

# HIDROELEKTRANE



## ***Učenci koji su sudjelovali u projektu:***

Matea Dželalija, Srednja škola Lovre Montija, Knin

Karla Josipović, Srednja škola Lovre Montija, Knin

Lana Keć, Gimnazija Pakrac

Anja Ljevar, Gimnazija Pakrac

Nikola Modalek, Gimnazija Vukovar

Diana Patajac, V. gimnazija, Zagreb

Gabrijela Pavković, V. gimnazija, Zagreb

Marko Sablić, Gimnazija Vukovar

Kruženje vode u prirodi isparavanjem uz pomoć sunčeve energije, što dovodi do povećanja potencijala vode, čini hidroenergiju obnovljivim izvorom.



Stoljećima su ljudi iskorištavali ovaj oblik obnovljivog izvora energije za pokretanje mlinica (vodenica, slika 1.) u kojima se potencijalna energija vode pretvarala u kinetičku i olakšavala ljudima mnoge zadaće kao što su mljevenje žita, kovanje željeza itd. Ipak, hidroenergija je svoj procvat doživjela krajem 19. i početkom 20. stoljeća kada su prve hidroelektrane počele proizvoditi električnu energiju i osvjetljavati svijet. Danas osim iskorištavanja vodenih tokova pod hidroenergijom podrazumijevamo i energiju morskih struja, plime i oseke kao i energiju valova.

Slika 1. Vodenica

Komparativne prednosti hidroenergije su relativno mali utjecaj na okoliš tj. ekološka prihvatljivost, visoka efikasnost pretvorbe u mehanički rad, širok raspon snaga instaliranih generatora, veća pouzdanost u odnosu na druge obnovljive izbore, kontrola vodenih tokova u sezonama poplave i provjerenost tehnologija u odnosu na npr. nuklearnu.

Nedostatci su najčešće vezani za okoliš jer akumulacije zahtijevaju veliki prostor, kao i utjecaj na ekosustav zbog izmjena tokova, brzine toka i temperature o kojima ovise lokalna flora i fauna.

Hidroenergija je danas u svijetu zaslužna za 19 % ukupno proizvedene električne energije i stalno je u poratu. I dalje se projektiraju veliki sustavi, ali i niz manjih hidroelektrana koje su predstavljene kao budućnost obnovljivih izvora energije. U razvijenim zemljama ovaj postotak se smanjuje jer su one ovaj potencijal već iskoristile.

Hidroelektrana Tri klanca na rijeci Yangtze (slika 2.) je dovršena i stavljena u puni pogon 2012 g. i danas je najveća hidroelektrana na svijetu. Njezine čak 32 vodne turbine, svaka snage 700 MW proizvode pod punim opterećenjem nevjerojatne snage od 22400 MW.



Slika 2. Hidroelektrana Tri klanca na rijeci Yangtze



Ipak, jedna od najpoznatijih svjetskih hidrocentrala iako odavno nije najveća je ona na rijeci Colorado na granici američkih saveznih država Nevade i Arizone – Hooverova brana (slika 3.).

Slika 3. Hooverova brana u SAD



U potrazi za novim energetske rješenjima, koja bi zadovoljila danas ogromne zahtjeve ljudi za energijom, znanstvenici i inženjeri su osmislili i hidrocentrale koje ne zahtijevaju brane i tako manje utječu na okoliš. Primjer je HE Sihwa u Južnoj Koreji koja koristi plimu i oseku (slika 4.).

Slika 4. HE Sihwa u Južnoj Koreji



Slika 5.a Sjeverno od Porta u Portugalu nalazi se Aguçadoura, prva svjetska elektrana koja koristi snagu valova



Slika 5.b Dvije od tri morske zmije u luci Peniche, Portugal

## Vrste hidroelektrana

Hidroelektrane se dijele prema njihovom smještaju, načinu korištenja vode, smještaju strojnarnice, ulozi u elektroenergetskom sustavu, snazi, volumenu akumulacijskog jezera te padu vodotoka.

