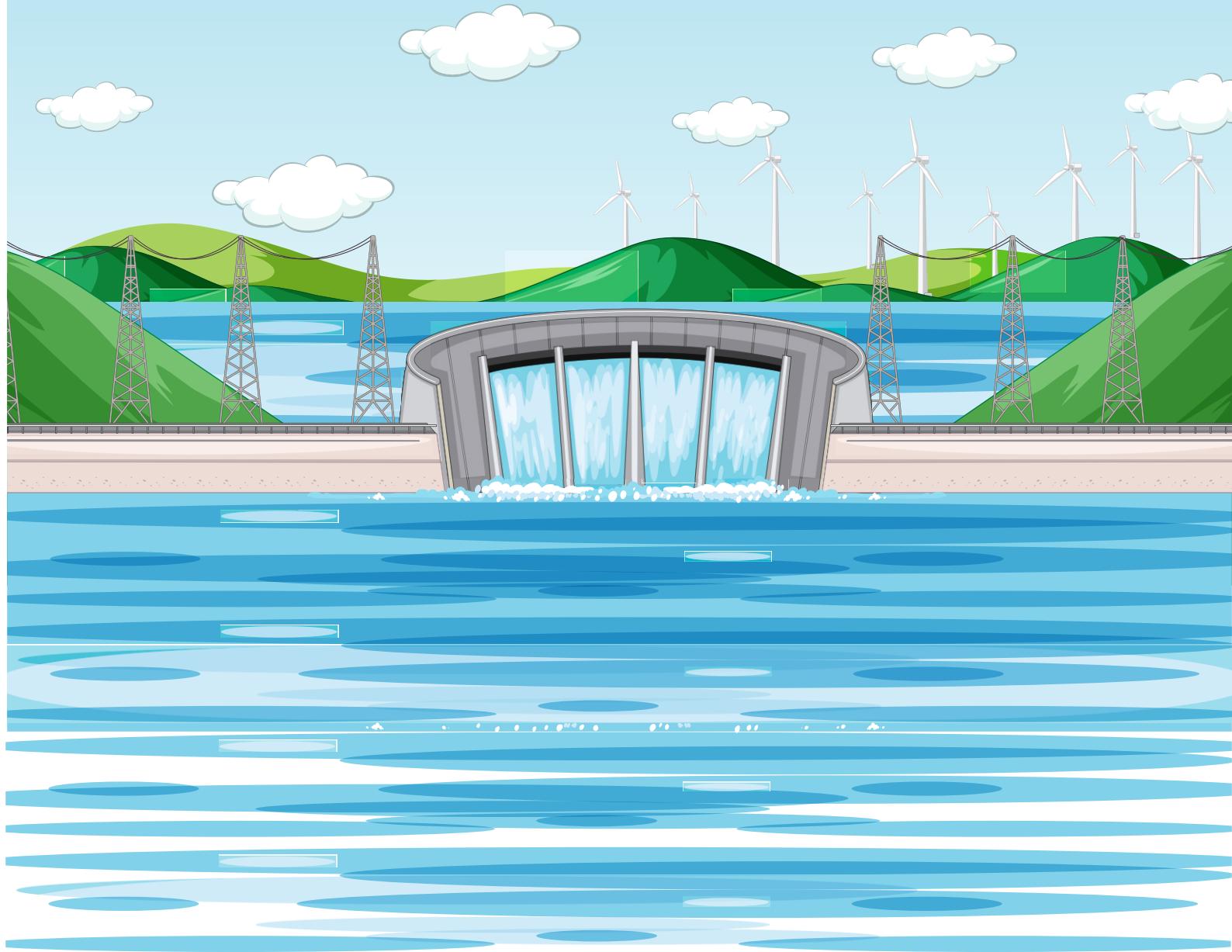




Obnovljiva energija za pametan rast i
zaštićeno okruženje

HIDROENERGIJA

PRAKTIČAN VODIĆ ZA
KORIŠĆENJE ENERGIJE VODE



SADRŽAJ

UVOD

1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDÖVI	3
2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....	4
3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	5
4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	6

HIDROENERGIJA

5. ŠTA JE TO HIDROENERGIJA, NJENI OBLICI I POTENCIJALI	7
6. NAČINI KORIŠĆENJA HIDROENERGIJE.....	11
7. MIKRO I MINI HIDROELEKTRANE	14
8. IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA I PROCENA TROŠKOVA – MALE STUDIJE SLUČAJA.....	21
9. SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE HIDRO ENERGIJE.....	29
10. PAMETNE KUĆE.....	31
11. PRAKTIČNI NAČINI ZA PREKOGRANIČNU SARADNJU	33
12. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE	34
13. UMESTO ZAKLJUČKA	38
14. O PROJEKTU	40

Hidroenergija

Praktičan vodič za korišćenje energije vode

Zaječar 2022

SKRAĆENICE I NJIHOVO ZNAČENJE

OIE – Obnovljivi izvori energije

ROI – Vreme povraćaja investicije

IKT – Informaciono-komunikacijske tehnologije

HE – Hidroelektrane

MHE – Male hidroelektrane

HPP – Hidroelektrane

IKT – Informativno komunikacione tehnologije

LCOE – Nivelisani trošak energije

PPA – Dugoročni ugovor o isporuci energije

IoT – Internet stvari

Ova publikacija je napravljena uz pomoć sredstava Evropske unije kroz Interreg-IPA Program prekogranične saradnje Bugarska-Srbija pod brojem CCI No 2014TC16I5CB007.

Jedinstveno odgovorno lice za sadržaj ove publikacije je RARIS – Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije i ni na koji način ne može biti tumačen kao stav Evropske unije ili Upravljačkog tela programa.

UVOD

1. ZNAČAJ ENERGIJE U SAVREMENOM DRUŠTVU I TRENDÖVI

Energija je, pored vode jedan o dva najvažnija prirodna bogatstva koji su ključni za sadašnji i budući opstanak ljudske zajednice. Možda ovo zvuči pomalo zastrašujuće, kataklizmično, ali svakodnevica potvrđuje da bez jednog od ova dva resursa, teško da može biti razvoja društva ili čak održanje postojećeg stanja. Energija je oduvek bila značajan faktor koji je obezbeđivao mogućnost napretka, od sasvim jednostavne upotrebe za pripremanje hrane, osvetljenje i grejanje do današnjih dana gde NE POSTOJI ni jedna delatnost koja je moguća bez manje ili više energije. Potrošnja ovog ključnog resursa je eksponencijalno rasla zajedno sa tehnološkim razvojem u XVII i XIX veku, naročito posle Prve industrijske revolucije gde je energija počela masovno da se koristi u proizvodnji i povećanju količine roba za sve zahtevnije i narastajuće ljudsko društvo. Potrošnja je proporcionalna stepenu razvoja industrija, ali i stepenu životnog standarda pojedinih zemalja. Od 1965 – 2021 u nekim zemljama je potrošnja povećana i do 500 puta (Oman), jednom broju azijskih zemalja u razvoji desetak i više puta, dok je u jednom broju jako siromašnih zemalja čak pala za 50%, usled smanjene industrijske aktivnosti (Sirija, Gabon, Severna Koreja...) ili su smanjenja rezultat uvođenja efikasnijih tehnologija i programa striktne energetske efikasnosti (Velika Britanija, Danska, Luksemburg...).

U poslednjih dvadesetak godina, potražnja za električnom pa i toplotnom energijom ubrzano raste zbog pokušaja da se smanji uticaj na klimatske promene, odnosno zbog sve striknijih mera uvođenja dekarbonizacije i industrija koje ne emituju ili imaju značajno manje emitovanje CO₂, kao glavnog uzročnika zagrevanja atmosfere. Posledice su sada već svima jasne, jer porast prosečnih temperatura uzrokuju promenu kretanja vazdušnih masa i vodenih tokova što za posledicu ima ekstremne klimatske fenomene, velike suše tokom čitave godine a sa druge strane ogromne količine padavina u kratkom vremenu, čak i u doba godine kada im vreme nije. Električna energija je percipirana kao najčistiji oblik koji neće zagađivati životnu sredinu, iako to nije uvek slučaj. Uzmimo, na primer proizvodnju električne energije iz termoelektrana gde se emituju velike količine zagađujućih gasova, naročito CO₂, čak i kada postrojenja imaju veoma složene i vrlo skupe sisteme za prečišćavanje vazduha. Istovremeno, upotreba hidro ili nuklearne energije izazivaju kontroverze jer velike hidroelektrane ne emituju CO₂ ali zato imaju veliki uticaj na mikroklimu, na podzemne vode, na sav živi svet pa i na socijalnom planu kada se sele čitava naselja i infrastruktura iz oblasti gde nastaju akumulaciona jezera. Nuklearne elektrane su potencijalno veoma veliki rizik zbog, makar i minimalne mogućnosti nuklearnog akcidenta ili havarije kao i zbog zahtevnog skladištenja nuklearnog otpada.

Događaji tokom poslednjih godina su samo izbacili u prvi plan sva ova pitanja, posebno sukob u Ukrajini koji je doneo masivna pomeranja i ogromne poremećaje na tržištu hranom i

energijom pa su neki zaboravljeni kapaciteti na prljava goriva u zapadnom svetu, pre svega na ugalj, silom prilika vraćeni u proizvodnju.

Iz svih tih razloga, ceo svet a posebno Evropska Unija već čitav niz godina pokušava da uvede programe koji imaju za cilj proizvodnju čiste energije u dovoljnim količinama, kako bi se postigli ciljevi održivog razvoja (RIO proces, Kjoto protokol, Zelena agenda, Fit for 55).

2. ŠTA SU OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije (OIE) su oni izvori energije koji se obnavljaju najmanje istom brzinom kojom se eksplatišu. Kako se u prirodi sve obnavlja spontano i bez zagađenja, zato su OIE čista energija te pravi izbor za rešavanje energetskih potreba a da pri tome ne zagađuju životnu sredinu i nemaju, ili imaju vrlo mali uticaj na klimatske promene. Za razliku od OIE, neobnovljivi izvori se vremenom troše i ne mogu se obnoviti, bar ne u vremenskim okvirima koji su uporedivi sa našim poimanjem vremena. Neobnovljivi izvori energije su sva fosilna goriva (ugalj, nafta, prirodni gas), na primer, jer se ne mogu obnoviti čak ni za vreme koje je bilo dovoljno za nastajanje ljudske civilizacije. U obnovljive izvore energije spadaju:

Energija vode je energija reka, energija talasa, plime i oseke... Koristi od pamтивека за pokretanje vodenica ili bilo kakvih drugih instalacija kojima je potrebna mehanička energija, vršalice, strugare, tkačnice... Od XIX veka se počinje sa proizvodnjom električne energije i od tada je voda jedan od najčešćih načina korišćenja izvora energije koji se stalno obnavljaju.

Energija sunca je energija koje sunce zrači na zemljinu površinu i može biti toplotna i svetlosna (iako su one iste, elektromagnetne prirode ali u različitim spektrima zračenja); Ovo je, takođe oblik energije koji je oduvek bio na raspolaganju. U početku se sunce koristilo tek kao toplotni izvor, za grejanje domova za kuvanje vode a ubrzo i za konzerviranje hrane jer sunce, osim toplove, emituje i ultravioletne zrake koji su odličan dezinficijent, odnosno odlični su za konzerviranje hrane. Iz tog razloga se sunce koristi za sušenje mesa, biljaka i biljnih proizvoda. Tek u XX veku je otkriveno da, kada se kristalizovani silicijum izloži suncu, on generiše električni napon i struju. Taj fenomen se danas koristi za izradu foto električnih panela od kojih se dobija električna energija

Geotermalna energija je energija zemlje koju ona ima kao ogromni toplotni rezervoar. Zemlja zrači svoju sopstvenu energiju i rudari to najbolje znaju jer je u kopovima temperatura znatno viša nego na površini. Zemlja je jedan veliki grejač i ta se osobina upotrebljava, pre svega u balneološke, zdravstvene svrhe. Svaka banja koristi toplu vodu iz dubine zemlje. Termalne vode se, međutim mogu upotrebiti za proizvodnju električne energije, za zagrevanje bazena, stambenih prostora, za zagrevanje puteva i ulica (Island, koji praktično leži na geotermalnim izvorima, obilato ih koristi baš za ove svrhe), staklenika i ribnjaka. Međutim, geotermalna energija se ne koristi samo direktno, posredstvom toplih voda, već se može staviti u funkciju uz pomoć tehnologije toploih pumpi i za zagrevanje i za hlađenje.

Biomasa – Energija koja se dobija spaljivanjem biljnih ostataka, korišćenjem bio gasa kao produkta raspadanja biljne mase i iz bio goriva (gorivo koje se dobija preradom biljaka sa visokim sadržajem ulja). Biomasa je najstariji oblik obnovljive energije jer je ljudska rasa od nastanka koristila drvo za ogrev za pripremu hrane i kao izvor svetlosti. Drvo raste, pa ako se pažljivo koristi, uvek će ga biti. Biomasa su i biljke i ostaci od poljoprivredne proizvodnje i uopšte sav biološki materijal koji se može upotrebiti kao gorivo, jer je to primarni način korišćenja biomase (slama, ostaci od žetvi, ostaci od povrtarskih kultura, suve grane i biljke, itd...). Biomasa su i posebne energetske biljke koje se gaje samo u te svrhe. Pored nekih vrsta drveta, brzorastuće vrbe, na primer, seju se i jednogodišnje biljke koje se kasnije koriste kao gorivo. Danas je biomasa često na raspolaganju u obliku peleta, komprimovanog biljnog materijala pošto se na taj način ujednačava kvalitet a olakšava i poboljšava upotrebu.

Energija vetra – Vetar nastaje kao posledica kretanja velikih vazdušnih masa u zemljinoj atmosferi usled klimatskih termodinamičkih fenomena i razlika u temperaturi i pritisku vazduha iznad zemljine površine. Vetar se javlja povremeno i ne možemo sa tačnošću predvideti njegovu pojavu, ali se isto tako koristio kao izvor energije. U početku za pogon plovila na jedra koja su bila "hvatači" energije, a kasnije i kao pogon za mlinove, odnosno svega što bi moglo biti pokretano spoljnom energijom (mlinovi, pumpe za vodu, stupe za konoplju, strugare...). To su delatnosti koje su jako slične onima kakve su pokretane vodom i energija koja se koristila u početku za pogon plovila, danas je u daleko najvećoj meri stavljena u funkciju proizvodnje električne energije uz pomoć vetro-generatora..

