehničku dokumentaciju i sigurnosne smernice.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati da je radni prostor bezbedan i da su svi alati i oprema dostupni.
- Proveriti ispravnost zaštitne opreme i mernih instrumenata.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti značaj tehničke dokumentacije i sigurnosnih procedura prilikom testiranja solarnog fotonaponskog sistema.
- Demonstrirati pravilno korišćenje mernih instrumenata kao što su multimetar, ampermetar i termovizijska kamera.

Izvođenje simulacije:

- Analizirati električne šeme sistema i proveriti lokacije ključnih komponenti.
- Izvršiti vizuelnu inspekciju spojeva, kablova, uzemljenja i zaštitnih uređaja.
- Izmeriti DC napon između solarnih panela i invertera, kao i AC izlazni napon invertera.
- Koristiti ispitivač uzemljenja za proveru kontinuiteta i otpora spojeva.
- Aktivirati inverter i pratiti inicijalne parametre rada sistema.

Završna provera:

- Proveriti ispravnost svih priključaka i sistema zaštite.
- Dokumentovati sva merenja i evidentirati rezultate u tehničku dokumentaciju.
- Osigurati da sistem funkcioniše u skladu sa zadatim parametrima pre zvaničnog puštanja u rad.

7.2. Praćenje radnih parametara sistema

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi održavanjem solarnih panela.

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će steći znanja i veštine potrebne za kontinuirano praćenje radnih parametara solarnih fotonaponskih sistema, detekciju nepravilnosti i optimizaciju rada sistema. Naučiće kako analizirati ključne pokazatelje performansi, koristiti različite metode nadzora i primeniti softverske sisteme za daljinsko praćenje.

Ključne teme

- Kontinuirano praćenje napona, struje i snage – Značaj merenja osnovnih parametara solarnog fotonaponskog sistema i analiza odstupanja.
- Merenje solarne iradijacije u realnom vremenu – Iradiacionometri, značaj i metode praćenja.
- Nadzor temperature panela i intenziteta Sunčevog zračenja – Uticaj temperaturnih faktora i senčenja na performanse sistema.
- Tehnologije za optimizaciju i sigurnost – praktičan primer.
- Isplativost i ekonomske prednosti.
- Korišćenje softverskih sistema za daljinsko praćenje – Implementacija SCADA sistema, veb aplikacija i proces prikupljanja i analiza podataka.

Nastavne metode

- Predavanje i uputstva za praktičan rad – Objašnjenje značaja radnih parametara uz primere iz prakse.
- Demonstracija – Praktično merenje napona, struje i temperature panela pomoću mernih instrumenata.
- Diskusija i grupni rad – Analiza mogućih kvarova i predlaganje rešenja na osnovu praćenih podataka.
- Korišćenje softverskih alata – Rad sa softverskim rešenjima za daljinsko praćenje sistema i analiza istorijskih podataka.
- Praktična vežba – Korišćenje online softvera za predikciju proizvodnje fotonaponskih sistema za konkretan primer (10kW).

Evaluacija

- Teorijska provera znanja – Učenici/polaznici odgovaraju na pitanja vezana za ključne radne parametre i metode praćenja sistema.
- Praktična vežba - provera praktičnog rada.

Praktična vežba:

Zadatak: Korišćenje online softvera za predikciju proizvodnje solarnog fotonaponskog sistema od 10 kW

Cilj vežbe

Cilj ove vežbe je da učenici steknu praktično znanje o analizi i optimizaciji proizvodnje solarne energije korišćenjem online softverskih alata. Učenici će simulirati različite faktore koji utiču na proizvodnju solarnog fotonaponskog sistema snage 10 kW i razumeti kako geografski položaj, nagib, orijentacija i gubici utiču na performanse sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema radnog prostora i alata

- Osigurati da svi učenici imaju pristup računarima ili tabletima s internet konekcijom.
- Otvoriti online softver za predikciju proizvodnje solarnih fotonaponskih sistema (PVGIS, PVsyst, SAM, HOMER Energy).
- Pripremiti specifikacije solarnih fotonaponskih sistema:
 - Ukupna snaga: 10 kW (25 panela snage 400 W svaki).
 - Inverter: Snage 10 kW.
 - Nagib panela: 30° (standardna optimizacija).
 - Orijentacija: Južno (180°).
 - Koeficijent gubitaka: 15% (kablovi, temperatura, prljavština).
- Učenici biraju regiju u kojoj žele analizirati proizvodnju solarnih fotonaponskih sistema.

Unos podataka u softver

- Učenici unose geografske koordinate lokacije (grad/država).
- Definišu osnovne parametre solarnih fotonaponskih sistema (nagib, orijentacija, tip panela i invertera).
- Podešavaju prosečne gubitke u sistemu.

