

Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet

Jelena Dasović

KONKURENTNOST OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NUKLEARNOJ ENERGIJI U
HRVATSKOJ

Zagreb, 2009.god

Ovaj rad izrađen je u zavodu za Hidrotehniku pod vodstvom prof. dr. sc. Boris Beraković, dipl. ing. građ. i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2009.

POPIS I OBJAŠNJENJE KRATICA KORIŠTENIH U RADU

1. NE – Nuklearna elektrana
2. MHE – Mala hidro elektrana
3. VE – Vjetroelettrana

Ovaj rad posvećujem svim ljudima koji svaki dan doprinose zaštiti i očuvanju našeg zajedničkog doma:

NAŠE PLANETE ZEMLJE!



*„Mrijeti ti ćeš, kada počneš sam
U ideale svoje sumnjat!“*

S.S. Kranjčević

SADRŽAJ

1. UVOD	- 1 -
2. CILJ RADA I KRITERIJI	- 3 -
3. PLAN RADA	- 4 -
4. NUKLEARNA ENERGIJA	- 4 -
4.1 ANALIZA NUKLEARNE ENERGIJE SA EKOLOŠKOG ASPEKTA	- 6 -
4.1.1 OTPAD	- 6 -
4.1.2 RADIOAKTIVNOST	- 9 -
4.1.4 PROSTOR KOJI ZAUZIMA POSTROJENJE	- 9 -
4.1.5 POSLJEDICE MOGUĆE HAVARIJE	- 10 -
4.2 ANALIZA NUKLEARNE ENERGIJE SA EKONOMSKOG ASPEKTA	- 13 -
4.2.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA	- 13 -
4.2.2 PROIZVODNA CIJENA	- 16 -
4.2.3 NETO DOBIT	- 16 -
4.2.4 VIJEK TRAJANJA POSTROJENJA	- 17 -
4.2.5 VRIJEME IZGRADNJE	- 17 -
5. ENERGIJA VODE – MALE HIDROELEKTRANE	- 18 -
5.1 POSTOJEĆE I POTENCIJALNE LOKACIJE MHE	- 22 -
5.1.1 POSTOJEĆE LOKACIJE MHE	- 22 -
5.1.2 POTENCIJALNE LOKACIJE MHE	- 23 -
5.2 ANALIZA ENERGIJE VODE SA EKOLOŠKOG ASPEKTA	- 24 -
5.2.1 OTPAD	- 24 -
5.2.2 PROIZVODNJA CO ₂	- 24 -
5.2.3 UTJECAJ NA LOKALNU FLORU I FAUNU	- 24 -
5.3 ANALIZA ENERGIJE VODE SA EKONOMSKOG ASPEKTA	- 25 -
5.3.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA	- 25 -
5.3.2 PROIZVODNA CIJENA	- 27 -
5.3.3 NETO DOBIT	- 27 -
5.3.4 POZICIJA MHE POSTROJENJA U EES	- 27 -
6. ENERGIJA VJETRA	- 29 -
6.1 POSTOJEĆE I POTENCIJALNE EE U HRVATSKOJ	- 30 -
6.2 ANALIZA ENERGIJE VJETRA SA EKOLOŠKOG ASPEKTA	- 32 -
6.2.1 EMISIJA CO ₂ , PROSTOR KOJI ZAUZIMAJU	- 32 -
6.2.2 OTPAD	- 33 -
6.2.3 BUKA I UTJECAJ NA PTICE	- 33 -
6.3 ANALIZA ENERGIJE VJETRA SA EKONOMSKOG ASPEKTA	- 33 -
6.3.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA	- 34 -
6.3.2 PROIZVODNA CIJENA	- 35 -
6.3.3 NETO DOBIT	- 36 -
6.3.4 VIJEK TRAJANJA POSTROJENJA	- 36 -
6.3.5 VRIJEME IZGRADNJE	- 36 -
6.4 POZICIJA VJETROELEKTRANA U EES	- 37 -
7. REZULTATI I RASPRAVA	- 39 -
7.1 REZULTATI S OBZIROM NA EKONOMSKI ASPEKT	- 39 -
7.2 REZULTATI S OBZIROM NA EKOLOŠKI ASPEKT	- 46 -
8. ZAKLJUČAK	- 49 -
9. ZAHVALE	- 50 -

10.	POPIS LITERATURE.....	- 51 -
11.	SAŽETAK	- 53 -
12.	SUMMARY	- 53 -

1. UVOD

Kapetan Planet i njegovi planetarci spašavali su svijet na crtanim ekranima devedesetih godina upućujući javnost već tada na opasnost od ekoloških katastrofa koje nam prijete, ako nastavimo ne brinuti se za naš zajednički dom – **PLANET ZEMLJU**.

Danas, dvadeset godina poslije nije se puno promijenilo, osim tu i tamo koje konferencije na kojoj su potpisani razni sporazumi o smanjenju emisije ugljičnog dioksida koji nisu polučili zamjetne rezultate.

Ali sa smanjenjem količine nafte - goriva bez kojeg zasada ne možemo, dogodio se obrat za koji se nadam da će biti početak jedne nove budućnosti – budućnosti obnovljivih izvora energije koji ne onečišćuju okoliš.

No da li je to zaista istina? Da li uistinu postoji izvor čija pretvorba u električnu energiju ne onečišćuje okoliš.

Jer što je sa proizvodnjom materijala od kojeg se grade vjetroelektrane, male hidroelektrane?

To pitanje je postavio i profesor Branislav Đorđević u svojoj knjizi „Hidroenergetsko korišćenje voda“ 2001. godine:

„Sa zaoštavanjem energetske problema u svijetu, izazvanih sve bržim iscrpljivanjem neobnovljivih izvora – sve veća pažnja se posvećuje obnovljivim izvorima energije.

Malo obavještena javnost, pa čak i jednostrano obaviješteni eksperti za pojedine oblasti, skloni su da sa puno optimizama, pa čak i sa neodmjerenom glorifikacijom, najavljuju mogućnosti korištenja pojedinih obnovljivih izvora energije. Sa čuđenjem se može uočiti da se pritom, po pravilu, zaboravljaju sljedeće veoma važne činjenice:

- a) gotovo svi obnovljivi izvori energije, osim vodnih snaga, a dijelom i energije plime i oseke, veoma su rasuti, te je neophodna njihova složena i skupa koncentracija, da bi se omogućilo korištenje;*
- b) zbog velike rasutosti, korištenje takvih obnovljivih resursa skopčano je sa velikim utroškom drugih materijalnih resursa (čelika, aluminijska, bakra, stakla, plastike..itd), do kojih se dolazi utroškom velikih količina energije, tako da je njihova ukupna neto energetska dohodovnost mala*

- c) *za neke obnovljive resurse, kao što je npr. bioenergija, troši se veoma velika količina druge energije(nafte) za proizvodnju i sakupljanje biomase, što se začuđujuće često previđa*
- d) *neki obnovljivi izvori(vjetar, energija Sunca) vremenski su veoma promjenjivi, tako da njihovo korištenje ne smanjuje potrebnu instaliranu snagu drugih elektrana*
- e) *korištenje nekih obnovljivih izvora energije nije prihvatljivo sa gledišta očuvanja životne sredine, jer se troši i/ili obezvređuje prostor, odnosno, moraju se pojačano koristiti prljave tehnologije za dobijanje materijala koji su potrebni za njihovo korištenje“;*

(Đorđević, Hidroenergetsko korišćenje voda, Beograd, 2001.)

Naša domovina, kao i cijeli svijet ovisi o električnoj energiji ali mi za razliku od nekih zemalja ovisimo i o našim susjedima od kojih uvozimo tu energiju.

U zadnje dvije godine po medijima se mogu vidjeti naslovi o obnovljivim izvorima pomoću kojih bi Hrvatska smanjila potrebu za uvozom energije; kako smo stvoreni za obnovljive izvore: imamo vjetar, sunce na otocima, stare mlinove koji bi se mogli renovirati u male i mikro hidroelektrane i sl. Ali uz ove naslove obavezno stoje i naslovi kako su obnovljivi izvori tek trend i da nam treba jedna nuklearna elektrana snage 1000 MW koja bi riješila našu ovisnost o uvozu energije.

Međutim,

- 1.)Prije 80 godina rekli su da je zvučni film tek trend;**
- 2.)Prije 40 godina rekli su da je kompjuter tek trend;**

Postavlja se pitanje što je istina. Da li su obnovljivi izvori „čist“ izvor energije ili je nuklearna energija „čišća“ od njih? Da li su obnovljivi izvori samo trend koji nema budućnosti ili je razvoj iskorištavanja obnovljivih izvora takav da su već danas ozbiljna konkurencija nuklearnoj energiji, energiji koju mnogi znanstvenici nazivaju energijom budućnosti. Dakle u ovom radu, na osnovi dostupnih informacija iz literature; prvenstveno sa interneta razmatra se konkurentnost obnovljivih izvora energije vode i vjetra nuklearnoj energiji sa ekonomskog i ekološkog aspekta. Od svih mogućih obnovljivih izvora (sunce,

biomasa, valovi...) odabrani su vjetar i voda zbog svojeg trenutnog razvoja iskorištavanja u Hrvatskoj te su kao takvi trenutno jedina moguća konkurencija nuklearnoj energiji.

2. CILJ RADA I KRITERIJI

Polazeći od nedavno objavljenih naslova u medijima kako bi energetske probleme Hrvatska riješila izgradnjom nuklearne elektrane snage $P = 1000$ MW u ovom radu uzeta je ta veličina kao polazište za analizu kako osigurati tu snagu u elektroenergetskom sustavu Hrvatske za sljedeća razdoblja.

Prva aktivnost u osiguranju dovoljne snage i energije u elektroenergetskom sustavu Hrvatske je poboljšanje korištenja resursa iz postojećih elektrana, ušteda u prijenosu, distribuciji, predaji i potrošnji energije.

Druga aktivnost je izgradnja novih elektrana od kojih su u ovom radu odabrane dvije mogućnosti:

- Izgradnja nuklearne elektrane snage 1000 MW ili izgradnja vjetroelektrana i malih hidroelektrana jednake snage.

U usporedbi i ocjeni mogućnosti osiguranja potreba snage (1000 MW) koriste se sljedeći kriteriji :

1.) Sa ekonomskog aspekta: troškovi tijekom životnog vijeka elektrane koji uključuju troškove izgradnje, troškove održavanja, troškove goriva, troškove zbrinjavanja otpada, troškove razgradnje sustava te proizvodna cijena i neto dobit.

2.) Sa ekološkog aspekta : otpad (proizveden izgradnjom sustava, korištenjem sustava, razgradnjom sustava), emisija CO₂, radioaktivnost, buka, prostor koji zauzima postrojene, posljedice moguće havarije.

3. PLAN RADA

S obzirom na navedene kriterije prikupljeni podaci relevantni za usporedbu nuklearne energije i obnovljivih izvora energije vode i vjetra su prikazani u poglavljima 4. Nuklearna energija, 5. Energija vode, 6. Energija vjetra. U nedostatku određenih podataka koriste se procijenjene vrijednosti što će biti navedeno u odgovarajućem poglavlju. Rezultati dobiveni na temelju prikupljenih i prikazanih podataka su prikazani i prokomentirani u poglavlju 7. Rezultati i rasprava na temelju kojih se donosi zaključak u poglavlju 8. Zaključak.

4. NUKLEARNA ENERGIJA



SI.4.:1 Tornjevi nuklearne elektrane

Nuklearna energija je energija koja se oslobađa ili raspadom jedne atomske jezgre na dva atoma ili spajanjem dvije atomske jezgre u jedan novi atom.

Nuklearna energija proizvodi se kontroliranom lančanom reakcijom i stvara toplinu - ta toplina se koristi za grijanje vode, proizvodnju pare i konačno za pogon parne turbine. Nuklearna energija može se proizvoditi fisijom (cijepanjem) atoma urana, plutonija ili torija ili fuzijom (spajanjem) atoma vodika u helij. Trenutno se gotovo isključivo koristi uran. Osnovna energetska činjenica je da se fisijom atoma urana proizvede deset milijuna puta više energije nego što se proizvede sagorijevanjem atoma ugljika iz ugljena.[1]

Nuklearna energija je jedinstveni sustav koji se sastoji od tehničkih, ekonomskih, političkih i vojinih interesa.

Sa tehničkog aspekta sustav nuklearne energije je najkompleksniji energetska sustav ikada dizajniran. Njegova jedinstvenost se očituje i u njegovom vijeku trajanja, a pod tim se misli na vrijeme od početka do završetka svih aktivnosti vezanih uz planiranje, izgradnju, korištenje te razgradnju nuklearnog postrojenja i sigurno "pospremanje" radioaktivnog otpada za što je potrebno 100-150 godina.[2]

Nuklearna energija danas proizvodi 17 % električne energije u svijetu, odnosno 7 % globalne energije. Počela se komercijalno primjenjivati od 1950-ih godina, ali su se od 1970-ih počele javljati kritike zbog još uvijek neriješenog problema koji predstavlja radioaktivni otpad, odnosno bojazni od katastrofalnih posljedica koje bi mogle izazvati nesreće ili sabotaze, te strah da bi nuklearna energija mogla poslužiti za proizvodnju nuklearnog oružja. Svi ti argumenti su dobili na snazi nakon katastrofe u Černobilu 1986. godine, te su pod pritiskom pokreta za zaštitu okoline mnoge države počele zatvarati, odnosno obustavljati izgradnju novih nuklearnih elektrana.