### 1. Prema načinu korištenja

#### Akumulacijske hidroelektrane (slika 6.)

Kod akumulacijskih hidroelektrana potencijalna energija dolazi od akumulacijskog jezera koji ima branu i odvodi do vodne turbine i električnog generatora kako bi se proizvela električna energija. Snaga ovisi o razlici visine vode između površine jezera i odvoda vode poslije vodne turbine ili o visini vodenog stupca.



Slika 6. Akumulacijska hidroelektrana

#### Protočne hidroelektrane

Protočne hidroelektrane su one hidroelektrane čija se uzvodna akumulacija može isprazniti za manje od dva sata kod nazivne snage. Kinetička energija vode se koristi direktno za pokretanje vodnih turbina. Veoma su ekološke jer nema velikih štetnih utjecaja na okoliš. Takva jedna hidroelektrana nalazi se u Rijeci (slika 7.)



Slika 7. Hidroelektrana Rijeka

## Reverzibilne hidroelektrane

U reverzibilnim hidroelektranama se voda iz donjeg akumulacijskog jezera pumpa natrag u gornje akumulacijsko jezero. Taj satima dug proces služi radi bolje uštede energije. Iako su energetske neefikasne, praktične su za pokrivanje vršnih opterećenja potrošnje, što im je i osnovna funkcija. Jedna od takvih hidroelektrana u Hrvatskoj je hidroelektrana Velebit (slika 8.).



Slika 8. Hidroelektrana Velebit

## 2. Prema smještaju postrojenja

Prema vodenom toku čiju energiju iskorištavaju, hidroelektrane mogu biti:

„Klasične“ hidroelektrane grade se na rijekama, potocima i sl.

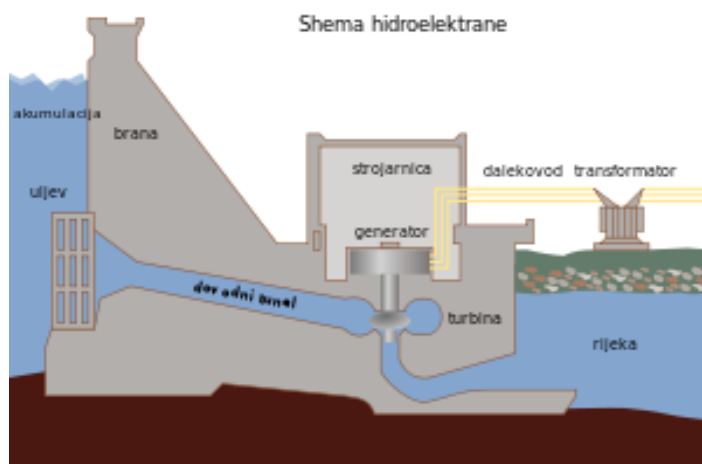
### Hidroelektrane na plimu i oseku (slika 9.)

Energija plime i oseke pripada obliku hidroenergije koja gibanje mora uzrokovano morskim mijenama ili padom i porastom razine mora koristi za transformaciju u električnu energiju i druge oblike energije. Energija plime i oseke ima veliki potencijal za stvaranje električne energije u određenim dijelovima svijeta, tamo gdje su morske mijene izrazito naglašene. Taj način daje veliki doprinos u obnovljivim izvorima energije. Procjenjuje se da svijetu postoji oko 40 lokacija pogodnih za instalaciju plimnih elektrana.