Izvođenje simulacije i analiza rezultata

- Pokrenuti simulaciju kako bi se dobili podaci o očekivanoj mesečnoj i godišnjoj proizvodnji energije.
- Učenici analiziraju kako proizvodnja varira tokom godine i kako sezonske promene utiču na performanse.
- Uporediti proizvodnju energije u različitim lokacijama (npr. priobalna u odnosu na kontinentalnu regiju).

Izvođenje simulacije

Optimizacija sistema

- Učenici simuliraju promenu nagiba panela (15°, 45°) i analiziraju uticaj na proizvodnju.
- Menjaju orijentaciju (jugoistok, jugozapad) i upoređuju rezultate.
- Analiziraju kako senčenje i prljavština smanjuju proizvodnju sistema.

Završna provera

- Uporedna analiza rezultata: Učenici porede dobijene rezultate sa teorijskim očekivanjima.
- Diskusija:
 - Koja konfiguracija daje najbolju proizvodnju?
 - Kako lokacija i klima utiču na performanse solarnih fotonaponskih sistema?
 - Kako softver pomaže u realnom planiranju solarnih elektrana?
- Izrada zaključaka:
 - Identifikovati optimalne parametre za određenu lokaciju.
 - Predložiti najbolja rešenja za poboljšanje performansi fotonaponskog sistema.

7.3. Preventivno održavanje i dijagnostika

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi održavanjem solarnih panela.

Cilj nastavne jedinice:

Učenici/polaznici će steći znanja i veštine potrebne za očuvanje efikasnosti i produženja veka trajanja Sistema primenom postupaka preventivnog održavanja. Razumeti značaj redovnog preventivnog održavanja u cilju sprečavanja neplaniranih kvarova.

Ključne teme:

- Vizuelni pregled solarnih fotonaponskih sistema – inspekcija panela, konstrukcije, kablova, konektora i zaštitnih uređaja.
- Čišćenje i održavanje komponenti – postupci čišćenja solarnih panela, zaštita kablova i ventilacionih sistema.
- Dijagnostika sistema – ispitivanje napona, struje, otpora uzemljenja i zaštitnih uređaja.
- Praćenje podataka i analiza performansi – upotreba softverskih alata za nadzor rada sistema.
- Merenje otpora uzemljenja i provera elektroinstalacija – testiranje sistema pod opterećenjem i provera priključnih tačaka.

Nastavne metode:

- Predavanje i diskusija – Objašnjenje važnosti preventivnog održavanja i dijagnostike.
- Demonstracija na opremi – Prikaz vizuelne inspekcije, čišćenja i testiranja sistema.
- Praktična simulacija – Učenici/polaznici simuliraju pravilno održavanje čistoće solarnih panela upotrebom odgovarajuće opreme, kao i proveru ispravnosti električnih spojeva.
- Upotreba digitalnih alata – Korišćenje softvera za praćenje i optimizaciju solarnih sistema.

Evaluacija:

- Teorijska provera znanja – Učenici/polaznici odgovaraju na pitanja vezana za procedure preventivnog održavanja
- Praktična provera – Učenici/polaznici demonstriraju ispravne procedure inspekcije i testiranja sistema.
- Diskusija o dijagnostici – Učenici/polaznici argumentuju moguće uzroke problema na osnovu podataka iz testiranja.
- Izveštaj o održavanju – Učenici/polaznici pripremaju tehnički izveštaj o rezultatima preventivnog održavanja.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Vizuelna inspekcija i čišćenje solarnih panela i komponenata sistema

Cilj vežbe:

Učenici/Polaznici će naučiti kako pravilno izvršiti vizuelnu inspekciju i čišćenje solarnih panela, kablova, konektora i drugih komponenti sistema kako bi se osigurala dugotrajnost i optimalna efikasnost rada.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati sigurno okruženje i neophodnu zaštitnu opremu.
- Pripremiti sav potreban alat i materijal za inspekciju i čišćenje.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti značaj pravilne inspekcije i održavanja solarnih panela.
- Demonstrirati kako koristiti inspeksijsko ogledalo, multimeter i termovizijsku kameru.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici vrše vizuelni pregled panela na oštećenja i nečistoće.
- Proveravaju kablove i konektore na znakove pregrevavanja ili korozije.
- Koriste odgovarajuće metode čišćenja panela i kablova.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti da su svi paneli čisti i da nema zaostalih nečistoća.
- Uporediti radne parametre pre i posle čišćenja.
- Dokumentovati eventualne nepravilnosti i predložiti mere poboljšanja.

Zadatak 2: Testiranje uzemljenja i zaštitnih uređaja

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno izvršiti proveru sistema uzemljenja i testiranje zaštitnih uređaja solarnog fotonaponskog sistema.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati da su svi merni instrumenti ispravni i dostupni.
- Pregledati i osigurati da su svi spojevi uzemljenja vidljivi i dostupni za merenje.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti značaj uzemljenja i pravilnog funkcionisanja zaštitnih uređaja.
- Demonstrirati upotrebu merača otpora uzemljenja i multimetra.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici vizuelno proveravaju stanje uzemljenja i spojeva.
- Mere otpor uzemljenja i upoređuju ga sa standardnim vrednostima.
- Testiraju funkcionalnost zaštitnih prekidača i osigurača simulacijom kratkog spoja.