No, u posljednje vrijeme se pod utjecajem teorije o globalnom zatopljenju i sve većih problema u opskrbi fosilnim gorivima počeo preispitivati stav prema nuklearnoj energiji. Većina zemalja istočne Azije upravo u njoj vidi ključ svoje ekonomske nezavisnosti, odnosno motor budućeg razvoja.[3]

Nuklearna elektrana je elektrana koja kao izvor energije koristi toplinu dobivenu u nuklearnom reaktoru, a po svemu ostalom se ne razlikuje bitno od termoelektrane koja koristi fosilno gorivo. Nuklearne se elektrane razlikuju prema tipu nuklearnog reaktora od kojih je najčešći reaktor hlađen i moderiran običnom vodom pod tlakom. [4]

Jedinstvena obilježja nuklearnog sustava

Nuklearni sustav ima nekoliko jedinstvenih obilježja koje nijedan drugi sistem nema, a to su:

1. Izvor energije je metal koji se mora izdvojiti iz ruda
2. Nepovratna proizvodnja velikih količina radioaktivnosti
3. Veoma dugo razdoblje obveza u trajanju od 100 do 150 godina
4. Veliki rizici i nesigurnosti u vezi završetka projekta

Jednom pokrenut, nuklearni reaktor proizvodi ogromne količine radioaktivnog otpada koji je nemjerljiva prijetnja čovjeku i društvu općenito.

Sigurno čišćenje nuklearnog otpada zahtijeva veliki broj procesa, od kojih svaki zahtijeva velike količine materijala, mnogo ljudskog truda i energije.[2]

4.1 ANALIZA NUKLEARNE ENERGIJE SA EKOLOŠKOG ASPEKTA

Kriteriji korišteni za procjenu „čistoće“ ovog izvora energije su otpad (proizveden korištenjem sustava i razgradnjom sustava), radioaktivnost, proizvodnja CO₂, prostor koji zauzima postrojenje te posljedice moguće havarije.

4.1.1 OTPAD

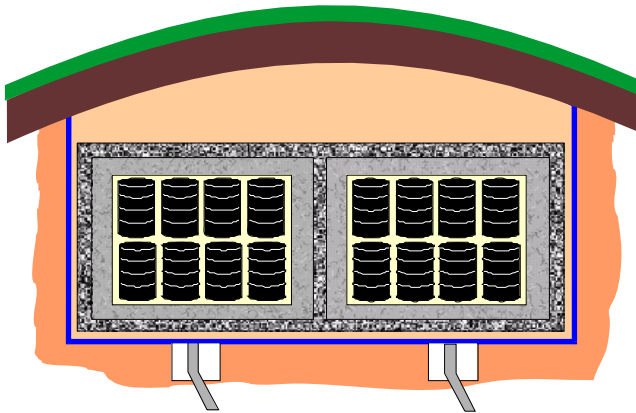
1) Otpad proizveden korištenjem sustava

Radioaktivni otpad iz postrojenja nuklearne energetike sačinjavaju sve radioaktivne otpadne tvari koji nastaju u procesima nuklearnog gorivnog ciklusa i tijekom pogona nuklearnih elektrana.

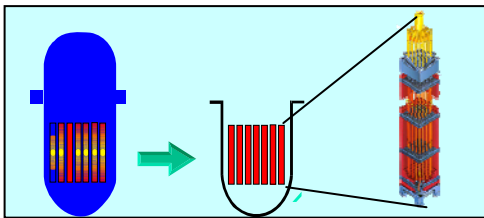
Radioaktivni materijal se mora skladištiti na za to predviđena mjesta (unutar elektrane u bazenima za istrošeno gorivo ., na odlagalištima, itd.)

Skladištenje tj. odlaganje radioaktivnog otpada je: u oceane, u svemir, u ledene površine, u čvrstom tlu.

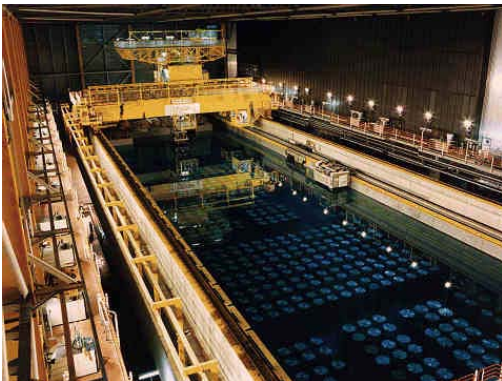
Površinsko odlaganje je postupak za srednje i nisko radioaktivni otpad:



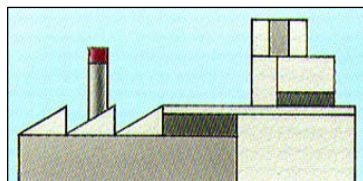
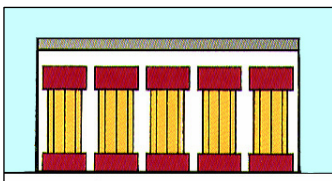
Postupci za odlaganje visoko radioaktivnog otpada:



- odlaganje u reaktor



- odlaganje u bazene za iskorišteno gorivo



- skaldištenje



- odlaganje u duboko podzemno odlagalište sa 10000 godina izolacije čija izgradnja neće započeti prije 2010. godine.[5]

U godini dana jedno nuklearno postrojenje proizvede 1000 tona visoko i nisko radioaktivnog otpada od kojih neki dijelovi ostaju opasni stotinama ili tisućama godina. A tvornice i rudnici urana proizvedu još i više. Problem otpada još nije riješen.[6]



Sl. 4.1.1::1 Odlaganje radioaktivnog otpada

U SAD-u, odlagalište otpada na Yucca Mountain je kontroverzno i kojem se žestoko protivi vođa senata, Harry Reid. Među svim opasnostima, 33 opasnosti su zabilježene blizu odlagališta tako izlažući opasnosti od kontaminiranja ionako oskudnih izvora pitke vode. Procijenjeno je da se na ovom području osjećaju podrhtaji tla ekvivalentni potresu 6,5 magnitude.[7]

2) Proizveden razgradnjom sustava

Po isteku životnog vijeka ili u slučaju negativne ocjene za produljenje životnog vijeka elektrana trajno obustavlja rad i započinje se s postupkom njezine razgradnje

Tri scenarija razgradnje:

- DECON – promptna dekontaminaciju i uklanjanje svih radioaktivnih materijala s lokacije nuklearnog objekta – traje 15-ak godina
- SAFSTOR – vremenski odgođeno uklanjanje radioaktivnih materijala s lokacije nuklearnog objekta uz odgovarajući nadzor – traje 50 godina
- ENTOMB – djelomično uklanjanje radioaktivnih materijala uz dugoročni institucionalni nadzor lokacije – monolitna (betonska) struktura – traje 110 i više godina [5]

4.1.2 RADIOAKTIVNOST

Se definira kao energetska nestabilnost jezgre, što je posljedica podizanja jezgre na višu energetska razinu ili rezultat nepovoljnog odnosa protona i neutrona u jezgri. Svaka atomska jezgra se nastoji vratiti u stabilno stanje, a taj prijelaz je popraćen emisijom nuklearnih čestica ili fotona i naziva se radioaktivnim raspadom.[8]

4.1.3 PROIZVODNJA CO₂

Ukupna proizvodnja CO₂ koja uključuje emisiju CO₂ od proizvodnje materijala i emisiju prilikom proizvodnje električne energije iznosi 6,7 g/kWh. [9]

Korištenje nuklearne energije uzrokuje približno jednu trećinu CO₂ koju proizvode elektrane na ugljen i naftu. Obogaćene rude urana koje su potrebne kako bi se održala niska proizvodnja CO₂ u nuklearnim elektranama, su toliko ograničene da bi se potrošile u roku tri godine kada bi se cijela svjetska potražnja za električnom energijom dobivala iz nuklearnih elektrana. A nakon isteka zaliha obogaćene rude urana morale bi se koristiti siromašne rude urana koje proizvele bi više CO₂ od izravnog izgaranja fosilnih goriva.[6]

4.1.4 PROSTOR KOJI ZAUZIMA POSTROJENJE

Nuklearno postrojenje snage 1000 MW zauzima prostor do 1km² [10]

4.1.5 POSLJEDICE MOGUĆE HAVARIJE

1) OKOLIŠ

Černobil – Neposredno nakon nesreće



Sl. 4.1.5::1 Posljedice nuklearne katastrofe u Černobilu. Radioaktivni plinovi dospjeli su čak do Italije i Njemačke.

Ekosistem u blizini reaktora je pretrpio katastrofalne posljedice jer su četiri kvadratna kilometra okolne šume promijenile boju u nijansu ljubičasto-smeđe boje, te su prozване "Crvenom šumom" (Red Forest) od strane BBC-a, a stradao je i velik broj životinja dok su neke u potpunosti izgubile sposobnost razmnožavanja. [11]

Černobil - 20 godina nakon nesreće



Sl. 4.1.5::2 Černobil danas. Na sredini slike je betonski sarkofag koji okružuje kobni reaktor broj četiri.

Još uvijek potencijalna opasnost leži u takozvanom betonskom sarkofagu, kako je u javnosti poznat zaštitni sloj betona stavljen preko oštećenog reaktora broj četiri, odnosno njegovoj sposobnosti da zadrži radijaciju. Naime budući da je sarkofag bio ishitreno napravljen poradi brzog sprečavanja daljnjeg širenja radijacije ne predstavlja dugoročno optimalno rješenje, a već je također prošao i znatan niz godina od njegove izgradnje te se na njemu jasno vide znakovi vremena. Procjene govore da bi već jedan manji potres bio dovoljan da sruši krov sarkofaga, a što bi značilo ispuštanje novog radioaktivnog oblaka. Velik problem predstavlja i voda koja ulazi u sarkofag, te širi radioaktivne čestice čitavom uništenom zgradom, a u zadnje vrijeme velik problem predstavlja i prašina budući se mnoge radioaktivne čestice slične pepelu gomilaju i talože.[11]

Tricastin, Francuska, srpanj, 2008.god

Nedavno istjecanje 30 kubičnih metara tekućine sa uranovim sastojcima gdje tri nuklearke proizvode 75 % električne energije za obradu uranovih resursa, isteklo 30 kubičnih metara tekućine sa uranovim sastojcima. Turistima je zabranjeno kupanje i ribarenje u rijeci, a seljaci ne smiju upotrebljavati vodu. Kako je s podzemnim vodama i kakvu će reprekusiju imati izljev zagađene Rhone u more za kupače još je nepoznato. [12

]

2) LJUDE

Černobil – Neposredno nakon nesreće

Prema izvješću Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) iz 2005. godine, u černobilskoj nesreći je izravno stradalo 56 osoba.

Još 4.000 ljudi je život izgubilo zbog posljedica izlaganja radioaktivnosti.[13]

S područja Černobila i okolice iseljeno je više od 140 000 ljudi, koji se nikad više nisu vratili u svoje domove.[14]

Černobil - 20 godina nakon nesreće

*„U mom gradu nalazi se bolnica koju zovemo Černobilska ljekarna. Jedna je od najvećih i najbolje opremljenih dječjih poliklinika u ovom dijelu Europe. Kad sam je prvi put posjetila, jako sam plakala', prisjeća se Hrystka, 24-godišnja profesorica engleskog jezika iz Lvova, najvećeg grada u zapadnoj Ukrajini. U toj bolnici, negdašnjem odmaralištu za sovjetske komunističke funkcionare, liječe se i za život bore djeca oboljela od cerebralne paralize, leukemije, raka štitnjače i drugih bolesti koje se povezuju sa zloglasnom eksplozijom nuklearke u Černobilu. Prošlo je 20 godina od najveće civilne nuklearne katastrofe u povijesti čovječanstva. **No ako uzmemo u obzir stvarne razmjere događaja, malo je vremena prošlo, jer predviđanja su da unutar 30 kvadratnih kilometara izolirane 'mrtve zone' oko Černobila normalan život neće biti moguć u idućih pet stotina godina**“.* [15]

4.2 ANALIZA NUKLEARNE ENERGIJE SA EKONOMSKOG ASPEKTA

Kriteriji korišteni za procjenu ekonomske isplativosti su ukupni troškovi tijekom životnog ciklusa postrojenja (troškovi izgradnje, troškovi održavanja, troškovi goriva, troškovi razgradnje sustava), proizvodna cijena te neto dobit.

