Održivo korištenje vode i energije za navodnjavanje nogometnih terena

Franciškoviċ, Korina

Undergraduate thesis / Završni rad

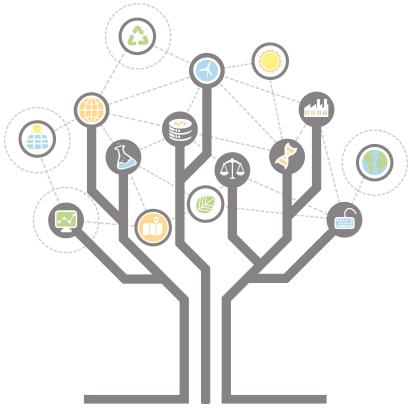
2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:665545

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

KORINA FRANCIŠKOVIĆ

ODRŽIVO KORIŠTENJE VODE I ENERGIJE ZA NAVODNJAVANJE NOGOMETNIH TERENA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ODRŽIVO KORIŠTENJE VODE I ENERGIJE ZA NAVODNJAVANJE NOGOMETNIH TERENA

KANDIDAT:
KORINA FRANCIŠKOVIĆ

MENTOR:
doc.dr.sc. BOJAN ĐURIN

VARAŽDIN, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: KORINA FRANCIŠKOVIĆ

Matični broj: 2662 - 2016./2017.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ODRŽIVO KORIŠTENJE VODE I ENERGIJE ZA NAVODNJAVANJE NOGOMETNIH TERENA

Rad treba sadržati:
1. Uvod
2. Obnovljivi izvori energije
3. Sustavi navodnjavanja
4. Mogućnosti primjene pojedinih obnovljivih izvora energije na nogometnim terenima
5. Zaključak
6. Literatura
7. Popis slika

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 12.03.2019. Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:	Neposredni voditelj:	Predsjednik Odbora za nastavu:
Doc.dr.sc. Bojan Đurin	Karlo Leskovar, mag.ing.geoing.	Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

REPUBLIKA HRVATSKA SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GEOTEHNIČKI FAKULTET VARAŽDIN

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ODRŽIVO KORIŠTENJE VODE I ENERGIJE ZA NAVODNJAVANJE NOGOMETNIH TERENA

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc. dr. sc. Bojan Đurin.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 10. rujna 2019.

KORINA FRANCIŠKOVIĆ

(Ime i prezime)

Korina Franciškovic

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

IME I PREZIME AUTORA: Korina Francišković

NASLOV RADA: Održivo korištenje vode i energije za navodnjavanje nogometnih terena.

Obnovljiva energija ili takozvana čista energija, dolazi iz prirodnih izvora ili procesa koji se stalno obnavljaju. U posljednje vrijeme pojavilo se više utjecaja koji su doveli do povećanog zanimanja za obnovljive izvora energije kao što su: smanjenje emisije CO_2, energetska učinkovitost, racionalno korištenje energije, bolji utjecaj na okoliš, održivost, snižavanje troškova i sl. Obnovljivi izvori energije danas se sve više primjenjuju i na sportskim terenima s obzirom na velike količine potrošnje vode za navodnjavanje i veliku potrošnju energije. Rad će prikazati mogućnost primjene obnovljivih izvora energije kao izvora električne energije, potrebne za rad uređaja za navodnjavanje nogometnih terena. Također, prikazati će se mogućnost korištenja kišnice za potrebe navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: voda, obnovljivi izvori energije, navodnjavanje, nogometni tereni

SADRŽAJ

1. UVOD....1
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE....2
2.1. Sunčeva energija....3
2.1.1. Solarna fotonaponska energija....3
2.1.2. Toplinski kolektori....5
2.2. Hidroenergija-energija vode....6
2.3. Energija vjetra....10
2.4. Geotermalna energija....13
2.5. Energija biomase....15
3. SUSTAVI NAVODNJAVANJA....17
4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE POJEDINIH OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA NOGOMETNIM TERENIMA....22
5. ZAKLJUČAK....30
LITERATURA....31
POPIS SLIKA....35

1. UVOD

Širenje i rast populacije dovode i do porasta potrebe za energijom, vodom, hranom, prostorom itd. Prilikom zadovoljavanja tih potreba, u velikom broju slučaja štetno se djeluje na okoliš, kao i na društvo u cjelini. Poznato je da je globalno zatopljenje posljedica antropogenog utjecaja, odnosno masovne potrošnje fosilnih goriva i gomilanja ugljikovog dioksida i metana u atmosferi. Neke od posljedica klimatskih promjena su: topljenje leda i dizanje razine mora, češće pojave suše, šumskih požara, poplava, ekstremni vremenski uvjeti i promijenjen raspored padalina, ugroženi resursi podzemnih voda, smanjenje snježnih padalina i dužine trajanja zimskog perioda, negativan utjecaj na zdravlje ljudi, rizici za divlju floru i faunu i ostalo. Zbog svega toga, dolazi do sve većeg interesa za obnovljive izvore energije, ponajviše zbog njihove neškodljivosti prema okolišu.

Na nogometnim stadionima, voda se troši u izuzetno velikim količinama, pogotovo kada se radi o ozbiljnim, profesionalnim klubovima. Također, dolazi i do značajne potrošnje električne energije. Iz tog razloga potrebno je osigurati način kojim bi se uštedjelo na vodi iz vodovodne mreže ili koristila električna energija prilikom čije proizvodnje ne dolazi do nastanka stakleničkih plinova. U ovom radu bit će prikazane mogućnosti primjene obnovljivih izvora energije na nogometnim terenima.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljiva energija, koja se često naziva čista energija, danas se sve više koristi zbog svoje neškodljivosti prema okolišu [1].

Obnovljivi izvori energije dijele se na:

1. Energiju Sunca
2. Energiju vode
3. Energiju vjetra
4. Geotermalnu energiju
5. Biomasu

U posljednjih nekoliko godina pojavilo se više utjecaja koji su doveli do povećanog zanimanja za obnovljive izvore energije (OIE) kao što su: smanjenje emisije CO_2, programi energetske učinkovitosti ili racionalnog korištenja energije, deregulacija, raznovrsnost energetskih izvora, zahtjevi za samoodrživosti nacionalnih energetskih sustava, bolji utjecaj na okoliš i sl.

Zbog smanjenja negativnog utjecaja na okoliš i povećanja energetske učinkovitosti i racionalnog korištenja energije, upotrebljavaju se: vjetroelektrane, male hidroelektrane, fotonaponski moduli, bioplin, energija iz otpada te energija iz biomase. Kogeneracijska postrojenja koriste otpadnu toplinu termalnih proizvodnih objekata za industrijske procese ili grijanje te su vrlo dobar način povećanja ukupne energetske učinkovitosti [2].

Europska Unija (EU) ima za cilj smanjiti emisije stakleničkih plinova, odnosno do 2020. godine je potrebno smanjiti emisije za 20% u odnosu na razine iz 1990. Iz tog razloga poduzimaju se mnogobrojne aktivnosti. Jedna od temeljnih aktivnosti je da je na razini EU-a određena gornja granica ukupnih emisija iz Europskog sustava trgovanja emisijama (ETS). Osim toga, nastoji se podržavati razvoj tehnologija hvatanja i skladištenja ugljika. EU je donijela i zakonske propise za povećanje upotrebe obnovljive energije, odnosno solarne energije, energije vjetra, hidroenergije i energije biomase, te za poboljšanje energetske učinkovitosti raznovrsne opreme i kućanskih uređaja [3].

Obnovljivi oblici energije se tako i nazivaju iz razloga što se vremenom ne mogu iscrpiti, ali je ipak moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale, npr. potpuno iskorištenje isplativih energetskih kapaciteta vodotoka [4].

Dio obnovljivih izvora energije nije moguće akumulirati i transportirati u prirodnom obliku (vjetar, zračenje sunca), a dio jest (voda u vodotocima i akumulacijama, biomasa i bioplin). Izvore energije koje nije moguće uskladištiti treba iskoristiti u trenucima njihovog trajanja ili ih transformirati u neki drugi oblik energije.

Nekoliko tehnologija, osobito energija vjetra, male hidrocentrale, energija iz biomase i sunčeva energija, ekonomski su konkurentne. Ostale tehnologije su ovisne o potražnji na tržištu da bi postale ekonomski isplative u odnosu na klasične izvore energije [5].

2.1. Sunčeva energija

Potencijalno najveći izvor obnovljive energije je Sunce zbog količine zračenja koje pristiže na Zemlju. Sunčeva energija je sigurna, neprekidna i najmanje štetna za okoliš.