3. KOJE SU PREDNOSTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije su u nekom od oblika dostupni svuda i mogu se eksplorisati na svakom mestu, odmah i bez potrebe transporta energenata. To znači da je infrastruktura za eksploraciju energije iz obnovljivih izvora manja, jednostavnija i manje zahtevna. Ovde se izuzimaju velika postrojenja kakve su velike akumulacione i/ili reverzibilne hidroelektrane ili postrojenja za masivno korišćenje geotermalnih voda, kakva postoje na Islandu, na primer.

Osim pomenutog, u bezbednosnom i strateškom smislu, mnogo je povoljniji energetski status kada postoji disperzija energetskih izvora na manje jedinice nego kada je energetski izvor veliki, sa kapacitetom da pokrije značajnu potrošnju. Kvar na malim postrojenjima ne ugrožava elektroenergetski sistem, dok ispad velike elektrane vodi u veoma ozbiljne probleme u proizvodnji i distribuciji energije.

U tehničkom smislu, generisanje energije u malim postrojenjima znači da se njena distribucija vrši u električnoj mreži na nižem naponu a ne preko dalekovoda, što smanjuje gubitke u mreži i čini je efikasnijom.

Cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora ima trend pada, a sa druge strane, tržišna cena energije ima tendenciju rasta što opravdava investicije u ovu oblast.

Zelena ekonomija, pa samim tim i industrija obnovljivih izvora energije je, pored IKT najbrže rastuća grana privrede jer prelazak na OIE zahteva razvoj tehnologija i značajno veću proizvodnju opreme i usluga u ovoj oblasti tako da je korist dvostruka, sa jedne strane dobija se energija koja je znatno čistija i bezbednija za upotrebu nego ona iz konvencionalnih izvora, a sa druge, povećan je nivo energetske bezbednosti i smanjenja zavisnosti od drugih izvora i/ili isporučilaca energije. Konačno, cena proizvodnje energije iz obnovljivih izvora pada jer se povećava broj proizvođača opreme i njene količine.

4. KOJI SU IZAZOVI U KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Najveći problem u korišćenju energije iz obnovljivih izvora je činjenica da su dve najpopularnije i najjednostavnije za eksploraciju, energija veta i energija sunca takve prirode da se ne proizvode u kontinuitetu. Energija iz ta dva izvora se generiše kada je ima, dakle kada sunce sija a veter duva, što je predvidljivo samo donekle. Elektroenergetski sistem, grubo rečeno, počiva na tri ključna stuba, proizvođač, distributer i potrošač. Raspodela energije se vrši preko električne, distributivne mreže koja, da bi funkcionalisala u optimalnom režimu, mora imati stalno opterećenje. Analogija bi se mogla sprovesti sa vodovodnim cevima u kojima, takođe mora stalno da bude vode. U suprotnom, može ući vazduh u cev i smanjiti protok ili se u cevi, zbog stajaće vode mogu nataložiti nečistoće koje smanjuju prohodnost.

Da bi se obezbedilo optimalno opterećenje električne mreže, kroz nju mora da teče, manje više ista količina energije za šta je potrebno da imamo ujednačenu potrošnju i proizvodnju. Iz tog razloga, neophodno je obezbediti rezervne količine koje će biti dodate u mrežu kada nema sunca ili nema veta. Ta dodatna, tzv. "balansna energija" mora se obezbediti na neku način. Za sada, ta obaveza i u Srbiji i u Bugarskoj pada na teret operatera elektro-energetskog sistema, ali je izvesno da će se u budućnosti deo ili cela obaveza prebaciti na proizvođače energije iz obnovljivih izvora što će poskupeti investicije i smanjiti atraktivnost ulaganja, barem za velike sisteme jer će mali iz toga biti izuzeti u potpunosti ili delimično.

Potrebno je osigurati da ne dođe do negativnog uticaja na životnu sredinu (ovo se posebno odnosi na male hidroelektrane i na postrojenja i uređaje za korišćenje bio-mase)

Iako je energija iz obnovljivih izvora jeftina, sistem se mora redovno održavati (čišćenje panela, orezivati drveće da ne bac senku na panele, provera tečnosti u solarnim kolektorima, provera tečnosti u sistemu toplovnih pumpi, održavanje kanala i kaptaže kod hidroelektrana, čišćenje peći i odžaka kod peći na biomasu...) i menjati elemente kojima je prošao rok (akumulatori, na primer).

HIDROENERGIJA

5. ŠTA JE TO HIDROENERGIJA, NJENI OBLICI I POTENCIJALI

Najjednostavnija definicija hidroenergije bi bila da je to energija vode u pokretu. Da li je to energija plime i oseke, energija talasa ili, najčešće energija vodotokova i protoka vode uopšte, pitanje je lokacije i raspoloživosti ovom vrstom energije.

Hidroenergetski potencijal vodotokova predstavlja je vekovima važan izvor energije, a tragovi korišćenja ovog resursa mogu se pratiti još od drevnog Egipta, Persije i Kine.

Grubo rečeno, raspoloživa energija vode zavisi od njene mase i brzine njenog kretanja, tako da je potencijal velike i spore reke veći od manje iako ona može imati brži protok kao i da energija talasa može biti velika, ali je problem u neravnomernom kretanju vode, pa samim tim i u neravnomernoj energiji koja se može iz njih dobiti.

Prve primene, pre svega vodotokova su korišćene u mehaničke svrhe, za pokretanje jednostavnih mašina i uređaja (pokretanje velikih dolapa za zalivanje njiva, na primer) a kasnije i za pokretanje mlinova, raznih poljoprivrednih uređaja za obradu biljaka (stupe) ili za rad strugare za drva. Početkom Prve industrijske revolucije, u drugoj polovini 18. veka, voda počinje da se zamenjuje parnim mašinama a u kasnom 19. veku, hidroenergija je postala jedan od osnovnih izvora za proizvodnju električne energije.



Foto: MHE Moravica u Ivanjici

Prva hidroelektrana je napravljena na Nijagarinim vodopadima 1879. godine po projektu Nikole Tesle a 1881. godine, ulične svetiljke grada Niagara Falls napajane su hidroenergijom.

Prva hidroelektrana u Srbiji je napravljena 1911, u Ivanjici, jedna je od najstarijih na Balkanu. Elektrana ima snagu od 200 kW, revitalizovana je i još uvek je u pogonu.

Najstarija hidroelektrana u Bugarskoj je HE „Pančarevo”, instalisane snage od 372 kW, prva je bila na Balkanu i izgrađena je 1900. godine.



Foto: HE „Pančarevo”,

Potražnja za električnom energijom u Evropi se vratila na nivo pre pandemije 2021. godine a hidroenergija je i dalje je vodeći izvor obnovljive energije. U zemljama EU-27, svi obnovljivi izvori zajedno doprineli su sa 37 procenata ukupne proizvodnje električne energije 2021 godine, što je približno jednako udelu fosilnih goriva a ostatak potreba je uglavnom obezbeđen iz nuklearnih elektrana.

Hidroenergija će igrati ključnu ulogu u energetskoj tranziciji Evrope, kao što je i konstatovala Evropska komisija. Prvi izveštaj IEA (Međunarodne agencije za energetiku) o specijalnom tržištu hidroenergije, objavljen 2021. godine, predviđa rast od oko 8 procenata ukupnog instalisanog kapaciteta u Evropi do 2030. godine, bilo da su u pitanju novi, grifild hidroenergetski projekti, ili je reč o modernizaciji i proširenju postojeće infrastrukture.

Kao odgovor na sukob u Ukrajini i prekid dotoka prirodnog gasa iz Rusije, Evropska komisija je objavila planove za ubrzanje prelaska na obnovljive izvore energije, uključujući hidroelektrane. U tom smislu su evropske zemlje počele sa izgradnjom novih i revitalizacijom starih kapaciteta za korišćenje hidroenergije (Turska 500 MW, Norveška 396 MW, itd.)

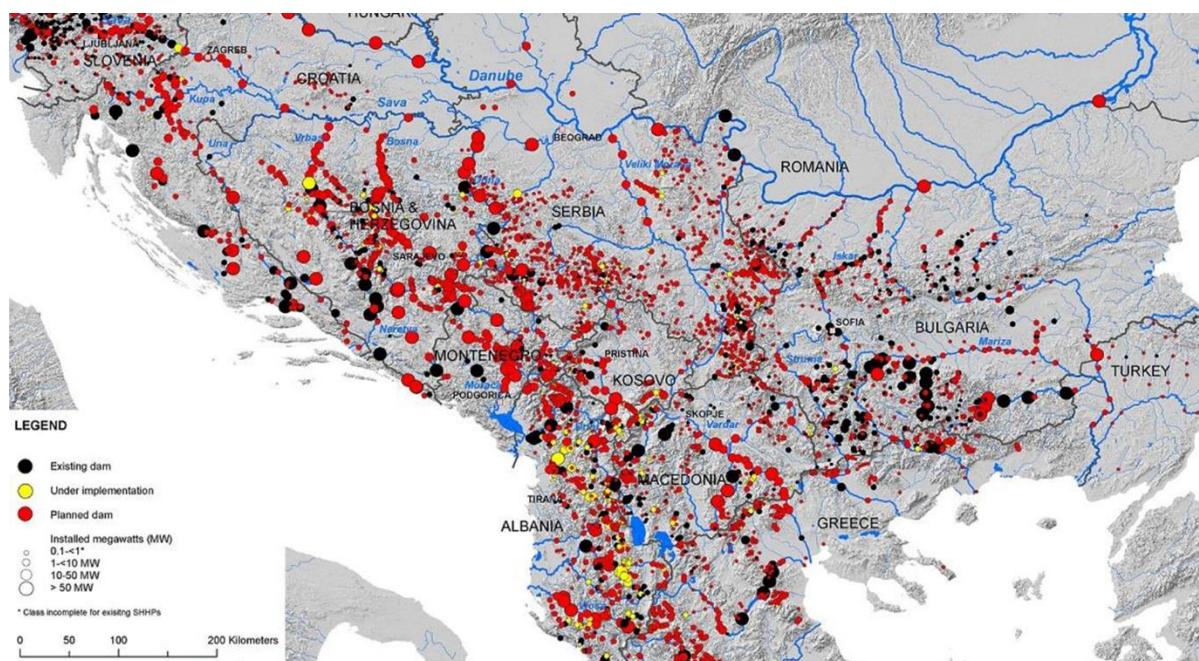
Srbija i Bugarska imaju skoro identičan instalisani kapacitet hidroelektrana (Srbija 3.133 MW, Bugarska 3.263 MW) iako Bugarska ima značajniji kapacitet u reverzibilnim elektranama. Ukupan potencijal Srbije u hidroenergiji je procenjen na oko 25 TWh a Bugarske oko 12 TWh.

U Bugarskoj ima 242 HE koje učestvuju sa 14% u ukupnoj proizvodnji električne energije dok u Srbiji postoji 16 velikih hidroelektrana sa 3.015 MW instalisane snage i još 110 malih hidroelektrana.

Bugarska trenutno ima cilj da do 2030. godine koristi 27% obnovljivih izvora energije (OIE). Planirane investicije u sektoru obnovljive energije su nedovoljne za transformaciju energetskog miksa. Neki analitičari tvrde da Bugarska treba da pomeri svoj fokus sa velikih energetskih projekata na decentralizaciju proizvodnje električne energije sa vodećom ulogom domaćinstava i malih i srednjih preduzeća.

Srbija planira da do 2030. godine ima 47% OIE u finalnoj potrošnji i zato se moraju izgraditi novi kapaciteti odnosno, potrebno je bar 5 GW u OIE do 2030. godine..

Ilustracija: mapa regionala sa hidroelektranama koje su aktivne, one koje su u izgradnji i planiranih kapaciteta.



Osim pomenutog, razvoj hidro tehnologije i novih vrsta turbina su omogućili efikasnije korišćenje hidroenergije malih vodotokova sa niskim protokom i malih padova vode. Pod uslovom da se poštuju prioritetni uslovi zaštite životne sredine kao i biljnih i životinjskih vrsta u vodama, male hidroelektrane pružaju određene prednosti jer je instalacija relativno mala i jednostavna i može da bude estetski i ekološki prihvatljiva. Pod ovim prepostavkama, male hidroelektrane postaju sve atraktivnije i doprinose opštoj energetskoj bezbednosti jer je, ako se njihova izgradnja izvede pod potrebnim standardima i po odgovarajućim propisima, njihov

uticaj na okolinu zanemarljiv u poređenju sa velikim hidroenergetskim postrojenjima. Velike akumulacije imaju i svoj negativan efekat na okruženje jer utiču na primenu klime u neposrednom okruženju, ali i šire od toga, podižu nivo podzemnih voda i menjaju hidrološki status zemljišta, često presecaju migratorne rute riba a na dnu jezera se talože mulj i otpadne materije, pošto je usporen tok reke i spontano čišćenje korita. Konačno, izgradnja velikih hidroelektrana, po pravilu zahteva raseljavanje lokalnog stanovništva i njihov odlazak na druga mesta što je veliki sociološki šok i materijalno opterećenje za realizaciju projekta.

Hidroelektrane za pogon koriste obnovljiv izvor energije i stoga svaka, pa i mala hidroelektrana zamenjuje potrošnju uglja (oko 1,4 kg po svakom kWh proizvodne električne energije) ili prirodnog gasa, te je potpuno u funkciji održivog razvoja u smislu očuvanja postojećih prirodnih resursa.

Iako to nije svuda precizno definisano, u praksi se često sreće podela hidroelektrana po instalisanoj snazi na velike hidroelektrane i male hidroelektrane. Nema strogo definisane granice, ali je klasifikacija najčešće u sledećim okvirima:

1. Mikro HE - do 100 kW instalisane snage
2. Mini HE – od 100 kW do 1 MW instalisane snage
3. Male HE – od 1MW do 10 MW ili do 30 MW instalisane snage
4. Velike HE – preko 30 MW instalisane snage

Ova klasifikacija se najčešće uvodi zbog fiskalnih mera i finansijske podrške jer su MHE relativno skuplja investicija po jedinici instalisane snage pa je cena električne energije proizvedene u ovakvim postrojenjima viša pa su ti investitori hendekepirani nekonkurentnošću na tržištu. Kako politike svuda, pa i u Srbiji i Bugarskoj zagovaraju veću upotrebu obnovljivih izvora energije, ovakvi projekti se pomažu subvencijama i povlasticama na tržištu.