Evaluacija i završna provera:

- Uporediti izmerene vrednosti sa referentnim standardima.
 - Proveriti ispravnost svih testiranih zaštitnih uređaja.
 - Dokumentovati rezultate i predložiti poboljšanja u sistemu uzemljenja.
-

Video:

Postupak čišćenja solarnih fotonaponskih panela

<https://www.instagram.com/smarthome.co.me/reel/C4fjybxlrch/>

https://www.youtube.com/watch?v=Q6_bFdkuhOk

7.4. Intervencije i sanacija kvarova

Predlaže se da se ova nastavna jedinica realizuje u saradnji sa lokalnom kompanijom koja se bavi održavanjem solarnih panela.

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će steći praktična znanja o identifikaciji, analizi i sanaciji kvarova u solarnim fotonaponskim sistemima. Naučiće metode dijagnostike problema, sigurnosne procedure pri intervencijama i pravilan postupak zamene ili popravke neispravnih komponenti sistema.

Ključne teme

- Utvrđivanje mesta i vrste kvara – Dijagnostika problema na osnovu praćenja radnih parametara, vizuelnih inspekcija i električnih merenja.
- Priprema za sanaciju kvarova – Identifikacija potrebnih delova, alata i sigurnosne opreme za izvođenje korektivnih radova.
- Sigurnosne mere pri intervencijama – Pravila za zaštitu od električnog udara, mehaničkih povreda i požara tokom popravki sistema.
- Zamena i popravka neispravnih komponenti – Postupci za demontažu i montažu novih panela, invertera, kablova i zaštitnih uređaja.
- Testiranje nakon intervencije – Provera ispravnosti zamenjenih komponenti, merenje radnih parametara, testiranje sistema u radu i ponovno puštanje u rad
- Izrada protokola o korektivnim radovima – Evidentiranje kvarova, izvršenih popravki i predloženih preventivnih mera.

Nastavne metode

- Predavanje uz tehničke ilustracije – Objašnjenje tipičnih kvarova, metoda dijagnostike i sanacije sistema.
- Demonstracija – Prikaz postupaka ispitivanja kvarova pomoću termalne kamere, multimetra i analizatora električnih parametara.
- Rad u grupama – Svaka grupa analizira određeni kvar, predlaže rešenje i prezentuje postupak popravke. Praktičan rad učenika/polaznika – Simulacija zamene oštećenih solarnih panela, kablova ili zaštitnih sklopova uz primenu sigurnosnih mera.
- Analiza slučajeva iz prakse – Pregled dokumentovanih kvarova i diskusija o mogućim uzrocima i rešenjima.

Evaluacija

- Teorijska provera znanja – Test sa pitanjima o metodama otkrivanja kvarova i procedurama sanacije.
- Praktični zadatak – Učenici/polaznici simuliraju dijagnostiku i popravku određenog kvara koristeći dostupne alate i mernu opremu.
- Analiza i diskusija – Grupna diskusija o uobičajenim problemima u solarnim sistemima i najboljim metodama za njihovo rešavanje.
- Izrada tehničkog izveštaja – Svaka grupa dokumentuje izvršene korektivne radove, opisuje postupak popravke i daje preporuke za prevenciju budućih kvarova.

Praktične vežbe:

Zadatak 1: Dijagnostika i sanacija kvarova u solarnim fotonaponskim sistemima

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako prepoznati i otkloniti kvarove u solarnim fotonaponskim sistemima korišćenjem dijagnostičkih alata i postupaka.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati sigurno radno okruženje i potrebnu zaštitnu opremu.
- Pripremiti dijagnostičke alate i zamenske komponente.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti postupke vizuelne inspekcije sistema.
- Demonstrirati korišćenje multimetra, kleštastog ampermetra i termografske kamere.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici prepoznaju moguće kvarove na panelima, kablovima i inverteru.
- Izvršavaju merenja električnih parametara i termografsku inspekciju.
- Saniraju kvarove zamenom oštećenih komponenti i podešavanjem spojeva.

Evaluacija i završna provera:

- Uporediti izmerene vrednosti pre i posle popravke.
 - Proveriti ispravnost sistema nakon sanacije.
 - Dokumentovati intervenciju i predložiti poboljšanja.
-

Zadatak 2: Zamena neispravnog fotonaponskog panela

Cilj vežbe:

Polaznici će naučiti kako pravilno izvršiti demontažu i zamenu neispravnog solarnog panela, uz ispravnu ponovnu instalaciju i testiranje.

Instrukcije za izvođenje vežbe:

Priprema učionice ili radnog prostora:

- Osigurati da je sistem isključen i bez napona.
- Pregledati tehničku dokumentaciju zamenskog panela.