Uporaba energije Sunca ima brojne prednosti kao što su: smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima, poboljšanje kakvoće zraka i smanjenje emisija stakleničkih plinova. Količina Sunčeve energije koja stiže do Zemlje određuje se po intenzitetu Sunčevih zraka i dužini Sunčevih perioda tijekom godine, pri čemu je godišnje dozračena energija veća oko 15 000 puta od ukupnih svjetskih potreba iz čega se može zaključiti da se obnovljivi izvori mogu i moraju početi bolje iskorištavati. Za vrijeme sunčanog dana, prosječno na svaki kvadratni metar osunčane površine pristiže energija od 1000 W [6].

Električna energija se proizvodi iz energije Sunca na dva različita načina [7]:

- posredno preko toplinskog kružnog procesa
- direktno korištenjem fotoefekta

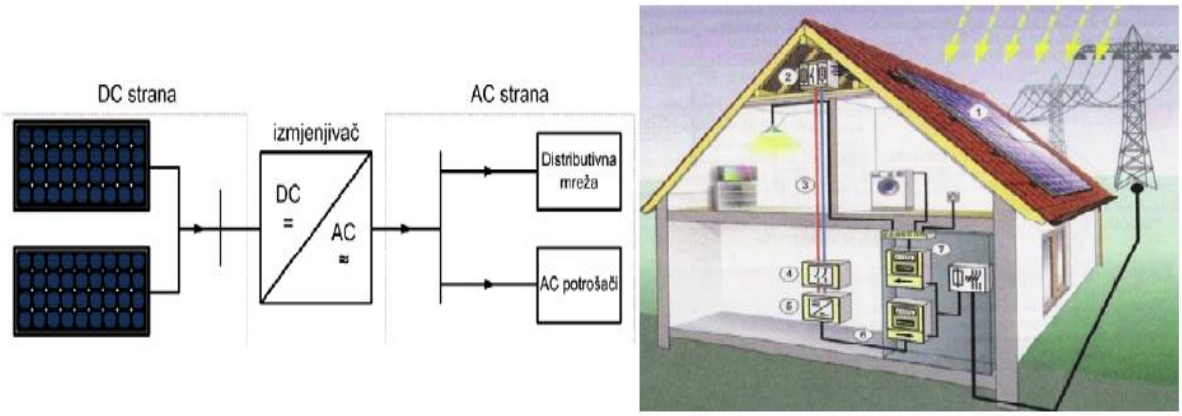
2.1.1. Solarna fotonaponska energija

Fotonaponska ćelija je poluvodički element koji omogućuje izravnu pretvorbu svjetlosti u električnu energiju na osnovu fotonaponskog efekta. Materijal za izradu fotonaponske ćelije je silicij. Rijetka je upotreba samo jedne ćelije iz razloga što daje napon od 0,5 V. Zbog toga se kao osnovni blok kod fotonaponskih sustava koristi fotonaponski modul koji se sastoji od više spojenih ćelija. Ćelije su postavljene u kućište koje mora biti otporno na vremenske prilike. Tipični fotonaponski modul sastoji se od 36 ćelija te ima izlazni napon od 12 V. Skup ćelija koje čine fotonaponski modul

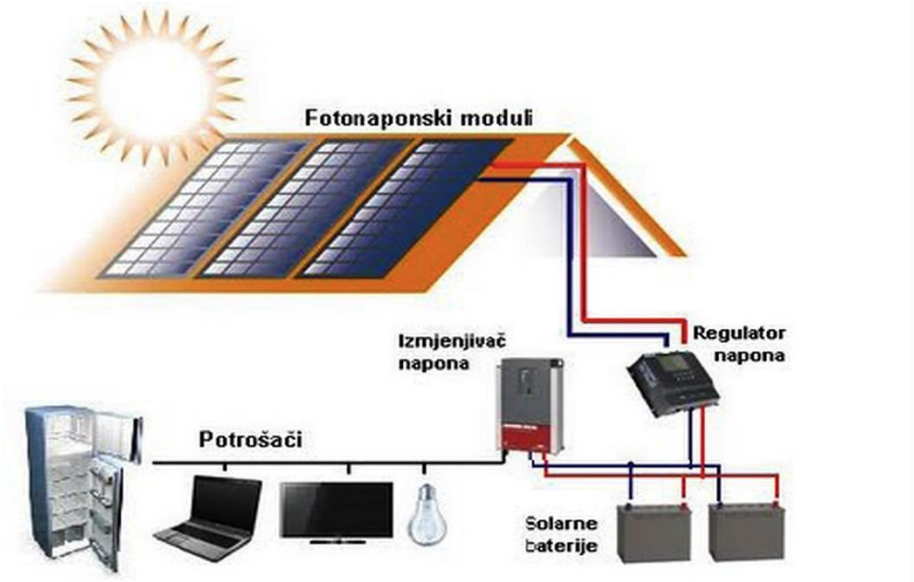
spaja se u seriju ili paralelu kako bi se stvorila veća količina električne energije te tada čine fotonaponski niz (string) i/ili podmodul [7].

Pod pojmom fotonaponski sustav podrazumijevaju se svi uređaji, oprema i jedinice koje čine fotonaponsku instalaciju koja je neophodna za njegov ispravan rad. Fotonaponski sustavi, s obzirom na način spoja na mrežu, dijele se na: [7]

- Mrežni - sustavi spojeni na mrežu (slika 1)
- Autonomni - samostalni sustavi bez spoja na mrežu (slika 2)



Slika 1. Fotonaponski sustav spojen na mrežu [7]



Slika 2. Otočni (samostalni) fotonaponski sustav kojemu su temeljne komponente fotonaponski moduli, regulator, baterije, trošila i izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju) [7].

2.1.2. Toplinski kolektori

Za zagrijavanje pomoću Sunca koristi se sunčev kolektor (slika 3), koji se najčešće postavlja na krov. Kroz kolektor prolazi voda koja se zagrijava sunčevim zračenjem i tako zagrijana voda čuva se u posebnom spremniku do njezine upotrebe.

Toplinski kolektori se upotrebljavaju za zagrijavanje objekata, grijanje vode, a u novije vrijeme za korištenje u rashladnim uređajima. Sunčeva energija danas se komercijalno najviše koristi u toplovodnim sunčanim sustavima i to za pripremu potrošne tople vode te manje za grijanje prostora i zagrijavanje bazenske vode. Najvažniji element sunčanih toplovodnih sustava predstavljaju sunčevi kolektori.

Oni pribavljaju sunčevu energiju i dodjeljuju je radnom mediju koji kruži u zatvorenom krugu između kolektora i spremnika tople vode. Preko izmjenjivača se prikupljena toplinska energija predaje u spremnik. Učinkovitost prikupljanja sunčeve energije ovisi o kolektorima te su zbog te činjenice oni najzaslužniji za efikasnost rada cijelog sustava. Osnovni dijelovi kolektora su: apsorberska ploča, cijevni registar, pokrovno staklo, izolacija i kućište [7].



Slika 3. Sunčani toplinski kolektori [8]

Prednosti korištenja sunčeve energije: jednom kada se solarni paneli (slika 4) instaliraju, oni osiguravaju besplatnu energiju koja će isplatiti početne troškove tijekom godina korištenja, omogućavaju izravnu konverziju energije i smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima. Također, sunčevi kolektori i paneli ne ispuštaju štetne plinove u

zrak, što za posljedicu ima poboljšanje kakvoće zraka i smanjenje emisija stakleničkih plinova. Još jedna od prednosti je to što je rad sunčevih kolektora siguran i tih. Nedostatci korištenja sunčeve energije su visoka investicijska ulaganja, ovisnost o vremenskim uvjetima i niska efikasnost [9].



Slika 4. Fotonaponski paneli [10]

Daleko najveći potencijal ima Sunčeva energija. Najveći dio tog potencijala iskorištavaju zemlje u razvoju. Kako tehnologija korištenja vremenom postaje jeftinija, nema razloga da u narednim godinama ne dođe do porasta upotrebe ovog izvora i u ostalim zemljama s nižim životnim standardom.

2.2. Hidroenergija-energija vode

Predstavlja najznačajniji obnovljivi izvor energije, a ujedno je i jedini koji je ekonomski konkurentan fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji. Hidroenergija se ne može koristiti svuda jer podrazumijeva veću količinu brzo tekuće vode, a poželjno je i da je ima tijekom cijele godine.

Ovaj izvor energije smatra se obnovljivim zbog hidrološkog ciklusa, odnosno kruženja vode u prirodi u vidu otjecanja, isparavanja, kondenzacije i oborina. Gravitacija pokreće vodu sa visokog terena prema niskom. Snaga tekuće vode može biti vrlo velika.