Međutim, najveća prepreka bezbednim investicijama u hidroenergiju su klimatske promene. Svedoci smo, posebno u protekloj dekadi, ekstremima u klimi koji se manifestuju jakim i dugim sušnim periodima, sa jedne strane a sa druge, masivnim i poplavnim padavinama u vreme i na mestima gde ih ranije nije bilo. To otežava projektovanje i stabilno korišćenje hidroenergetskih postrojenja i unosi elemenat nesigurnosti u investicije što može uzrokovati smanjenje interesovanja za ovakav način eksploracije energije vode. Istovremeno, nedostatak vode u vodotokovima može uzrokovati prekomerno korišćenje postojećih količina i, naročito kod protočnih MHE može doći do isušivanja korita reka i potoka što je pogubno za sav živi svet u tim vodama i teško nasilje nad životnom sredinom.

Iz tog razloga, neophodno je uvesti nove parametre u projektovanje koji će predvideti ovakve ekstreme iako se oni pojavljuju statistički manje predvidljivo ali zato mogu biti katastrofalnih razmara.

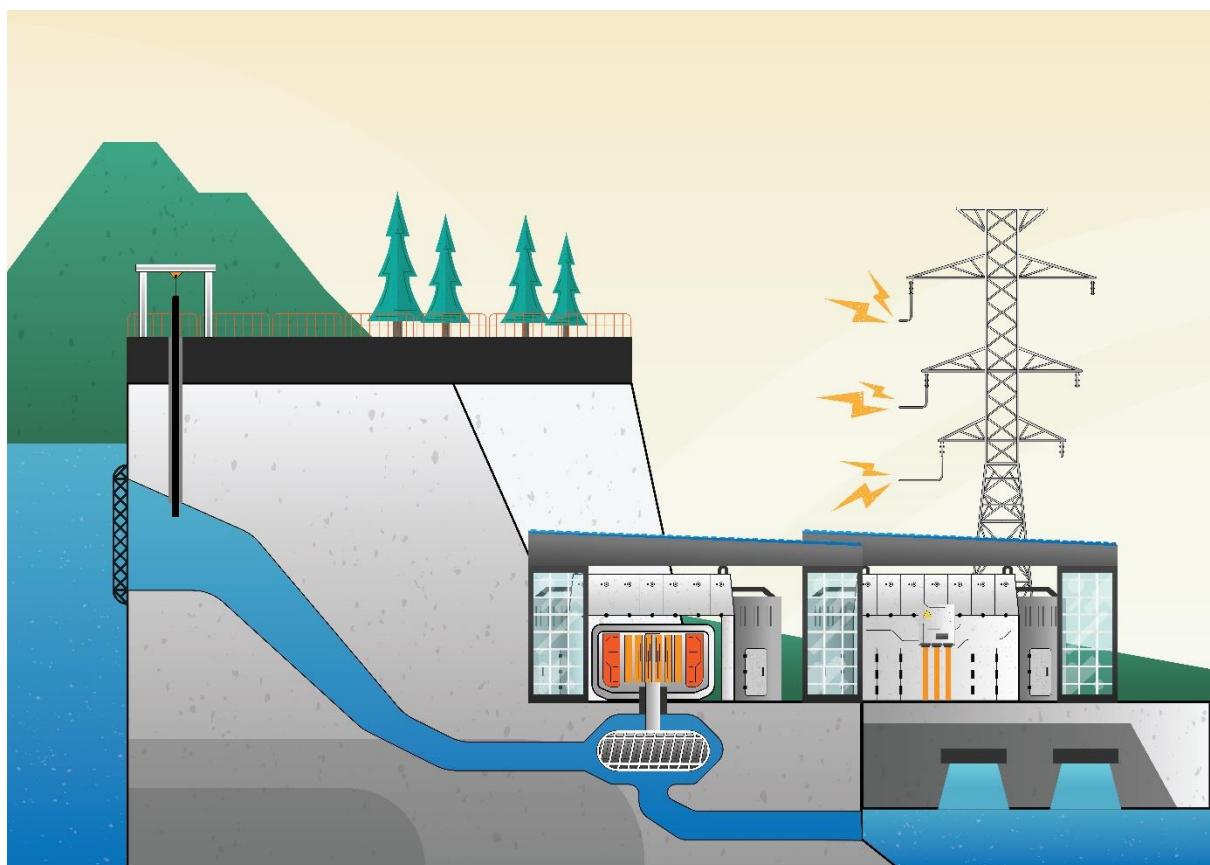
Isto tako, neadekvatno korišćenje voda dovodi do veoma teških posledica ni životnu sredinu, najčešće isušivanjem korita malih vodotokova što je katastrofalno za sav živi svet u tim rekama.

Od suštinskog je značaja da se podrži razvoj tzv. "zelene energetike", ali na način koji je održiv i u tome je uloga države i državne administracije presudna. Izrada propisa koji uzimaju u obzir višeslojne interese (od ekonomskih, preko socijalnih do ekoloških) a posebno njihova primena od ključnog su značaja za promociju i korišćenje OIE koji, složili se mi oko toga ili ne značajan faktor energetike budućnosti.

6. NAČINI KORIŠĆENJA HIDROENERGIJE

Postoji nekoliko načina za proizvodnju elektriciteta iz hidroenergije:

Akumulacione hidroelektrane – Najveći hidroenergetski objekti su ovog tipa, sa branama na vodotokovima i akumulacijom vode u jezerima iza brane. Potencijalna energija vode zaustavljene branom se pretvara u kinetičku protokom vode kroz turbine i ta energija zavisi od mase vode koja, njene brzine i visinske razlike između ulaska i izlaska vode iz sistema.



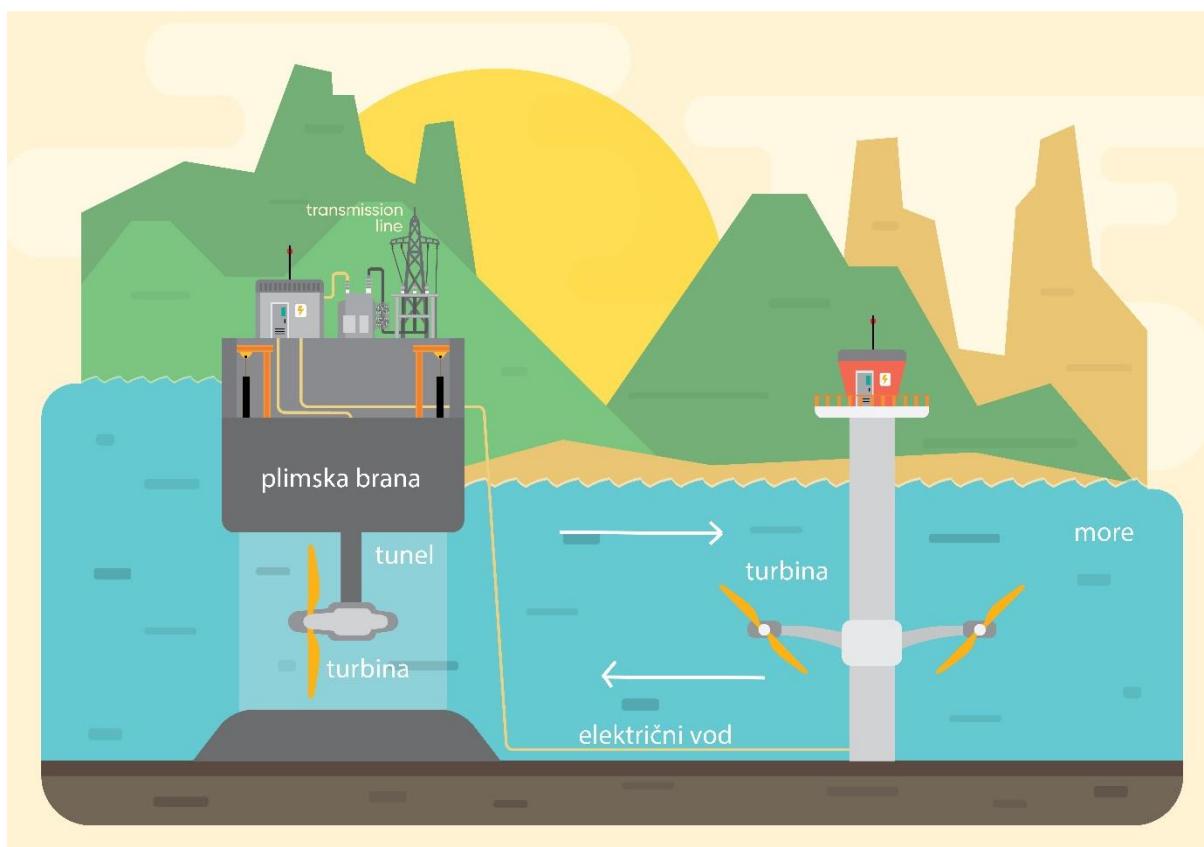
Ilustracija: akumulaciona hidroelektrana

Brana ima dvostruku ulogu u hidroelektrani. Prva je da akumulira dovoljne količine vode za dugotrajnu proizvodnju električne energije i da obezbedi dovoljnu visinsku razliku, a druga je uloga u kontroli tokova vode radi korišćenja i u druge svrhe, za navodnjavanje zemljišta ili za ljudsku upotrebu, na primer. Ako dođe do bujičnih kiša i priliva velikih količina vode, brana zadržava deo plavnog talasa a višak vode kontrolisano ispušta u korito reke.

Reverzibilne hidroelektrane – Ovo je način da se deo vode iz akumulacije prebaci u novo, više akumulaciono jezero i tako se voda i njena potencijalna energija sačuvaju za kasnije. Ovo prepumpavanje vode se vrši u vreme kada vode u akumulaciji ima dovoljno, a potrošnja električne energije je manja od proizvodnje pa se viškovi koriste za pokretanje pumpi. Kada dođe do sušnog perioda ili ima potrebe za dodatnom proizvodnjom električne energije, voda iz gornje akumulacije se pušta kroz turbine i generiše potrebnu količinu električne energije u generatorima. Reverzibilne hidroelektrane predstavljaju važno sredstvo za skladištenje energije, o čemu će biti više detalja kasnije.

Protočne hidroelektrane – su one koje imaju male kapacitete rezervoara ili uopšte nemaju rezervoar, tako da voda koja dotiče mora biti iskorišćena za proizvodnju u tom momentu ili koriste prelive na akumulacijama. Ovo je idealan metod za potoke ili reke sa minimalnim smanjenjem protoka u suvom periodu ili za one koji su regulisani mnogo većom branom i rezervoarom uzvodno.

Plimne elektrane koriste energiju plime. Najčešći oblik konverzije plime i oseke su dvostrani generatori koji generišu električnu energiju u oba pravca rotacije. Oni mogu biti slobodno postavljeni u moru ili, što je još efikasnije na nekoj pregradi koja kanališe protok kroz turbine. Ovaj oblik energije vode još uvek nije dovoljno iskorišćen i u budućnosti se očekuju rešenja koja će na efikasan i svrshodan način moći efikasno da je eksploratišu.

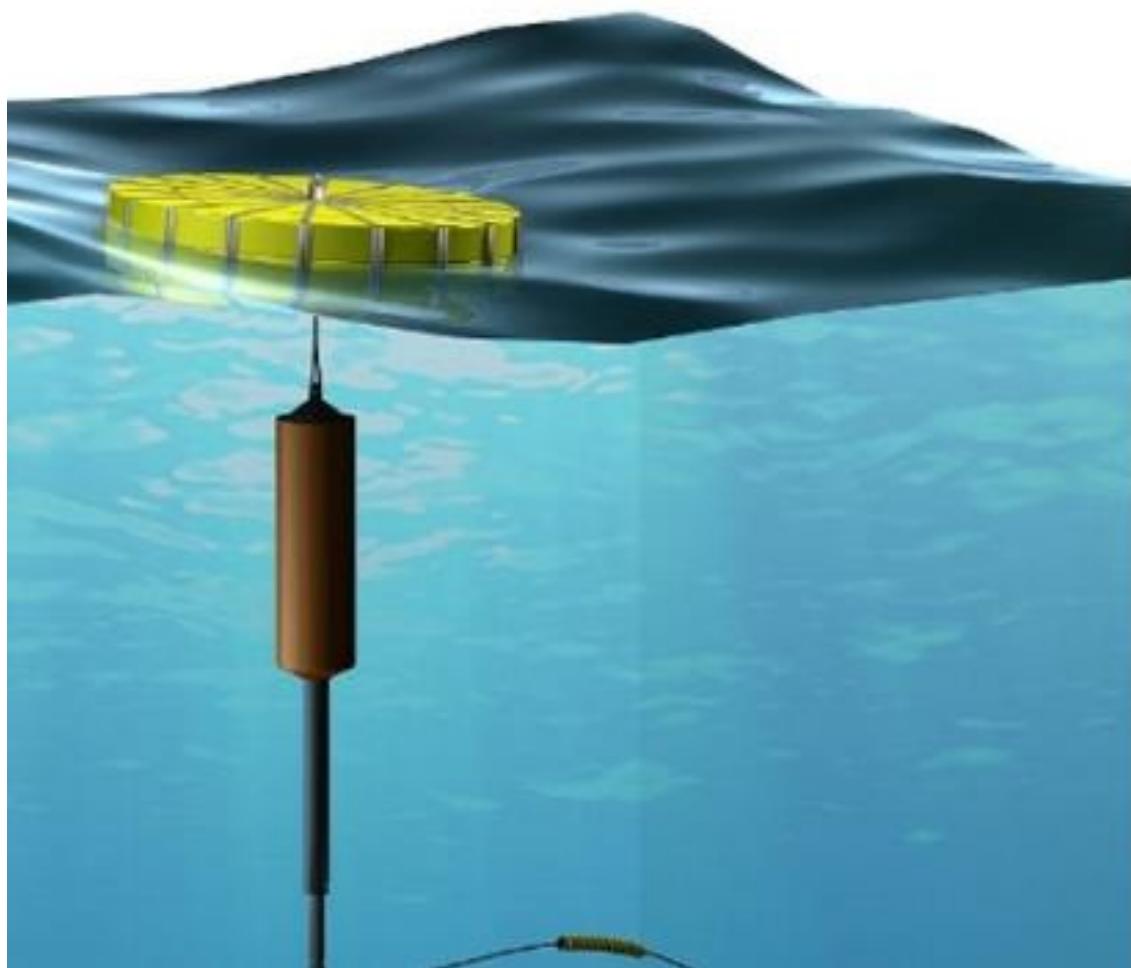


Ilustracija: Plimna elektrana

Hidroelektrane sa malom visinom brane

Ove hidroelektrane smo izdvojili kao posebnu vrstu iako se one mogu razmatrati kao akumulacione, ali s obzirom da imaju nisko čelo brane, odnosno da je visina brane mala (do 10m). eksploatacija energije vode je unekoliko drugačija. Sistem koji ćemo ovde obraditi se zasniva na principu Arhimedove pužne turbine i koristi se kao motor na vodu za male elektrana koje preko asinhronih generatora, energiju predaju direktno elektro-distributivnoj mreži. Koristi se za male visinske razlike i nestalan protok vode. Hidrodinamički puž se može koristiti kao dodatni hidro generator postojećih turbina, koristeći energiju preliva.