4.2.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA

Ukupni troškovi životnog vijeka jednog postrojenja uključuju troškove od početka izrade projekta do uključivo razgradnje postrojenja i zbrinjavanja otpada.

TROŠKOVI IZGRADNJE

Troškovi izgradnje postrojenja snage 1000 MW su procijenjeni na 6500 \$ / kW prema stvarnim troškovima dosada izgrađenih nuklearnih postrojenja.[5]

Tečaj dolara 14.04.2009 godine je iznosio 1\$ = 5,56 kn te se ovdje uzima kao mjerodavan. Kamate na investicijske troškove neće se uzeti u obzir zbog nedostatka podataka.

Dakle, troškovi izgradnje bez kamata iznose:

$$T_i = 6500 \times 5,56 \times 10^6 = 36\,140 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI ODRŽAVANJA

Na temelju dosada izgrađenih postrojenja procijenjeno je da troškovi održavanja godišnje iznose 2,1 % od troškova izgradnje. [5]

$$T_o = 0,021 \times T_i = 0,021 \times 36\,140 \cdot 10^6 = 758,94 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI OBNAVLJANJA

Na temelju dosada izgrađenih postrojenja procijenjeno je da troškovi obnavljanja iznose 2,0 % od troškova izgradnje bez obzira na vijek postrojenja. [5]

$$T_{obn} = 0,02 \times T_i = 0,02 \times 36\,140 \cdot 10^6 = 722,8 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI GORIVA

Godišnja potrošnja goriva u postrojenju snage 1000 MW iznosi 32.9–36.2 tona saturiranog oksida urana. []http://www.vae.lt/en/pages/background_of_the_project

2004.godine cijena saturiranog oksida urana je iznosila 60\$ po funti ,odnosno, 132 \$ po kg saturiranog oksida urana. Godišnja potrošnja goriva u ovom radu uzeta je kao prosječna vrijednost navedenih vrijednosti i iznosi 34,55 tona.

Dakle, troškovi goriva u jednoj godini iznose:

$$T_g = 132 \times 34.55 \times 1000 = 4\,560,6 \cdot 10^3 \$ = 25,357 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI ODLAGANJA OTPADA

Zbog nemogućnosti pronalaska godišnjih troškova odlaganja otpada po kW navest će se troškovi odlaganja ukupnog radioaktivnog otpada na odlagalište na Yucca Mountain u SAD-u koji iznose 7 milijardi \$, odnosno, 38,92 milijarde kuna. [32]

TROŠKOVI RAZGRADNJE SUSTAVA

Pošto je dosada u svijetu razgrađeno jako malo nuklearnih postrojenja još se ne može sa sigurnošću procijeniti koliki su uistinu troškovi razgradnje ali se procjenjuje da iznose oko 11 000 \$ / kW. [5]

Dakle za postrojenje snage 1000 MW troškovi razgradnje iznose:

$$T_{rs} = 11\,000 \times 5,56 \times 10^6 = 61,16 \cdot 10^9 \text{ kn}$$

Tablica 4.2.1::1. Godišnji troškovi NE

$T_i \cdot 10^6 [\text{kn/god}]$	602
$T_o \cdot 10^6 [\text{kn/god}]$	758.9
$T_g \cdot 10^6 [\text{kn/god}]$	25.4
$T_{uk.god} \cdot 10^6 [\text{kn/god}]$	1387

$T_{uk.god}$ – ukupni godišnji troškovi nuklearne elektrane snage 1000 MW

Tablica 4.2.1::2. Ukupni troškovi tijekom životnog ciklusa NE od 60 godina

$T_i \cdot 10^9$ [kn]	36.14	T_i - troškovi izgradnje
$T_o \cdot 10^9$ [kn]	45.53	T_o - troškovi održavanja
$T_{obn} \cdot 10^9$ [kn]	0.72	T_{obn} - troškovi obnavljanja
$T_g \cdot 10^9$ [kn]	1.52	T_g - troškovi goriva
$T_{odl.ot.} \cdot 10^9$ [kn]	38.92	$T_{odl.ot.}$ - troškovi odlaganja otpada
$T_{rs} \cdot 10^9$ [kn]	61.16	T_{rs} - razgradnje sustava
$T_{uk} \cdot 10^9$ [kn]	184.00	T_{uk} - ukupni troškovi tijekom životnog vijeka postrojenja od 60 godina

TROŠKOVI MOGUĆE HAVARIJE

Ukupna direktna šteta (gubitak imovine i poduzeća) samo u zabranjenoj zoni iznosila je 1.38 milijardi dolara dok su troškovi Ukrajine u otklanjanju posljedica černobilske katastrofe u periodu **od 1986. do 1991. godine dostigla iznos od gotovo 6 milijardi dolara**. U proteklih 15 godina, otkada Ukrajina samostalno financira otklanjanje posledica havarije, troškovi su se popeli na 7,35 milijardi dolara, što je u nekim godinama iznosilo između 8 i 10 posto budžeta zemlje.

Veoma je teško odrediti točan iznos indirektnih gubitaka koji su nastali zbog nekorištenja poljoprivrednih objekata, kontaminiranih vodnih i šumskih resursa, kao i smanjenja proizvodnje energije. **Prema istraživanjima ukrajinskih eksperata, ukupni ekonomski gubici Ukrajine do 2015. g. iznosit će 179 milijardi dolara.**[16]

4.2.2 PROIZVODNA CIJENA

$P = 1000 \text{ MW}$

$T_{\text{uk.god1}} = 1387 \cdot 10^6 \text{ kn/god}$ – nisu uključeni troškovi odlaganja otpada

$T_{\text{uk.god2}} = 1387 \cdot 10^6 + 648,7 \cdot 10^6 = 2035,7 \cdot 10^6 \text{ kn/god}$ – uključeni su i troškovi odlaganja otpada

$t = 7000$ sati godišnje [17]

$W = 6 \cdot 10^9 \text{ kWh / god}$ – moguća prosječna godišnja proizvodnja [17]

Tablica 4.2.2::1. Proizvodna cijena 1 kWh električne energije iz NE

$P \text{ [MW]}$	$W \cdot 10^6 \text{ [kWh]}$	$T_{\text{uk.god1}} \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$	$T_{\text{uk.god2}} \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$	$C_{p1} = \frac{T_{\text{uk.god1}}}{W} \text{ [kn/kWh]}$	$C_{p2} = \frac{T_{\text{uk.god2}}}{W} \text{ [kn/kWh]}$
1000	6000.0	1378.0	2035.7	0.23	0.34

C_{p1} – prosječna proizvodna cijena u koju nisu uključeni troškovi razgradnje sustava te kamate na otplatu kredita kao ni godišnji troškovi odlaganja otpada.

C_{p2} – prosječna proizvodna cijena u koju su uključeni godišnji troškovi odlaganja otpada ali nisu kamate na otplatu kredita

4.2.3 NETO DOBIT

Kn – neto dobit

$Kn = Kb - T \text{ [kn / god]}$

Kb – bruto dobit ; $Kb = C_t \cdot W \text{ [kn/god]}$

C_t – mjerodavna tržišna cijena

W – količina godišnjeg proizvoda [kWh/god]

T – godišnji troškovi [kn/god]

$C_t = 0,60 \text{ kn/kWh}$

Tablica 4.2.3::1 Proračun neto dobiti za NE

Ct [kn/kWh]	W · 10 ⁶ [kWh]	T _{uk.god1} · 10 ⁶ [kn/god]	T _{uk.god2} · 10 ⁶ [kn/god]	K _b · 10 ⁶ [kn/kWh]	K _{n1} · 10 ⁶ [kn/kWh]	K _{n2} · 10 ⁶ [kn/kWh]
0.6	6000.0	1378.0	2035.7	3600.0	2222.0	1564.3

U ovom poglavlju ćemo navesti i podatke s obzirom na vijek trajanja građevine kao i vrijeme izgradnje postrojenja.

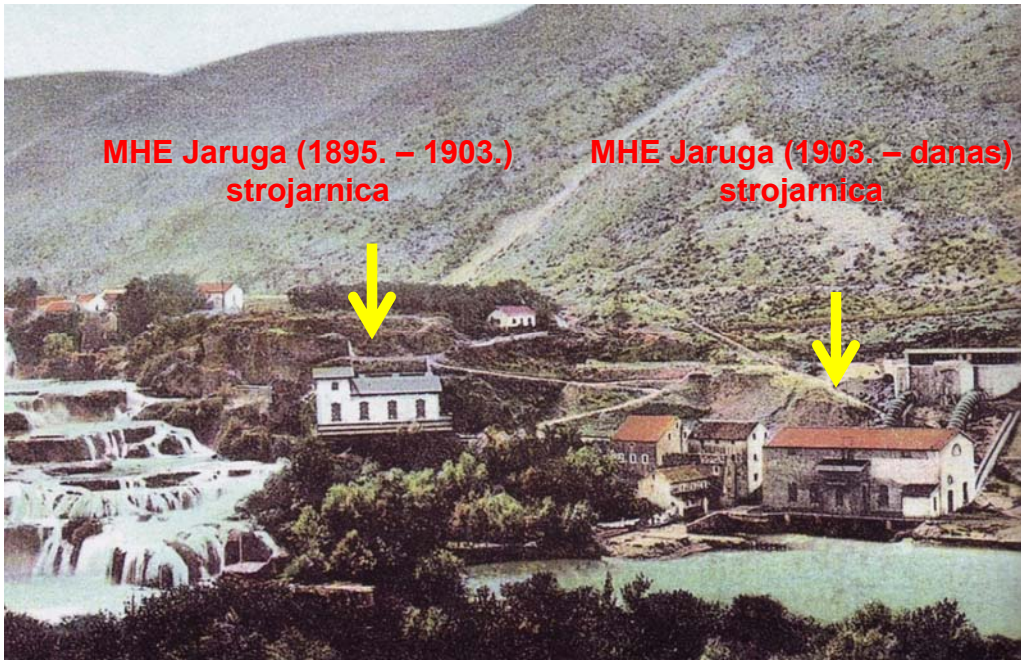
4.2.4 VIJEK TRAJANJA POSTROJENJA

- je 40 godina, a sa dosad najčešćim produžetkom rada od 20 godina, 60 godina.

4.2.5 VRIJEME IZGRADNJE

- je procijenjeno na 10 - 15 godina.

5. ENERGIJA VODE – MALE HIDROELEKTRANE



Sl. 5::1 HE Jaruga 1 i HE Jaruga 2 ubrzo nakon izgradnje

Energija vode je korištena još u antičko doba, u Rimu i Grčkoj gdje se pomoću vodenog kola mljelo žito. Godine 1880. je izgrađena prva hidroelektrana u Novoj Engleskoj.

[18] Hidroelektrane su postrojenja u kojima se energija vode najprije pretvara u mehaničku energiju vrtnje kola turbine te, zatim, u električnu energiju u generatoru.

Danas se daje težište i potiče se izgradnja malih hidroelektrana za koje se procjenjuje da manje utječu na okoliš, za razliku od velikih čiji se utjecaj opisuje kroz veće promjene ekosustava (gradnja velikih brana), utjecaji na tlo, utjecaji na slatkovodni živi svijet, povećana emisija metana i postojanje štetnih emisija u čitavom životnom ciklusu hidroelektrane koje su uglavnom vezane za period izgradnje elektrane, proizvodnje materijala i transport.

Danas se za tehnologiju vezanu za korištenje energije vode, koja se smatra obnovljivim izvorom energije, može reći da je tehnički najpoznatija i najrazvijenija na svjetskoj razini s obzirom na ostale tehnologije korištenja OIE, sa iznimno visokim stupnjem učinkovitosti. 22% svjetske proizvodnje električne energije dolazi iz malih i velikih hidroelektrana

Granična snaga koja dijeli hidroelektrane na male hidroelektrane razlikuje se od zemlje do zemlje. Neke zemlje poput Portugala, Španjolske, Irske, Grčke i Belgije su prihvatila 10 MW kao gornju granicu instalirane snage za male hidroelektrane. U Italiji je granica 3 MW, u Švedskoj 1.5 MW, u Francuskoj 8 MW, u Indiji 15 MW, u Kini 25 MW. Međutim u Europi se sve više prihvaća kapacitet od 10 MW instalirane snage kao gornja granica i tu granicu je podržala Europska udruga malih hidroelektrana (ESHA), te Europska komisija. Prema postojećim propisima u Hrvatskoj, mala hidroelektrana, određena je kao postrojenje za iskorištavanje energije vodotokova s izlaznom električnom snagom od 10 kW do 10MW. Male hidroelektrane se često dalje kategoriziraju u male, mini i micro hidroelektrane.

Male hidroelektrane predstavljaju kombinaciju prednosti proizvodnje električne energije iz energije hidropotencijala i decentralizirane proizvodnje električne energije, dok istovremeno ne pokazuju značajan negativan utjecaj na okoliš kao velike hidroelektrane.