Postoji nekoliko načina za proizvodnju elektriciteta iz hidroenergije koji podrazumijevaju upotrebu: [11, 12]

- Brane – služe za zaustavljanje kretanja vode pri čemu se proizvodi potencijalna energija koja pokreće turbinu i generator. Iz takvog procesa dolazi najveći dio hidroelektrične energije. Brana ima dvostruku ulogu u hidroelektrani. Prva je da poništava utjecaj oscilacije u nivou vode, a druga je da kontrolira protok vode. Kada je to potrebno, brana ispušta vodu za proizvodnju električne energije. Posebna vrata, takozvana preljevna vrata, ispuštaju višak vode iz akumulacije u slučaju jakih kiša.
- Crpne hidroelektrane – pogodne su u slučajevima najveće dnevne potražnje za električnom energijom. Radi na principu premještanja vode između rezervoara na različitim visinama. U slučaju kad nije velika potražnja za električnom energijom, višak proizvodnih kapaciteta se koristi za pumpanje vode iz nižeg u viši rezervoar, a kada je potražnja veća, voda se ispušta u niži rezervoar kroz turbine.
- Protočne hidroelektrane – su one koje imaju male volumene spremnika ili uopće nemaju spremnik, tako da voda koja dotiče mora biti iskorištena za proizvodnju u tom trenutku ili mora biti puštena kroz branu. Koriste se za potoke ili rijeke sa minimalnim smanjenjem protoka u suhom razdoblju ili za one rijeke koje su regulirane mnogo većom branom i rezervoarom uzvodno.
- Energije valova – energija valova je mehanička, preoblikovana sunčeva energija. Uzrok valova su vjetrovi koji nastaju kao posljedica razlika u tlaku zraka, a te razlike nastaju zbog različitog zagrijavanja pojedinih dijelova Zemljine površine. Iskorištavanje energije za pokretanje turbine je najpovoljnije na mjestima gdje pušu stalni, takozvani planetarni vjetrovi s obzirom da uzrokuju stalnu valovitost. Valovi se razlikuju po visini, dužini i brzini, a o tome ovisi i njihova energija. Postoje mnogobrojne tehnologije za iskorištavanje energije valova (slika 5), ali samo mali broj njih je ustvari komercijalno iskoristiv. Tehnologije za iskorištavanje energije valova ne nalaze se samo na obali, već i daleko na pučini. Nedostatak u vezi sa energijom valova je nemogućnost ravnomjernog korištenja u svim dijelovima svijeta, s obzirom na činjenicu da nemaju sve zemlje izlaz na more.
- Energije plime i oseke – energija plime i oseke je važna za ekologiju jer se radi o prirodnim procesima koji su od velike važnosti za izvore energije. Energija koju pružaju plima i oseka je ustvari oblik hidroenergije koji služi za

pretvaranje u električnu i druge oblike energije (slika 6). Energija koju je moguće dobiti djelovanjem morskih sila nije zanemariva i ona će postajati sve značajnija u onim dijelovima svijeta gdje su morske mijene najizraženije. Velika prednost je što su te mijene predvidljivije za razliku od solarne energije i energije vjetra. Princip rada elektrane na plimu i oseku je jednostavan i vrlo je sličan principu hidroelektrane. Na ulazu u neki zaljev postavi se brana i kada nivo vode dostigne određenu razinu, propušta se preko turbine u zaljev. Kad se zaljev napuni, brana se zatvara i čeka se da dođe do pada nivoa vode. Tada se voda po istom principu propušta van iz zaljeva. U jednostavnijem slučaju, voda se propušta kroz turbine samo u jednom smjeru i tada su turbine jednosmjerne, a ne dvosmjerne. Glavni problemi kod takvog iskorištavanja energije plime i oseke su nestalnost, odnosno potreba za čekanjem da se voda podigne do određene razine ili da padne dovoljno, kao i mali broj mjesta pogodnih za iskorištavanje takvog oblika energije.



Slika 5. Sustav za pretvaranje energije valova u električnu [13]



Slika 6. Podvodne turbine za crpljenje energije plime i oseke [14]

Prednosti hidroelektrana: ne koristi se nikakvo gorivo tako da je onečišćenje minimalno, vodu za pokretanje hidroelektrana priroda osigurava besplatno, hidroelektrane igraju veliku ulogu u smanjenju emisije stakleničkih plinova, relativno nizak operativni trošak i trošak održavanja, tehnologija je pouzdana, padaline obnavljaju vodu u rezervoaru [11].

Smatra se da je kod malih hidroelektrana zanemariv negativan utjecaj na okoliš u usporedbi sa velikim hidroelektranama (slika 7) koje u velikoj mjeri štetno utječu na promjene okolnog ekosustava i povećavaju emisije stakleničkih plinova.

Još neki od nedostataka hidroelektrana su: visok investicijski trošak, ovisnost o oborinama, u nekim slučajevima uzrokuju poplave okolnog zemljišta, gubitak ili promjene staništa riba, zarobljavanje ili ograničenje prolaza ribama, mijenjanje kvalitete vode u toku i u rezervoaru, a u pojedinim slučajevima dolazi i do primoranog iseljavanja lokalnog stanovništva [11].



Slika 7. Velika hidroelektrana [15]

2.3. Energija vjetra

Vjetar se smatra jednim od oblika Sunčeve energije, a podrazumijeva kretanje zraka uz Zemljinu površinu, od područja visokog tlaka prema područjima niskog tlaka. Sunce nejednako zagrijava površinu Zemlje, što ovisi o kutu upadanja Sunčevih zraka (mijenja se tijekom dana i s nadmorskom visinom) i o pokrivenosti površine vegetacijom ili vodenom površinom. Oceani se na taj način sporije zagrijavaju i hlade nego kopnena masa. Toplina koju sakuplja površina Zemlje prenosi se na zrak iznad površine. S obzirom da je topliji zrak rjeđi od hladnoga, on se podiže iznad hladnog zraka te stvara razliku tlaka između pojedinih slojeva. Uslijed te razlike tlakova nastaje vjetar.

Energija vjetra počela se koristiti još prije oko 1000 godina u pomorstvu, a prve prave vjetrenjače potječu iz Irana iz 7. stoljeća i nakon toga su se raširile Azijom. U 10. stoljeću vjetrenjače su omogućile crpljenje morske vode u solanama na Siciliji, a u 12. stoljeću su naveliko korištene u sjeverozapadnoj Europi za mljevenje žitarica i dobivanje brašna. Vjetrenjače (slika 8) se obično postavljaju u skupinama jer se tako proizvodi veća količina električne energije. Mogu imati proizvodni potencijal od nekoliko stotina MW energije [16].

Današnje vjetroturbine okreću se pod utjecajem vjetra i pretvaraju kinetičku energiju vjetra prvo u mehaničku, a zatim pokreću električni generator koji stvara električnu struju.



Slika 8. Vjetrenjače [17]

Energija iz vjetra se koristi pretvorbom iste u korisni oblik energije. Načini na koji energija vjetra može biti iskorištena su: upotreba vjetroagregata za proizvodnju električne energije, korištenje mlinova na vjetar za proizvodnju mehaničke snage, pumpe na vjetar za pumpanje vode ili korištenje jedara za pogon brodova [18].

Vjetroagregati su narasli do skoro nezamislivih dimenzija i postali su specijalizirani za skoro sve vrste terena i klimatskih uvjeta. Kombinirana visina stupa i lopatice na najvećim svjetskim vjetroagregatima dostiže visine i iznad 200 m. Pojedinačna snaga najvećih vjetroagregata danas prelazi 6 MW. Standardne dimenzije vjetroagregata su se udvostručile u 10 godina, a snaga se povećala i do tri puta [19].

Zbog razvijenosti tehnologije, učinkovitosti i ekonomike, vjetar trenutno izgleda kao izvor energije koji će se najviše koristiti u budućnosti, iako je već i danas značajan izvor električne energije. Ukoliko se ne uzmu u obzir investicijski troškovi vjetroelektrane, ovaj izvor energije se uz solarne elektrane smatra najjeftinijim [20]. Nema troškova za gorivo, kao ni štetnog utjecaja na okoliš, a troškovi pogona i održavanja su minimalni.

Svaka vjetroturbina usporava vjetar iza sebe nakon što iz njega izvuče energiju i pretvori je u električnu. Zbog zavjetrine koje turbine stvaraju jedna drugoj trebalo bi ih smjestiti što je moguće dalje jednu od druge. Vjetroturbine su udaljene između 5 do 9 dužina promjera rotora u smjeru dolaska vjetra i između 3 do 5 dužina promjera rotora u smjeru okomitom na smjer vjetra. Gubitak energije zbog zavjetrine koje stvaraju jedna drugoj iznosi negdje oko 5 %. Uobičajena mjesta za postavljanje vjetroturbina su

uzvišenja, brda ili planine. Općenito postoje dva tipa vjetroelektrana: s okomitim (slika 9) i s vodoravnim rotorom (slika 10) [5].