Hidroelktrane koje koriste energiju talasa – Ogomna energija se generiše kretanjem talasa. Oni nastaju ka posledica vetrova koji pomeraju vodenu površinu i u mnogim krajevima sveta, vetar duva dovoljno kontinuirano i dovoljnom snagom da proizvodi stalne talase. Izazov je kako kretanje talasa pretvoriti u električnu energiju i to se danas radi na nekoliko načina: plutajućim bovama koje svojim vertikalnim kretanjem gore-dole proizvode električnu energiju u lineranim generatorima, zatim uvođenjem talasa u uske kanale čime se koncentriše njihova snaga i direktno se koriste za proizvodnju električne energije na način koji je sličan plimnim energanama.



Ilustracija: Hidroelktrane koje koriste energiju talasa

Takođe je razvijen i sistem kojim se talasi uvode u velike vazdušne komore i onda voda potiskuje ili usisava vazduh koji u posebno konstruisanim cevima, proizvodi električnu energiju kao vetro generator.

7. MIKRO I MINI HIDROELEKTRANE

Hidroelektrična energija se dobija kroz dve faze. U prvoj fazi kinetička energija vodene mase pokreće hidrauličnu turbinu i pretvara se u mehanički rad, a u drugoj fazi ova mehanička energija pokreće generator koji je pretvara u električnu energiju. Snaga proizvedene električne energije zavisi od količine protoka vodene mase, i razlike u nivou između izvora vodotoka i ispusta što uslovljava i brzinu vode kao i od vrste turbina i električnog generatora.

U ovom Vodiču ćemo se više baviti malim postrojenjima, do 1MW instalisane snage kao rešenjem za lokalne inicijative i male investitore a sa pozitivnim efektom na energetski bilans. Posebno ćemo obraditi dva tipa malih hidroelektrana:

- pužne ili zavojne hidroelektranama kao značajnim potencijalom za mirnije vodotokove, manje brzine i za slučajeve gde već postoje ustave, male brane i rukavci i
- vrtložne hidroelektrane, kao relativno nepoznat način eksploracije energije vode malih vodotokova u planinskim područjima.

Kao uvodni tip hidroelektrana, objasnićemo princip rada i osobine najčešćih i najpoznatijih protočnih, derivacionih hidroelektrana.

Protočne, derivacione hidroelektrane

Protočne, derivacione hidroelektrane su one, najčešće mini ili male hidroelektrane koje koriste skoro isključivo kinetičku energiju vode, bez posebne akumulacije već vodu uzimaju na mestu koje je na većoj visini od mesta gde se generiše električna energija. Voda se samo prikuplja i vodi kroz cevi do mašinske hale i generatora koji su izmešteni od izvora. Ovakve elektrane se prave na malim vodotokovima i sa malim kapacitetima (do 1 MW) i njihov rad umnogome zavisi od hidrološkog statusa vodotoka. Istovremeno, da bi bile efikasne, potrebno je da je visinska razlika najmanje 15 m što, uz relativno male protoke voda može da obezbedi dovoljno energije za proizvodnju električne struje. Iz tog razloga se ovakve elektrane postavljaju u brdsko-planinskim predelima gde se na kratkim rastojanjima može upotrebiti potrebna kinetička energija vode pod uslovima koji su komercijalno isplativi (što kraća derivaciona cev i što veća raspoložive vode). Međutim, uz sve prednosti ovakvog korišćenja vodnog resursa, kao što su proporcionalno mala ulaganja, manji građevinski zahvati i brza realizacija, u poslednje vreme postoji veliki otpor postavljanju protočnih, derivacionih elektrana u celom svetu pa onda i u Srbiji i u Bugarskoj. Razlog leži u činjenici da se njihovom izgradnjom u velikoj meri narušava prirodno okruženje i lokalni habitat. Cevi se najčešće postavljaju u samu reku ili u neposrednom priobalju čime se u potpunosti devastira postojeće korito i živi svet u njemu.



Ilustracija: princip rada protočne, derivacione hidroelektrane

Ovo je praksa zato što se lakše dobijaju dozvole od javnih preduzeća koje gazduju priobalnim delom vodotokova, nego od različitih vlasnika preko čijeg imanja bi cevi morale da prođu, pa se investitori odlučuju za njih lakšu, a u suštini mnogo pogubniju opciju za životnu sredinu.



Ilustracija: Isušeno korito reke zbog neadekvatnog korišćenja vodnog resursa

Drugi problem kod derivacionih elektrana je prekomerno korišćenje vodotokova. Voda se od vodozahvata izmešta iz rečnog korita i zatim, nekoliko kilometara dugim cevima vodi do mašinske zgrade. Cevovodi su najčešće dugi između 1 i 3 kilometra i uvođenje vode u cevi može dovesti do prekida vodotoka ili njegovog isušivanja u mesecima kada je protok nizak i kada, po pravilu, vlasnici preusmeravaju kompletну količinu vode kroz cevi, ne ostavljajući u koritu biološki minimum koji se kod malih vodotokova kreće između 10-20% prosečnih desetogodišnjih količina vode u koritu.

Osim toga, mikro, mini i male hidroelektrane veoma malo doprinose energetskom bilansu i upitno je da li je njihova izgradnja u potpunosti opravdana i jedini značaj mogu imati na lokalnom nivou gde se kroz niskonaponsku mrežu distribuira proizvedena energija i naravno, ukoliko ne ugrožavaju životnu sredinu.

Moguće je izgraditi mikro ili mini hidroelektranu derivacionog tipa sa malom akumulacijom kojom se može obezbediti rad sistema od nekoliko dana i kojom bi se regulisao protok vode u delu korita reke koji je premošćen cevima ali uz poštovanje svih propisa i sa merama zaštite biljnog, životinjskog i, pre svega riblje populacije. Praksa često ne prati projekte i zato bi preporuka bila da se male ili mini hidroelektrane derivacionog tipa, generalno izbegavaju jer je teško kontrolisati striktnu primenu propisa na terenu. Istina, rigorozna kaznena politika koja bi važila za sve učesnike u elektro-energetskom sistemu, bez obzira na njihovu veličinu, odnosno proizvedenu količini električne energije, mogla bi pomoći da se u ovu oblast uvede red.

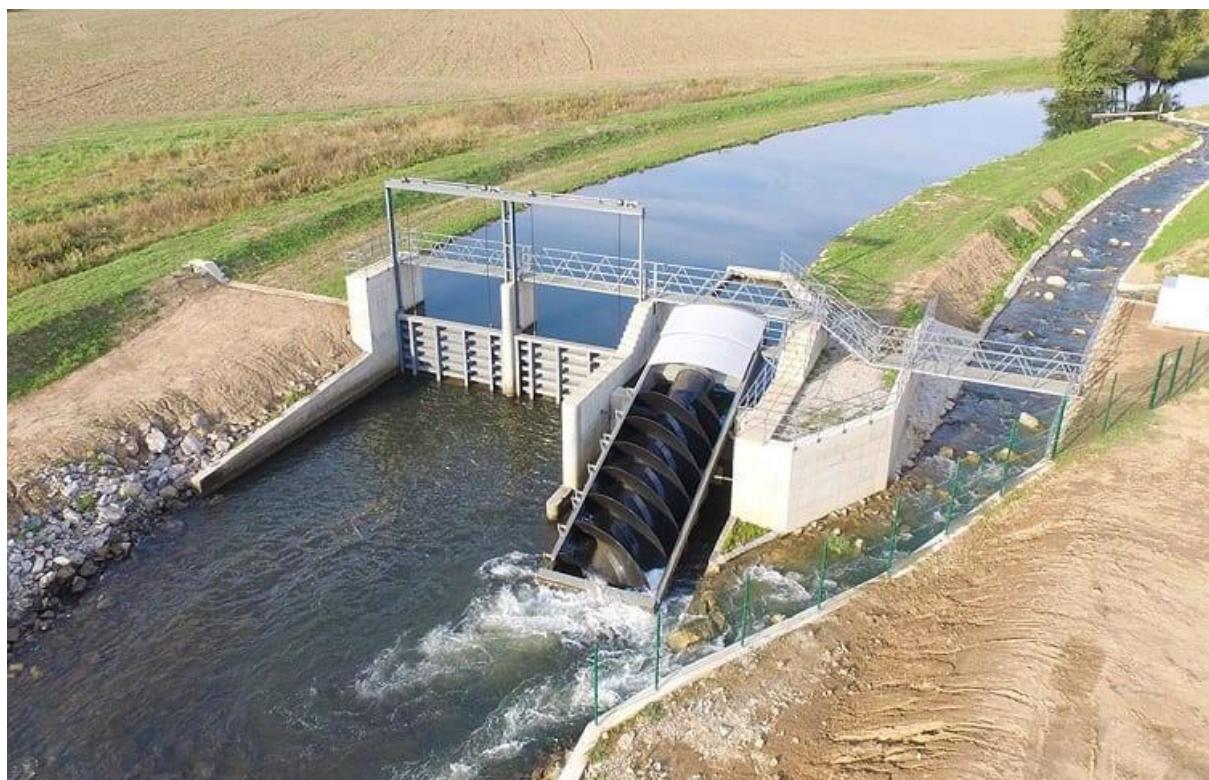
Hidroelektrane sa malom visinom brane (pužne i vrtložne hidroelektrane)

U slučaju vodotokova malih brzina i sa malim protokom kao i kod postojećih rečnih ustava, otoka i rukavaca reka i niskih brana, energija vode se može koristiti primenom veoma pogodnih rešenja uz pomoć hidroelektrana koje koriste tzv. pužne, zavojne ili Arhimedove turbine ili sa tzv. Vrtložnim turbinama. Te vrste turbina sa niskim brojem obrtaja su veoma efikasne za male visine akumulacija (od 1 do 10m) i relativno male količine akumulirane vode, s tim što ova druga vrsta spada u red najmanjih, mikro elektrana sa snagama koje ne prevazilaze 70-80 kW a mogu češće biti i manje.

Ove vrste turbina za njihovo postavljanje ne potpadaju pod posebne propise. Asinhroni generator obezbeđuje optimalnu proizvodnju energije za elektro-distributivnu mrežu u rasponu od 10 - 100% proizvodnog kapaciteta, pri čemu se i pri malim protocima obezbeđuje visoka efikasnost konverzije u električnu energiju.

Osnovna prednost navedenog načina korišćenja vodnog resursa u energetske svrhe je u tome što se iz reke ne uzima voda i njena celokupna količina ostaje u koritu bez prekida duž čitavog toka reke. Ovo je od izuzetnog značaja za smanjenje negativnih efekata kakav često imaju derivacione elektrane.

Pužne turbine. Kod manjih ravnicačkih pa i brdsko-planinskih reka sa prosečnim protocima od nekoliko $m^3/sec.$ pa naviše, moguće je korititi prelive preko ustava uz pomoć pužnih ili zavojnih turbina. Kod ovih turbina, pojedinačna instalisana snaga generatora može biti do 500 kW ali i znatno manja, a ukoliko postoji potreba za većom proizvodnjom električne energije, može se ugraditi više paralelnih turbina i generatora. Veliki broj ovih elektrana postoji u Holandiji, Engleskoj, Nemačkoj, Belgiji, Češkoj, odnosno u zemljama gde je razvijena kanalska mreža, ali se ove elektrane mogu postaviti i na manjim rekama gde već postoje ustave ili se one mogu lako izgraditi. Jedno od rešenja su gumene brane sa malom akumulacijom čija je instalacija veoma jednostavna i ne zahteva velike infrastrukturne radove.



Ilustracija: pužna hidroelektrana

Osobine pužnih/zavojnih turbina:

Izlazna snaga: do 500 kW

Potreban protok vode: 100 – 10 000 l/s

Visinska razlika na brani: 1 – 10 m

Nagib turbine: 22 – 36°

PREDNOSTI:

- Niski troškovi za građevinske radove, nema složenih iskopavanja
- Niži troškovi u poređenju sa tradicionalnim turbinama
- Jednostavna konstrukcija

- Dug radni vek
- Visoka efikasnost
- Pouzdanost i sa malim protokom (na 20% protoka efikasnost je 74%)
- Jednostavno rukovanje - niski troškovi održavanja
- Lak pristup radnim elementima
- Primenljivo na branama i ustawama
- Poboljšava kvalitet vode aerizacijom
- Ne ugrožava ribu – kanal u kome se nalazi turbina je otvoren i služi kao efikasna riblja staza
- Slobodan prolaz plutajućeg materijala- veliki čvrsti komadi, kao što su plastika, drvo ili malo kamenje mogu nesmetano da prolaze kroz turbinu, bez ikakvog uticaja na njenu efikasnost.
- Kao bezbednosna mera, dovoljna je samo rešetka na ulazu u zavojnu turbinu.
- Turbina se može projektovati za stalnu ili za promenljivu brzinu obrtanja, s obzirom na protok i pad vode.
- Zavojna turbina ne zahteva sistem za podmazivanje donjeg ležaja. Ovo poboljšava efikasnost i smanjuje operacione troškove.
- Životni vek je barem 30 godina, a efikasnost ostaje konstantna tokom godina.
- Vijci mogu biti obloženi keramičkim kompozitnim materijalom koji je veoma otporan na habanje-

NEDOSTACI

Glavna manjkavost Arhimedovih turbina je promena raspoloživog pada vode, odnosno nivoa vode na ustavi tokom godine, što se odražava na proizvodnju električne energije. Ovaj nedostatak je direktno vezan za izbor i projektovanje nominalnog protoka vode jer njegovo povećanje u nekim slučajevima ne dovodi do velikog povećanja proizvodnje. Sa smanjenjem neto pada efikasnost turbine takođe se smanjuje a ako je turbina prevelika, tokom perioda male vode neće biti proizvodnje električne energije. Ovi razlozi upućuju na to da se posebna pažnja mora posvetiti projektovanju instalisanog kapaciteta u odnosu na protok vode čime se smanjuje mogućnost potpunog iskorišćenja raspoloživih vodnih resursa. Ovaj problem se može prevazići postavljanjem nekoliko paralelnih turbina, ali u tom slučaju se povećavaju investicioni troškovi. Osim toga, niski broj obrtaja turbine zahteva mehanički sklop za povećanje brzine a to smanjuje efikasnost. Za visoku efikasnost hidroelektrane sa Arhimedovim, zavojnim turbinama, potrebna je mogućnost regulacije brzine.