Slika 9. SeaGen-hidroelektrana na plimu i na oseku, Sjeverni Devon

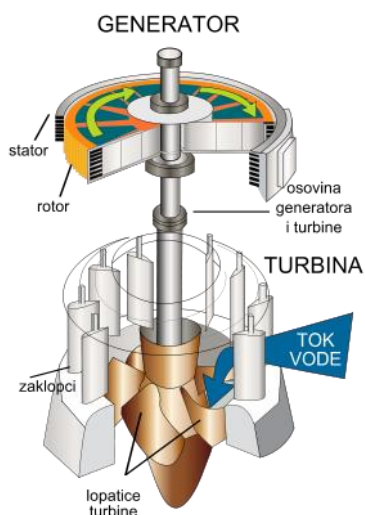
Princip rada hidroelektrana može se podijeliti po etapama (slika 10.). U prvoj etapi pogona zatvara se zapornica i voda u bazenu ostaje na određenoj koti, a razina mora opada. Kad razina mora postane toliko niska da postoji dovoljna razlika kota (odnosno dovoljan pad) za pogon turbine, stavlja se turbina u pogon (etapa 2 – pražnjene bazena) pa se tako potencijalna energija vode nagomilane u bazenu pretvara u mehaničku, a ta u električnu energiju, sve dok razlika pada omogućava rad turbine. Turbina se zaustavlja kada se postigne minimalni pad, ali se bazen nakon toga dalje prazni (etapa 3) kroz zapornicu, da bi se u njemu postigla što niža razina, kako bi se ostvario što veći pad za etapu pogona u obrnutom smjeru. Kada se izjednače razine u bazenu i moru, počinje crpljenje vode iz bazena u more (etapa 4) da bi se što više snizila razina vode u bazenu. Kad se postigne kota koja odgovara najnižoj koti mora, obustavlja se rad crpki, pa bazen ostaje na konstantnoj razini (etapa 5) sve dok se ne postigne takav pad kod kojega će turbina moći raditi u obrnutom smjeru. Nakon toga stavlja se turbina u pogon koristeći vodu iz mora prema bazenu (etapa 6) sve dok se ne postigne minimalan pad kod kojega turbina može raditi. Zatim se turbina zaustavlja, otvara se zapornica da bi se dalje punio akumulacijski bazen (etapa 7).



Slika 10. Shema hidroelektrane

### Hidroelektrane na valove

Hidroelektrane na valove su elektrane koje koriste energiju valova za proizvodnju električne energije. Energija valova je obnovljivi izvor energije. To je energija uzrokovana najvećim dijelom djelovanjem vjetrova o površinu oceana. Snaga valova se razlikuje od dnevnih mijena plime/oseke i stalnih cirkularnih oceanskih struja. Za korištenje energije valova odabire se lokacija na kojoj su valovi dovoljno česti i dovoljne snage. Ta snaga varira ovisno o geografskom položaju, od 3 kW/m na Mediteranu do 90 kW/m na Sjevernom Atlantiku.



### 3. Prema padu vodotoka

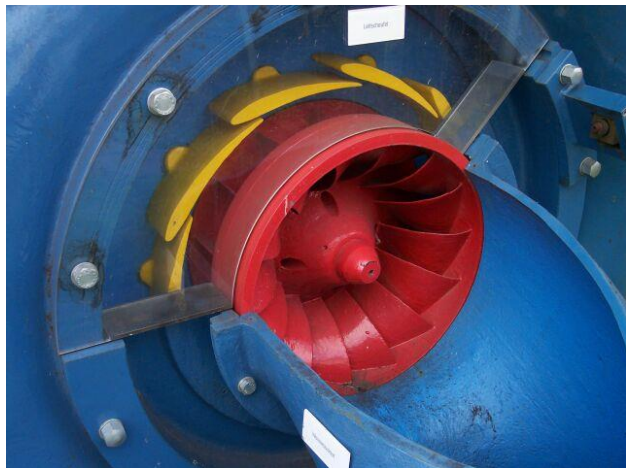
#### Niskotlačne hidroelektrane

Za niske padove (do približno 40 metara) koriste se takozvane Kaplanove turbine (slika 11.) koje rade slično kao i Francisove turbine, s tim da je broj lopatica daleko manji.

Slika 11. Generator Kaplanove turbine

### Srednjetlačne hidroelektrane

Za srednje padove (do 200 metara) koriste se takozvane Francisove turbine (slika 12.), kod kojih provodni dio s lopaticama okružuje kotač. U provodnom dijelu ovih turbina potencijalna se energija vode samo djelomično pretvara u kinetičku, tako da s određenim pretlakom dopire u obrtno kolo i njemu predaje svoju energiju.