Vjetroelektrane s okomitim rotorom rjeđe se koriste. Većina vjetroturbina s vodoravnom osovinom koriste mehanizam koji pomoću elektromotora i prijenosa drži turbinu zakrenutu prema smjeru dolaska vjetra. S obzirom na mjesto postavljanja vjetroelektrane se dijele na one koje se postavljaju na kopnu i one na morskoj pučini. S obzirom na snagu uobičajena je podjela na male (1 do 30 kW), srednje i velike (30 do 1500 kW) te one na pučini (>1500 kW) [5].



Slika 9. Vjetroelektrana s okomitim rotorom [21]



Slika 10. Vjetroelektrana s vodoravnim rotorom [22]

2.4. Geotermalna energija

Geotermalna energija (slika 11) svrstava se u obnovljive izvore iako energija unutrašnjosti Zemlje nije obnovljiva, ali je ima u tolikoj količini da ju je gotovo nemoguće iscrpiti [5].

Geotermalno ležište može se jednostavno definirati kao rezervoar unutar zemlje iz kojega se može dobiti toplina. Ta toplina se koristi za proizvodnju električne energije i ostalu prikladnu industrijsku, poljoprivrednu i kućansku primjenu. Geotermalno ležište može sadržavati toplinu u čvrstim stijenama kao i u fluidima koji se nalaze u porama i pukotinama stijena. Tipovi geotermalnih ležišta su: hidrotermalni, suhe tople stijene, geotlačni i magma [23].

Da bi hidrotermalni geotermalni izvor (tj. topla voda) bio komercijalno isplativ, treba postojati veliki toplinski izvor, propustan spremnik, dovod vode, pokrovni sloj od nepropusne stijene i pouzdan mehanizam obnavljanja. Geotermalni izvori dijele se na niskotemperaturne, srednjetemperaturne i visokotemperaturne [23].

Izravno korištenje geotermalne energije podrazumijeva upotrebu u vidu topline koja se može koristiti za kupanje i medicinske svrhe (toplice), zagrijavanje staklenika, uzgajanje riba, za zaštitu od poledice, zagrijavanje i hlađenje stambenih prostorija (slika 12), toplinske pumpe i dr. [23]. Neizravno korištenje geotermalne energije podrazumijeva pretvorbu topline u mehaničku energiju, a tek nakon toga u električnu.

Ovisno od temperaturi vode (ili pare) u podzemlju razvijeno je nekoliko različitih tehnologija. Koriste se vruća voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora pa prema tome nema spaljivanja fosilnih goriva te kao rezultat toga nema ni štetnih emisija

plinova u atmosferu, ispušta se samo vodena para. Dodatna prednost je u tome što se takve elektrane mogu implementirati u najrazličitijim okruženjima, od farma, osjetljivih pustinjskih površina i dr.



Slika 11. Geotermalna energija [24]



Slika 12. Dizalica topline [25]

2.5. Energija biomase

Za razliku od ostalih obnovljivih izvora energije, biomasa se može okarakterizirati kao uvjetno obnovljivi izvor energije jer je potrebno zadovoljiti uvjet održivosti korištenja.

Na primjer, ukoliko se cjelokupna šuma posiječe radi spaljivanja dobivenog drva, očito se ne radi o održivom korištenju te se u tom slučaju biomasa ne može svrstati u obnovljive izvore energije. Biomasa je dio zatvorenog ugljičnog kruga. Ugljik iz atmosfere se pohranjuje u biljke, a prilikom spaljivanja ugljik se ponovno oslobađa u atmosferi kao ugljični dioksid (CO_2). U slučaju kad se poštuje princip obnovljivog razvoja, odnosno zasadi se onoliko drveća koliko se posiječe, biomasa se može smatrati obnovljivim izvorom energije.

Biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka poljoprivredne proizvodnje (biljnog i životinjskog porijekla), šumarske i srodnih industrija. Energija iz biomase dolazi u čvrstom (npr. peleti), tekućem (npr. biodizel, bioetanol, biometanol) i plinovitom stanju (npr. bioplin, plin iz rasplinjavanja biomase i deponijski plin). Biomasa se može podijeliti na drvnu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati [26]:

- drvna uzgojena biomasa (brzorastuće drveće)
- nedrvna uzgojena biomasa (brzorastuće alge i trave)
- ostaci i otpaci iz poljoprivrede
- životinjski otpad i ostaci
- gradski i industrijski otpad

Glavna prednost u korištenju biomase kao izvora energije su obilni potencijali, koji potječu od zasađenih biljnih kultura i otpadnih materijala u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji. Plinovi koji nastaju korištenjem biomase mogu se također iskoristiti u proizvodnji energije.

Prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je i neusporedivo manja emisija štetnih plinova i otpadnih tvari. Ukoliko su sječa i prirast drvne mase u održivom odnosu, 1 hektar šumskih površina godišnje apsorbira jednaku količinu CO_2 koja se oslobađa izgaranjem 88 000 litara loživog ulja ili 134 000 m^3 prirodnog plina [5].

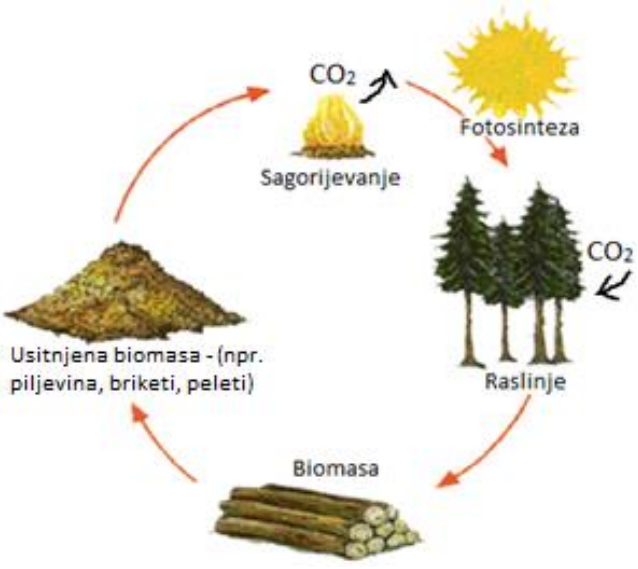
Međutim, spaljivanjem biomase stvaraju se i drugi štetni plinovi te otpadne vode. Samo je u velikim pogonima isplativa izgradnja uređaja za reciklažu otpada, dok u

manjim to nije isplativo pa se postavlja pitanje koliko je to u ekološkom smislu profitabilno.

Osim navedenih nedostataka, mana je i poprilično visoka cijena prikupljanja, transporta i skladištenja biomase. Ipak, korištenje biomase osim što povoljno utječe na okoliš, ima i drugih prednosti: omogućava zapošljavanje (otvaranje novih i zadržavanje postojećih radnih mjesta), povećanje lokalne i regionalne gospodarske aktivnosti, ostvarivanje dodatnog prihoda u poljoprivredi, šumarstvu i drvnoj industriji kroz prodaju biomase kao goriva.

Biomasa se može koristiti za proizvodnju električne energije, toplinske energije ili biogoriva. Prilikom sagorijevanja biomase, dolazi do oslobađanja toplinske energije. Korištenje biomase može biti izravno u obliku toplinske energije ili se može pretvoriti u električnu energiju, tekuća biogoriva ili bioplin.

Biljke apsorbiraju ugljikov dioksid iz atmosfere i ispuštaju ga prilikom sagorijevanja biomase za proizvodnju energije (slika 13). U ovom ciklusu ne povećava se atmosferska koncentracija stakleničkih plinova, jer ugljikov-dioksid neprestano kruži u atmosferi tako što se iz atmosfere pohranjuje u biljke, a prilikom spaljivanja ponovno oslobađa. Otpad od građevinskih radova, drvni otpad koji se ne koristi u proizvodnji papira i čvrsti komunalni otpad koriste se za ekološku proizvodnju energije. Osim što biomasa može zamijeniti fosilna goriva u proizvodnji energije, također može osigurati zamjenu za mnoge industrijske proizvode i materijale od nafte ili prirodnog plina kao što su plastika, gnojiva, maziva, industrijske kemikalije i ostalo [5].



Slika 13. Energija biomase [26]

3. SUSTAVI NAVODNJAVANJA

Postoje brojni načini navodnjavanja koji se mogu podijeliti na:

I. Površinsko navodnjavanje

Površinsko navodnjavanje je navodnjavanje pri kojem voda u tankom sloju stoji ili teče po površini tla infiltrirajući se u tlo do dubine razvoja korijenovog sistema. Ova vrsta navodnjavanja nije uobičajena za navodnjavanje vrtova i travnatih površina [27].

Prema raspodjeli vode po površini terena, razlikuju se sljedeći načini površinskog navodnjavanja: navodnjavanje u brazdama, navodnjavanje potapanjem (preplavljivanje) i navodnjavanje prelijevanjem (rominjanje) [28].