Objašnjenje zadatka:

- Objasniti pravilnu demontažu panela i sigurno odvajanje iz niza.
- Demonstrirati korišćenje alata za otpuštanje konektora i nosača.

Izvođenje simulacije:

- Polaznici uklanjaju neispravan panel i pregledaju spojeve.
- Postavljaju novi panel na nosač i povezuju ga sa sistemom.
- Provode testiranja napona i proveru spojeva.

Evaluacija i završna provera:

- Proveriti fizičku stabilnost montiranog panela.
- Testirati rad sistema nakon zamene.
- Dokumentovati postupak i evidentirati rezultate testiranja.

7.5. Sezonske i dugoročne pripreme sistema

Cilj nastavne jedinice

Učenici/polaznici će naučiti kako se solarni fotonaponski sistemi prilagođavaju sezonskim promenama, kako se provode godišnje revizije sistema i kako se planira dugoročno održavanje i modernizacija kako bi se osigurala dugotrajna efikasnost i pouzdanost sistema.

Ključne teme

- Priprema sistema za sezonske promene,
- Revizija i optimizacija sistema,
- Dugoročna strategija održavanja.

Nastavne metode

- Predavanje uz objašnjenje sezonskih promena – Objašnjenje sezonskih faktora i njihovog uticaja na rad solarnih sistema.
- Rad u grupama – Analiza različitih sezonskih scenarija i predlaganje rešenja za održavanje sistema u cilju poboljšanja metoda održavanja.
- Studija slučaja – Analiza podataka iz stvarnih solarnih elektrana i diskusija o mogućim poboljšanjima.

Evaluacija

- Kviz – Pitanja o pogonu i održavanju solarnih fotonaponskih sistema.
- Analiza podataka – Interpretacija podataka o performansama sistema iz softverskih platformi za monitoring.
- Prezentacija rešenja grupnog rada– Svaka grupa izrađuje plan sezonske pripreme sistema i predlaže strategiju modernizacije.

Kviz 11: Pogon i održavanje u solarnim fotonaponskim sistemima

<https://forms.office.com/e/Y4DvWyr6Gg>

1. Koji su osnovni radni parametri koje je potrebno pratiti kod solarnih fotonaponskih sistema?

- a) Boja solarnih panela i tip konstrukcije
- b) Napon, struja, snaga, energija, temperatura panela, intenzitet Sunčevog zračenja**
- c) Broj ugrađenih panela i težina konstrukcije
- d) Površina solarnih panela i jačina vetra

2. Koji je prvi korak u procesu pokretanja solarnog fotonaponskog sistema?

- a) Postavljanje novih kablova
- b) Pregled tehničke dokumentacije i provera ispravnosti sistema**
- c) Demontaža invertera
- d) Čišćenje panela od nečistoća

3. Koja metoda se koristi za daljinsko praćenje rada solarnog fotonaponskog sistema?

- a) Optički pregled
- b) Softverski sistemi za nadzor i upravljanje**
- c) Ručno merenje temperature panela
- d) Povremeno isključivanje sistema radi provere

4. Zašto je preventivno održavanje važno za rad solarnih fotonaponskih sistema?

- a) Smanjuje efikasnost sistema
- b) Povećava troškove rada solarnog fotonaponskog sistema
- c) Produžava vek trajanja komponenti i sprečava neplanirane kvarove**
- d) Omogućava češće zamene komponenti

5. Koja od navedenih aktivnosti spada u preventivno održavanje solarnih panela?

- a) Demontaža celog sistema svakih šest meseci
- b) Vizuelna inspekcija, čišćenje i provera spojeva**
- c) Uklanjanje kablova i provera njihove težine
- d) Povećanje napona panela iznad nominalnih vrednosti

6. Koji je osnovni cilj ispitivanja sistema pod opterećenjem?

- a) Provera rada invertera i stabilnosti napona pri različitim opterećenjima**
- b) Oštećenje fotonaponskih ćelija
- c) Isključivanje zaštitnih uređaja
- d) Onemogućavanje praćenja proizvodnje električne energije

7. Koji uređaj se koristi za otkrivanje toplih tačaka na solarnim panelima?

- a) Voltmetar
- b) Ampermetar
- c) Termografska kamera**
- d) Digitalni šubler

8. Koji je prvi korak u procesu sanacije kvarova na solarnim elektranama?

- a) Zamena svih komponenti sistema
- b) Utvrđivanje mesta i vrste kvara pomoću dijagnostičkih metoda**
- c) Nasumično isključivanje panela
- d) Iskopavanje novih temelja za nosače

9. Koje su osnovne sigurnosne mere pri popravci invertera?

- a) Isključivanje sistema, provera napona i korišćenje izolovanog alata**
- b) Postavljanje invertera u vodu radi hlađenja
- c) Povećavanje napona iznad dozvoljenih granica
- d) Isključivanje samo DC struje, dok AC ostaje aktivan