Slika 12. Presjek Francisove turbine

### Visokotlačne hidroelektrane

Za visoke padove (preko 200 metara) primjenjuju se takozvane Peltonove turbine (slika 13.) kod kojih se potencijalna energija vode u provodnom dijelu potpuno pretvara u kinetičku i u obliku vodenog mlaza pokreće lopatice turbine pretvarajući kinetičku energiju u mehaničku.



Slika 13. Stara Peltonova turbina

## 4. Prema načinu punjenja akumulacijskog bazena

**Dnevna akumulacija**, kod kojih se akumulacija puni po noći, a prazni po danu

**Sezonska akumulacija**, kod kojih se akumulacija puni tijekom kišnog, a prazni tijekom sušnog razdoblja godine

**Godišnja akumulacija**, kod kojih se akumulacija puni tijekom kišnih, a prazni tijekom sušnih godina.

## 5. Prema udaljenosti strojarnice od brane

**Pribranske**, čija je strojarnica smještena neposredno uz branu, najčešće podno nje

**Derivacijske**, čija je strojarnica smještena podalje od brane.

## 6. Prema smještaju strojarnice

**Nadzemne**, kod kojih je strojarnica smještena iznad razine tla

**Podzemne**, kod kojih je strojarnica smještena ispod razine tla.

## 7. Prema ulozi u elektroenergetskom sustavu

**Temeljne**, koje rade cijelo vrijeme ili većinu vremena

**Vršne**, koje se uključuju kada se za to pokaže potreba, npr. za pokrivanje vršne potrošnje.

## 8. Prema instaliranoj snazi (učinku)

**Velike** – negativan utjecaj na okoliš, nekoliko GW snage, najveća Tri klanca, Kina (22.5 GW) (slika 14.)

**Male** – smatra se da nemaju nikakav štetan utjecaj na okoliš, gornja granica u Europi smatra se do 10MW

**Mikro** – snaga do 100Kw, grade se za male odvojene zajednice, nije potrebno gorivo

**Piko** – snaga do 5kW, za jedno ili nekoliko domaćinstava, uglavnom kao protočne hidroelektrane.



Slika 14. Tri klanca, Kina



## Prednosti i nedostaci hidroelektrana

### **PREDNOSTI:**

#### Uloga hidroelektrana u svijetu

Električna energija predstavlja jedan od *najčišćih* oblika energije. Mogućnosti dobivanja električne energije su raznovrsni. Najprihvatljiviji su načini dobivanja iz obnovljivih izvora energije, kao što su hidroelektrane, vjetroelektrane te solarne elektrane. Od obnovljivih izvora energije hidroelektrane su najraširenije. Njihov udio među obnovljivim izvorima energije je oko 88 % (podatak za 2005. godinu). To je posljedica više čimbenika. Za razliku od vjetra ili sunca, čiji intenzitet je nepredvidljiv te ovisi o meteorološkim prilikama, voda, odnosno njezin volumni protok, je puno stabilniji i stalniji tijekom godine. To znači da je i opskrba električnom energijom pouzdanija. Također, vrlo zanimljiva skupina hidroelektrana su reverzibilne hidroelektrane, koje omogućavaju dva režima rada, te su kao takve vrlo isplative i poželjne za izgradnju. Procjenjuje se da je 2005. godine 20 % ukupne svjetske potrošnje električne energije bilo opskrbljeno upravo energijom iz hidroelektrana, što je približno 816 GW.