1. Navodnjavanje brazdama

Kod ovog načina površinskog navodnjavanja voda se dovodi i raspoređuje po površini proizvodne parcele u brazdama. Nakon toga se procesom infiltracije postepeno upija u tlo [28].

Brazde mogu biti protočne, kao što i sama riječ kaže, to su brazde kroz koje voda protječe i neprotočne kada voda u njima stoji. Primjena protočnih brazdi je na terenima koji imaju prirodne padove, a neprotočnih brazdi na ravnim terenima. Razmaci između brazdi ovise o sposobnostima protjecanja i mehaničkom sastavu tla [28].

2. Navodnjavanje prelijevanjem

Osnovni princip navodnjavanja prelijevanjem je da se voda prelijeva (rominja) preko uređene površine na nagibu i u tankome sloju upija u tlo. Zemljište se mora detaljno pripremiti prije primjene ovog načina navodnjavanja. Navodnjavanje prelijevanjem ima više nedostataka: zahtijeva velike i precizne zemljane radove, dolazi do pogoršanja fizikalnih i vodnih svojstava tla, do pojave erozije i raspadanja strukturnih agregata [28].

3. Navodnjavanje potapanjem

Navodnjavanje potapanjem ili preplavljivanjem moguće je izvesti pomoću dva sustava: sustavom kasete i sustavom lokvi [28].

Prilikom navodnjavanja potapanjem upotrebljavaju se ogromne količine vode koje poplavljuju velike površine te se stvaraju močvarni uvjeti, što za posljedicu ima pogoršanje mikrobiološke aktivnosti tla. Zbog toga je na navodnjavanim poljima neophodno izgraditi dobar i učinkovit sustav odvodnje radi brzog odvođenja suvišnih površinskih i podzemnih voda [28].

II. Podzemno navodnjavanje

Podzemno navodnjavanje podrazumijeva dovođenje vode otvorenim kanalima ili podzemnim cijevima, nakon čega se voda infiltrira u tlo. Ova vrsta navodnjavanja također nije uobičajena za navodnjavanje vrtova i travnatih površina [27].

Podzemno navodnjavanje ima određenih prednosti prema drugim metodama i načinima navodnjavanja: ne navodnjava se površina zemljišta, ne stvara se pokorica, nema narušavanja strukture tla i površina navodnjavanih parcela je slobodna i suha. Zemljište za podzemno navodnjavanje mora biti ravno i dobre vertikalne vodopropusnosti. Različiti su načini izvedbe podzemnog navodnjavanja, ali najčešće se primjenjuju regulacija razine podzemne vode otvorenim kanalima i navodnjavanje podzemnim cijevima (subirigacija) [28].

III. Navodnjavanje iz zraka (pod tlakom)

Navodnjavanje iz zraka bitno se razlikuje od površinskih ili podzemnih načina navodnjavanja. Prilikom navodnjavanja iz zraka, voda se crpkama uzima na izvorištu i stavlja pod tlak te se kroz sustave zatvorenih cjevovoda dovodi i raspodjeljuje po parceli. S obzirom na tlačenje vode kroz cijevi, ovakvo navodnjavanje se naziva i „navodnjavanje pod tlakom“. Ovaj način navodnjavanja se razvijao paralelno s razvojem potrebne opreme kao što su

crpke, lagani cjevovodi od aluminija i plastike te raznolike vrste rasprskivača i kapaljki. Većina te opreme je automatizirana s obzirom na rad te ne zahtijeva uporabu ljudske radne snage osim u nadzoru, programiranju i kontroli rada. Postoje različiti načini i tehnike navodnjavanja iz zraka, ali najzastupljenije su sljedeće: navodnjavanje kišenjem (umjetna kiša) i lokalizirano navodnjavanje (kap po kap i mini rasprskivači) [28].

1. Navodnjavanje kišenjem:

Za sve tipove zelenih površina kao što su parkovi, sportski tereni i vrtovi najpogodniji način umjetnog navodnjavanje je ono navodnjavanje koje oponaša kišu [29]. Navodnjavanje kišenjem je metoda koja se počela koristiti s razvojem učinkovitih strojeva i crpki te rasprskivača [27].

Postoji velik broj načina i sustava kišenja, ali svima su zajednički sljedeći osnovni dijelovi:

- Crpka koja crpi vodu iz izvora, kao što je akumulacija, bušotina, kanal ili vodotok te je pod potrebnim tlakom uvodi u sustav za navodnjavanje. Pokreće je motor s unutrašnjim sagorijevanjem ili elektromotor. Crpka nije potrebna ukoliko je voda u izvorištu pod tlakom.
- Usisni cjevovod kojim se voda dovodi od izvora do crpke.
- Glavni cjevovod kroz koji se voda potiskuje od crpke u razvodne cijevi.
- Razvodne cijevi ili laterali dovode vodu iz glavnog cjevovoda do rasprskivača.
- Rasprskivači raspršuju vodu po površini tla, uz osnovni uvjet ujednačenog prekrivanja [27].

Rasprskivač je najvažniji dio sustava jer o njemu ovisi i učinkovitost cijelog sustava. Glavni dijelovi rasprskivača su glava i mlaznica. Rasprskivač izbacuje vodu pod tlakom kroz mali otvor ili mlaznicu. Promjer mlaznice i tlak vode određuju intenzitet navodnjavanja [29].

Kod svakog rasprskivača je važan: radni tlak potreban za dobru raspodjelu vode, protok ili količina vode koju izbacuje i domet [27].

Danas na tržištu postoji velik izbor rasprskivača koji se dijele s obzirom na tip, tlak pod kojim rade, domet, oblik vlaženja - cijeli ili dio kruga, intenzitet kišenja i broj mlaznica - jedna ili više [27].

Rasprskivači mogu biti statični ili dinamični. Dinamični rasprskivači se lako upotrebljavaju i dosta su prilagodljivi te se na njima može podešavati nagib dometa, kut rada i usmjeravanje mlaza. Mogu biti nadzemni ili pod zemljom (obično oko 10 do 15 mm). Sva reguliranja se izvode na mlaznici rasprskivača. Suvremeniji sustavi imaju programator pomoću kojeg se vrši kontrola navodnjavanja [27].

Rasprskivači se mogu prilagoditi većini klimatskih i topografskih uvjeta. Problemi mogu nastati pri jakom vjetru zbog nejednolike raspodjele vode, što također mogu izazvati i velike visinske razlike. Povećavaju se gubici evaporacijom, a naročito uz visoku temperaturu i nisku vlažnost zraka [30].

Osnovno pravilo kod postave rasprskivača je da se njihovi mlazovi poklapaju s više strana s ciljem osiguravanja ravnomjerne pokrivenosti i visoke kvalitete navodnjavanja. Ovo pravilo poklapanja mlazova također doprinosi ujednačenom kišenju s obzirom da količina vode opada s udaljenošću od središta rasprskivača.

Za velike travnjake kao što je npr. nogometno igralište, koriste se rasprskivači velikog dometa koji imaju pojedinačni protok i do 15 m^3/h [31].

Čimbenici koji utječu na to koliko i kada navodnjavati su: instalirani kapacitet, veličina površine, karakteristike tla i pokrova, klimatski faktori i karakteristike izvora vode. Na osnovu tih faktora određuje se položaj i vrsta rasprskivača, količina vode po stanici, broj stanica, količina vode po kvadratnom metru, interval rada, dužina trajanja rada svake stanice i profil cjevovoda. Jako je važno pažljivo dimenzionirati sustav automatskog navodnjavanja jer može doći do velikih ušteda na vodi u odnosu na ručno zalijevanje.

2. Lokalizirano navodnjavanje

Lokalizirano navodnjavanje čini vrlo moderna i sofisticirana oprema. Ova vrsta navodnjavanja može se primijeniti na svim tlima i u svim topografskim prilikama. Sustavi vrlo precizno doziraju vodu i štede pogonsku energiju. Karakterizira ih pouzdanost i tehnička funkcionalnost uz mogućnost elektronske regulacije i kompjuterskog upravljanja [28].

Metoda lokaliziranog navodnjavanja primjenjuje se na dva načina: navodnjavanje kapanjem („kap po kap“) i navodnjavanje mini rasprskivačima („mali rasprskivači“) [28].

Navodnjavanje kapanjem

Sustavi navodnjavanja kapanjem su proizvodi modernih tehnologija. Potpuno su automatizirani i programirani te tijekom rada gotovo ne zahtijevaju prisustvo čovjeka, zbog čega mnogi smatraju ovaj sustav najboljim [28].

Navodnjavanje minirasprskivačima

Ovim načinom navodnjavanja voda na tlo pada u obliku malog mlaza ili maglice. Od navodnjavanja kišenjem razlikuje se po tome što sustav radi pod manjim tlakom (od 1.0-2.5 bara) i što se navodnjava samo dio površine gdje se razvija glavna masa korijena [29].