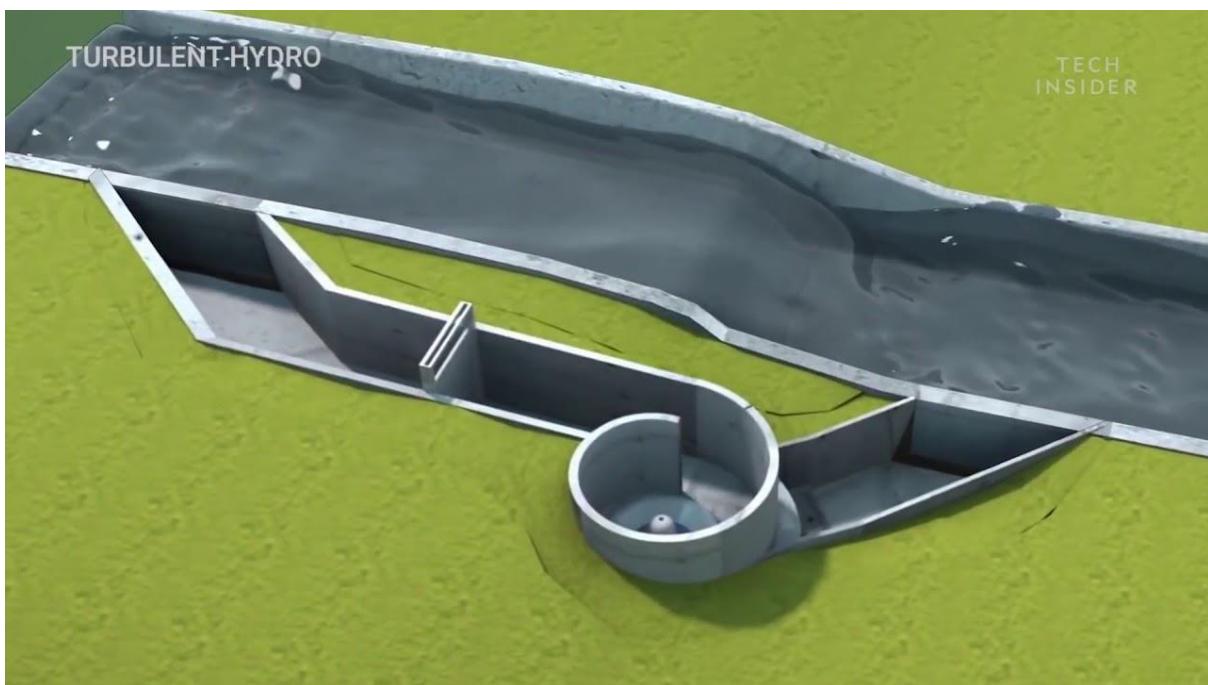
PREPORUKA

Eksplotacija hidroenergije uz pomoć pužnih turbina je dobro rešenje. U planinskim vodotokovima koji imaju strmije korito, skoro uvek je jednostavno pronaći mesto gde bi se moglo postaviti ovakve elektrane koje ni na koji način ne ugrožavaju biotop. To se može uraditi na glavnem toku ili na nekom prirodnom račvanju i najteži deo u izgradnji ovakvog

postrojenja može biti povezivanje na elektro-distributivnu mrežu, posebno u uslovima kada glavni vodovi nisu blizu a ne građevinski radovi na samom objektu. Elektrane nemaju velike brane niti cevi i sva iskorišćena voda se odmah vraća u korito reke.

Vrtložne turbine su turbine niskog pritiska vode koje koriste kinetičku energiju njenog kretanja usled gravitacije ali i dodatnu kinetičku energiju koju voda ima usled rotacije zemlje tako da se za isti protok i visinsku razliku može dobiti više energije upotrebom vrtložnih nego kod konvencionalnih elektrana. Protok vode stvara vrtlog koji okreće rotor generatora. Pošto je za pokretanje turbine potreban mali potisak, to omogućava izgradnju sistema u oblastima relativno plitke vode koja se sporo kreće, ali se ovaj sistem može bukvalno koristiti na svim vrstama vodotokova za generisanje energije kako za lokalnu upotrebu tako i za dalju prodaju. Kapaciteti ovih elektrana su mali (zato padaju u kategoriju mikro elektrana), ali su zato i troškovi izgradnje proporcionalno značajno niži nego za druge vrste turbina.

Jedna od značajnih prednosti vrtložnih turbina je da one ne ugrožavaju ribe i ostali životinjski svet u vodi, a za rad turbine, dovoljna je visinska razlika od samo 1,5 metara. Postavljanje turbine na optimalne lokacije zato postaje jednostavnije a mesta za to se mogu naći na više pozicija nego za druge vrste hidroelektrana.



Ilustracija: vrtložna hidroelektrana

Izgradnja nije zahtevna i može se izvesti u lokalnim uslovima a sva proizvedena energija se može lokalno iskoristiti. Obzirom da elektrana radi tokom 24 sata, potrebno je obezbediti skladištenje energije tokom noći i zbog toga bi bilo dobro da je elektrana priključena na elektro distributivnu mrežu kojoj bi mogla da predaje ili prodaje viškove energije ili da se obezbedi potrošnja i tokom noći.

Kako će cene električne, pa i drugih vrsta energije rasti, izgradnja vrtložnih turbina za pokrivanje potreba na lokalnim nivou je vrlo atraktivna. S obzirom da rade sa relativno malim količinama vode, one su operativne 24/7 što znači da se viškovi noćne proizvodnje mogu predavati mreži i koristiti tokom perioda veće potrošnje ili se prodavati na tržištu.

Za ovu vrstu turbina nisu potrebne posebne dozvole osim energetske i one se dobijaju relativno brzo i lako jer se vrtložnim turbinama ne prekida prirodni tok reke čime je njihov uticaj na životnu sredinu praktično zanemarljiv. Lake za izgradnju i jednostavne u eksploataciji, mogu biti odlično rešenje u krajevima gde ima mogućnosti da se postave. Vreme eksploatacije je dugo (40 godina) i posle vremena povraćaja investicije koje se kreće od 7-10 godina, barem prema aktuelnim cenama energije, a sigurno i brže s obzirom na trendove njihovog rasta, može biti i kraće.

Pored brojnih prednosti korišćenja ovih mikro hidroelektrana, vrtložne turbine imaju i neka ograničenja. Na primer, snaga najvećih turbina je i dalje ispod 100 kW što bi bilo dovoljno za napajanje tek do oko 170 domaćinstava.

Turbine ne rade kada se voda smrzne, ali se to ne dešava kod brzih vodotokova već može biti problem u slučaju malih akumulacija, ustava i brana, odnosno kod stajačih voda.

PREPORUKA

Kod svih tipova elektrana, a posebno hidroelektrana, od ključnog značaja je procena potencijala resursa. Ukoliko je on potcenjen, neće se iskoristiti puna mogućnost iskorišćenja pa će investicija biti realno manje isplativa a efekat proizvodnje energije niži od mogućeg. Dogradnja i naknadno proširenje kapaciteta može biti proporcionalno značajno skuplje nego da se odmah gradio optimalan elektroenergetski pogon.

Ako je, pak potencijal precenjen, posledice mogu biti da sa malim protocima ne možemo da pokrenemo proizvodnju ili da ona bude krajnje neefikasna što će usloviti neisplativost investicije i povraćaj kapitala posle vremena amortizacije opreme, a to predstavlja gubitak ulaganja umesto dobitka.

Kod mikro hidroelektrana, kakve su one koje rade sa vrtložnim turbinama, procene su jednostavnije i merenja grublja jer su one mnogo fleksibilnije za različite kapacitete vodotoka na koji su priključene. To se dodatno može rešiti malim ustavama na pristupnom kanalu, kojima se reguliše tok prema turbini. Imajući u vidu da one najčešće koriste tek deo vodotoka, uvek je moguće dimenzionisati je na način koji omogućava optimalni rad tokom čitave godine. Iz tog razloga ćemo i ovde ponoviti generalnu preporuku da je dobro investirati u ovakve objekte jer će se ta investicija uvek i realtivno brzo vratiti, a tekući troškovi održavanja i operativni troškovi su skoro zanemarljivi.

8. IZBOR OPTIMALNOG SISTEMA I PROCENA TROŠKOVA – MALE STUDIJE SLUČAJA

U Vodiču ćemo obraditi dva slučaja mini odnosno mikro hidroelektrana koje mogu biti atraktivne za izgradnju i korišćenje u prekograničnom regionu Srbija-Bugarska. Fokus smo stavili na manja postrojenja koja nisu derivacionog tipa (voda se od vodozahvata ne vodi do mašinske hale cevima, odnosno korito reke se ne premošćuje) jer su ona lakše sprovodiva i mogu biti finansirana od strane pojedinaca ili ograničenog broja malih investitora i ni na koji način ne ugrožavaju reke ni njihov biljni i životinjski svet. Nismo obradili slučaj derivacione mini hidroelektrane zato što one već izvestan niz godina izazivaju kontroverze zbog potencijalno štetnog uticaja na lokalnu životnu sredinu i male vodotokove, a sa zanemarljivim doprinosom energetskom bilansu. Međutim, hidroelektrane se retko grade samo za sopstvenu upotrebu i po pravilu su to postrojenja koja predaju viškove ili svu električnu energiju elektro distributivnoj mreži. Iz tog razloga je način procene isplativosti ulaganja drugačiji i ne može se uporediti sa, recimo ulaganjem u solarne panele na krovu domaćinstva. Osim toga, korišćenje vodenog resursa zahteva i drugačiju pripremu projekta, saglasnosti i dozvole koje nisu potrebne za, na primer eksplotaciju geotermalne energije ili energije biomase a potrebno je preduzeti značajno obimnije infrastrukturne radove kako bi se obezbedio dovoljan vodozahvat za optimalan rad elektrane. Konačno, za razliku od drugih OIE (osim biomase), voda se ne može bezgranično koristiti jer je taj resurs ograničen i ima i druge, važne upotrebljive vrednosti koje su primarne u odnosu na proizvodnju energije (voda se koristi za piće i/ili za očuvanje biodiverziteta). Veliki broj solarnih panela neće ni na koji način ugroziti zračenje sunca niti uticati na obilnost energije, problem može biti samo prekomerno prekrivanje nekog prostora ili estetski razlozi, ali je stepen korišćenja sunca u energetske svrhe još daleko od masovnog pojavljivanja ovog problema.

Iz svih ovih razloga, teško je napraviti uporednu analizu u odnosu na druge izvore obnovljivih izvora energije (jedino bi korišćenje vetra donekle moglo biti uporedivo), već se procena isplativosti oslanja na tržišne uslove koji su, naročito u poslednje vreme veoma promenljivi. Ipak, energija će sve više biti potrebna i njena cena će samo rasti i u tom svetlu su sva ulaganja, pa i ulaganje u hidroenergiju isplativa u meri u kojoj se prethodno dobro sagleda raspoloživost samog resursa i način na koji on može da se koristi a da ne ugrozi životnu sredinu i potrebe lokalnog stanovništva.

Za pripremu investicije, potrebno svakako konsultovati za to ovlašćena pravna ili fizička lica koja mogu pripremiti projektu dokumentaciju na osnovu podataka o terenu i hidrološke situacije. Neophodno je preduzeti sledeće korake i odrediti lokaciju sa dovoljnim potencijalom i na kojoj se eksplotacijom ne ugrožavaju druge potrebe i proceniti:

- Obilnost resursa koja će odrediti kapacitet elektrane
- Stabilnost protoka vode tokom godine

- Način prihvatanja i upravljanja vodom s obzirom na konfiguraciju terena, izbor vrste elektrane
- Blizina i vrsta raspoložive elektromreže
- Troškovi izgradnje i očekivani prihod, grubo vreme povratka investicije
- Način finansiranja
- Dinamika i način izvođenja radova

Tek nakon ovih procena i ukoliko se predfizibiliti studijom pokaže opravdanost ulaganja, može otpočeti sa projektovanjem elektrane i dobijanjem neophodnih dozvola.

Procena kapaciteta

Procena kapaciteta se vrši na osnovu hidroloških, statističkih podataka ali bi bilo oportuno staviti akcenat na podatke iz poslednje dve decenije kada je došlo do značajnih promena i ekstrema u klimi koji su doneli i velike suše i velike, bujične padavine, često i iznad stogodišnjeg maksimuma koji se uzima kao relevantan za projektovanje. Iako i u Srbiji i u Bugarskoj postoje procene hidroloških kapaciteta, one su nepouzdane i ne daju pravu sliku realnih mogućnosti. Tokom vremena su se klimatski uslovi promenili a u stanjima potencijala često nije vidljiva i prava konfiguracija terena koja neretko obesmišljava izgradnju bilo kakvog energetskog objekta. Konačno, mali vodotokovi se najčešće nalaze u brdsko-planinskim područjima koja su manje razvijena pa je dostupnost elektro distributivnoj infrastrukturi slaba što poskupljuje ulaganja i dovodi u pitanje njihovu isplativost. Osim toga, neadekvatna izgradnja i korišćenje vodnog resursa uz pomoć derivacionih elektrana je u velikoj meri izazvala otpor i protivljenje stručne javnosti i lokalnog stanovništva, tako da su teoretske prednosti korišćenje malih vodotokova anulirane lošom primenom tehnologija. Međutim, ukoliko se obezbedi stalan i pun protok vode kroz korito reke a njena eksploatacija izvede na neagresivan način, nema razloga da se energija vode ne koristi.