#### Smanjena emisija stakleničkih plinova

Ključna prednost obnovljivih izvora energije, pa tako i hidroelektrana, je smanjena ili u potpunosti eliminirana emisija stakleničkih plinova. Emisija stakleničkih plinova je u potpunosti eliminirana, ako se isključivo promatra proces proizvodnje električne energije. Isto se ne može reći za cijelu hidroelektranu, kao sustav sačinjen od brane, turbine i električnog generatora, te hidro akumulacijskog jezera. Međutim, zanimljiva je studija koja je provedena u suradnji Paul Scherrer Institut-a i Sveučilišta u Stuttgartu. Ona je pokazala da su, među svim izvorima energije, hidroelektrane najmanji proizvođači stakleničkih plinova. Slijede redom vjetroelektrane, nuklearne elektrane, energija dobivena foto naponskim ćelijama. Važno je napomenuti da je ta studija rađena za klimatske prilike u Europi te se može primijeniti i na područja Sjeverne Amerike i Sjeverne Azije.

#### Ekonomija

Velika prednost hidroelektrana je što ne koriste fosilna goriva kao pokretač turbine, odnosno električnog generatora. Time električna energija nastala u hidroelektranama postaje rentabilnija, te neovisna o cijeni i ponudi fosilnih goriva na tržištu. Hidroelektrane također imaju predviđen dulji životni vijek nego elektrane na fosilna goriva. Današnje, moderne, hidroelektrane zahtijevaju vrlo malen broj osoblja, zbog velikog stupnja automatiziranosti. Nadalje, cijena investicije u izgradnju hidroelektrane se vrati u razdoblju do desetak godina. Alternativa su male hidroelektrane koje predstavljaju kombinaciju prednosti proizvodnje električne energije iz energije hidropotencijala i decentralizirane proizvodnje električne energije, dok istovremeno ne pokazuju negativan utjecaj na okoliš kao velike hidroelektrane.

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

- gotovo da nemaju nedostataka (ako pogledamo negativno je što nisu skroz automatizirane i zahtijevaju nekoga tko je održava, što se može protumačiti i kao pozitivna strana zbog mogućnosti zapošljavanja ljudi)
- nema troška distribucije električne energije
- nema negativnog utjecaja na ekosustav kao kod velikih hidroelektrana
- jeftino održavanje

U Republici Hrvatskoj trenutno je u pogonu 18 hidroelektrana (izvor: "MAHE: program izgradnje malih hidroelektrana: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", 1998.).

#### Investicijski troškovi i troškovi pogona MHE u Hrvatskoj:

1. kategorija vodotokova (108 poteza, srednje vrijednosti  $H = 16,62$  m,  $Q = 8,04$  m<sup>3</sup>/s,  $P = 791,3$  kW) : do 2500 €/kW
2. kategorija vodotokova (244 poteza, srednje vrijednosti  $H = 5,33$  m,  $Q = 9,81$  m<sup>3</sup>/s,  $P = 247,35$  kW) : 2500 – 4500 €/kW
3. kategorija vodotokova (231 potez, srednje vrijednosti  $H = 3,11$  m,  $Q = 6,69$  m<sup>3</sup>/s,  $P = 95,47$  kW) : 4500 – 6000 €/kW
4. kategorija vodotokova (111 potez, srednje vrijednosti  $H = 0,99$  m,  $Q = 13,08$  m<sup>3</sup>/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 podacima 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).

- MHE su ekološki vrlo prihvatljive, proizvodnjom električne energije nema emisije ugljičnog-dioksida u okoliš što je izrazito važno.
- Pomažu u zaštiti od poplava, ne zahtijevaju korištenje velikih površina.
- Sigurnija i pouzdanija opskrba električnom energijom, stupanj djelovanja do 90 %, mali pogonski troškovi.
- Pozitivan društveni utjecaj na regiju (zapošljavanje i sl.)