10. Zašto je sezonska priprema solarnog fotonaponskog sistema važna?

- a) Omogućava sistemu da automatski menja način rada bez potrebe za nadzorom
- b) Prilagođava rad sistema različitim vremenskim uslovima i sprečava potencijalna oštećenja**
- c) Smanjuje potrebu za praćenjem radnih parametara
- d) Omogućava povećanje proizvodnje energije tokom zime

Instrukcije za izvođenje nastavne jedinice

7.6. Finansijski aspekt fotonaponskih elektrana

Cilj nastavne jedinice

Učenici/Polaznici će razumeti ključne finansijske faktore vezane za solarne fotonaponske sisteme, uključujući analizu operativnih troškova, povrat ulaganja (ROI), period povrata investicije i dugoročnu ekonomsku isplativost solarnih fotonaponskih sistema.

Ključne teme

Operativni troškovi solarnih fotonaponskih sistema

- Troškovi održavanja i zamene komponenti (inverter, kablovi, konektori),
- Troškovi praćenja i nadzora sistema,
- Osiguranje i licenciranje sistema.

Povrat ulaganja (ROI) i period povrata investicije

- Računanje troškova inicijalne investicije (paneli, inverter, instalacija).
- Analiza godišnjih ušteda i prihoda od solarnih fotonaponskih sistema.
- Proračun perioda povrata investicije.

Finansijske koristi solarnih fotonaponskih sistema

- Uštede na računima za električnu energiju.
- Mogućnosti prodaje viška energije (net metering, feed-in tarife).
- Analiza troškova i prihoda tokom životnog veka solarnih fotonaponskih sistema.

Novčani tok i analiza životnog ciklusa solarnih fotonaponskih sistema

- Dugoročno planiranje investicije i ekonomska analiza.
- Uticaj subvencija i promena cene električne energije na isplativost solarnih fotonaponskih sistema.

Nastavne metode

- Predavanje uz grafičke prikaze – Objašnjenje ključnih ekonomskih pojmova i analiza troškova solarnih fotonaponskih sistema.
- Studija slučaja – Proračun perioda povrata investicije za konkretne primere solarnih fotonaponskih sistema različitih snaga.
- Grupna diskusija – Učenici analiziraju različite modele finansiranja solarnih fotonaponskih sistema i predlažu optimalne strategije ulaganja.
- Rad na praktičnom zadatku – Učenici koriste kalkulator isplativosti solarnih fotonaponskih sistema da izračunaju ROI i period povrata za zadani sistem.
- Simulacija scenarija – Analiza kako različiti faktori (lokacija, cena električne energije, subvencije) utiču na isplativost solarnih fotonaponskih sistema.

Evaluacija

- Usmeno ispitivanje – Pitanja o finansijskim parametrima solarnih fotonaponskih sistema i povratu ulaganja.
- Praktični zadatak – Izračunavanje ROI i perioda povrata investicije za dati solarni fotonaponski sistem.
- Analiza slučaja – Učenici analiziraju podatke iz stvarnih solarnih fotonaponskih sistema i donose zaključke o njihovoj ekonomskoj isplativosti.
- Prezentacija – Svaka grupa prezentuje svoj finansijski plan solarnog fotonaponskog sistema i daje preporuke za optimizaciju troškova i prihoda.

8. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Efikasna primena solarnih fotonaponskih sistema zavisi od kvalitetne edukacije i stalnog stručnog usavršavanja, kako učenika/polaznika tako i nastavnika koji ih pripremaju za rad u ovom sektoru. Ovaj priručnik pruža nastavnicima neophodne metodološke smernice, praktične preporuke i nastavne strategije koje omogućavaju temeljno i dinamično izvođenje nastave, s posebnim fokusom na instalaciju i održavanje solarnih fotonaponskih sistema.

Obuhvatajući širok spektar tema – od osnovnih principa rada solarnih sistema, preko instalacije električnih komponenti, do zaštitnih mera i procedura održavanja – priručnik nastoji da pruži sveobuhvatno razumevanje ovog područja. Posebna pažnja posvećena je zaštiti na radu i zaštiti životne sredine, koje su obrađene u posebnom poglavlju, naglašavajući značaj bezbednosti na radu i ekološke odgovornosti. Saradnja sa lokalnim organizacijama i udruženjima u ovim oblastima može dodatno osnažiti svest polaznika o značaju održivih radnih praksi i odgovornog upravljanja resursima.

Jedan od ključnih izazova u oblasti solarne energetike jeste upravljanje otpadom i reciklaža zastarelih komponenti, što je tema kojoj se u priručniku posvećuje značajna pažnja. Uvođenjem principa kružne ekonomije i podsticanjem odgovornog upravljanja resursima, učenici/polaznici se pripremaju za rad u industriji koja teži ekološkoj održivosti.

