

RAZVOJ APLIKACIJE ZA PRORAČUN ISPLATIVOSTI IZGRADNJE  
VETROGENERATORA U AZURE OKRUŽENJUDEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR CALCULATING THE PROFITABILITY  
OF BUILDING A WIND GENERATOR IN AZURE ENVIRONMENTBiljana Vukelić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – PRIMENJENO SOFTVERSKO  
INŽENJERSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisan značaj obnovljivih izvora energije sa naglaskom na energiju vetra. Razvijena je aplikacija koja predstavlja sistem za proračun isplativosti investicija ugradnje vetrogeneratora na željenoj lokaciji. Sistem je implementiran u Azure okruženju.

**Ključne reči:** *Obnovljivi izvori energije, snaga vetra, Azure, .NET Core, Angular*

**Abstract** – *The paper describes importance of renewable power sources, with the focus on the wind energy. An application has been developed that represents a system for calculating the profitability of investments in wind generators at the desired location. The system is implemented in Azure environment.*

**Keywords:** *Renewable power energy, wind power, Azure, .NET Core, Angular*

**1. UVOD**

Sve zemlje sveta imaju težak zadatak: Kako smanjiti upotrebu fosilnih goriva i emisiju štetnih gasova koji izazivaju globalno zagrevanje, klimatske promene, prirodne katastrofe a istovremeno očuvati i dostignuti nivo tehnološkog i ekonomskog razvoja. Različiti obnovljivi izvori energije, zajedno sa svim merama unapređenja energetske efikasnosti i ušteda energije, predstavljaju jedno od idealnih rešenja za radikalno smanjenje upotrebe fosilnih goriva i emisije štetnih gasova.

Energija vetra jedna je od najjeftinijih tehnologija obnovljivih izvora energije koje danas postoje. Napaja ga prirodan vetar i stoga je obnovljiva i čista, ne zagađuje vazduh i ne emituje CO<sub>2</sub>. Pri tom ne zrači i ne razara ozonski omotač, dostupna je praktično svuda na planeti. Prilikom planiranja novih kapaciteta, mnoge energetske kompanije se odlučuju za farme vetrogeneratora zbog toga što njihova primena ima ekonomskog i ekološkog smisla. Svaki kWh proizveden obnovljivim izvorima energije, zamenjuje isti koji bi s druge strane trebalo da bude proizveden u elektranama na fosilno gorivo, što ima za posledicu redukciju negativnih uticaja na životnu sredinu, a naročito emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Bošković.

Negativni uticaji vetrogeneratora na životnu sredinu postoje, ali su ti uticaji zanemarljivi u poređenju sa pozitivnim elementima. Glavni izazov pri korišćenju vetra jeste taj što je vetar povremen i ne duva uvek kada je potrebna struja.

Ne mogu svi vetrovi biti iskorišćeni da ispune vremenske zahteve za električnom energijom.

Često se dobre lokacije nalaze na udaljenim mestima, daleko od gradova u kojima je potrebna električna energija. Stoga bi potencijalni trošak povezivanja udaljenih vetrogeneratora na elektrodistributivnu mrežu bio previsok. Buka, vizualni efekat, ometanje radio lekomunikacija i uticaj na ptice samo su neke od negativnih karakteristika vetrogeneratora.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. OSNOVNI USLOVI ZA PROIZVODNJU  
ELEKTRIČNE ENERGIJE VETRA**

Za proizvodnju električne energije iz vetra potrebni su vetrogeneratori čiji su osnovni delovi elise, prenosni mehanizmi, elektrogenerator, noseći stub i strujni transformator neophodan za priključivanje na elektrodistributivnu mrežu. Da bi se proverili da li postoje uslovi na određenoj lokaciji za postavljanje vetrogeneratora, prvo je neophodno izmeriti brzinu vetra na toj lokaciji. Ona zavisi od konfiguracije terena, objekta na tlu i njegove visine.