Izbor vrste elektrane

Kada se izvrši procena obilnosti vodnog resursa i topografija terena, pristupa se izboru načina korišćenja vode za proizvodnju energije. Visina vodenog pada, konfiguracija korita reke, postojanje virova, zastanaka u reci ili nekih pregrada i ustava, račvanje reke i njene pritoke, sve to određuje način izbora vrste hidroelektrane i tipa optimalne turbine. Kada na to dodamo zahteve za očuvanjem vodotoka i živog sveta u reci, izbor postaje tim važniji.

Kako se hidroelektrane grade sa namenom da se jedan deo ili celokupna proizvedena energija preda elektro distributivnoj mreži, potrebno je proveriti blizinu i vrstu elektro-mreže. Na osnovu svih tih ulaznih podataka, izvrši se gruba procena troškova i vreme trajanja izgradnje kao i okvirno vreme povraćaja investicije uzimajući u obzir tržišne uslove, mogućnost dobijanja subvencija ili druge vrste pomoći. Konačno, treba proveriti mogućnost pristupa

fondovima i bankama, ukoliko nije moguće finansirati projekat iz sopstvenih izvora. Sve to određuje način ulaganja u elektranu i ukazuje na isplativost poduhvata. Dobro je proveriti kako to izgleda kod nekoga ko je prošao čitav proces jer je na osnovu dobrih i loših primera iz prakse množe se dosta toga naučiti. Naravno, kao i za bilo koji drugi elektroenergetski objekat, projekat i izvođenje radova mora da uradi stručno i za to ovlašćeno lice.

Troškovi proizvedene energije

Indikator koji se obično koristi je nivelišani trošak energije (LCOE). To je cena po kojoj se električna energija mora proizvesti iz određenog izvora da bi se isplatila tokom životnog veka projekta. Najniži LCOE imaju hidroelektranama srednje do velike veličine. Generalno, što je hidroelektrana veća, to je jeftinija cena po kilovat-satu za proizvedenu električnu energiju. Indikator zavisi od investicionog troška izgradnje, cene kapitala, tržišne ili ugovorene cene električne energije (da li proizvodnja iz objekta može biti predmet podsticaja kroz feed-in tarife ili neke druge vrste olakšica ili je zaključen neki dugoročni ugovor o isporuci električne energije - PPA). LCOE je granična vrednost isplativosti koja je relevantna tek za okvirnu procenu visine investicije, odnosno ukoliko je taj indikator značajno niži od tržišne cene energije, to znači da će se investicija isplatiti u vremenu koje je toliko kraće od životnog veka elektrane. Za mini i mikro elektrane, vreme povraćaja investicije ne bi smelo da bude duže od 10-12 godina u najgorem slučaju, a češće nije duže od 8-10 godina, sa tendencijom skraćivanja tokom vremena zbog trenda rasta cena energije.

Ekonomski i ekološki uticaji

Troškovi i ekonomski aspekti hidroenergetskog projekta koji spada u infrastrukturne zahvate, ma koliko mali bili su intenzivno kapitalne prirode u vreme njihove izgradnje. Međutim, visina troškova direktno zavise od tipa i dimenzija pripadajuće brane, ako je elektrana ima, kao i od građevinskih radova neophodnih za izgradnju objekta. Međutim, prednost ovih elektrana je što su njihovi operativni troškovi i troškovi veoma niski.

- Kapitalni trošak koji se sastoji od:

- ♣ Građevinski/konstrukcijski materijali i ugradnja, (uopšteno 40-50% od ukupne cene)
- ♣ Nabavka i montaža mehaničke opreme, (uglavnom 10-20% od ukupne cene)
- ♣ Nabavka i instalacija električnih instrumenata i kontrola (5% ukupnih troškova)
- ♣ Indirektni troškovi projekta, naknade i nepredviđeni troškovi i (10-15% ukupnih troškova)
- ♣ Troškovi investitora/vlasnika projekta (5-7% isključujući troškove finansiranja projekta)

Od celog iznosa, potrebno je da investitor obezbedi barem 20-30% sopstvenih sredstava dok se ostalo može finansirati iz kredita. U poslednje vreme, banke imaju mnogo fleksibilniji politiku finansiranja ovakvih projekata jer se u praksi pokazalo da su oni veoma isplativi, pod uslovom da su dobro projektovani i da su obzir uzeli precizne ulazne parametre o hidrološkoj situaciji i konfiguraciji terena. Veoma je rašireno tzv."Projektno finansiranje" koje pretpostavlja da se kao obezbeđenje (kolateral) prihvata sam projekta na koji banka stavlja hipoteku do njegove realizacije i puštanja u rad.

- Operativni troškovi i troškovi održavanja uključuju:

- ♣ Fiksni troškovi održavanja su oni koji se značajno ne zavise od kapaciteta elektrane
- ♣ Varijabilni troškovi održavanja su troškovi vezani za proizvodnju električne energije i koji variraju u zavisnosti od nje.
- ♣ Veliki troškovi održavanja

Cena elektrana se kreće od 2.000 do 5.000 EUR po kW instalisane snage. Jedinični trošak zaista u velikoj meri zavisi od uslova na lokaciji i od složenosti povezanih građevinskih radova. Može biti veća kod akumulacionih hidroelektrana (trošak brane je važna stavka) ili niža za protočne elektrane sa povoljnim hidrauličkim i topografskim karakteristikama. Još su povoljniji uslovi za investiranje su u slučaju hidroelektrana koje se instaliraju na već postojeće vodozahvate ili im vodozahvat nije ni potreban. To su najčešće mini ili mikro elektrane i, uz ograničene snage koje takvi tipovi elektrana imaju, one su najatraktivnije kada je potreban nizak nivo proizvodnje električne energije.

PREDNOSTI MIKRO I MINI HIDROELEKTRANA

- niska cena proizvodnje električne energije:
- generalno ograničen negativni uticaj na životnu sredinu sa smanjenjem emisija CO₂ u proizvodnji energije
- veoma poznata i pouzdana tehnologija
- stabilna dnevna proizvodnja električne energije
- puni proizvodni kapacitet može biti dostupan u roku od nekoliko sekundi.
- niski troškovi rada i održavanja
- dugo vreme eksploatacije. Životni vek se projektuje na najmanje 50 godina.

MANE

- zahtevaju proporcionalno velika početna ulaganja
- male instalisane snage

- imaju donekle nedefinisan status pa se pitanje dozvola mora rešavati od slučaja, do slučaja, posebno ako se zahteva priključak na elektro distributivnu mrežu.
- osetljive su na promenu protoka i kapacitet vodotoka
- osetljive su na klimatske promene
- protočna elektrana ima nestabilno napajanje. Tokom nepredviđenog perioda niske proizvodnje (npr. izuzetna suša), rezervni sistemi (bazirani na drugoj vrsti, najčešće fosilnog energenta) su potrebni za isporuku balansne električne energije kako bi se obezbedio kontinuitet snabdevanja. Ovo ne važi u potpunosti za mikro i mini hidroelektrane, ni u Srbiji ni u Bugarskoj u kojima se balansna energija ove hidroelektrane obezbeđuje iz sistema, odnosno od strane operatera elektro distributivne mreže.

STUDIJA SLUČAJA 1

Prvi primer koji ćemo obraditi se odnosi na zavojne, puž ili Arhimedove spiralne turbine koje, kao što je ranije objašnjeno jesu deo hidroenergetskih sistema za male visinske razlike ali su otvorenog tipa, male brzine obrtanja i veoma su prihvativne za biotop u rekama. Uticaj eksploatacije vodenih resursa u energetske svrhe na ovaj način, praktično je bez uticaja na životnu sredinu. Za rad ovakvih elektrana, potrebna je tek vrlo mala akumulacija koja može biti na nekoj ustavi ili malo veći vodozahvat.

Analiza hidro potencijala na lokaciji

Prepostavimo da imamo mali vodotok sa prosečnim protokom od $8 \text{ m}^3/\text{sec}$ i sa godišnjim promenama kao u tabeli gde su vrednosti mesečnih protoka date sa 50% verovatnoće. Na vodotoku se već nalazi ustava visine 3 metra koja služi za regulaciju toka kao i mala

Verovatnoća v (%) 50	Prosečan mesečni protok, $Q_{sr,mes,v\%}$ (m^3/s)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Protok Q (m^3/s)	7.01	9.7	14.5	19.5	14.3	8.75	4.15	2.08	1.97	2.46	3.41	5.4

Tabela: prosečan mesečni protok vode na odabranoj lokaciji

akumulacija. To je iskorišćeno da se ispita mogućnost ugradnje prelivne, pužne elektrane koja koristi viškove vode. Tokom godine se menja visina vode i to je potrebno uzeti u obzir prilikom projektovanja turbine tako da maksimalno može da koristi potencijal vode u svim uslovima. U ovom konkretnom slučaju, kao srednja neto vrednost visine preliva je 2, 51m u slučaju korišćenja jedne turbine, odnosno 2,4 m u slučaju dve turbine.

Rešenje I		Rešenje II	
Qsrednje (m^3/s)	8	Qsrednje (m^3/s)	8
Q95 (m^3/s)	1.94	Q95 (m^3/s)	1.94
Q95/Qsrednje	0.243	Q95/Qsrednje	0.243
QFP -riblja staza(m^3/s)	0.4	QFP -riblja staza(m^3/s)	0.4
QHPPin projektovani protok (m^3/s)	7.1	QHPPin projektovani protok (m^3/s)	14.2
QHPPin/Qsrednje	0.89	QHPPin/Qsrednje	1.78
Neto visina za QHPPin (m)	2.51	Neto visina za QHPPin (m)	2.4
Broj turbina	1	Broj turbina	2
Qsuf protok za pogon turbine (m^3/s)	1.065	Qsuf protok za pogon turbine (m^3/s)	1.065
Minimalni operativni protok ($(Qsuf+QFP) (m^3/s)$)	1.465	Minimalni operativni protok ($(Qsuf+QFP) (m^3/s)$)	1.465
Maksimalna snaga MHE (kW)	137.2	Maksimalna naga MHE (kW)	275
Godišnja proizvodnja (kWh)	687262	Godišnja proizvodnja (kWh)	925008

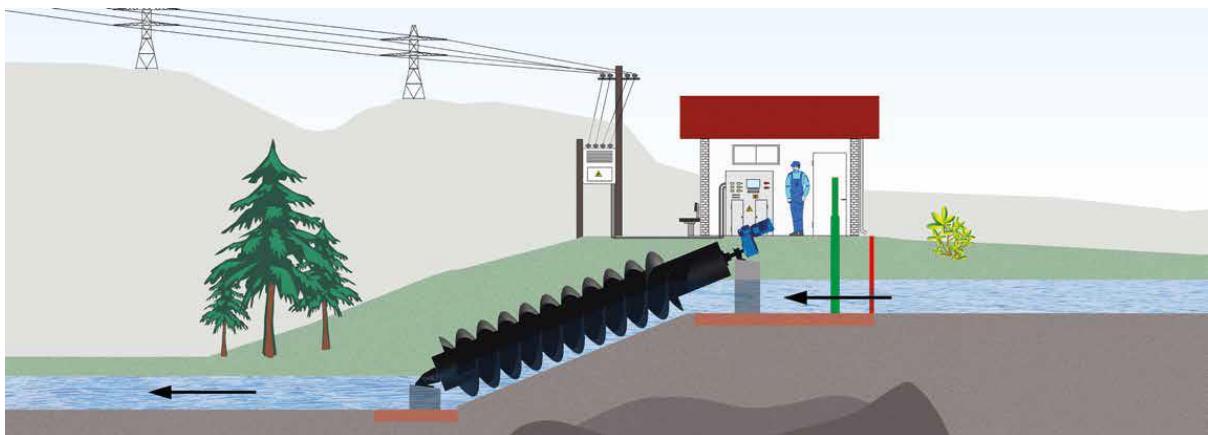
Tabela: predlog rešenja za proizvodnju energije sa jednom i sa dve pužne turbine

Kao što se iz tabela vidi, minimalni protok za pokretanje turbine je oko 1000 l/sec a minimum protoka za punu proizvodnju električne energije je skoro 1,5 m^3 /sekundi.

Ovde su upotrebljene relativno velike zavojne turbine prečnika 3,2 metra (jedna ili dve) i dužine 5 metara kako bi se postigao pad od 30°.

U slučaju jedne turbine i instalanim generatorom od 150 kW, na ovom vodotoku je moguće proizvesti nešto manje od 700 MWh sati godišnje, a u slučaju dve turbine, 925 MWh. Naravno, veći broj turbina je efikasnije ali skuplje rešenje i u ovom konkretnom slučaju, izgradnja manjeg kapaciteta na lokaciji gde već postoji ustava bi iznosila oko 420.000 EUR, dok bi za dve turbine i pripadajuće radove, bilo potrebno izdvojiti oko 800.000 EUR, s obzirom na povećane zahteve u izgradnji i opremi.

Kod ovakvih malih postrojenja, procena isplativosti je uslovljena načinom korišćenja, odnosno da li je elektrana predviđena da bude na mreži ili ne, da li se energija koristi samo za sopstvene potrebe ili se i prodaje, da li je elektrana isključivo komercijalna i da li koristi sistem skladištenja energije u elektro distributivnoj mreži (model prozjumera) kao i udaljenost i tip elektro distributivne mreže.



Ilustracija: izgled Arhimedove, zavojne ili puž turbine

Politika cena i podsticaja u Srbiji i Bugarskoj nisu iste. Dok se u Srbiji i dalje koristi šema feed-in tarifa za mikro i male hidroelektrane kao i za elektrane koje koriste biogas, u Bugarskoj su podsticaji reducirani i tržište uglavnom određuje cenu energije. Treba istovremeno imati u vidu da je tržište energije trenutno veoma turbulentno sa trendom porasta cena, ali ipak prilično nesigurno za investitore s obzirom na rast kamata na kredite. Međutim, isplativost investiranja u proizvodnju električne energije je neupitna i zavisi jedino od sposobnosti investitora da iznesе investiciju u objekat. Ulaganje će se isplatiti sasvim sigurno, i to verovatno i brže nego što kalkulacije u projektovanju to iskazuju.