Veliki naglasak stavljen je na praktične vežbe, koje su detaljno razrađene korak po korak, sa ciljem da polaznici steknu konkretne veštine neophodne za rad na terenu. Autorke su nastojale da kroz ove segmente pruže jasan i sistematičan pristup montaži, instalaciji i održavanju solarnih fotonaponskih sistema, čime se osposobljava nova generacija stručnjaka za jedno od najtraženijih zanimanja na tržištu rada. Kako bi se obezbedili optimalni uslovi za izvođenje praktičnih zadataka, predložena je saradnja sa lokalnim kompanijama koje mogu pružiti neophodne resurse i infrastrukturu za obuku.

Svesne izazova koji prate organizaciju praktične nastave u školskim i okvirima obuka za odrasle, autorke predlažu i inovativna rešenja, među kojima se posebno ističe implementacija VR (*Virtual Reality*) i AR (*Augmented Reality*) simulacija. Ove tehnologije omogućavaju učenicima/polaznicima da u sigurnom i kontrolisanom okruženju savladaju ključne praktične veštine, simulirajući realne radne uslove bez rizika i ograničenja fizičke obuke. Ovakav pristup može značajno unaprediti kvalitet nastave, omogućavajući polaznicima da kroz interaktivno iskustvo steknu neophodne kompetencije za rad u industriji.

Dodatno, kako bi teorijska znanja bila što bliža praktičnoj primeni, priručnik uključuje *open-source* video materijale, dostupne putem predloženih linkova. Ovi resursi omogućavaju polaznicima da na vizuelan i intuitivan način prošire svoje razumevanje ključnih koncepata, a nastavnicima pružaju dodatni alat za obogaćivanje nastave. Takođe, priručnik sadrži veliki broj kvizova u *Microsoft Forms* formatu, koje nastavnici mogu prilagoditi sopstvenim potrebama i koristiti kao alat za evaluaciju znanja.

Kako bi solarni fotonaponski sistemi funkcionisali pouzdano i dugoročno, od ključne važnosti su preventivno i korektivno održavanje, blagovremena dijagnostika problema i optimizacija sistema. Priručnik detaljno obrađuje ove aspekte, nudeći nastavnicima smernice za planiranje i izvođenje nastave koja će polaznicima omogućiti sticanje neophodnih kompetencija za rad u ovom sektoru. Uloga nastavnika nije samo u prenošenju tehničkih znanja, već i u razvijanju svesti o važnosti sigurnosti na radu i odgovornog odnosa prema životnoj sredini.

Globalna potražnja za kvalifikovanim stručnjacima u sektoru solarne energije konstantno raste, otvarajući brojne prilike za zapošljavanje i profesionalni razvoj. Savremena edukacija, koja objedinjuje teoriju, praksu i upotrebu novih tehnologija, ključna je za pripremu budućih stručnjaka spremnih da odgovore na zahteve tržišta rada.

Preporuke za nastavnike

1. **Kombinovati teoriju i praksu** – Nastavu usmeriti na konkretne primere i omogućiti učenicima/polaznicima rad sa stvarnom opremom kako bi stekli praktična znanja.
2. **Podsticati istraživački rad** – Uključivanjem učenika/polaznika u seminare, projektne zadatke i analizu inovacija u oblasti solarne energije, podsticati njihov interes za nove tehnologije i trendove.
3. **Koristiti interaktivne nastavne metode** – Diskusije, studije slučaja, video materijali i simulacije mogu doprineti boljem razumevanju ključnih koncepata i razvoju kritičkog mišljenja.
4. **Naglasiti značaj sigurnosti i ekološke odgovornosti** – U nastavu integrisati principe zaštite na radu i zaštite životne sredine, uz mogućnost saradnje sa stručnim organizacijama.
5. **Iskoristiti dostupne digitalne resurse** – *Open-source* video materijali i *Microsoft Forms* kvizovi iz priručnika mogu poslužiti kao alati za evaluaciju znanja i prilagođavanje nastavnog procesa potrebama učenika/polaznika.
6. **Uvesti savremene tehnologije u edukaciju** – VR i AR simulacije predstavljaju inovativno rešenje koje omogućava učenicima/polaznicima da kroz interaktivno iskustvo steknu praktične veštine u sigurnom okruženju.
7. **Podsticati kontinuirano stručno usavršavanje** – Nastavnici bi trebalo da prate inovacije u oblasti fotonaponskih sistema, učestvuju u stručnim obukama i unapređuju svoje metode rada.

Priručnik je dizajniran tako da može poslužiti kao nastavni materijal u završnim razredima srednjih škola, ali i kao resurs za kurseve i obuke u oblasti solarnih fotonaponskih sistema. Njegova primena omogućava nastavnicima da efikasno planiraju i realizuju nastavu, unaprede kompetencije učenika/polaznika i doprinesu razvoju struke u skladu sa savremenim zahtevima tržišta rada i obnovljivih izvora energije.