Ako vetar duva brzinom od oko 3 m/s pa sve do 20 m/s prvi uslov je zadovoljen. Ipak trebalo bi imati u vidu, da je potrebno da vetar duva najmanje 2.800 sati godišnje (jedna godina ima 8.760 sati) prosečnom brzinom od preko 6 m/s, da bi se određena lokacija uzela u obzir za izgradnju vetrogeneratora [1].

$$P = \begin{cases} 0 & V_w < 3 \text{ m/s} \\ 0.5A\rho V_w^3 & 3 \text{ m/s} \leq V_w \leq 10 \text{ m/s} \\ P_n & 10 \text{ m/s} \leq V_w \leq 20 \text{ m/s} \\ 0 & 20 \text{ m/s} \leq V_w \end{cases}$$

$$A = 80 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1.293 \text{ kg/m}^3$$

$$P_n = 103,44 \text{ kW}$$

Slika 1. Proračun trenutne snage vetrogeneratora

## 2.2. Tipovi vetrogeneratora

Kod vetrogeneratora, snaga izlazne energije dramatično raste sa porastom brzine vetra. Zbog toga je većina najisplativijih vetrogeneratora locirana na u vetrovitim oblastima. Kao što je rečeno, na brzinu vetra utiče i konfiguracija terena pa se zbog toga vetrogeneratori podižu na visokim tornjevima. Vetroturbina je mašina za pretvaranje kinetičke energije vetra u mehaničku energiju. Mašine koje pretvaraju mehaničku energiju u električnu energiju se nazivaju vetrogeneratori. Vetrogeneratori mogu imati **vertikalne i horizontalne ose radnih kola**. Osnovna podela vetrogeneratora je izvršena upravo prema položaju ose. Sem podele prema položaju ose vetrogeneratori se mogu podeliti i prema broju krilaca na **jednokrilne, dvokrilne, trokrilne i višekrilne**. Po tipu mogu biti obične **sa aerodinamičnim presekom krilaca** i obične **bez aerodinamičnog preseka krilaca** [2].

Prema aerodinamičnom efektu	Prema položaju ose rotacije	Prema brzini obrtanja
Rotori sa otpornim delovanjem	Rotori sa horizontalnom osom	Rotori sa promenljivom brzinom obrtanja
Rotori sa uzgonskim delovanjem	Rotori sa vertikalnom osom	Rotori sa konstantnom brzinom obrtanja

Tabela 1. Podela rotora vetrogeneratora

## 3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA I ALATA

**C#** - Moderan objektno orijentisan programski jezik višeg nivoa, razvijen od strane *Microsoft-a*

**ANGULAR** je radni okvir baziran na TypeScript jeziku koji omogućava razvoj klijentskih aplikacija za različite platforme. Arhitektura angular aplikacije oslanja se na neke od fundamentalnih koncepata kao što su NgModules, komponente, šabloni, direktive. Osnovni gradivni blokovi su NgModules, koji pružaju kontekst prevođenja (eng. compilation context) komponentama [3].

**.NET CORE** je platforma za razvoj softvera koju je Microsoft razvio za izradu i pokretanje aplikacija.

**AZURE** je platforma kompanije Microsoft koja nudi širok spektar cloud servisa. Jedan od ciljeva ove platforme je pomogne raznim kompanijama da obezbede servise uvek dostupnim.

**AZURE APP SERVICES** je platforma kao usluga (eng. PAAS platform as service) koja omogućava objavljivanje (eng. hosting) web aplikacije od strane Microsoft-a. Dizajnirana je za podršku i implementaciju aplikacije na skalabilnoj i pouzdanoj infrastrukturi.

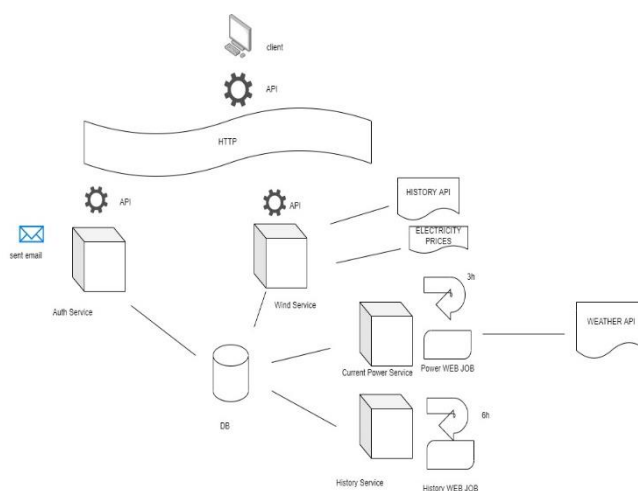
**AZURE WEB JOBS** je svojstvo AZURE APP SERVICE-a. Omogućava pokretanje programa ili skripte u istoj instanci kao i web aplikacija. Najčešće se koristi za