Sl. 5::2 MHE Mataković na rijeci Mrežnici u Dugoj Resi - pravi primjer da su MHE ekološki “čist” izvor energije

U usporedbi sa velikim navedene su samo neke od prednosti malih hidroelektrana:

- gotovo da nemaju nedostataka
- nema troška distribucije električne energije
- nema negativnog utjecaja na ekosustav kao kod velikih hidroelektrana
- jeftino održavanje [27]

Tablica 5::1 Prikaz izgrađenih MHE i HE u Hrvatskoj [30]

	Vlasnik	Broj	Snaga [MW]
HIDROELEKTRANE P ≥ 10 MW	HEP	17	2060,500
MALE HIDROELEKTRANE P < 10 MW	HEP	14	34,205
	privatni	7	5,415
Ukupno		38	2100,120

S obzirom na izgradnju MHE kao dio postojećeg sustava razlikujemo sljedeće MHE:

1.) MHE uz višenamjenske akumulacije

Male hidroelektrane si ne mogu priuštiti gradnju velikih rezervoara ili akumulacija da se koriste zalihama vode kada je to najpogodnije. Cijena izgradnje relativno velike brane bi bila preskupa i ekonomski neisplativa. Ali ako je akumulacija već izgrađena za druge svrhe, kao što su zaštita od poplave, navodnjavanje, prikupljanje vode za velike gradove, rekreacijska područja ili slično, moguće je proizvoditi električnu energiju koristeći postojeći odvod ili prirodni tok rezervoara (akumulacije).

2.) MHE sa sifonskim odvodom

U slučaju da brana nije previsoka može su ugraditi sifonski dovod. Integralni sifonski dovod omogućuje elegantnu izvedbu postrojenja, najčešće do visine 10 m i za postrojenje do 1000 kW, iako postoje postrojenja sa sifonskim dovodom sa instaliranom snagom do 11 MW (Švedska) i visine do 35.5 m (SAD).

3.) MHE integrirane unutar kanala za navodnjavanje

Postoje dvije izvedbe malih hidroelektrana koje koriste kanal za navodnjavanje:

1. Ako je kanal dovoljno velik za smještaj zahvata, strojernice, odvoda i bočnog obilaza za vodu. Da bi osigurali opskrbu vode za natapanje, izvedba mora sadržavati bočni obilaz u slučaju gašenja turbine. Ovakva izvedba zahtijeva projektiranje istovremeno kada i projektiranje kanala za natapanje, jer bi ugrađivanje u kanal koji je već u funkciji mogla biti vrlo skupa opcija.

2. Ako kanal već postoji, pogodna opcija prikazana je na slici. Kanal bi trebao neznatno povećati za smještaj zahvata i preljeva. Da se širina zahvata reducira na minimum, treba ugraditi izduženi preljev. Od zahvata se voda kroz tlačni cjevovod dovodi do turbine, a zatim se kroz kratki ispust vraća u kanal. Uglavnom u kanalima nema migracije riba pa su prolazi za ribe nepotrebni.

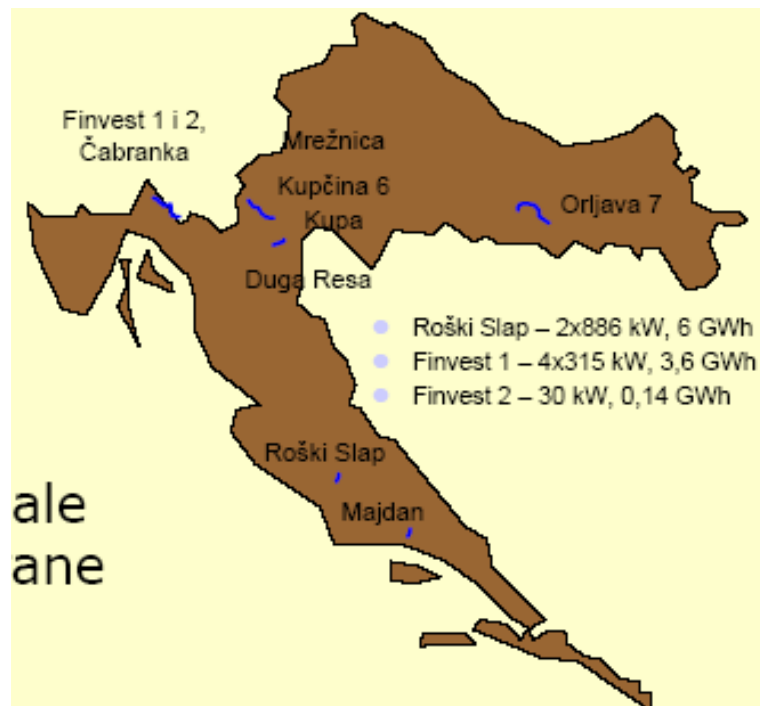
4.) MHE ugrađena u vodoopskrbni sustav

Voda za piće se isporučuje u grad transportom vode iz povišenog rezervoara kroz cjevovod pod pritiskom. Uobičajeno, u takvim vrstama instalacije disipacija energije na nižem kraju cjevovoda, na ulasku u postrojenje za pročišćavanje vode, se ublažava korištenjem specijalnih ventila.

Smještanjem turbine na kraj cjevovoda, da pretvori ionako izguljenu energiju u električnu, je prikladna opcija, pod uvjetom da se izbjegne vodeni udar. Da bi se osigurala trajna opskrba vodom mora biti ugrađen sustav obilaznih ventila. U nekim vodoopskrbnim sustavima turbina ima ispust u otvoreni bazen ili jezero. Sustav za kontrolu održava nivo vode u bazenu. U slučaju mehaničkog zastoja ili zastoja turbine, sustav obilaznih ventila također može održavati razinu vode u bazenu. U slučaju da glavni obilazni ventil ispadne iz pogona pojavljuje se pretlak, te se pomoćni obilazni ventil brzo otvori. Kontrolni sustavi su još složeniji u sustavima gdje je izlaz iz turbine podvrgnut protupritisku vodene mreže.[19]

5.1 POSTOJEĆE I POTENCIJALNE LOKACIJE MHE

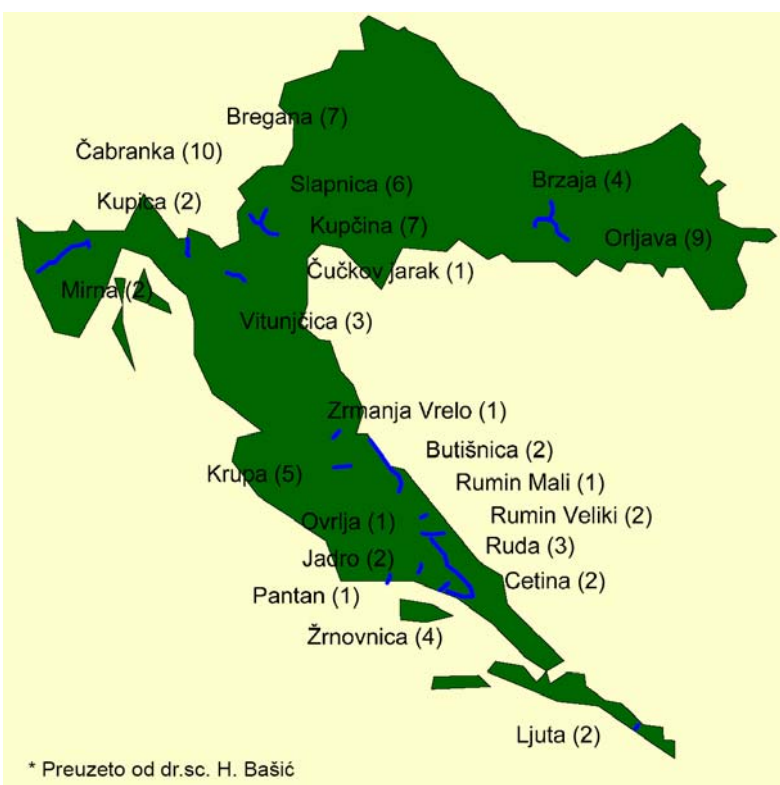
5.1.1 POSTOJEĆE LOKACIJE MHE



SI.5.1.1::1 Male hidroelektrane u privatnom vlasništvu [20]

U privatnom vlasništvu se nalazi 12 objekata; 22 agregata ukupne snage 4,9 MW. [20]

5.1.2 POTENCIJALNE LOKACIJE MHE



Sl. 5.1.2::1. Pilot projekti MHE u Hrvatskoj [20]

Tablica 5.1.2::1 Potencijalne MHE u Hrvatskoj [20]

Instalirana snaga (MW)	Broj poteza	Broj poteza (%)	Instal. snaga (MW)	Instal. snaga (%)
5 - 1,5	20	3	50	29
1,5 - 1,0	17	2	22	12
1,0 - 0,5	42	6	29	16
0,5 - 0,1	296	42	56	31
Manje od 0,1	324	47	21	12
UKUPNO	699	100	177	100

U istraživanju potencijalnih lokacija za izgradnju MHE dobiveni su sljedeći rezultati:

Od 77 istraženih lokacija isključeno je:

- 33 zbog prostorno planska ograničenja

- 18 zbog zaštita okoliša i kulturna baština
- Dvije lokacije su spojene u jednu novim rješenjem

Dakle, preostalo je 25 lokacija.

Od izgradnje MHE na 72 lokacije dobilo bi se snage od 32 MW, a na odobrenih 25 lokacija snaga od 7,8 MW. [20]

5.2 ANALIZA ENERGIJE VODE SA EKOLOŠKOG ASPEKTA

Kriteriji korišteni za procjenu „čistoće“ malih hidroelektrana su otpad, proizvodnja CO₂, te utjecaj na lokalnu floru i faunu.

5.2.1 OTPAD

Mala hidroelektrana ne proizvodi otpad osim kod remonta kada se mijenjaju istrošeni dijelovi strojeva ili strojevi sami ali to je zanemarivo u usporedbi sa količinom otpada kojeg proizvodimo odlaganjem starih kompjutera, automobila i sl.

5.2.2 PROIZVODNJA CO₂

MHE su ekološki vrlo prihvatljive, proizvodnjom električne energije nema emisije ugljičnog-dioksida u okoliš što je izrazito važno.

Jedan GWh električne energije proizvedene u MHE znači:

- izbjegavanje emisije od 480 tona ugljičnog-dioksida (CO₂),
- uštedu 220 tona goriva ili uštedu 335 tona ugljena [19]

5.2.3 UTJECAJ NA LOKALNU FLORU I FAUNU

Iako u znatno manjoj mjeri u odnosu na velike HE (ne utječu na promjene vodotoka), vjerojatan je utjecaj na lokalnoj flori i fauni (migracije i ozljede riba, kvaliteta vode nizvodno i sl.) te se definiraju mjere za zaštitu okoliša koje se mogu poduzeti da se ublaže ti utjecaji:

- Prolazi za ribe

- Skupljanje i skladištenje smeća
- Višenamjenski pogoni
- Tehnike za smanjenje buke i vibracije
- Prijateljske turbine za ribe
- Bio-dizajn

[19]

5.3 ANALIZA ENERGIJE VODE SA EKONOMSKOG ASPEKTA

Kriteriji korišteni za procjenu ekonomske isplativosti su ukupni troškovi tijekom životnog ciklusa postrojenja (troškovi izgradnje, troškovi održavanja, troškovi goriva, troškovi razgradnje sustava), troškovi moguće havarije, proizvodna cijena te neto dobit.

5.3.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA

Potreban kapital za MHE ovisi o:

- efektivnom padu, protoku, geološkim i geografskim značajkama, opremi (turbine, generatori itd.) i građevinskim radovima, te o kontinuitetu toka.

Korištenjem postojećih brana, pregrada, rezervoara i jezera može značajno smanjiti ekološki utjecaj i troškove. Elektrane s malim padom i velikim protokom zahtijevaju veća početna ulaganja, jer građevinski radovi i turbinska mehanizacija mora podnijeti veći protok vode.

Investicijski troškovi i troškovi pogona MHE u Hrvatskoj

Procjena investicijskih troškova zajedno sa troškovima pogona :

1. kategorija vodotokova (108 poteza, srednje vrijednosti $H = 16,62$ m, $Q = 8,04$ m³/s, $P = 791,3$ kW) : do 2500 €/kW

2. kategorija vodotokova (244 poteza, srednje vrijednosti $H = 5,33$ m, $Q = 9,81$ m³/s, $P = 247,35$ kW) : 2500 – 4500 €/kW

3. kategorija vodotokova (231 potez, srednje vrijednosti $H = 3,11$ m, $Q = 6,69$ m³/s, $P = 95,47$ kW) : 4500 – 6000 €/kW

4. kategorija vodotokova (111 potez, srednje vrijednosti $H = 0,99$ m, $Q = 13,08$ m³/s, $P = 73,53$ kW) : preko 6000 €/kW

Za neke MHE u pogonu u Hrvatskoj troškovi pogona iznose od 1.3 do 2.5 €/MWh. Tako su pogonski troškovi prema iskustvenim podatcima iz prakse za malu hidroelektranu Roški slap (1.4 MW) oko 18.37 kn/MWh (oko 2.48 €/MWh), a za malu hidroelektranu Varaždin (585 kW) oko 10 kn/MWh (oko 1.35 €/MWh). [19]

TROŠKOVI RAZGRADNJE SUSTAVA – razgradnja sustava nije potrebna. Pravi primjer je Roški slap koji radi 80 godina ili HE Jaruga koja radi već 100 godina.