Kod protočnih elektrana, investicija zavisi od uslova pod kojima se ona postavlja. Nije svejedno da li već postoji ustava i neki vodozahvat ili se korišćenje vodotoka može izvesti bočnim kanalom ili otokom i tako dalje. Cene hidroelektrana se kreću od 2.000 – 5.000 EUR po jednom kW instalisane snage i to su, zajedno sa očekivanom proizvodnjom, osnove za procenjivanje isplativosti. Treba uzeti u obzir i činjenicu da su hidroelektrane dugog veka, ne manje od 40 godina i da ne zahtevaju posebno održavanje tokom svog rada, osim čišćenja vodotoka na prilazu samoj elektrani i tekućeg održavanja.

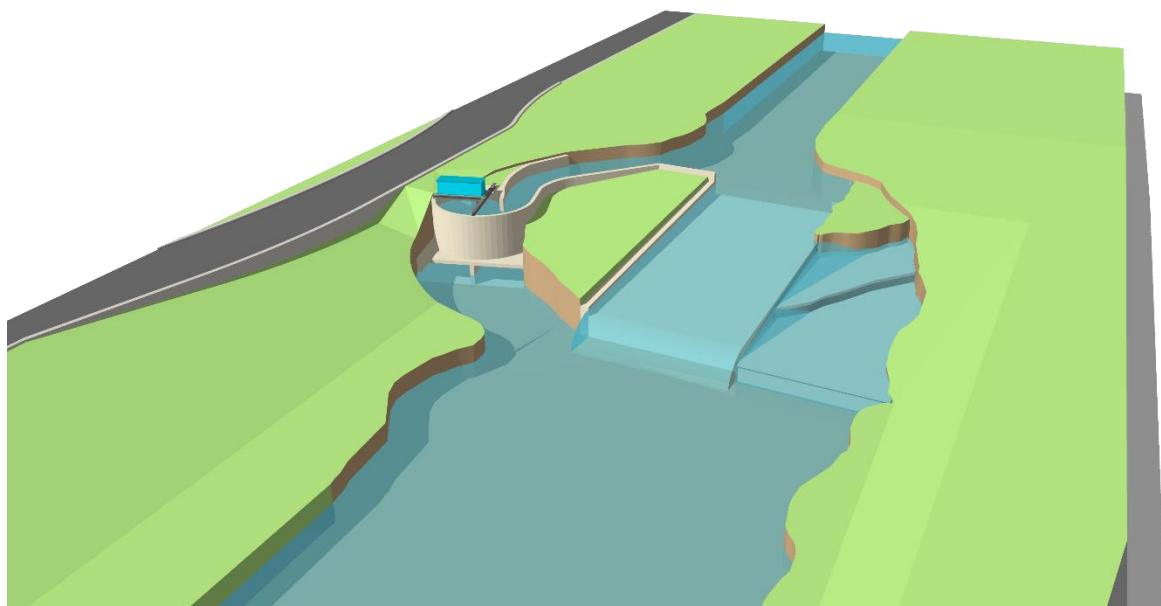
Za mikro i male hidroelektrane kod kojih nema izgradnje brana ili komplikovanih građevinskih radova, vreme povraćaja kapitala se kreće od 7-10 godina.

STUDIJA SLUČAJA 2

Druga studija slučaja se odnosi na jedan primer mikro elektrane sa ciljem da se ukaže na mogućnost korišćenja i sasvim malih vodotokova na jednostavan način koji ne zahteva velika ulaganja a može doprineti energetskoj nezavisnosti pojedinih domaćinstava. Reč je o takozvanim „vrtložnim“ turbinama koje koriste fizički fenomen vira za pokretanje i za proizvodnju električne energije. Ovakve turbine imaju ograničenu snagu (do 100 kW) i najčešće su i mnogo manje, od 5 do 15 kW te spadaju u individualna energetska postrojenja, kao, na primer što su i solarni paneli. Za razliku od solarnih panela, mikro hidroelektrane proizvode električnu energiju 24 sata dnevno što im daje prednost u odnosu na sunce i vetar čija je eksplotacija uslovljena dostupnošću izvora (sunca noću nema a vetar ne duva stalno). Ta činjenica rezultira kraćim vremenom povraćaja investicije i isplativošću ulaganja.

Analiza hidro potencijala na lokaciji

Vrtložne elektrane ne zahtevaju posebna ispitivanja a postupak dobijanje dozvola za svoj rad. Jedino je neophodno da se pripajanje na potrošače i/ili na mrežu izvede po postojećim propisima i od strane ovlašćenog lica. Vrtložne hidroelektrane se najčešće postavljaju na mestima gde iskustveno postoji dovoljno vode koja bi mogla da pokrene turbinu. Za naš slučaj analize, vrtložna turbina je postavljena na stari rukavac na kome je nekada bila vodenica. Protok vode kroz otoku je oko 1000 l/sec a visinska razlika na staroj brani je 2,2 m. Procenjeno je da se s obzirom na protok i visinsku razliku može ugraditi vrtložni sinhroni generator, instalisane snage 10 kW. Na ulaz u uvodni kanal stavljena je mala ustava koja reguliše protok kroz turbinu.



Ilustracija: vrtložna hidroelektrana

Vrtložna kada ima prečnik od 2,4m i iznad nje je postavljen nosač sa generatorom. Za ovu vrstu mikro elektrana se ne izgrađuju posebne mašinske hale, već je priključak ka mreži/potrošačima izведен preko priključnog ormana. Jedino što je bitno je da se i generator i orman zaštite od atmosferskih uticaja. Predmetna hidroelektrana je izvedena sa automatskom regulacijom ustave na uvodnom kanalu koja reguliše protok u odnosu na količine merene pomoću analognog merača u vodenoj struji.

U kanal i kadu je potrebno ugraditi oko 10 m³ armiranog betona a od opreme su potrebni sistemi za stabilizaciju frekvencije i nivou izlaznog napona. Energija se isporučuje na niskom naponu od 3x400V i može se odmah koristiti za sopstvene potrebe. Cena ove kompletne elektrane prema datim parametrima je oko 13,500 EUR. Međutim za predaju energije mreži, potrebno je podići napon na bar 1kV, odnosno potreban je jedan mrežni transformator od 15kVA čija cena se kreće od 5.000 EUR, pa naviše.

Procene investicije zavise od svih ovih elementa, uključujući projektnu dokumentaciju i dobijanje dozvola, tamo gde su potrebne, ali kod ovih mikro postrojenja ukupne investicije ne bi smeće da pređu 1.000 – 1.500 EUR/kW, u slučaju korišćenja energije za sopstvene potrebe i oko 2000 EUR/kW za slučaj ka da se električna energija isporučuje mreži.

Proračun uštede i vremena povraćaja investicije

Cena isplativosti, pa prema tome i vremena povraćaja investicije zavisi od plasmana električne energije. Ukoliko se proizvodnja koristi za sopstvene potrebe a viškovi predaju mreži, kalkulacija ima jedan oblik. Ako se sva proizvedena energija prodaje, bilo mreži bilo poznatom kupcu, onda je kalkulacija drugačija i zavisi od uslova i cene prodaje.

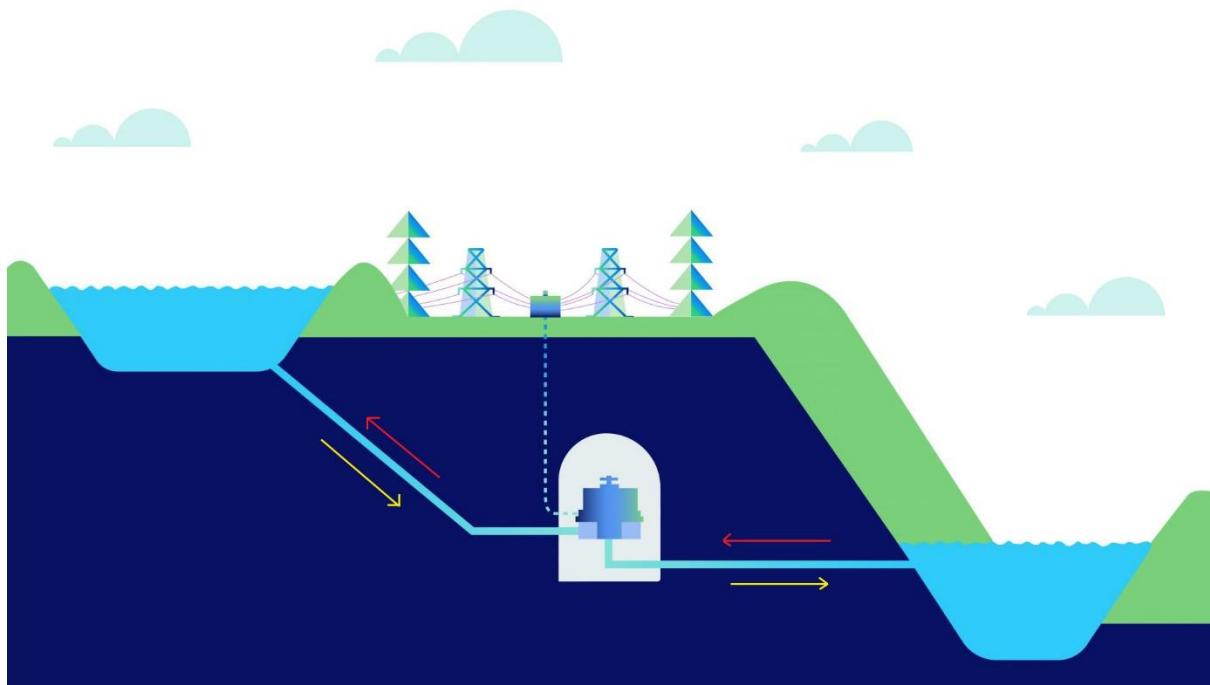
Ukoliko se projekat finansira iz kredita, vreme povraćaja investicije se produžava a ako korisnik ima pristup podsticajnim sredstvima, ono se skraćuje. Osim toga, energija će vremenom poskupljivati pa će se povraćaj investicije ubrzati.

9. SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE HIDRO ENERGIJE

Kao i kod svake druge vrste energije i energija vode se može čuvati u potencijalnom a koristiti u kinetičkom obliku. Naime, mehanička energija je upotrebljena, odnosno vrši neki rad samo u kinetičkom obliku (kada se kreće) dok u potencijalnom ima tek tu mogućnost. Kod hidroenergije, za razliku od sunca i vetra, moguće je sačuvati potencijal vodene mase za kasniju upotrebu. To se može uraditi podizanjem brane na vodotoku čime se akumulira vodena masa koja se koristi u vreme i u obimu koji nam odgovara.

Međutim, u uslovima bujičnih kiša i velikog priliva vode nije moguće sačuvati višak vode u akumulaciji i ona se, u energetskom smislu gubi jer odlazi neiskorišćena. Isto tako, tokom sušnih perioda, akumulacije se iscrpljuju i tada brana ne čini mnogo jer nema puno vode da se čuva već se ona propušta u količini u kojoj pritiče. Najefikasniji i praktično jedini sistem za skladištenje hidroenergije u osnovnom obliku (ovde neće biti reči o sekundarnom skladištenju električne energije) je da se višak vode ispumpava u dodatni rezervoar, odnosno jezero. U praksi, takva se jezera nalaze na višoj koti od akumulacije koju formira brana i time se vodi predaje deo potencijalne energije koja se kasnije koristi kada se voda vraća nazad ka generatorima i usled svog protoka zbog postojanja visinske razlike, proizvodi električnu energiju.

Takve elektrane se zovu reverzibilne elektrane (na engleskom je u upotrebi izraz „pumpne elektrane“) pošto se koristi reverzibilni, odnosno povratni proces konverzije energije: kinetička-potencijalna-kinetička uz posredovanje mehaničke energije koja generiše električnu, a ova opet pokreće pumpe.



Ilustracija: princip rada reverzibilne hidroelektrane

Jasno je da je izgradnja ovakvih postrojenja zahtevna iz više razloga. Prvi je potreba za masivnim infrastrukturnim zahvatima jer je neophodno pronaći prostor koji bi mogao biti rezervoar ispumpane vode. U praksi se koriste već postojeća prirodna jezera, ako postoje jer ona već imaju povoljan hidrološki status, nepropusno dno i mogućnost sakupljanja vode s obzirom na geomorfologiju. Ako toga nema, onda je ova vrsta instalacije još teža jer treba pripremiti neko područje da može da primi velike količine vode. Pored toga, udaljenost od hidroelektrane ne bi trebalo da bude prevelika zbog troškova ali i zbog gubitaka u cevima.

Električna energija proizvedena u ovakvim elektranama se često koristi i kao tzv-„balansna energija“, dakle u vreme kada u distributivna mreža nema optimalno opterećenja ili u vreme kada je potrošnja velika i potrebne su dodatne količine nedostajuće energije, u redovnom ciklusu eksploatacije ili tokom sušnih perioda kada nedostaje vode u akumulacijama.

Sa druge strane, investicije u ovakve objekte imaju značaj ne samo sa energetskog aspekta, već i zbog mogućnosti korišćenja vode i u duge svrhe, za ljudsku upotrebu, za poljoprivredu, stočarstvo, turizam...

U proteklih dvadesetak godina se sve više investira u skladištenje hidroenergije i u reverzibilne elektrane, kako u Evropi, tako i u svetu.

U Srbiji postoji jedna reverzibilna hidroelektrana, Bajina Bašta. Maksimalna snaga elektrane u generatorskom režimu je 614 MW, sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od oko 800 do 1.000 GWh. Maksimalna ulazna snaga u pumpnom režimu je 620 MW.

Već dugi niz godina se planira izgradnja još dve reverzibilne hidroelektrane, ukupne snage od oko 3MW.

Bugarska ima tri reverzibilne hidroelektrane od kojih je HE Chaira je najveća hidroelektrana u jugoistočnoj Evropi, sa 864 MW u proizvodnom i 788 MW u pumpnom režimu. Gornji rezervoar HE Čaira je brana Belmeken koja ima upotrebnu zapreminu od 140 miliona m³ i ujedno je glavno skladište vode za elektrane Belmeken-Sestrimo hidroenergetske kaskade, a donji rezervoar je brana Čaira koja ima upotrebnu zapreminu od 4,2 miliona m³.