zadatke (eng. task) koji rade u pozadini. Mogu biti kontinuirani (eng. continuous) ili pokrenuti na događaj (eng. triggered).

**AZURE SQL Database** je baza podataka na AZURE koja deli svoje resurse sa svim klijentima koji koriste tu uslugu.

## 4. ARHITEKTURA SISTEMA

U ovom poglavlju biće opisana arhitektura sistema. Monolitske aplikacije su dobro rešenje samo za manje aplikacije koje nisu i od kojih se ne zahtevaju visoke performanske opsluživanja klijenata. Sa stanovišta ovih aplikacija uvek se javlja problem kako sistem održati stabilnim. Sa druge strane mikroservisna arhitektura omogućava skalabilnost, pouzdanost i proširivost sistema na brži i jednostavniji način. Podela aplikacije na manje celine odnosno na mikroservise pruža mogućnost da svaki servis obavlja samo svoju ulogu.



Slika 2. Arhitektura sistema

Sistem se sastoji od sledećih servisa:

- Klijentski deo aplikacije – pisan u Angular Frameworku;
- Auth servis – servis za autentifikaciju i autorizaciju korisnika. Koristi SMTP protokol za slanje šifre korisniku na email, nakon registracije;
- Wind servis – servis za dobavljanje podataka o vetroturbinama, tipovima vetroturbina kao i za proračun isplativosti;
- History servis – servis za dobavljanje istorijskih podataka o vetrogeneratoru;
- Current Power Servis – servis za proračun trenutne snage vetrogeneratora;
- History Web Job – poziva se jednom dnevno i vrši upis podataka o vetrogeneratoru za taj dan;
- Current Power Web Job – poziva se svaka 3h i vrši proračun trenutne snage vetrogeneratora;

## 5. IMPLEMENTACIJA

U ovom poglavlju biće objašnjena implementacija aplikacije za proračun isplativosti vetrogeneratora u Azure okruženju.

Implementirana aplikacija pruža mogućnost korisnicima da provere isplativost izgradnje vetrogeneratora na određenoj lokaciji. Pomenutu aplikaciju mogu da koriste samo registrovani korisnici. U sistemu postoje 2 tipa korisnika administrator i običan korisnik. Po default-u, postoji samo jedan administrator u sistemu.

Neregistrovan korisnik ima mogućnost da se uloguje na sistem ukoliko već ima kreiran nalog ili da se registruje na isti. Proces registracije obuhvata unos polja e-mail koje je jedino obavezno, ime, prezime i broj telefona. Ukoliko je email koji unese validan, korisniku na taj email stiže poruka sa šifrom pomoću koje će moći da se uloguje na sistem. Ulogovanom običnom korisniku u sistemu su dostupne sledeće funkcionalnosti:

- Pružena je funkcionalnost prikaza korisniku da vidi koliko je isplativo da investira novac u vetrogeneratore na određenoj geo lokaciji;
- Svaki korisnik može da prati svoje investicije, koliko je do sada trenutno uložio, koliko mu se isplatilo i koliko je ostalo;
- Aspekt globalnog prikaza investicija svih korisnika u sistemu, kao i grafički prikaz trenutne snage svih vetrogeneratora.

Korisnik čija je uloga administrator, pored osnovnih funkcionalnosti gore navedenih ima mogućnost da:

- Dodaje/Ažurira/Briše sve korisnike u sistemu;
- Dodaje administratore sistema;
- Dodaje/Ažurira/Briše tipove vetrogeneratora.