Jedan GWh električne energije proizvedene u MHE znači:

- izbjegavanje emisije od 480 tona ugljičnog-dioksida (CO<sub>2</sub>),
- opskrbu električnom energijom kroz jednu godinu za 250 kućanstava u razvijenim zemljama, a za 450 kućanstava u zemljama u razvoju,

- uštedu 220 tona goriva ili uštedu 335 tona ugljena

Kada se promatra količina hidro-energije, tj. električne energije proizvedene u hidroelektranama, tijekom nekog perioda, valja razlikovati dva pojma. Nominalnu snagu koju ta hidroelektrana može ostvariti kada bi cijeli promatrani period radila punim kapacitetom, te stvarnu proizvedenu snagu u promatranom periodu. Omjer godišnje, stvarno proizvedene, snage te instalirane snage je faktor kapacitivnosti. Jedine zemlje koje većinu električne energije osiguravaju pomoću hidroelektrana su Brazil, Paragvaj, Kanada, Norveška, Švicarska i Venezuela. Međutim, Paragvaj ne samo da proizvodi dovoljno električne energije, putem hidroelektrana, za domaće potrebe, već on i izvozi svoju električnu energiju Brazilu i Argentini.

Energetski potencijali malih hidroelektrana BiH iznosi 1004,63 MW snage i 3.520 GWh električne energije godišnje što predstavlja 12,64 % ukupnog hidropotencijala BiH. Od toga je iskorišteno svega 1,59 snage, odnosno 2,44 % električne energije u 8 izgrađenih od već izučenih 200 malih hidroelektrana. Druge funkcije umjetnih jezera. Akumulacijska jezera hidroelektrana mogu osim svoje primarne funkcije imati još nekoliko pozitivnih aspekata. Svojom veličinom mogu privlačiti turiste, te se na njihovoj površini mogu odvijati razni vodeni sportovi. Također velike brane mogu igrati značajnu ulogu u navodnjavanju, te u regulaciji toka rijeka.

#### **NEDOSTATCI:**

##### Uništavanje ekosustava i gubitak zemlje:

Ključni dio hidroelektrane je njena brana. Urušavanje brane može dovesti do velikih katastrofa za cijeli ekosustav nizvodno od brane. Sama kvaliteta gradnje, konstrukcije i održavanje brane nije dovoljna garancija da je brana osigurana od oštećivanja. Brane su vrlo primamljiv cilj tijekom vojnih operacija, terorističkih činova i tomu sličnih situacija. Također jedan primjer koji svjedoči opasnosti ljudskim životima je hidroelektrana Tri klanca u Kini. Naime, hidroelektrana se nalazi na rijeci Yangtze. To je najveće kineska rijeka i shodno tomu je i rijeka najbogatija vodom, što opravdava izgradnju hidroelektrane na njoj. Međutim, vodeni bazen, tj. hidro akumulacijsko jezero te brane, toliko je velik da svojom težinom opterećuje zemljinu koru. Ako se uzme u obzir da je to područje geološki nestabilno, tj. da se nalazi na spoju litosfernih ploča, postoji opravdani rizik od potresa. Dok znanstvenici strahuju od potresa i urušavanja brane, političari tvrde da takav rizik ne postoji.

##### Nanosi mulja:

Rijeka svojim tokom nosi vodeni materijal u obliku pijeska i mulja. To s vremenom dovodi do taloženja materijala u vodenom bazenu, a posljedica toga je smanjivanje dubine vodenog bazena. Zahvaljujući tome, vodeni bazen gubi svoju ulogu. Akumulaciju vodene mase tijekom kišnih razdoblja, a korištenja iste tijekom suhih razdoblja godine. To se može izbjeći gradnjom kanala koji imaju ulogu prenosnice, te se tako odvodi taj sediment. Rezultat je da svaka hidroelektrana ima svoj životni vijek, nakon kojeg postaje neekonomična.

### Promjena okoliša:

Također uočeni, negativni, aspekt prilikom gradnje brana je nužnost uništavanja gospodarskih, kulturoloških i prirodnih dobara. Prilikom punjenja hidro akumulacijskog jezera dolazi do nužnog potapanja svega onoga što se našlo ispod površine samoga jezera. Fauna toga područja je primorana na preseljenje, također kao i ljudi. Što se flore tiče, situacija je malo drugačija, prvenstveno u tropskim područjima.