S obzirom na nerealno očekivanje da se svih 694 malih hidroelektrana izgrade do 2030.godine u daljnjoj analizi će se uzeti u obzir samo 50 poteza 1.kategorije vodotoka na kojima bi se mogla realizirati izgradnja malih hidroelektrana do 2030.godine. Pri tome se predviđaju idealni uvjeti za izgradnju.

Ukupni troškovi tijekom životnog vijeka MHE s obzirom na kategoriju vodotoka 1 iznose:

$$T_{ip} = P \times T = 791,3 \times 2500 = 1,97 \cdot 10^6 \text{ €} = 14,44 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

5.3.2 PROIZVODNA CIJENA

$t = 5000$ h - broj radnih sati kroz godinu [33]

W [kWh/god] – godišnja proizvodnja električne energije

T_{ip} [kn] – troškovi izgradnje i pogona

T_{god} [kn/god] – godišnji troškovi

C_p [kn/god] – proizvodna cijena

Tablica 5.3.2::1 Proizvodna cijena 1 kWh električne energije iz MHE

Kategorija vodotoka	P [kW]	$t \cdot 10^3$ [h/god]	$W = Pt \cdot 10^3$ [kWh]	$T_{ip} \cdot 10^6$ [kn]	$T_{god} \cdot 10^6$ [kn/god]	$C_p = T/W$ [kn/kWh]
1	791.3	5	3956.5	14.4	0.14	0.036

5.3.3 NETO DOBIT

$K_n = K_b - T_{god}$ [kn/god] - neto dobit

$K_b = C_t \cdot W$ [kn/god] – bruto dobit

T_{god} [kn/god] – godišnji troškovi dobiveni na način kako je prikazano u tablici 5.3.2::1

W [kWh] – godišnja proizvodnja elek. energije u godini dana

C_t – tržišna cijena preuzeta iz pravilnika o poticajnim tržišnim cijenama obnovljivih izvora energije [34]

Tablica 5.3.3::1. Proizvodna cijena 1 kWh električne energije iz MHE s obzirom na kategoriju vodotoka

Kategorija vodotoka	C_t [kn/kWh]	$W \cdot 10^3$ [kWh]	$K_b \cdot 10^3$ [kn]	$T_{god} \cdot 10^3$ [kn/god]	$K_n \cdot 10^3$ [kn]
1	0.690	3956.5	2730.0	140.00	2590.0

5.3.4 POZICIJA MHE POSTROJENJA U EES

- Utjecaj male hidroelektrane ovisi o stanju mreže na mjestu priključka
- Mreža je dimenzionirana na radijalno napajanje
- Prikladna je za veliki broj ruralnih mreža s malom potrošnjom

Npr. 20 MWh/km² prema 200 MWh/km² (Hrvatski prosjek)

- Prikladne su za lođe naponske prilike na krajevima mreže
- Otočni rad doprinosi lokalnoj raspoloživosti električne energije
- Utjecaj na gubitke, tokove snaga, naponske prilike, pouzdanost(moguća potrebna pojačanja mreže)
- Povećavanje izobličenja napona zbog pojave viših harmonika te nestabilnosti napona
- Potreba za promjenom dimenzioniranja zaštite
- Proizvodnja električne energije iz MHE je vrlo promjenjiva

[20]

6. ENERGIJA VJETRA



Sl. 6::1 Vjetroelektrane u Danskoj.

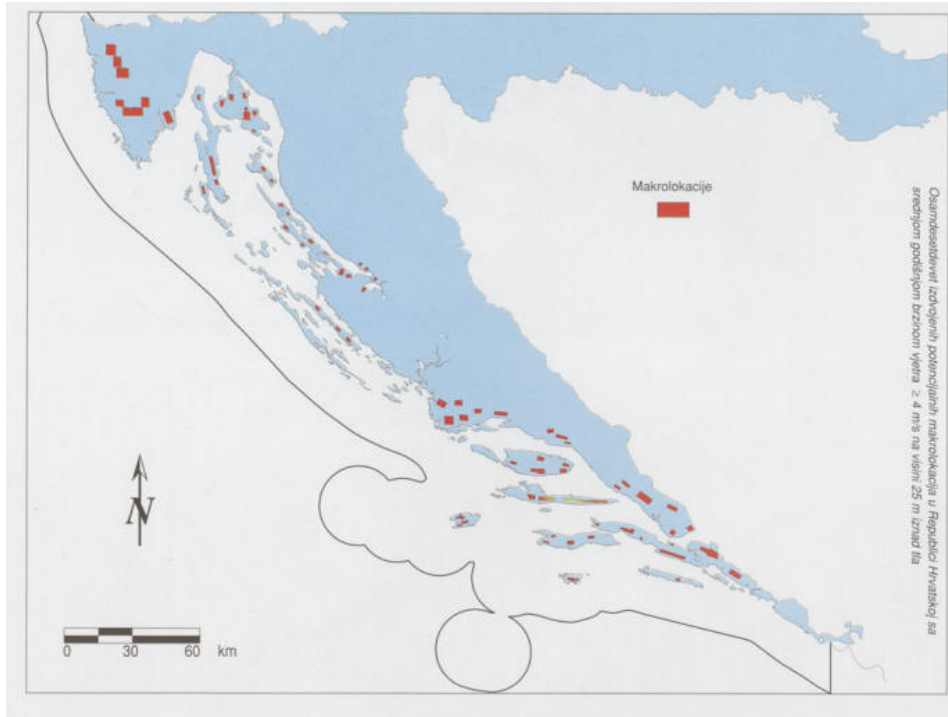
Energiju vjetra pretvaramo u korisni oblik energije, električnu energiju, pomoću vjetroelektrana. U klasičnim vjetrenjačama energiju vjetra pretvaramo u mehaničku te je kao takvu direktno koristimo za mljevenje žitarica ili pumpanje vode. Krajem 2007. instalirana snaga vjetroelektrana u svijetu bila je 94.1 GW. Trenutno vjetroelektrane pokrivaju tek 1% svjetskih potreba za električnom energijom, dok u Danskoj ta brojka iznosi 19%, Španjolskoj i Portugalu 9%, Njemačkoj i Irskoj 6% (podaci za 2007.). Električnom energijom iz vjetra vjetroelektrane snabdijevaju elektro energetska mrežu kao što i pojedinačni vjetroagregati napajaju izolirana mjesta. Vjetar je bogat, obnovljiv, lako dostupan i čist izvor energije. Nedostatak vjetra rijetko uzrokuje nesavladive probleme kada u malom udjelu sudjeluje u opskrbi električnom energijom, ali pri većem oslanjanju na vjetar dovodi do većih gubitaka

[21]

Vjetroelektrana ili eolska elektrana se sastoji iz noseće konstrukcije u obliku stupa, vjetroturbine, generatora električne struje te automatske regulacije broja okretaja i napona generatora, eventualno uz priključak na neki sustav akumuliranja energije ili na regionalnu električnu mrežu.

6.1 POSTOJEĆE I POTENCIJALNE EE U HRVATSKOJ

Slika 6.1::1 prikazuje potencijalne lokacije vjetroelektrana u Hrvatskoj. Na svim lokacijama srednja godišnja brzina vjetra iznosi ≥ 4 m/s na visini 25 m iznad tla.



Sl. 6.1::1 Potencijalne lokacije vjetroelektrana u Hrvatskoj [22]

Sa slike je vidljivo kako obalni prostor Hrvatske ima veliki vjetropotencijal. Najviše potencijalnih lokacija nalazi se u Dubrovačko – neretvanskoj županiji., zatim Splitsko – dalmatinskoj, Zadarskoj i Šibensko – kninskoj županiji. Zanimljiv je podatak kako se velik broj potencijalnih lokacija nalazi na hrvatskim otocima (npr. Pag, Krk, Cres, Brač, Hvar, Korčula) [22]. Naime, vlada je Uredbom o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja zabranila između ostalog i gradnju vjetroelektrana na otocima i na obali 1 000 m od obalne crte! Sve je više glasova protiv takve zabrane, kako među energetičarima, tako i među aktivistima u zaštiti okoliša i predstavnicima lokalne samouprave u područjima gdje je planirana takva gradnja. Primjerice, Novalja je u prostornom planu predvidjela gradnju vjetroelektrane na predjelu Komorovac . [23] ;[24]

Tablica 6.1::1. Podaci o postojećim vjetroelektranama i vjetroelektranama u izgradnji

	Lokacija	Broj vjetrogeneratora	Snaga [MW]	Broj radnih sati	Investitor	Početak gradnje
postojeće	Ravna - Pag	7	5.95	1600	Adria Wind Power	-
	Trtar - Krtolin	14	14	2200	Enersys	-
Ukupno		21	19.95			
u izgradnji	Vrataruša-Seni	22	66		Valalta	2007
	Ćićarija	34	80		Valalta	2008
	Ponikve - Ston	17	34		Enersys	2007
	Pometeno brdo - Klis	16	16		Končar	2006
Ukupno		89	196			

[25]

Iz tablice 6.1::1 vidimo da će Hrvatska do kraja ove godine Hrvatska raspolagati sa 6 parkova vjetroelektrana ukupne snage 215,95 MW.



Slika 6.1::2 U zaleđu Šibenika, na brdu Trtar, izgrađen je naš drugi vjetropark [39] [26]

Unutar slobodnih područja u vjetreno zanimljivom području Hrvatske izdvojeno je 89 makrolokacija. Njihova je ukupna površina 1453 četvornih kilometara, što je oko 1,6 posto

površine Hrvatske. No, zacijelo je važniji podatak da je to oko 10 posto površine razmatranog područja (otoci i priobalje).

[26]

6.2 ANALIZA ENERGIJE VJETRA SA EKOLOŠKOG ASPEKTA



SI.6.2::1 Brdo Trtar kod Šibenika [27]

Kriteriji korišteni za procjenu „čistoće“ ovog izvora energije su otpad (korištenjem sustava, te razgradnjom sustava), proizvodnja CO₂, buka, prostor koji zauzima postrojenje te posljedice moguće havarije

6.2.1 EMISIJA CO₂, PROSTOR KOJI ZAUZIMAJU

Prilikom rada vjetroenergetskih postrojenja ne dolazi ni do kakvih emisija ispušnih plinova ili krutih čestica, niti postoje drugi oblici zagađivanja okoliša koji karakteriziraju konvencionalne energetske objekte i nuklearne elektrane. Instaliranjem vjetroelektrana umjesto termoelektrana na fosilna goriva, sprječava se emisija CO₂. Poznato je da su CO₂ i SO₂ jedni od najvećih zagađivača našeg planeta koji stvaraju ozonske rupe, kisele kiše., zagađuju vodu i dr.

Ispod stupova vjetroelektrane mogu se obavljati poljodjelski, stočarski i slični radovi kao i ispod visokonaponske mreže.

Prednost vjetroelektrana je i u tome što se mogu smjestiti podjednako na neobradivim površinama, morskoj pučini ili poljoprivrednom zemljištu, a posebnost što se prostor između stupova generatora i dalje može koristiti. [28]

6.2.2 OTPAD

Nakon isteka vijeka trajanja postrojenja ili zbog nekih drugih razloga razgradnje sustava skoro svi dijelovi se mogu reciklirati i ponovno koristiti, a ostali se odlažu na primjereno odlagalište.

6.2.3 BUKA I UTJECAJ NA PTICE

Što se tiče opasnosti za ptice može se sa sigurnošću reći da se vjetroparkovi ne izgrađuju na mjestima gdje su migracijski putovi ptica.

Najveća opasnost za ptice i njihovu populaciju su klimatske promjene.

Ne postoje činjenice da je i jedan vjetropark izazvao bilo koji veći štetan efekt po ptice, veći od neke zgrade ili npr. aerodroma. [29]

Vjetroelektrane ne ometaju okolinu zbog buke. Turbina visine 78 m pri vjetru brzine 12-14 m/s stvara samo oko 41 dB (za usporedbu: normalni razgovor stvara 50 dB).

[29]

6.3 ANALIZA ENERGIJE VJETRA SA EKONOMSKOG ASPEKTA

U znanstvenom članku Isplativost poticajne otkupne cijene, Ognjan, D., Stanić, Z., Tomšić, Z., objavljenom u časopisu Energija, god.57(2008), br.2., str 178-199 se napravio model pomoću software-a RETSCREEN za vjetroelektranu snage 25 MW.

Model je napravljen sa prosječnim vrijednostima za različite faktore opterećenja te je samo okvirni pokazatelj ekonomske isplativosti vjetroelektrane snage 25 MW.