Takođe svaki korisnik u sistemu ima mogućnost da promeni svoje lične podatke, kao što je lozinka. Neophodno je da unese staru lozinku a zatim novu. Ukoliko stara lozinka nije validna, korisnik neće moći da promeni na novu.

Kada se uloguje, korisniku se prikazuje mapa i desnim klikom na istu, ima mogućnost da selektuje željenu lokaciju. Takođe, korisnik ima mogućnost da klikne na dugme „investiraj“ (eng. invest) i unese tačne koordinate lokacije, naziv države i grada na kojoj želi da izgradi vetrogenerator.

Nakon toga, korisnik ima mogućnost da unese naziv investicije. Zatim je neophodno da izabere koji tip vetrogeneratora želi da izgradi. Prikazuju mu se svi tipovi vetrogeneratora u sistemu – koje administrator unosi, sa nazivom, cenom, troškovima investicije kao i maksimalnom snagom koji taj vetrogenerator može da proizvede. Sa desne strane tog prozora, korisnik se prikazuje dugme „Proveri profit“ (eng. check profit) i klikom na isti se vrši proračun da li se investicija isplati.

Sam proračun se vrši tako što *Current Power* servis, pristupa *Weather API*-ju, uzima koordinate željene lokacije i šalje zahtev za trenutnu brzinu vetra na toj lokaciji. Po formuli sa slike 1 se računa trenutna snaga vetrogeneratora. Kako bi izračunali profit, odnosno da li će se investicija isplatiti ili ne, *Wind* servis šalje zahtev *Weather History API*-ju i traži brzinu vetra na toj lokaciji u prethodnih godinu dana. Izabrani API vraća vrednosti prosečne brzine vetra, za svaki dan u prethodnih godinu dana. Te vrednosti se saberu i podele sa brojem dana koliko je godina imala i dobije se prosečna vrednost brzine vetra za prethodnih godinu dana. Kako bi se dobila

prosečna vrednost snage vetrogeneratora za isti period, ta prosečna brzina vetra se ubaci u formulu sa slike 2.

Cena struje je drugačija za svaku državu, a podaci koji su uzeti u proračunu isplativosti korišćeni su iz literature 4.



Slika 3. Globalne cene električne energije svih država na svetu po kWh iz 2021 godine

Podaci su smešteni u XML fajl pod nazivom *Electricity prices* i podignuti su na Azure servis u sklopu *Wind* servisa.

Proračun isplativosti investicije se računa po sledećoj formuli koja je prikazana na slici 4.

```

averagePowerOfTurbine = Calculate_WindPower(averageWindPowerForLastYear, powerOfTurbine);
var yearConsumptionOfTurbines = averagePowerOfTurbine * numberOfDaysLastYear;
var epsConsumtion20Years = priceElectricity * yearConsumptionOfTurbines * 20;
var profit = epsConsumtion20Years - globalPriceOfTurbine;
var index = (profit / (20 * 12));

```

Slika 4. Proračun isplativosti investicije

*averagePowerOfTurbine* – predstavlja prosečnu snagu turbine kWh;

*yearConsumptionOfTurbines* – predstavlja proizvodnju turbine za prethodnih godinu dana;

*numberOfDaysLastYear* – predstavlja broj dana za prethodnu godinu (365/366);

*epsConsumtion20Years* – predstavlja cenu koju bi korisnik plaćao EPS-u u narednih 20 godina;

*globalPriceOfTurbines* – predstavlja ukupnu cenu vetrogeneratora sa investicionim troškovima kao što je cena ugradnje;

*profit* – predstavlja razliku između cene koju bi korisnik plaćao EPS-u i ugradnje vetrogeneratora;

*index* – predstavlja uštedu koju bi korisnik ostvario na mesečnom nivou.

Svaki korisnik u sistemu ima mogućnost pregleda svojih investicija. Omogućen mu je:

- grafički prikaz istorijskih podataka o snazi vetrogeneratora;
- prikaz investicije na mapi odnosno geo lokaciji na kojoj je izgrađen vetrogenerator;
- prikaz trenutne snage vetrogeneratora;
- prikaz trenutne isplativosti te investicije.