### Stvaranje ugljikova dioksida i metana:

U tim područjima, gdje je temperatura viša, prilikom truljenja, raspadanja, biljnih ostataka zarobljenih pod vodom, u anaerobnim uvjetima, dolazi do stvaranja stakleničkih plinova. U prvom redu nastaju CO<sub>2</sub> i metan. Stvaranje ugljikova dioksida zapravo nije zabrinjavajuće. On je ionako već kružio u atmosferi te ga je bilje tijekom svoga rasta, u procesu fotosinteze ugradilo u svoje tkivo. To nije novooslobođeni CO<sub>2</sub>, kao što nastaje prilikom izgaranja fosilnih goriva. Zanimljivo je kazati da je emisija CO<sub>2</sub>, oslobođena u hidro akumulacijskim jezerima, veća nego u elektranama u kojima izgara fosilno gorivo, ukoliko prije punjenja bazena vodom šuma nije bila porušena i očišćena. Puno veći problem je stvaranje metana, koji odlazeći u atmosferu pridonosi efektu staklenika.

### Preseljenje ljudi:

Do 2008. se procjenjuje da je zbog gradnji hidroelektrana preseljeno između 40 do 80 milijuna ljudi širom svijeta, što je veoma zabrinjavajući pokazatelj.

### Nesreće sa branama:

Nesreće sa branama mogu biti jedne od najvećih katastrofa uopće. Tako je nesreća na brani Banqiao u Kini odnijela 26 000 ljudi izravno i oko 145 000 od epidemije. Nesreća na brani Vajont u Italiji je odnijela oko 2 000 ljudskih života 1963.

## **Zaključak**

Ljudi će se i u budućnosti uvelike oslanjati na hidroenergiju. Drugi obnovljivi izvori kao npr. vjetar i sunce ovisni su o meteorološkim uvjetima i njihovi intenziteti variraju. Rijeke i vodeni tokovi su puno stabilniji tijekom cijele godine.

## Hrvatska i hidroelektrane

Prema Energetskom institutu Hrvoje Požar u Hrvatskoj se 52 % električne energije proizvodi u hidroelektranama, 40 % u termoelektranama i 8 % u nuklearnoj elektrani *Krško* (2007.g.)



Slika 15. Hidroelektrane u Republici Hrvatskoj



Jedna od najstarijih hidroelektrana u svijetu, puštena u rad 28. kolovoza 1895. godine, je Jaruga na rijeci Krki (Skradinski buk) s dva generatora snage 550 kW (slika 16.).

Slika 16. Hidroelektrana Jaruga na rijeci Krki

Danas u Hrvatskoj postoji 26 hidroelektrana ukupne snage 2072 MW. Najveća je HE Zakučac na rijeci Cetini snage 486 MW (slika 17.).

Slika 17. Hidroelektrana Zakučac



## Literatura:

1. <http://www.ekologija.ba/index.php?w=c&id=53> (ekologija.ba)
2. <http://oie.mingo.hr/UserDocsImages/Male%20HE%20prezentacija.pdf> (power point prezentacija Zdenka Šimića – Male hidroelektrane)
3. [http://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEiva\\_energija](http://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEiva_energija) (Wikipedia, više stranica)
4. [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE\\_TRANSFORMACIJE](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE) (Enerpedia)  
[http://powerlab.fsb.hr/neven/pdf/supervision\\_of\\_msc\\_eq\\_thesis/Diplomski-rad%20Kata-Susac.pdf](http://powerlab.fsb.hr/neven/pdf/supervision_of_msc_eq_thesis/Diplomski-rad%20Kata-Susac.pdf)  
diplomski rad osobe Kata Sušac, Zagreb 2007
5. <https://www.scribd.com/doc/181382488/Seminarski-rad-Aleksandar-Gakovic-docx>
6. <https://www.eihp.hr/>
7. Tehnička enciklopedija, 3. svezak
8. Tehnička enciklopedija, 6. svezak
9. Požar, Hrvoje- Osnove energetike I
10. Požar, Hrvoje- Osnove energetike II
11. Udovičić, Božo- Elektroenergetski sustav