4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE POJEDINIH OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA NOGOMETNIM TERENIMA

MERCEDES BENZ STADIUM (slika 14) smješten je u Atlanti, Georgia, Sjedinjene Američke Države. 4000 solarnih panela napaja stadion i dijelove obližnjeg susjedstva. Solarna energija stadiona koristi brojne tehnologije, uključujući bifacijalne solarne ploče koje mogu zahvatiti sunčevu svjetlost odozgo kao i sunčevo svjetlo koje se odbija od asfalta. Solarni paneli postavljeni su na krovu stadiona i na parkiralištima. Program obnovljivih izvora energije i solarnog sustava na Mercedes Benz Areni primjer je vođenja sportske industrije u smislu održivosti i odgovornosti prema okolišu. Cilj je proizvodnja dovoljne količine električne energije iz obnovljivih izvora, za više od 20 domaćih utakmica svake godine. S obzirom na količinu solarnih panela na stadionu, proizvesti će se i puno više energije u odnosu na potrebnu [32].

Također, stadion koristi napredan sustav upravljanja oborinskim vodama koji omogućuje obnavljanje i skladištenje 7570 m^3 vode, koja se upotrebljava za navodnjavanje krajolika oko stadiona. Arena posjeduje LED rasvjetu (skraćeno od engleskih riječi *Light Emitting Diode*) i ima najveći svjetski semafor sa LED rasvjetom.

Korištenjem obnovljivih izvora energije utvrđeno je da stadion koristi 47% manje vode i 29% manje energije od tipičnog stadiona, čime se znatno smanjuju troškovi za masovne sportske događaje [33].



Slika 14. Mercedes Benz Arena, Atlanta [33]

KAZAN ARENA je stadion u ruskom gradu Kazanu i ima kapacitet 45 105 gledatelja (slika 15). Na Areni se nalazi sustav za prikupljanje kišnice sa ciljem smanjenja potrošnje vode. Sustav usmjerava oborine s krova u oluk te ih akumulira u spremnike. Na Kazan Areni nalaze se 2 spremnika, svaki kapaciteta 750 litara. Standardna količina vode potrebna za $1m^2$ nogometnog igrališta iznosi 0,4 litre dnevno. Stadion je veličine 9000 m^2 stoga, za jedno navodnjavanje je potrebno 3600 litara vode. 40% ove vrijednosti pokrivaju sakupljenom kišnicom koja se, također, može koristiti i za zalijevanje i uređenje okolnog područja. Jedna od prednosti korištenja ove vode je to što joj nije potrebno dodatno pročišćavanje jer je prikupljena kišnica sama po sebi pogodna za navodnjavanje travnjaka. S obzirom da u Kazanu u prosjeku ima više od petnaest kišnih dana u mjesecu (u periodu od svibnja do listopada) i da su ukupne dnevne količine oborina u tom periodu oko 350 mm, sustav za prikupljanje kišnice akumulira velike količine oborinske vode, čime postiže značajne uštede u potrošnji vode iz vodovodne mreže [34].



Slika 15. Kazan Arena, Kazan-Rusija [35]

Na stadionima za Svjetsko prvenstvo u nogometu 2018. u Rusiji koristila se postojeća vodovodna mreža kao izvor vode na svim stadionima. Kako bi se zadovoljili najviši standardi učinkovitosti na stadionima osigurano je sljedeće: [34]

- Domaća opskrba pitke hladne vode

- Domaća opskrba tople vode
- Unutarnji vodovod za potrebe zaštite od požara (u kombinaciji s automatskim gašenjem požara)
- Automatski sustav za gašenje požara
- Kućna kanalizacija
- Tehnička kanalizacija s hvatačima masti (iz ugostiteljskih objekata)
- Odvodnja (uključujući unutarnju odvodnju i odvodnju oborinskih voda)
- Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda (na nekim stadionima)

Na stadionima u Saransku, Kalinjingradu i Rostovu na Donu smještena su postrojenja za prikupljanje oborinskih voda. Voda se akumulira u posebnim spremnicima kapaciteta do 1800 m^3. Cilj je prikupljanje, skladištenje i ponovna uporaba kišnice za navodnjavanje trave na terenu. Također, moguće je ugraditi poseban spremnik za akumulaciju kišnice za naknadno korištenje na drugim stadionima. Ovakav pristup korištenju vode za potrebe navodnjavanja pomoću oborinske vode omogućuje uštedu pitke vode dobivene iz gradske vodovodne mreže [34].

AMSTERDAM ARENA je stadion nogometnog kluba „Ajax“ iz Amsterdama u Nizozemskoj (slika 16). Cilj je da ovaj stadion do 2020. godine bude najodrživiji i najinovativniji stadion na svijetu. Jedan od razloga tog cilja je to što će 2020. godine biti jedan od gradova koji će ugostiti Europsko prvenstvo [36].



Slika 16. Amsterdam Arena [37]

Krov arene prekriven je solarnim panelima (slika 17) koji su instalirani na ukupnoj površini od oko 7000 m^2. Površina na kojoj su instalirani solarni paneli odgovara približnoj veličini nogometnog igrališta. Sunčani krov generira ukupno 930 000 kWh električne energije godišnje što znači da stvara dovoljno energije da zadovolji oko 10% potreba za električnom energijom na stadionu. Količina proizvedene energije može se usporediti i s napajanjem oko 270 domova tijekom jedne godine. Upotrebom solarnih ploča postavljenih na krovu Amsterdam Arene sprječava se emisija 430 tona CO_2. Ta količina emisija ugljikovog dioksida može se usporediti sa godišnjim emisijama od 180 automobila. Zahvaljujući instalaciji fotonaponskog sustava, Amsterdam Arena je na vrhu europskih solarnih stadiona [36].



Slika 17. Solarni paneli na Amsterdam Areni [37]

Osim toga, članovi Upravnog odbora imali su prijedlog građenja vjetroturbine pored stadiona kako bi se proizvelo još više energije iz obnovljivih izvora. Međutim, vjetroelektrane na kopnu u Nizozemskoj, posebno u izgrađenom okruženju, nisu baš toliko učinkovite koliko je potrebno zbog čega je odabrana opskrba električnom energijom iz obližnje vjetroelektrane [37].

Također, Amsterdam Arena koristi napredan sustav za prikupljanje oborinskih voda, zagrijava se gradskom toplinom iz lokalnog predgrađa Diemena i hladi se vodom iz obližnjeg jezera Ouderkerkerplas. Još jedan od pozitivnih utjecaja na okoliš je to što se posljednjih godina na stadionu smanjio nastanak otpada za čak 150.000 kg kroz suradnju s dobavljačima, stanarima i posjetiteljima [38].

Članovi Uprave smatraju da ušteda energije započinje praćenjem potrošnje energije zbog čega je glavna zgrada Amsterdam Arene opremljena naprednim sustavom upravljanja i kontrole zgrade za maksimalnu energetsku učinkovitost. Jednostavan pristup podacima o potrošnji energije omogućen je dinamičkim zaslonima [37].

Sustav ima senzore koji sprečavaju potrošnju energije u praznim sobama, ali bez obzira na to, zaposlenici i dalje imaju ulogu u uštedi energije. Na stadionu se još uvijek nalaze prekidači za uključenje rasvjete te zaposlenici odlučuju hoće li uključiti svjetla stadiona dva sata prije utakmice ili kada to postane neophodno. Prikupljanje i analiza podataka, koji se dobiju iz naprednog sustava upravljanja i kontrole objekta, za posljedicu imaju poboljšavanje funkcioniranja stadiona. Monitoringom se uspjelo, na primjer, smanjiti potrošnju električne energije za 350.000 kWh u odnosu na prethodnu godinu [37].

MERCEDES BENZ ARENA U STUTTGARTU (slika 18) koristi sustav za prikupljanje oborinske vode od 2006. godine. Akumulirana voda s krova odlazi u privremene spremnike gdje se kasnije upotrebljava za navodnjavanje terena ili u sanitarnim čvorovima. Zahvaljujući ovom sustavu, potrošnja vode iz vodovodne mreže smanjuje se za 4400 m^3 godišnje i uštedi se i do 10 000 eura. Troškovi sustava za prikupljanje oborinskih voda iznosili su 222 000 eura [39]. Iz tih brojki se može izračunati da će se sustav isplatiti za malo više od 20 godina.



Slika 18. ‘Mercedes-Benz Arena’ u Stuttgartu u Njemačkoj [40]

ESTADIO MINEIRAO je stadion u Belo Horizonteu u Brazilu izgrađen 1959. godine. Zbog toga što je bio jedan od stadiona na kojem se održavalo Svjetsko prvenstvo 2014. godine, obnavljao se 2012. kada je, između ostalog, instalirano 6000 fotonaponskih modula na krovu stadiona (slika 19). Troškovi obnove iznosili su 16 milijuna dolara [41].