Pošto se u ovom radu analizira konkurentnost obnovljivih izvora energije nuklearnoj energiji s obzirom na mnogobrojne pokazatelje od kojih su mnogi prosječne vrijednosti, uzet će se ovaj model kao mjerodavan te će se koristiti rezultati navedene u tablici 6.3::1 koja je preuzeta iz spomenutog članka.

Parametar/Faktor opterećenja / Parameter/capacity factor	18 %	20 %	22 %	25 %	27 %	30 %
Ukupna proizvodnja / Total production [MWh]	39 420	43 800	48 180	54 750	59 130	65 700
Ukupna investicija / Total investment [HRK]	250 000 000	250 000 000	250 000 000	250 000 000	250 000 000	250 000 000
Godišnji troškovi - ukupni / Annual costs - total [HRK]	31 526 191	32 231 278	32 936 366	33 993 998	34 699 086	35 756 718
- Pogon i održavanje / Operation and maintenance [HRK]	6 345 793	7 050 880	7 755 968	8 813 600	9 518 688	10 576 320
- Otplata kredita / Load repayment [HRK]	25 180 398	25 180 398	25 180 398	25 180 398	25 180 398	25 180 398
Godišnji prihodi - ukupni / Annual income - total [HRK]	25 383 169	28 203 521	31 023 873	35 254 401	38 074 753	42 305 281
- Prihod od prodaje električne energije (HRK) / Earnings from the sale of electricity [HRK]	25 228 800	28 032 000	30 835 200	35 040 000	37 843 200	42 048 000
- Prihod od naknada za emisije CO ₂ (HRK) / Earnings from CO ₂ emission compensations [HRK]	154 369	171 521	188 673	214 401	231 553	257 281
Financijska isplativost / Financial viability						
ISR nakon oporezivanja — kapital / after- tax IRR — capital	0,76 %	3,82 %	6,94 %	11,72 %	14,89 %	19,65 %
Jednostavni povrat (god.) / Simple return (year)	13,1	11,8	10,7	9,5	8,8	7,9
Neto sadašnja vrijednost / Net present value [HRK]	-42 799 078	-21 361 502	-364 989	30 152 227	49 710 997	78 359 759
Omjer koristi i troškova / Benefit-cost ratio	0,14	0,57	0,99	1,60	1,99	2,57
Pokriće duga / Debt coverage	0,78	0,87	0,95	1,08	1,17	1,30

Tablica 6.3.:1 Rezultati modela za VE snage 25 MW

6.3.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA POSTROJENJA

Ukupni troškovi tijekom životnog vijeka vjetroelektrane od 20 godina su troškovi izgradnje, troškovi održavanja i troškovi razgradnje sustava, odnosno zamjena dotrajalih dijelova.

TROŠKOVI IZGRADNJE

Troškovi izgradnje su očitani iz tablice 6.3.:1 i iznose:

$$T_i = 250 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI ODRŽAVANJA

Troškovi održavanja su očitani iz tablice 6.3.:1 i iznose:

$$T_o = 10,576 \cdot 10^6 \text{ kn/god}$$

Vijek trajanja vjetroelektrane je 20 godina dakle ukupni troškovi održavanja tijekom vijeka trajanja postrojenja iznose :

$$T_o = 10,576 \cdot 10^6 \cdot 20 = 211,52 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

TROŠKOVI RAZGRADNJE

S obzirom da je masovna izgradnja vjetroelektrana tek zapravo počela predviđa se da s razvojem tehnologije i materijala neće uopće biti potrebno razgraditi sustav već će se zamijeniti dotrajali dijelovi. Dakle, za vjetroelektrane troškovi razgradnje iznose 0 kn.

Ukupni troškovi tijekom životnog vijeka postrojenja od 20 godina su:

$$T_{uk} = T_i + T_o = 250 \cdot 10^6 + 211,52 \cdot 10^6 = 271,52 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

6.3.2 PROIZVODNA CIJENA

T_{god} [kn/god] – godišnji troškovi očitani iz tablice 6.3.:1 sa faktorom opterećenja od 30%
Faktor opterećenja – odnos stvarno proizvedene energije i teorijski najveće moguće proizvodnje energije

S obzirom da je u ovom radu otplata kredita zanemarena, zanemarit će se i u ovom slučaju te očitana vrijednost iznosi:

$$T_{god} = 10,576 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

W [kWh/god] – Ukupna proizvodnja

Ukupna proizvodnja je očitana iz tablice 6.3.:1 i iznosi :

$$W = 65\,700 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

C_p [kn/kWh]– proizvodna cijena ; $C_p = T_{god} / W$

$$C_p = 10,576 \cdot 10^6 / 65\,700 \cdot 10^3 = 0,161 \text{ kn/ kWh}$$

6.3.3 NETO DOBIT

K_n – neto dobit

$$K_n = K_b - T_{\text{god}}$$

Iz tablice 6.3.:1 su očitani :

$K_b = 42\,048 \cdot 10^3$ kn/god ; nisu uzeti u obzir prihodi od emisije CO₂ iz razloga što se u ovom radu za sve elektrane uzima u obzir samo prihod od prodaje električne energije.

$$T_{\text{god}} = 10,576 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Dakle, neto dobit iznosi:

$$K_n = K_b - T_{\text{god}} = 42,048 \cdot 10^6 - 10,576 \cdot 10^6 = 31,472 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

U ovom poglavlju će se navesti i podatci s obzirom na vijek trajanja građevine kao i vrijeme izgradnje postrojenja.

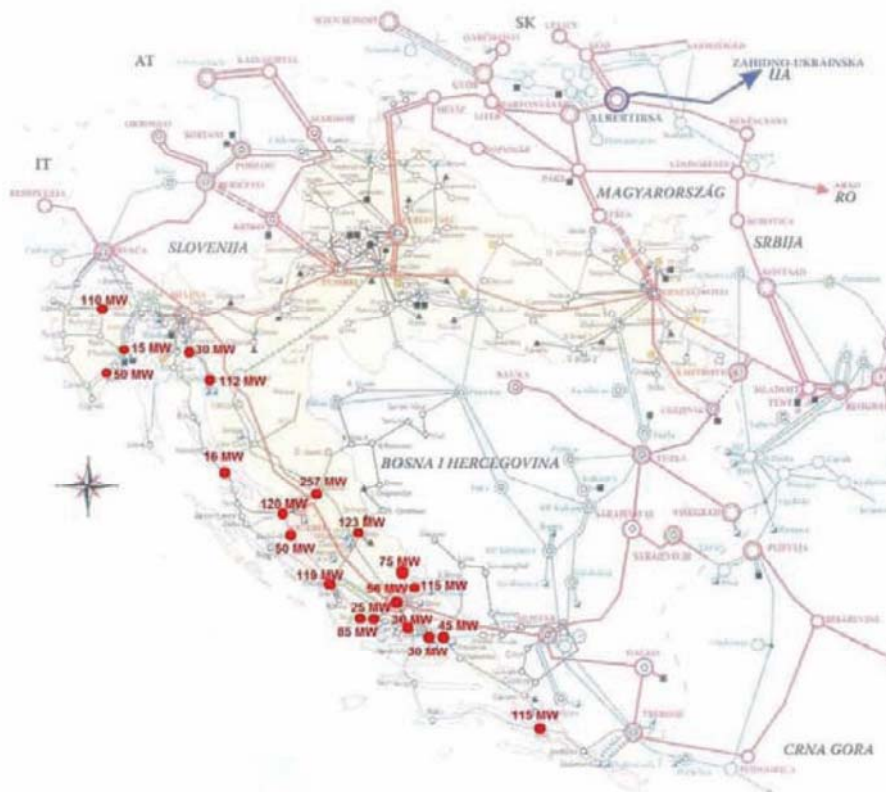
6.3.4 VIJEK TRAJANJA POSTROJENJA

- je procijenjen na 20 godina

6.3.5 VRIJEME IZGRADNJE

Za realizaciju projekta PAG - BRDO RAVNE trebalo je punih 7 godina. Sama gradnja trajala je svega 4 mjeseca, ali pripreme su bile jako duge.[23] ; [24]

6.4 POZICIJA VJETROELEKTRANA U EES



Legenda / Legend:

Sl. 6.4.:1 **Moguće lokacije VE u sklopu EES-a ukupne instalirane snage 1 560,5 MW**

Na temelju analiza opisanih u prethodnim poglavljima možemo procijeniti ukupnu instaliranu snagu VE koju današnji elektroenergetski sustav može prihvatiti bez većih posljedica po sigurnost pogona i napajanje potrošača. Ta je snaga određena polazeći od današnjih spoznaja o lokacijama i snagama VE planiranih za izgradnju, evakuacijskih sposobnosti prijenosne mreže, procijenjenim karakteristikama kretanja snage VE, te regulacijskih sposobnosti EES-a. Procjena iznosi:

- instalirana snaga VE u najvjerojatnijem scenariju izgradnje: 1 560,5 MW,
- dozvoljena snaga VE s obzirom na izgrađenost i evakuacijske sposobnosti prijenosne mreže: 923,5 MW,
- dozvoljena snaga VE s obzirom na regulacijske sposobnosti postojećih elektrana unutar EES—a: 300 MW do 400 MW.

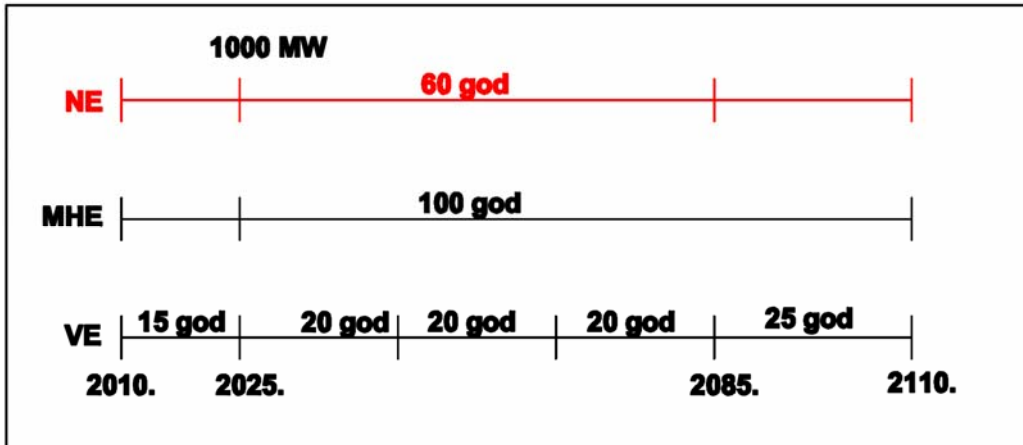
Procjenjuje se da je u sadašnjem trenutku moguće na sustav priključiti VE u rasponu

od 300 MW do 400 MW ukupne instalirane snage. Procjena se temelji na pretpostavci da će iste biti prostorno disperzirane, što znači veći broj manjih jedinica. U slučaju izgradnje dvije ili tri VE velikih snaga (>100 MW) sigurnost pogona mogla bi biti narušena radi velikih oscilacija u izlaznoj snazi VE.[30]

7. REZULTATI I RASPRAVA

7.1 REZULTATI S OBZIROM NA EKONOMSKI ASPEKT

7.1.1 UKUPNI TROŠKOVI TIJEKOM ŽIVOTNOG VIJEKA TRAJANJA POSTROJENJA



Sl. 7.1.1.:1 Shema usporedbe NE, MHE i VE s obzirom na vijek trajanja postrojenja

Slika 7.1.:1 prikazuje shemu na kojoj su uspoređene nuklearna elektrana, mala hidroelektrana te vjetroeletktrana s obzirom na vijek trajanja postrojenja. U poglavlju 2. Cilj rada i kriteriji navedena je veličina snage od 1000 MW kao mjerodavna za usporedbu dva moguća rješenja za energetske probleme Hrvatske.

Jedno od rješenja je izgradnja nuklearne elektrane navedene snage, a drugo rješenje je izgradnja vjetroeletktrana i malih hidroelektrana iste vrijednosti.

Da bi se mogla usporediti ova dva rješenja s obzirom na zadane kriterije napravljena je shema prema kojoj se optimistično procjenjuje da se u vremenu od 15 godina može u Hrvatskoj izgraditi NE snage 1000 MW ili 39 vjetroeletktrana i 50 malih hidroelektrana ukupne snage 1000 MW.

Vijek trajanja NE je prosječno 40 godina ali većina NE dobiju produženje vijeka za 20 godina pa se vijek trajanja NE u ovom radu uzima 60 godina što se i vidi na prikazanoj shemi. Vijek trajanja MHE je procijenjen na 40 godina, ali iz stvarnih primjera koji su prikazani u poglavlju 5. Energija vode- male hidroelektrane, se vidi da je vijek trajanja blizu

100 godina sa povremenom zamjenom dotrajalih dijelova. Vijek trajanja vjetroelektrana je procijenjen na 20 godina kao što je prikazano na shemi iako to nije baš realno s obzirom da se većina vjetroelektrana ne planira razgraditi u potpunosti nakon isteka vijeka trajanja već se zamjenjuju dotrajali dijelovi.