Ovaj priručnik nije samo alat za stručno obrazovanje, već i resurs za unapređenje nastavnog procesa, prilagođen savremenim metodama učenja i tehnološkom napretku. Njegova upotreba može značajno podići kvalitet nastave, omogućavajući učenicima/ polaznicima da steknu praktične i primenjive veštine.

Uvođenje novih nastavnih metoda, uključujući primenu VR i AR tehnologija, dodatno bi obogatilo proces obuke, pružajući učenicima/polaznicima realistična iskustva u simuliranim uslovima i osposobljavajući ih za rad u brzo razvijajućem sektoru solarne energetike.

9. MATERIJALNI USLOVI I OPREMA

PROSTOR, OKVIRNI SPISAK OPREME I NASTAVNIH SREDSTAVA	FORMALNO OBRAZOVANJE komada	NEFORMALNO OBRAZOVANJE komada
Učionica za teorijsku nastavu	1	1
Laboratorija za praktičnu nastavu	1	1
Računar sa instaliranim namenskim softverom za praćenje nastave, realizaciju vežbi i proveru dostignutosti ishoda	11	4
Analogni merni instrumenti (voltmetar, ampermetar, ommetar, multimetar, vatmetar i dr.)	5	3
Digitalni merni instrumenti (multimetar, voltmetar, ampermetar, vatmetar, frekvencmetar, analizator kvaliteta električne energije, solarni multimetar, multifunkcionalni tester, dvosmerno digitalno brojilo, mrežni analizator i dr.)	5	3
Merni instrumenti za merenje neelektričnih veličina (piranometar, digitalni termometar, aktinometar, termovizijska kamera, mrežni analizator i dr.)	5	3
Izvor jednosmernog napona, generator funkcija, transformator, prekidači, osigurači releji i dr.	5	3
Elektroinstalaciona oprema (prekidači, 4p prekidač sa motornim pogonom, rastavljači, grebenaste sklopke, kontaktori, MC4 konektori, osigurači, odvodnici prenapona, releji, senzori, upravljački i signalni uređaji, sabirnice, izolatori, priključne klemme, razvodni ormari, razvodna kutija, montažna kutija, šine za elemente u razvodnoj tabli, zaštitni uređaj diferencijalne struje i dr.)	5	3
Komplet alata za električare (odvijači, klešta za skidanje izolacije, klešta kombinirke, klešta za sečenje, lemilica i dr.)	10	3
Alat za obeležavanje i obradu materijala (štapni šestar, naprave za paralelno ocrtavanje, makaze, sekači, čekić, ključevi, testere, turpije za lim i drvo, klešta, brusilica, bušilica, bonsek i dr.)	5	3
Razne vrste invertera	5	3
Elementi uzemljenja: strukturni elementi (uzemljivači, sabirnice za uzemljenje, povezni vodovi), spojni elementi (papučiće, stopice, stezaljke za spajanje i pričvršćivanje)	5	3
Elementi gromobranske zaštite: hvataljke (gromobrani), odvodi (pocinčana traka), uzemljivač, merni spoj, spojni elementi (stezaljke, šrafovi i matice, papučiće, vezice i dr.)	5	3
Materijal: provodnici i solarni kablovi, kablovske glave, kablovske spojnice, stezaljke, spojnice, razdelnici, izolacione trake i drugi izolacioni materijal, PV cevi i kutije, sredstva za podmazivanje, sredstva za uklanjanje rđe, sredstva za zaštitu od korozije (antikorozivne boje, premazi i mastici), materijali za zaptivanje, vijci i matice, materijal za obeležavanje i signalizaciju, građevinski materijal i dr.	5	3
Set ličnih zaštitnih sredstava: zaštitna kaciga, sigurnosni pojas i užad za vezivanje (sistem za rad na visini), zaštitne rukavice, zaštitna odeća i obuća, antifoni (zaštita od buke) i zaštitne naočare, maske sa filterima protiv isparavanja	10	3
Setovi za prvu pomoć, kompleti za vežbanje pružanja prve pomoći	5	3
Vatrogasni aparati, za demonstraciju i obuku u slučaju požara	5	3
Mobilni PV setovi za PV obuku, sa tehničkom dokumentacijom	5	3