Mineirao je stadion na kojem se potreba za energijom u potpunosti zadovoljava energijom dobivenom iz obnovljivih izvora, odnosno solarnih panela. Još prije stadiona Mineirao na stadionu njemačkog nogometnog kluba Freiburg i na švicarskom bernskom stadionu počela se koristiti energija Sunca dovoljna da zadovolji cjelokupnu potrebu za energijom na stadionu [41].

Paneli postavljeni na krovu stadiona Mineirao proizvode više energije nego što je potrebno za napajanje stadiona, odnosno samo 10% proizvedene energije potrebno je za napajanje ovog stadiona, a ostalih 90% koristi se za napajanje oko 1200 okolnih kuća. Nekoliko drugih stadiona na kojima su se igrale utakmice Svjetskog kupa također je opremljeno solarnom opremom. Na stadionu Maracanã u Rio de Janeiru postavljeni su solarni paneli koji okružuju stadion i generiraju dovoljno energije za napajanje 240 kuća godišnje. Arena Pernambuco u Recifeu u Brazilu ima više od 3.600 ploča montiranih na površini pored terena koje se osim za potrebe stadiona koriste za napajanje 6.000 kućanstava kada se stadion ne koristi. Preostali solarni stadioni u Brazilu, Estádio Nacional i Arena Fonte Nova imaju slična postrojenja koja koriste solarnu tehnologiju [42].



Slika 19. Mineirão, stadion u Belo Horizonteu u Brazilu [43]

Stadion ‘MORRO DA MINEIRA’ (slika 20) u Rio de Janeiru u Brazilu izgrađen je 2014. godine. Na tom stadionu, prije 2014. godine nije bilo moguće igrati nogomet zbog loše kvalitete tla i nedostatka električne energije u večernjim satima, sve dok stadion nije obnovljen uz jedinstveno inovativno energetsko rješenje [44].

Britanski inženjer Laurence Kemball-Cook razvio je ideju, da se igrajući nogomet može proizvesti energija. Ideja se zasniva na tome da se ispod površine terena postave kinetičke ploče kako bi se uhvatila energija pokreta nogometaša i zatim pretvorila u električnu energiju. Tako je stadion Morro da Mineira postao prvi u svijetu koji se napaja energijom kretanja ljudi [44].

Kinetičke ploče su u stvari gumene ploče izrađene od recikliranih guma. Budući da su ploče mekane, stišću se pod težinom svake osobe koja ih gazi. Taj se tlak prenosi na kvarcne kristale i bakrene zavojnice koji, indukcijom, mogu generirati dovoljno struje za osvjetljavanje ulice u trajanju od 30 sekundi sa samo jednim korakom. S obzirom da se tijekom utakmice na terenu nalaze dvadeset dva nogometaša koja trče, kao i nogometni suci, generira se dovoljna količina energije za rasvjetu terena [44].

Na stadionu Morro da Mineira nalazi se oko 200 kinetičkih ploča, postavljenih ispod umjetne trave. Zajedno s komplementarnim solarnim panelima i baterijom, teren može biti osvijetljen deset uzastopnih sati s LED rasvjetom, čak i kada na površini nema nogometaša [44].

Ukoliko bi se kinetičke ploče postavile na nekim većim stadionima kao što je na primjer Camp Nou u Barceloni, godišnje generirana energija bi se mogla usporediti sa tri mjeseca potrošnje energije u jednom domu. To nije velika količina energije, ali ako bi se ploče postavile i u područjima s većim prometom i bile izložene javnom pristupu, smanjili bi se troškovi osvjetljavanja objekata. Troškovi instalacije bi iznosili oko 11 milijuna eura samo za glavni stadion [44].

Osim na stadionu Morro da Mineira, kinetičke ploče su postavljene i u Johannesburgu, u Južnoafričkoj Republici zbog toga što su korisnici stadiona prije postavljanja ploča imali problema sa opskrbom električne energije i noćnim osvjetljenjem [44].



Slika 20. Igralište ‘Morro da Mineira’ Rio de Janeiro u Brazilu [45]

5. ZAKLJUČAK

Voda je neophodan resurs zbog čega je od izuzetne važnosti koristiti je na održiv način i zaštititi od onečišćenja i zagađenja. Kako vrijeme prolazi, sve više ljudi postaje svjesnije velikih problema koje donosi onečišćenje okoliša te se poduzimaju različite mjere kako bi se okoliš zaštitio i kako bi se osigurali bolji uvjeti života za sadašnje i buduće generacije. Jedna od mjera zaštite okoliša je poticanje korištenja obnovljivih izvora energije te se oni počinju primjenjivati sve više i na sportskim terenima. Vlasnici mnogobrojnih stadiona shvatili se važnost održivosti i spremni su ulagati u obnovljive izvore energije kako bi smanjili emisije stakleničkih plinova u okoliš, povećali energetsku učinkovitost, smanjili troškove i očuvali prirodne resurse.

Idealno rješenje za dobivanje električne energije iz obnovljivih izvora su fotonaponski sustavi odnosno sunčane elektrane koje se postavljaju najčešće na krovove stadiona zbog velike izloženosti Suncu. Neki stadioni imaju toliko solarnih panela da se proizvedena električna energija ne koristi samo za potrebe stadiona već i za napajanje okolnih kućanstava. Jedno od najboljih rješenja za uštedu vode iz vodovodne mreže je korištenje sustava upravljanja oborinskom vodom jer omogućava prikupljanje, skladištenje i ponovnu upotrebu kišnice koja se potom koristi za navodnjavanje terena, za zalijevanje i uređenje okolnog područja ili za pokrivanje sanitarnih potreba. Upotreba oborinske vode je puno bolje rješenje jer je besplatna i jer smanjuje troškove vode za piće.

Za postizanje ciljeva održivosti, na pojedinim nogometnim terenima koristi se i energija vjetra, smanjuje se količina otpada, koristi se LED osvjetljenje, za grijanje se upotrebljava energija iz toplana gradskih predgrađa, a za hlađenje voda iz obližnjeg jezera. Vrijeme je da se na nekim stadionima i u Republici Hrvatskoj počne primjenjivati nešto od ovih izvora kako bi se smanjila potrošnju pitke vode i negativan utjecaj na okoliš. U budućnosti treba težiti daljnjem razvoju tehnologija koje će dovesti do još veće upotrebe energije iz obnovljivih izvora, povećati isplativost i učinkovitost, kao i smanjiti početna ulaganja i cijene održavanja.

LITERATURA

1. Glossary. *Renewable energy sources*. Dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Renewable_energy_sources. Datum pristupa: 11.7.2019.

2. Prirodoslovna lepeza. *Obnovljivi izvori energije*. Dostupno na: http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/1-obnovljivi-izvori-energije/. Datum pristupa: 12.7.2019.

3. Europska agencija za okoliš. *Ublažavanje klimatskih promjena*. Dostupno na: https://www.eea.europa.eu/hr/themes/klimatske-promjene. Datum pristupa: 2.4.2019.

4. OIE – Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva – OIE općenito: Šljivac D., Šimić Z. (2009.) *Obnovljivi izvori energije*. Dostupno na: http://oie.mingo.hr/default.aspx?id=8. Datum pristupa: 2.4.2019.

5. Izvori energije. *Obnovljivi izvori energije*. Dostupno na: https://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html. Datum pristupa: 1.4.2019.

6. Koški Ž., Zorić G. *Akumulacija sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama. Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, Vol. 1 No. 1, 2010.*

7. Prirodoslovna lepeza. *Energija Sunca i fotonaposke ćelije*. Dostupno na: http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/2-energija-sunca-i-fotonaponske-celije/. Datum pristupa: 14.7.2019.

8. Metković - Neovisni info portal. *Sunčani toplinski kolektori*. Dostupno na: http://metkovic-news.com/news/bespovratna-sredstva-za-ugradnju-suncanih-toplinskih-kolektora/attachment/suncani-toplinski-kolektori/. Datum pristupa: 15.7.2019.

9. Eko blog. *Prednosti i mane solarne energije*. Dostupno na: http://eko.blog.rs/blog/eko/alternativna-energija/2010/02/10/prednosti-i-mane-solarne-energije. Datum pristupa: 15.7.2019.

10. Energetika.ba. *Sunčeva energija za opskrbu Cresa*. Dostupno na: http://energetika.ba/sunceva-energija-za-opskrbu-cresa/. Datum pristupa: 15.7.2019.

11. *Energija vode*. Dostupno na: http://dept.uns.ac.rs/energija-vode/. Datum pristupa: 16.7.2019.

12. Prirodoslovna lepeza. *Energija valova, plime i oseke*. Dostupno na: http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/7-energija-valovaplime-i-oseke/. Datum pristupa: 16.7.2019.