Na strani sigurnosti je dakle proračunati ukupne troškove vjetroelektrana koji se mogu usporediti sa ukupnim troškovima nuklearne elektrane na sljedeći način:

U poglavlju 6.3.1 dobiveni su ukupni troškovi tijekom životnog vijeka od 20 godina vjetroelektrane snage 25 MW :

$$T_{uk.} = 271,52 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Za ukupnu snagu od 975 MW sa vjetroelektranama snage 25 MW potrebno je 39 lokacija.

Vijek trajanja nuklearne elektrane je 60 godina, a vjetroelektrane 20 godina što znači da se u vijeku trajanja NE, VE treba izgraditi 3 puta i 3 puta koristiti odnosno napraviti 3 puta veće troškove od ukupnih troškova tijekom životnog vijeka od 20 godina. To, naravno nije istina jer nakon izgradnje vjetroelektrane po isteku vijeka trajanja će se zamijeniti dotrajali dijelovi što znači manje troškove izgradnje cijelog postrojenja. No zbog nedostatka podataka koliko bi točno iznosili troškovi zamijene dotrajalih dijelova na strani sigurnosti je proračunati ukupne troškove tijekom vijeka trajanja od 60 godina na sljedeći način:

$$T_{uk.VE} = T_{uk.} \cdot \text{broj lokacija} \cdot 3 = T_{uk.} \cdot 39 \cdot 3 = 271,52 \cdot 10^6 \cdot 39 \cdot 3 = 31\,767,84 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Za male hidroelektrane vrijedi još jednostavniji proračun iz razloga što je njihov vijek trajanja procijenjen na 100 godina te se njihovi ukupni troškovi tijekom vijeka trajanja od 100 godina množe samo sa brojem lokacija.

U poglavlju 5.3.1 dobiveni su ukupni troškovi tijekom životnog vijeka MHE s obzirom na kategoriju vodotoka 1:

$$T_{ip} = P \times T = 791,3 \times 2500 = 1,97 \cdot 10^6 \text{ €} = 14,44 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Predviđena je izgradnja 50 MHE do 2025. godine što znači da ukupni troškovi tijekom vijeka trajanja svih 50 MHE iznose:

$$T_{\text{uk.MHE}} = T_{\text{ip}} \cdot 50 = 14,44 \cdot 10^6 \cdot 50 = 722 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Dakle, ukupni troškovi vjetroelektrana i malih hidroelektrana ukupne snage 1000 MW tijekom vijeka trajanja od 60 godina iznose:

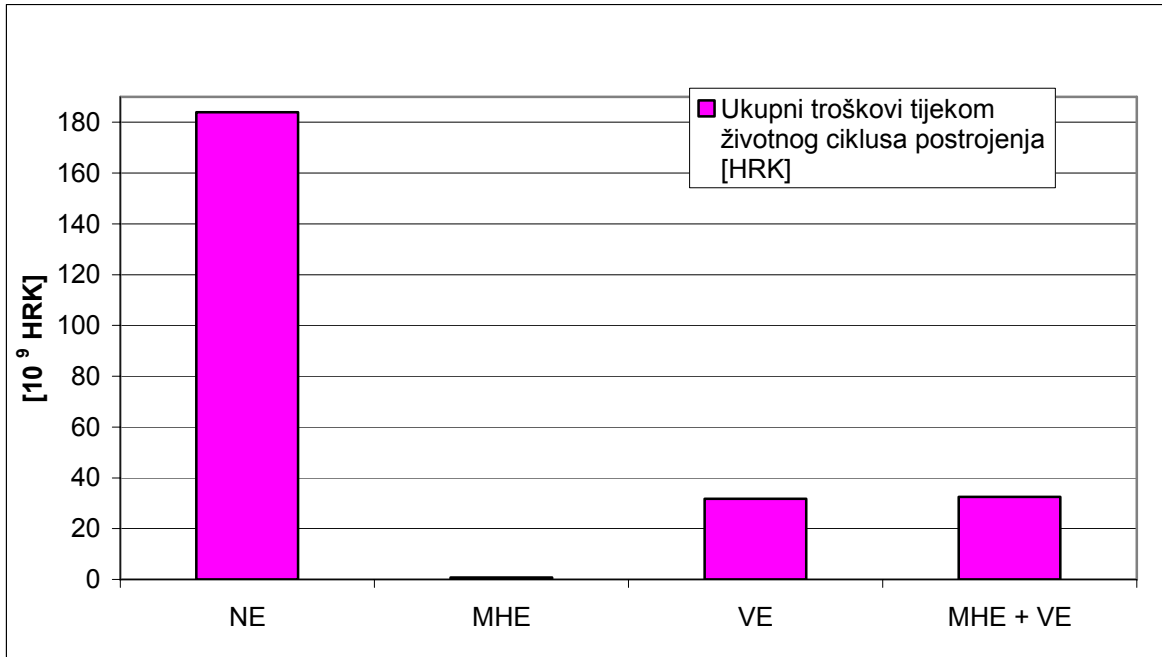
$$T_{\text{uk.MHE,VE}} = 722 \cdot 10^6 + 31\,767,84 \cdot 10^6 = 32\,489,84 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

U poglavlju 4.2.1 su proračunati ukupni troškovi tijekom životnog vijeka nuklearne elektrane od 60 godina i iznose:

$$T_{\text{uk.NE}} = 184\,000 \cdot 10^6 \text{ kn}$$

Tablica 7.1.1::1 Ukupni troškovi postrojenja tijekom životnog vijeka od 60 godina

	$T_{\text{UK}} \cdot 10^9 [\text{kn}]$
NE	184
MHE	0.7
VE	31.8
MHE + VE	32.5



Graf 7.1.1::1 Ukupni troškovi postrojenja tijekom životnog vijeka od 60 godina

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti kako su ukupni troškovi tijekom životnog vijeka od 60 godina nuklearne elektrane oko 6 puta veći od ukupnih troškova malih hidroelektrana i vjetroelektrana što je posljedica troškova održavanja, troškova odlaganja otpada te troškova razgradnje sustava. (Tablica 4.2.1::2)

7.1.2 UKUPNI GODIŠNJI TROŠKOVI POSTROJENJA

Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju za 1000 MW snage potrebno je 39 vjetroelektrana snage 25 MW te 50 lokacija MHE snage što znači da će se proračunu godišnjih troškova pristupiti na sljedeći način:

U poglavlju 5.3.2 proračunati su godišnji troškovi male hidroelektrane snage 791,30 kW i iznose :

$$T_{\text{god}} = 0,14 \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$$

Ovdje je potrebno 50 takvih MHE pa se T_{god} množi sa 50 te se dobiju godišnji troškovi za 50 MHE u iznosu od:

$$T_{\text{god.50}} = 50 \cdot 0,14 \cdot 10^6 = 7 \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$$

Ista procedura se primjenjuje za vjetroelektrane snage 25 MW kojih je potrebno 39 kako bi zbroj ukupne snage MHE i VE iznosio 1000 MW. U poglavlju 6.3.2 proračunati su godišnji troškovi za VE snage 25 MW:

$$T_{\text{god}} = 10,576 \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$$

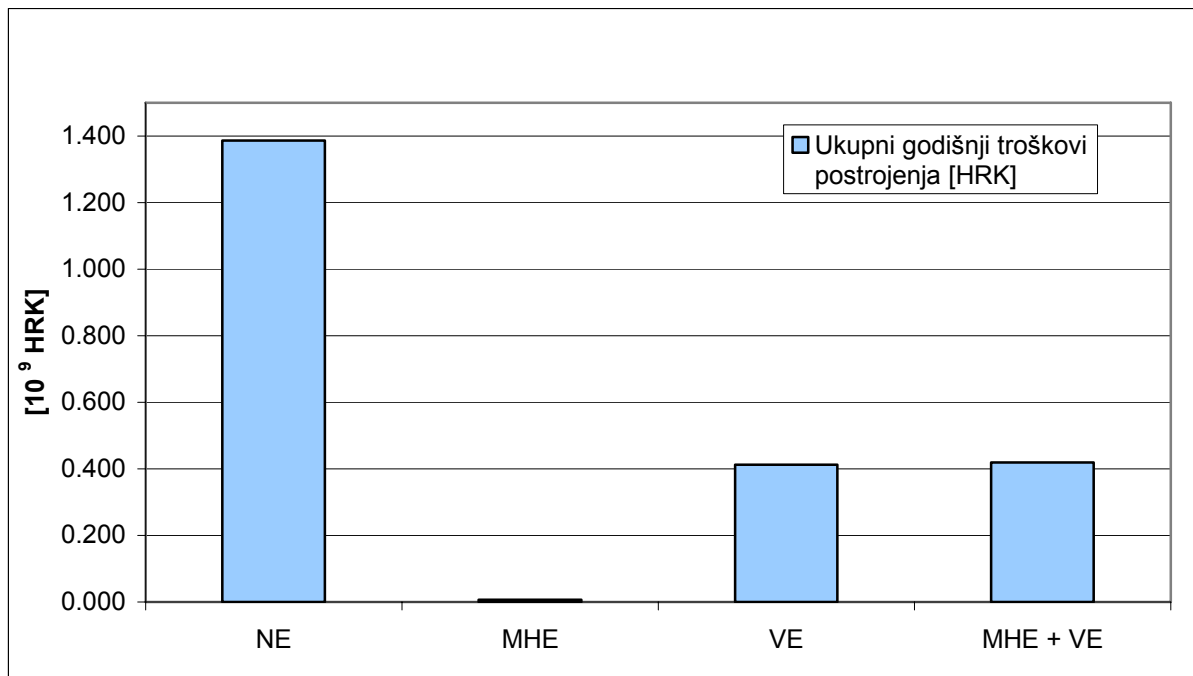
Za 39 takvih VE godišnji troškovi iznose:

$$T_{\text{god.50}} = 39 \cdot 10,576 \cdot 10^6 = 412,464 \cdot 10^6 \text{ [kn/god]}$$

Godišnji troškovi za nuklearnu elektranu su proračunati u poglavlju 4.2.1, a prikazani su u i tablici 7.1.2::1.

Tablica 7.1.2::1 Ukupni godišnji troškovi postrojenja

	$T_{\text{UK.GOD}} \cdot 10^9$ [kn]
NE	1.387
MHE	0.007
VE	0.412
MHE + VE	0.419



Graf 7.1.2::1 Ukupni godišnji troškovi postrojenja

Prema kriteriju ukupnih godišnjih troškova nuklearna elektrana se pokazala 3,5 puta skupljom od ukupne vrijednosti malih hidroelektrana i vjetroelektrana.

7.1.3 PROIZVODNA CIJENA

Tablica 7.1.3::1 Proizvodna cijena 1 kWh električne energije

	C_p [kn/kWh]	
NE	0.23	1
NE	0.34	2
MHE	0.036	
VE	0.161	

Proizvodna cijena za nuklearnu elektranu je dobivena u poglavlju 4.2.2.

Oznake 1 i 2 kod proizvodne cijene za nuklearnu elektranu označavaju dvije vrste proračuna koji su objašnjeni u navedenom poglavlju.

C_p za NE s oznakom 1 – prosječna proizvodna cijena u koju nisu uključeni troškovi razgradnje sustava te kamate na otplatu kredita kao ni godišnji troškovi odlaganja otpada.

C_p za NE s oznakom 2 – prosječna proizvodna cijena u koju su uključeni godišnji troškovi odlaganja otpada ali nisu kamate na otplatu kredita

Proizvodna cijena za malu hidroelektranu je dobivena u poglavlju 5.3.2.

Proizvodna cijena za nuklearnu elektranu je dobivena u poglavlju 6.3.2.

Iz tablice se vidi da je proizvodna cijena električne energije dobivene iz vjetroelektrane dva puta manja od obadvije proizvodne cijene iz nuklearne elektrane, a proizvodna cijena male hidroelektrane je šest puta manja od obje cijene tako da su po ovome kriteriju obnovljivi izvori vode i vjetra itekako konkurentni nuklearnoj energiji.

7.1.4 NETO DOBIT

Tablica 7.1.4::1 Neto dobit od prodaje električne energije

	$K_n \cdot 10^6$ [kn]	
NE	2222	1
NE	1564	2
MHE	129.5	
VE	1227.4	
MHE + VE	1356.9	

Neto dobit za nuklearnu elektranu je dobivena u poglavlju 4.2.3.

Oznake 1 i 2 kod neto dobiti za nuklearnu elektranu označavaju dvije vrste proračuna koji su objašnjeni u navedenom poglavlju.

Neto dobit za malu hidroelektranu snage 791,3 kW je dobivena u poglavlju 5.3.3, a za vjetroelektranu u poglavlju 6.3.3. Da bi se vrijednosti neto dobiti od NE mogle usporediti sa zbrojem neto dobiti MHE i VE, neto dobit od MHE snage 791,3 kW se pomnožila sa 50 iz razloga koji su već objašnjeni u ovom poglavlju, a neto dobit VE snage 25 MW sa 39 iz istih razloga.