Svaki korisnik u sistemu ima mogućnost globalnog aspekta svih investicija u sistemu koji je prikazan je na mapi. Takođe, grafički je prikazana trenutna snaga svih vetrogeneratora u sistemu.

Korisnici imaju i tabelaran prikaz svih istorijskih podataka, kao i svih investicija u sistemu koje mogu da sortiraju i filtriraju po želji.

Administrator sistema ima mogućnost da dodaje/ažurira i briše i vidi tipove vetrogeneratora. Neophodno je da unese naziv, maksimalnu snagu i investicione troškove vetrogeneratora. Neobavezna polja su visina, širina, raspon krila, tip vetrogeneratora i slika.

Takođe, ima mogućnost dodavanja drugih administratora u sistem. Osim dodavanja administratora, ima mogućnost da vidi sve korisnike u sistemu, suspenduje, ažurira ili obriše iste.

## 6. ZAKLJUČAK

Obnovljivi izvori energije i nove tehnologije korišćenja ovih izvora postaju sve značajniji segment u svim poljima, a pogotovo utiču na životnu sredinu. Korišćenjem obnovljivih izvora energije se smanjuje trošenje neobnovljivih energetske resursa. Korišćenje ovih izvora je veoma značajno i sa aspekta zaštite životne sredine.

Čist primer je sama energetika koja je kao oblast privrede, na kojoj se temelji razvoj svih drugih oblasti privrede najveći zagađivač životne sredine, bez čije zaštite nije moguće ostvariti održivi razvoj ljudske vrste i živog sveta na planeti. Jedini način jeste smanjenje upotrebe fosilnih goriva i razvoj tehnologija korišćenja obnovljivih izvora energije. Zamena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije ima veliki uticaj na uspešno rešavanje globalnih ekoloških problema. Danas primena obnovljivih izvora dobija sve veći značaj, posebno iz razloga očuvanja životne sredine i korišćenja resursa koji su dostupni. Tehnologije iskorišćavanja obnovljivih izvora energije su svakim danom ekonomski sve isplativije i konkurentnije na tržištu.

Razlozi ulaganja u obnovljive izvore energije poslednjih godina prestaju da budu isključivo ideološki, već postaju racionalni i ekonomski. Stoga, aplikacija opisana u ovom radu ima za cilj da podigne svest da sistemi bazirani na energiji vetra postaju efikasniji i ekonomičniji, a benefiti se prepoznaju u budžetima pojedinaca, kompanija, različitih zajednica, ali i stanju životne sredine.

Ukoliko se saberu sve pozitivne strane upotrebe vetrogeneratora, kao i one negativne koje su navedene, a na to doda celokupan tržišni kontekst, ovaj izvor energije ima budućnost. On ima podršku naučne zajednice, tržište se adaptira u odnosu na njega kao budućnost i popularan je među građanima širom sveta. Ipak, da bi u potpunosti bio superioran na tržištu, mora biti predmet daljih istraživanja i tehnoloških iskoraka, kao i da postigne veći stepen ekonomije obima.

Rešenje prikazano u ovom radu, moglo bi se unaprediti u nekim aspektima. Prvo potencijalno unapređenje bi bilo to da se uzmu u obzir realna poskupljenja električne energije na tržištu kao i troškovi usled kvara vetrogeneratora. Drugo potencijalno unapređenje bi bilo da aplikacija bude napravljena u mobilnoj verziji, kako bi korisnici instaliranjem iste na svoj telefon još lakše i brže mogli da prate svoje investicije.

## 7. LITERATURA

- [1] <https://x-engineer.org/wind-turbine-energy/> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [2] Turan Gonen, Third Edition "Electric Power Distribution Engineering", New York, 2014
- [3] <https://angular.io/guide/architecture> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [4] [https://www.globalpetrolprices.com/electricity\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/) (pristupljeno u septembru 2022.)

### Kratka biografija:



**Biljana Vukelić** rođena je u Novom Sadu 18.03.1997. god. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjeno softversko inženjerstvo 2020.godine. Iste godine, upisuje master studije na istom odseku. kontakt: bilja.vukelic18@gmail.com