13. Thourium A+. *Pretvaranje kinetičke energije valova u električnu*. Dostupno na: http://thoriumaplus.com/pretvaranje-kineticke-energije-valova-u-elektricnu/. Datum pristupa: 21.7.2019.

14. Let's do it. *Energija plime i oseke – podvodno postrojenje u škotskom moru*. Dostupno na: http://letsdoit.ba/novost/117/energija-plime-i-oseke-podvodno-postrojenje-u-skotskom-moru. Datum pristupa: 21.7.2019.

15. Energetika-net. *HE Brežnice na Savi puštena u rad*. Dostupno na: http://www.energetika-net.com/vijesti/obnovljivi-izvori-energije/he-brezice-na-savi-pustena-u-rad-25533. Datum pristupa: 30.8.2019.

16. Okoliš. *Energija vjetra*. Dostupno na: http://www.bioteka.hr/modules/okolis/article.php?storyid=17. Datum pristupa: 17.7.2019.

17. Enciklopedia.hr. *Vjetrenjača*. Dostupno na: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64998. Datum pristupa: 17.7.2019.

18.Vjetroelektrane.com. *Moderni vjetroagregati i pretvorba energije*. Dostupno na: http://www.vjetroelektrane.com/moderni-vjetroagregati-i-pretvorba-energije. Datum pristupa: 17.7.2019.

19. Vjetroelektrane.com. *Energija vjetra u energetici*. Dostupno na: http://www.vjetroelektrane.com/energija-vjetra-u-energetici. Datum pristupa: 17.7.2019.

20. Vjetroelektrane.com. *Značaj i vizija*. Dostupno na: http://www.vjetroelektrane.com/znacaj-i-vizija. Datum pristupa: 17.7.2019.

21. Pokret u duhu vremena. *Korišćenje snage vetra*. Dostupno na: http://zeitgeistserbia.org/forum/45-nauka-i-tehnologija/4023-energija-vetra. Datum pristupa: 17.7.2019.

22. Jutarnji list. *Zašto je ulaganje u vjetroelektrane profitabilan posao*. Dostupno na: https://www.jutarnji.hr/biznis/financije-i-trzista/zasto-je-ulaganje-u-vjetroelektrane-profitabilan-posao-u-samo-sest-godina-proizvodnja-energije-iz-vjetroelektrana-porasla-je-cak-15-puta/7232916/. Datum pristupa: 17.7.2019.

23. Prirodoslovna lepeza. *Geotermalna energija*. Dostupno na: http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/8-geotermalna-energija/. Datum pristupa: 15.7.2019.

24. Energetski portal. *Geotermalna energija - koliko je ima i kako je iskoristiti.* Dostupno na: https://www.energetskiportal.rs/novo-geotermalna-energija-koliko-je-ima-i-kako-je-iskoristiti/. Datum pristupa: 15.7.2019.

25. Termo Gea. *Iskorištavanje plitke geotermalne energije*. Dostupno na: http://www.termogea.eu/geotermalna.html. Datum pristupa: 22.7.2019.

26. Prirodoslovna lepeza. *Biomasa.* Dostupno na: http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/4-biomasa/. Datum pristupa: 17.7.2019.

27.Pokos Nemec V. *Navodnjavanje vrtova i parkova*. *Glasnik Zaštite Bilja, Vol. 30,* No. 6, 2007. str. 13-15.

28. Madjar S. i Šoštarić J. *Navodnjavanje poljoprivrednih kultura*. Priručnik. str. 23-43.

29.Agroklub. *Navodnjavanje vrtova i parkova*. Dostupno na: https://www.agroklub.com/hortikultura/navodnjavanje-vrtova-i-parkova/606/
Datum pristupa: 8.5.2019.

30. Romić D. *Priručnik za hidrotehničke melioracije*. *Navodnjavanje u održivoj poljoprivredi*. Liber. 2005.

31. Građevinski i vrtni centar Grama. *Navodnjavanje (zalijevanje) travanjaka*. Dostupno na: https://grama.com.hr/navodnjavanje-zalijevanje-travnjaka/. Datum pristupa: 7.5.2019.

32. Solar rewievs. *Atlanta Falcon's touchdown with solar at new Mercedes-Benz Stadium*. Dostupno na: https://www.solarreviews.com/news/atlanta-falcon-touchdown-solar-mercedes-benz-stadium-101817/. Datum pristupa: 4.7.2019.

33.Cleanenergy. *Atlanta Mercedez-Benz Stadium: The Real MVP of the Super Bowl.* Dostupno na: https://cleanenergy.org/blog/atlantas-mercedez-benz-stadium-the-real-mvp-of-the-superbowl/. Datum pristupa: 4.7.2019.

34. *„More sustainable stadiums".* Russia, 2018. Technical report on the environmental, energy and resource efficient design solutions for the construction and refurbishment of the stadiums for the 2018 FIFA World Cup Russia.

35. Alamy. *Russia, Kazan, Kazan Arena Stadium*. Dostupno na: https://www.alamy.com/stock-image-russia-kazan-kazan-arena-stadium-168526382.html. Datum pristupa: 5.7.2019.

36. Johan Cruijff Arena. *First solar panels installed on Amsterdam Arena roof.* Dostupno na: https://www.johancruijffarena.nl/default-showon-page/first-solar-panels-installed-on-amsterdam-arena-roof.htm. Datum pristupa: 5.7.2019.

37. Naturally sustainable. *Energy*. Dostupno na: http://www.naturallysustainable.nl/energy/1. Datum pristupa: 5.7.2019.

38. Johan Cruijff Arena. *Amsterdam Arena: Incubator for thecityofthe future.* Dostupno na: https://www.johancruijffarena.nl/default-showon-page/amsterdam-arena-incubator-for-the-city-of-the-future.htm. Datum pristupa: 6.7.2019.

39. Krämer, T. *'Greener Arena – Hallen und Stadiender Zukunft'. 'StadionweltInside'*. str. 42. 2014.

40. World football.net. *Mercedes-Benz Arena, Stuttgart 2019*. Dostupno na: https://www.worldfootball.net/venues/mercedes-benz-arena-stuttgart/2019/2/. Datum pristupa: 7.7.2019.

41. Construction. *Brazil's Mineirao is the first World Cup stadium completely powered by the Sun.* Dostupno na: https://www.construction.am/news/446-brazils-mineirao-is-the-first-world-cup-stadium-completely-powered-by-the-sun/. Datum pristupa: 8.7.2019.

42. Cleanenergy. *Southeastern U.S. jealous of Brazil's solar-powered sports*. Dostupno na: https://cleanenergy.org/blog/southeastern-u-s-jealous-of-brazils-solar-powered-sports/. Datum pristupa: 8.7.2019.

43. Inhabitat. *Brazil'sMineirao is the first World Cup stadium completely powered by the Sun.* Dostupno na: https://inhabitat.com/brazils-mineirao-is-the-first-world-cup-stadium-completely-powered-by-the-sun/. Datum pristupa: 9.7.2019.

44. Agrupacio Barca Jugadors. *The first stadium to turn football into electricity*. Dostupno na: https://agrupaciojugadors.fcbarcelona.com/en/news/1258438/el-primer-estadio-que-convirti-el-ftbol-en-electricidad#. Datum pristupa: 9.7.2019.

45. Inhabitat. *World's first kinetic energy-powered football stadium opens in Rio de Janeiro.* Dostupno na: https://inhabitat.com/pele-and-shell-oil-launch-the-worlds-first-kinetic-energy-powered-football-stadium/. Datum pristupa: 9.7.2019.

POPIS SLIKA

Slika 1. Fotonaponski sustav spojen na mrežu
Slika 2. Otočni (samostalni) fotonaponski sustav
Slika 3. Sunčani toplinski kolektori
Slika 4. Fotonaponski paneli
Slika 5. Sustav za pretvaranje energije valova u električnu
Slika 6. Podvodne turbine za crpljenje energije plime i oseke
Slika 7. Velika hidroelektrana
Slika 8. Vjetrenjače
Slika 9. Vjetroelektrana sa okomitim rotorom
Slika 10. Vjetroelektrana sa vodoravnim rotorom
Slika 11. Geotermalna energija
Slika 12. Dizalica topline
Slika 13. Energija biomase
Slika 14. Mercedes Benz Arena, Atlanta
Slika 15. Kazan Arena, Kazan-Rusija
Slika 16. Amsterdam Arena
Slika 17. Solarni paneli na Amsterdam Areni
Slika 18. 'Mercedes-Benz Arena' u Stuttgartu u Njemačkoj
Slika 19. Mineirão, stadion u Belo Horizonteu u Brazilu
Slika 20. Igralište 'Morro da Mineira' Rio de Janeiro u Brazilu