SET OPREME ZA MONITORING I DIJAGNOSTIKU U SOLARNIM FOTONAPONSKIM SISTEMIMA	
1. Upravljački i komunikacioni uređaji	<i>Data Manager</i> (Upravljački modul za podatke o proizvodnji solarnog fotonaponskog sistema) Komunikacijski kablovi (optički ili bakarni za povezivanje senzora i mreže) Serveri (lokalni ili <i>cloud</i> platforme za analizu podataka) Softver za upravljanje solarnim elektranama (praćenje rada, analiza performansi) SCADA sistem (Supervisory Control and Data Acquisition – nadzor i upravljanje solarnim fotonaponskim sistemima)
2. Senzori i merni uređaji	Piranometar (merenje Sunčevog zračenja) Piroheliometar (precizno merenje direktnog Sunčevog zračenja) Senzori temperature (praćenje temperature panela i okoline) Senzori napona i struje (merenje električnih parametara sistema) Termovizijska kamera (detekcija pregrevavanja i "hotspot" tačaka na panelima) Anemometar (za monitoring uticaja vetra na fotonaponske panele) Senzori vlage i atmosferskog pritiska (analiza uticaja klimatskih uslova na performanse) Senzori za praćenje nagiba i orijentacije panela
3. Komunikaciona i mrežna oprema	<i>Industrial Ethernet Switch</i> (industrijski mrežni prekidač za povezivanje senzora i SCADA sistema) 4G/5G ili satelitski modemi (daljinski pristup podacima sa solarne fotonaponske sisteme) Optički ili bakarni komunikacijski kablovi (povezivanje sistema za monitoring) Bežični komunikacioni moduli (Wi-Fi, Zigbee, LoRaWAN za bežično upravljanje)
4. Sistemi za čuvanje podataka i analizu	<i>Data Logger</i> (prikupljanje podataka sa senzora solarnih fotonaponskih sistema) Lokalni serveri (brza obrada podataka, lokalni SCADA sistem) <i>Cloud-based</i> platforme (dugoročno skladištenje podataka i napredna analitika)
5. Sistemi za ekološki monitoring	Senzori za praćenje uticaja solarnih fotonaponskih sistema na životnu sredinu Monitoring emisija i temperaturnih promena u okruženju solarnih fotonaponskih sistema
6. Sigurnosna i zaštitna oprema	UPS sistemi (Uninterruptible Power Supply – neprekidno napajanje sistema) <i>Firewall</i> uređaji (zaštita mreže solarnih fotonaponskih sistema od <i>cyber</i> napada) VPN sistemi (siguran daljinski pristup podacima o radu sistema) Antivirus i IDS/IPS sistemi (sigurnosni monitoring podataka)
7. Kamere i sigurnosni sistemi	Termalne kamere (za detekciju kvarova na panelima usled pregrevavanja) IP nadzorne kamere (za nadzor rada solarnih fotonaponskih sistema i sprečavanje krađe opreme) Dronovi sa kamerama i senzorima (za inspekciju teško dostupnih delova solarnog fotonaponskog sistema)

Literatura i korišćeni izvori

- Archer, M. D., & Green, M. A. (2003). Clean Electricity from Photovoltaics. Imperial College Press.
- Barac, K., Radić, L. (2006). Bezbednost i zdravlje pri radu na elektroenergetskim objektima sa osvrtom na evropske norme. EDB, Beograd.
- Čalasan, M., Čalasan, B. (2013). Električne instalacije i osvetljenja. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). IEC 61215: Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2016). IEC 61730: Photovoltaic (PV) module safety qualification.
- International Energy Agency (IEA). (2021). World Energy Outlook Special Report on Renewables. Paris, France.
- IEEE Standards Association. (2018). IEEE 1547-2018. Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces.
- Janković, S. (2019). Elektroenergetski sistemi i obnovljivi izvori. Univerzitet u Beogradu.
- Kalogirou, S. (2009). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.
- Lekić, M. (2017). Obnovljivi izvori energije. Univerzitet Crne Gore.
- Lovins, A. B. (2011). Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era. Chelsea Green Publishing.
- Markvart, T. (2000). Solar Electricity. John Wiley & Sons.
- Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press.
- Milovanović, Z. (2021). Tehnička regulativa u elektroenergetici. Građevinski fakultet, Beograd.
- Norton, B. (2006). Solar Energy Thermal Technology. Springer.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2019). Guidelines for Solar Energy Workers - Safety and Best Practices.
- Quaschnig, V. (2016). Understanding Renewable Energy Systems. Earthscan.
- Sauer, D. U. (2003). Solar Photovoltaic Basics. Springer.
- Stevanović, V. (2021). Solarne elektrane – projektovanje i implementacija. Akademska knjiga, Novi Sad.
- Škuletić, S., Sekulić, Z. (2019). Proizvodnja električne energije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Podgorica.

Organizacije i standardizacijski izvori

- European Photovoltaic Industry Association (EPIA) – www.solarpowereurope.org
- IEEE Power & Energy Society – www.ieee-pes.org
- International Electrotechnical Commission (IEC) – www.iec.ch
- International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) – www.iea-pvps.org
- Međunarodna agencija za obnovljive izvore energije (IRENA) – www.irena.org
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) – www.nrel.gov
- <https://azimut.rs/optimalan-ugao-za-postavljanje-solarnih-panela/>
- <https://ba.pv-mounting.com/ground-mounting-system/pile-ground-mounting-system/solar-panel-bracket-ground-mounting-pile.html>
- <https://solarstore.hr/hibridni-fotonaponski-sustavi/>
- <https://srja.solar-panel-mounting.com/roof-mounting-system/fold-tri-bracket-solar-panel-mounting.html>