Iz tablice 7.1::4 se vidi da je neto dobit iz MHE i VE ukupne snage 1000 MW manja od neto dobiti iz NE iste snage unatoč mnogo manjoj proizvodnoj cijeni i godišnjim troškovima iz razloga što je proizvodnja električne energije veća kod nuklearne elektrane što je posljedica većeg broja radnih sati kod NE.

No unatoč manjoj proizvodnji neto dobit kod obnovljivih izvora nije puno manja od dobiti iz nuklearne elektrane, pogotovo s obzirom na neto dobit označena sa brojem 2 u čije su godišnje troškove uključeni i troškovi odlaganja otpada.

Troškovi odlaganja otpada u ovom radu su temeljena na literaturi u kojoj su oni procijenjeni jer su stvarne vrijednosti troškova odlaganja otpada nedostupne.

7.2 REZULTATI S OBZIROM NA EKOLOŠKI ASPEKT

7.2.1 OTPAD

a) Proizveden izgradnjom postrojenja

I kod nuklearne elektrane i male hidroelektrane i vjetroelektrane nemoguće je izbjeći proizvodnju određene količine otpada prilikom izgradnje

b) Proizveden korištenjem sustava

Male hidroelektrane i vjetroelektrane svojim radom ne proizvode nikakav otpad.

Nuklearna elektrana proizvodi 1000 tona nisko i visoko radioaktivnog otpada godišnje. [6]

c) Proizveden razgradnjom sustava

Otpad proizveden razgradnjom VE i MHE sličan je otpadu koji se proizvede prilikom rušenja kuće ili čelične konstrukcije. Otpad dobiven razgradnjom VE se većim dijelom može reciklirati te se ponovno koristiti. Kod razgradnje nuklearnog postrojenja nema točnih podataka koliko točno radioaktivnog otpada se dobije ali na temelju vremena razgradnje koje je minimalno 15 godina, ali se radi predostrožnosti preporuča vrijeme od 100 godina može se zaključiti da se sigurno radi o tisućama tona.

Što se tiče otpada kao jednog od kriterija na temelju prikupljenih podataka (poglavlje 4.1.1) može se zaključiti kako su VE i MHE ekološki „čista“ postrojenja kad ih se usporedi sa nuklearnom elektranom koja samo godišnje proizvede 1000 tona visoko i nisko radioaktivnog otpada koji se mora negdje skladištiti. Jedno od mjesta za skladištenje su ocean i zakapanje u zemlju. Pitanje je koliko dugo će se to moći raditi bez posljedica, jer

skladištenjem radioaktivnog otpada se ne rješava problem jer se tijekom skladištenja radioaktivne tvari ne razgrađuju.

7.2.2 EMISIJA CO₂

Na temelju prikupljenih podataka može se reći da ni nuklearna elektrana kao ni mala hidroelektrana i vjetroelektrana ne proizvode više od 8g/kWh CO₂ (poglavlje 4.1.3), ali kod nuklearnih elektrana postoji opasnost od proizvodnje CO₂ više nego od izravnog izgaranja fosilnih goriva u slučaju da se dogodi nestanak obogaćenog urana koji se koristi danas kao gorivo te da se počne koristiti osiromašeni uran, a to je vrlo moguć scenarij jer urana kao i nafte ima u ograničenim količinama.(poglavlje 4.3.1)

7.2.3 UTJECAJ NA ČOVJEKA

Male hidroelektrane gotovo uopće ne utječu na čovjeka, dok vjetroelektrane utječu vizualno, te bukom ali to sve ovisi od čovjeka do čovjeka jer nekima su prekrasne, pogotovo na otocima. Buka od VE: - turbina visine 78 m pri vjetru brzine 12-14 m/s stvara samo oko 41 dB (za usporedbu: normalni razgovor stvara 50 dB).[29]

Nuklearna elektrana na prvi pogled uopće ne utječe na čovjeka. Zauzima prostor samo od 1 km², ne čuje se, ne pušta radioaktivnost, oko postrojenja se nalaze livade (primjer NE Krško) i sl. No ona najviše utječe na čovjeka, prvenstveno zbog malih kvarova o kojima se ništa ne zna u javnosti, a koja ispuste ili veću količinu radioaktivnosti od dopuštene ili procuri tekućina sa uranovim sastojcima kao što se dogodilo prošle godine u Tricastinu u Francuskoj [12], čije posljedice se još ne znaju.

Što se tiče posljedica havarije također na čovjeka najviše utječe nuklearna elektrana u kojoj je unatoč svim mjerama predostrožnosti moguća havarija zbog toga što sa postrojenjem rukuje čovjek, a čovjek griješi. A ako dođe do nesreće, pa makar i ne bilo eksplozije dogodi se nešto kao što se dogodilo u Černobilu 1986.god čije posljedice se osjećaju i danas, 20 godina nakon nesreće. (poglavlje 4.1.5)

7.2.4 UTJECAJ NA OKOLIŠ

Na temelju prikupljenih i prikazanih podataka u ovom radu može se zaključiti kako najviše na okoliš utječe nuklearno postrojenje zbog toga što proizvodi 1000 tona radioaktivnog

otpada godišnje, što se proizvodi radioaktivni otpad tijekom razgradnje sustava te zbog činjenice da i najmanje pogreške u ovom postrojenju rezultiraju velikim zagađenjima okoliša za čiji oporavak trebaju stotine godina, ako ne i tisuće godina.

8. ZAKLJUČAK

S obzirom na sve prikupljene podatke i dobivene rezultate zaključuje se da je rješenje energetskeg problema Hrvatske prvenstveno štednja, a zatim obnovljivi izvori energije vode i vjetra.

Vjetar je danas najiskorišteniji obnovljivi izvor u Hrvatskoj sa tendencijom porasta korištenja, a to za sobom povlači opadanje troškova. Prednosti vjetroelektrana pred nuklearnom elektranom u Hrvatskoj je ne samo brz energetske razvoj već i domaća proizvodnja dijelova, čist zrak (nema opasnosti od radioaktivnosti), čiste rijeke(nema opasnosti od izlivanja radioaktivnih tekućina), besplatno obnovljivo gorivo kao i sigurnost od havarija veličine Černobila koje bi zasigurno uništile pola Hrvatske, a da ne govorimo o upropaštenom turizmu.

Voda je u ovom radu pokazala ono što je dobro znano, a to je ekonomske i ekološke isplativost te se predlaže njeno veće korištenje, pogotovo kao obnovljene mlinice koje se mogu iskoristiti i za turizam.

Iako su se u proračunima koristile procijenjene vrijednosti, nuklearna energija je uvjerljivo pokleknula pred obnovljivim izvorima s obzirom na sve kriterije zato jer, budućnost nije mračna, nuklearna i sputana količinom goriva već je svjetla, obnovljiva i slobodna.

9. ZAHVALE

Zahvaljujem se profesoru B. Berakoviću što je pristao biti mi mentor te što mi je svojim savjetima pomogao u izradi ovog rada.

Također se zahvaljujem svim svojim prijateljima na podršci koju su mi pružili slušajući me kako pričam o nuklearnoj energiji i obnovljivim izvorima iz dana u dan.

10. POPIS LITERATURE

- [1] http://www.izvorienergije.com/energija_cinjenice/cinjenice_nuklearna_energija.html
- [2] Nuclear power- the energy balance by Jan Willem Storm van Leeuwen and Philip Smith, February 2008
- [3] http://sh.wikipedia.org/wiki/Nuklearna_energija
- [4] http://hr.wikipedia.org/wiki/Nuklearna_elektrana
- [5] www.zvne.fer.hr;],„NUKLEARNE ELEKTRANE“, Josip Vukovic
- [6] <http://wolf.readinglitho.co.uk/subpages/nuclear.html>
- [7] SMASH THE MIRROR, „Storing Nuclear Fuel, Boost to local Economy, June, 12, 2008. by Brian Cesarotti
- [8] <http://www.inet.hr/~dasovic/virtual-lab/radioaktivnost.htm#vrstesudara>
- [9] THE INDIRECT GREENHOUSE GAS EMISSIONS EMBEDDED IN THE INVESTMENT GOODS FOR EMISSION-FREE POWER-GENERATING TECHNOLOGIES, EVALUATED FOR BELGIAN CONDITIONS; Kris R. Voorspools, Els A. Brouwers, William D. D'haeseleer
- [10] http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/knjiznica/teme/nuklearna_energija/polozaj_nuklearne_energije_prema_ostalim_energentima_u_svijetu
- [11] http://www.izvorienergije.com/cernobil_katastrofa.htm)
- [12] fizičar dr.sc.Ivo Derado, Munchen
<http://portal.connect.znanost.org/content/view/2622>
- [13] <http://www.index.hr/vijesti/clanak/ukrajina-odaje-pocast-zrtvama-cernobilske-katastrofe>
- [14] <http://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cernobil>
- [15] <http://www.h-alter.org/vijesti/vijesti/20-godina-nakon-cernobila>)
- [16] <http://www.nadlanu.com/Dynamic/News,intItemID,46168,intCategoryID,273.html>
- [17] <http://www.hatz.hr/hrv/glasnik/Isplativost%20gradnje%20elektrana.htm>
- [18] http://library.thinkquest.org/26663/en/4_2_4.html
- [19] http://hr.wikipedia.org/wiki/Male_hidroelektrane
- [20] (http://www.fer.hr/download/repository/OINT04_male_HE-.pdf)
- [21] http://hr.wikipedia.org/wiki/Energija_vjetra

[22] HEP «Projekti vjertoelektrana u Hrvatskoj».

[23] www.vecernji-list.hr

[24] www.vjesnik.hr

[25] http://www.geog.pmf.hr/e_skola/geo/mini/vjetar_u_hrvatskoj/postojece_u_izradi_u_planu.html

[26] http://www.ina.hr/UserDocsImages/Ina_casopis/jesen08/75-79-energija.pdf

[27] Nikša Stipaničev / CROPIX

[28] http://www.geog.pmf.hr/e_skola/geo/mini/vjetar_u_hrvatskoj/isplativost_okolis.html

[29] <http://novaenergija.hr/energija-vjetra/>

[30] MOGUĆNOST PRIHVATA PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U EES
REPUBLIKE HRVATSKE Davor Bajš; Energetski institut Hrvoje Požar, Goran
Majstrović; Energetski institut Hrvoje Požar

[31] Mogućnost korištenja hidropotencijala u Hrvatskoj; prof.dr.sc. Boris Beraković, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, dipl.ing.građ.Željko Pavlin, dipl.ing.građ. sandro Štefanac, Elektroprojekt d.d., Zagreb

[32] http://www.upi.com/Top_News/2008/02/17/Nuclear-waste-costs-US-govt-millions/UPI-90261203271559/

[33] Hidroenergija – male HE; obnovljivi izvori i NT, Zdenko Šimić, 2009

[34] http://www.hep.hr/oie/propisi/tarifni_sustav_za_oeik.pdf

11. SAŽETAK

Jelena Dasović

Konkurentnost obnovljivih izvora energije nuklearnoj energiji u Hrvatskoj

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, nuklearna elektrana

Energetski problemi više nisu samo stvar budućnosti. Sa sve manjim zalihama fosilnog goriva, a sve većim zagrijavanjem atmosfere svijet, a među njima i Hrvatska koja trenutno uvozi 50% električne energije, traže rješenje koje će zadovoljiti njihove energetske potrebe kao i potrebe za smanjenjem emisije CO₂, glavnog krivca za "efekt staklenika". Jedno od rješenja koja se predlažu u zadnjih par godina jest izgradnja nuklearne elektrane u Hrvatskoj za koju tvrde da ima jako malo emisije CO₂, a drugo rješenje su obnovljivi izvori energije.

Pošto Hrvatska uvozi 50% svoje energije kao rješenje je predložena izgradnja nuklearne elektrane snage 1000 MW.

Aktualni obnovljivi izvori u Hrvatskoj su voda i vjetar te se iz tog razloga u ovom radu na temelju dostupne literature i informacija sa interneta uspoređuju sa nuklearnom elektranom sa dva aspekta: ekonomskog i ekološkog.

Na osnovi dobivenih rezultata u ovom radu predlaže se intenzivno korištenje obnovljivih izvora energije vode i vjetra.

12. SUMMARY

Jelena Dasović

Competitiveness of renewable resources and nuclear energy in Croatia

Key words: renewable resource of water and wind ,nuclear power plant

Issue of energy problems is not a future matter any more. With the decrease of fossil fuels and with atmosphere warming up world as well as our country which has electricity import of 50%, are looking for a solution that could solve both problems.

One of the suggested solutions for energy problems in Croatia is nuclear power plant with 1000 MW power. Other solution is renewable resource of water and wind which are recent in our country. In this paper these two solutions are compared on the basis of collected information from internet and other literature from two aspects: economical and ecological. Result of this paper is that the utilization of renewable resources should be increased.