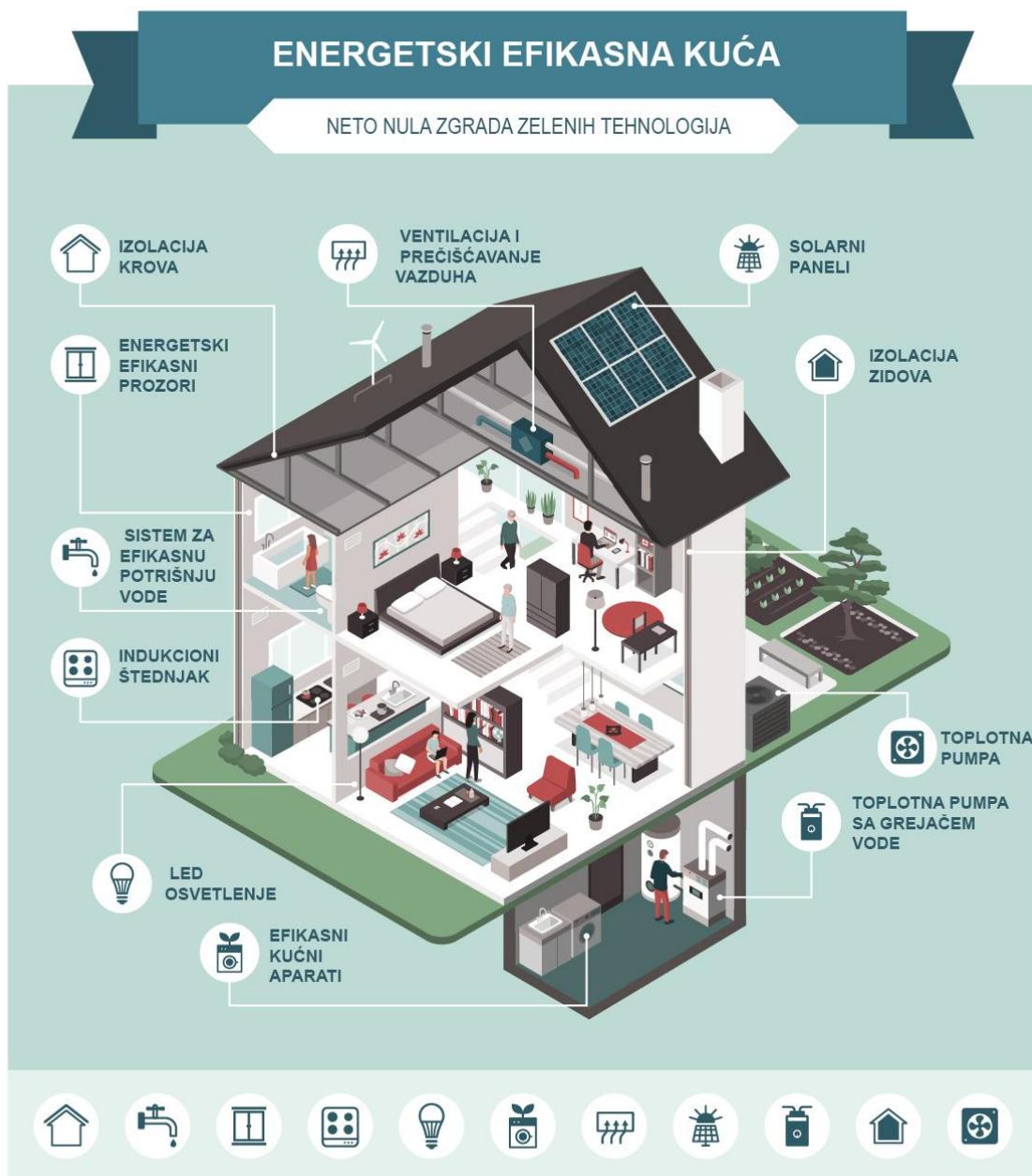
Najveće skladište vode i reverzibilna hidroelektrana u Evropi je kompleks Cortes-La Muela koji se nalazi u reci Hukar (Španija) ima ukupan instalirani kapacitet od 1,8 GW, dok se najveća reverzibilna elektrana na svetu nalazi se u Kini, u provinciji Hebei. Postrojenje od 3,6 GW i sastoji se od 12 reverzibilnih agregata/pumpi od kojih svaki ima snagu od 300 MW sa ukupnim kapacitetom proizvodnje energije iz skladišta od 6,612 milijardi kWh.

U poslednje vreme se razvijaju sistemi skladištenja proizvedene električne energije pomoću ogromnih akumulatora ali i najveći postojeći sistemi (trenutno sa kapacitetom od 450 MWh) ne mogu prihvati ozbiljniju količinu energije koja bi se mogla nezavisno koristiti za vezi broj korisnika i u periodu od bar nedelju ili dve dana. Alternativa je transformacija jedne u drugu energiju, kao na primer električne u proizvodnju vodonika čime se omogućava skladištenje energenta manjeg gabarita i za namene koje ne moraju biti samo za potrošnju električne energije. Reč je, pre svega o "zelenom" vodoniku koji se dobija prostom elektrolizom vode uz upotrebu energije iz obnovljivih izvora. Inače, vodonik se sve više koristi za gorivne ćelije koje proizvode električnu energiju od vodonika i na taj način se može sačuvati energija na dugi period.

10. PAMETNE KUĆE

Pametne kuće/zgrade predstavljaju objekte sa sistemima praćenja i upravljanja savremenim tehnologijama koje su u njih integrisane u svrhu postizanja maksimalne efikasnosti i samodovoljnosti u funkcionisanju svih sistema. To su domovi koji imaju autonomnu energetiku rešenu korišćenjem obnovljivih izvora energije, od solarne, za proizvodnju električne i topotne energije, do topotnih pumpi koje omogućavaju klimatizaciju prostora tokom čitave godine a uz minimalnu potrošnju energije za svoj rad. Digitalnim sistemima se prati potrošnja vode i njena prerada u tehničku vodu, osvetljenje kuće, ventilacija, pa sve do programiranog zalivanja dvorišta i korišćenja kišnice za tehničku upotrebu. Osim toga, može se kontrolisati bezbednost kuće nadzorom kamera, ali i protivpožarnim i/ili protiv poplavnim senzorima. Sistemima za kontrolu se mogu čak pružiti podrška u planiranju aktivnosti stanara, sa podsetnicima i upravljanju uređajima za zabavu i slobodno vreme, dinamiku punjenja električnih uređaja koji rade na struju i potrebno je optimizovati njihovu potrošnju tako što će ona preusmeriti na periode jeftinije energije. Obim automatizacije tekućih procesa je samo pitanje zahteva, mogućnosti investiranja i opravdanosti takvih sistema jer ne postoje ograničenja u tehnološkom smislu. Takvi objekti se često približavaju idealu potpuno samodovoljnih i nezavisnih jedinica u energetskom smislu kao i sa visokim stepenom

nezavisnosti, kada je voda u pitanju, pri čemu je njihov ekološki otisak, odnosno uticaj na životnu sredinu i na klimatske promene kroz emisiju CO₂, zanemarljiv



Ilustracija: pametna kuća i sistemi za napajanje energijom upravljanje potrošnjom

Iako pametne kuće nisu neposredno vezane za korišćenje hidroenergije, svaki OIE koji napaja pametni dom može se posmatrati delom integralnog rešenja koje, osim autonomne energetike, dobre izolacije, optimalnoj orientaciji, efikasne klimatizacije i unutrašnjeg osvetljenja, koristi i tehnologije za optimizaciju potrošnje i za bezbednost objekta.

11. PRAKTIČNI NAČINI ZA PREKOGRANIČNU SARADNJU

Iako nije moguće napraviti fizičko povezivanje projekata za korišćenje energije malih vodotokova, to ne znači da nema drugih načina za ostvarenje prekogranične saradnje.

Razmena iskustava i primera iz prakse su od dragocenog značaja za razvoj eksploatacije lokalnih reka i potoka jer su konfiguracija terena i potencijali u pograničnom području slični, što znači da su i načini kako koristiti energiju vode bez štetnih posledica na okolinu.

Ograničenja i problemi su takođe slični. Razlika može biti u drugačijim zakonskim rešenjima u ovoj oblasti kao i u razvijenosti infrastrukture. Međutim, promocijom dobre prakse, najveći deo tih ograničenja se može prevazići. Postoji nekoliko mogućih oblika saradnje:

- Zajednički susreti, forumi i mesta za razmenu znanja i iskustava na kojima bi se promovisala najbolja i najefikasnija rešenja.
- Zajednički projekti koji bi se koristili sa obe strane granice, uz različite izvođače ali sa istim ciljem. Rezultati realizacije i eksploatacije takvih projekata bi bili odlična osnova za uporednu analizu uspešnosti u sličnim uslovima i dobar vodič za prevazilaženje potencijalnih problema.
- Osnivanje zajedničkih energetskih zadruga, odnosno pula malih investitora koji bi mogli ulagati u projekte u okviru prekogranične saradnje.
- Razvoj turizma sa akcentom na “zeleni turizam” i korišćenje obnovljivih izvora energije u svrhu samoodrživosti i novog kvaliteta u ponudi, za klimatizaciju prostora, za snabdevanje električnom energijom, za zagrevanje sanitарне vode, za bazene...
- Animiranje male privrede koja bi se mogla preorientisati na delatnosti koje su vezane za eksploataciju energije iz obnovljivih izvora: proizvodnja delova sistema, na primer malih tribina ili specijalizovanih delatnostima za izgradnju mikro i mini hidroelektrana, usluge montaže i servisiranja sistema, usluge projektovanja i izvođenja radova itd. Ovi proizvodi i usluge bi se mogli koristiti u obe zemlje.

12. DOBRI PRIMERI IZ PRAKSE

Penllengare, Velika Britanija



Dvanaestometarska Arhimedova pužna turbina je instalirana pored vodopada u Penllergare-u u Velikoj Britaniji. Ova turbina proizvodi električnu energiju za vizitorski centar, koji se nalazi u blizini, dok se višak isporučuje u nacionalnu mrežu. Puž turbina se odlikuje visokom efikasnošću i omogućava lak prolaz ribama.

Godina izgradnje 2012.

Protok vode preko turbine $4,5 \text{ m}^3/\text{sec}$

Pad vode 3,2 m

Instalisana snaga generatora 101 kW

Tokom 2017. godine, elektrana je obnovljena, povećan je vodozahvat a instalisana snaga sinhronog generatora je podignuta na 348 kW.

Totnes, Velika Britanija



Hidroelektrana Totnes Veir je izgrađena 2015. godine i počela je da proizvodi električnu energiju u decembru iste godine. Radila je bolje od očekivanja, a proizvedena električna energija bila je veća od predviđene. Dve velike zavojne turbine, prečnika od po 3,7 metara proizvode čistu, obnovljivu električnu energiju. Instalisana snaga elektrane je 328 kW a godišnja proizvodnja 1.250 MWh, uz prosečan protok vode od 2x 6,5 m³/sec – dovoljno za napajanje oko 300 domova tokom najmanje 40 godina. Riblja staza je postavljena je pored turbina kako bi se omogućila migraciju lososa i pastrmke. Takođe je instaliran automatski brojač za praćenje broja i veličina ribe koje koriste stazu. Opsežna istraživanja su dokazala da ribe mogu proći kroz sporo rotirajuću turbinu bez štetnih efekata. U blizini turbine je napravljena rekreativna zona sa vodenim sportovima i informacionim centrom o hidroelektrani. Ušteda emisije na godišnjem nivou je 598 tona CO₂. Cena izgradnje je oko 700.000 EUR

Suez, Versaj, Francuska



Hidroelektrana od 5,5 kW je instalirana u postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda u Versaju sa nominalnim protokom od 0,7 m³/s i visinom vode od 3,2 m. Turbina je postavljena da snabdeva strujom Carre de Reunion, postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda bez

hemikalija u Versaju, Francuska. Mala hidroelektrana je spojena na elektro distributivnu mrežu i proizvodi ukupnu električnu energiju prosečne potrošnje 6 domaćinstava. Smanjenje emisije CO₂ je 34 tone godišnje.

Vrtložna turbina u Donihue

Mikro turbina je puštena u rad januara 2018.godine a u punom kapacitetu radi od marta iste godine. Mikro hidroelektrana proizvodi električnu energiju za lokalno poljoprivredno gazdinstvo i ima instalisanu snagu od 15 kW. Bazen za turbinu je napravljen od armiranog betona za dve nedelje. Komponente i oprema su instalirani za dva dana. Protok vode je 1,65 m³/sec a visinska razlika je 1,7m. Kroz turbinu nesmetano mogu da prođu komadi drveta ili kamenje do 10 cm u prečniku,



Turbina radi 24 sata dnevno, svaki dan.

Austrijski primer dobre prakse

Austrijska vlada je odobrila program finansiranja rekonstrukcije postojećih MHE manjih od 1 MW instalisane snage, kojim je od 2004. do 2011. Godine kojim su nadograđene 243 male postojeće hidroelektrane, a većina njih je istovremeno renovirana i ekološki upodobljena. Vlasnici MHE su dobijali do 25% investicije za tehničku nadogradnju i ekološku restauraciju, u maksimalnom iznosu do 50.000 €. Ukupna sredstva su iznosila 4,8 miliona €. Ukupne investicije koje u podstaknute ovom podrškom, iznosile su 7,7 puta veći iznos, odnosno 37,3 miliona €. Proširenje kapaciteta je rezultirala dodatnom proizvodnjom od 80 GWh, što je potreba za električnom energijom za oko 20.000 domaćinstava. Ekološka korist je takođe bila značajna. Od 2012. godine postoji nacionalni program finansiranja investicija za nadogradnju

postojećih i za nova postrojenja. Državni budžet iznosi 33 miliona EUR-a godišnje, od čega je polovina za mala postrojenja (do 30% investicija). Alternativno, vlasnici postrojenja mogu da podnesu zahtev za garantovane fid-in tarife (period 13 godina). Ko god podnese zahtev za licencu mora da obezbedi vodotok reke i da poštuje ekološke zahteve (BAT). Nacionalni program prati i program ko investicionog finansiranja iz Gornje Austrije za postrojenja manja od 1 MW, ali pod uslovom da hidroelektrane ispoštuju stroge ekološke zahteve (dodatno finansiranje do 25 % investicije a maksimalno do 50.000 €). U Gornjoj Austriji program finansiranja bi trebalo da rezultira unapređenjem i ekološkom restauracijom više od 100 postrojenja i povećanjem proizvodnje hidroenergije od oko 150 GWh. Cilj ovih mera koje je propisala država je da se poštuju i unapređuju mere zaštite životne sredine u procesu korišćenja voda u energetske svrhe, uz pomoć podsticaja koji će ostvaruju olakšavajućim fiskalnim merama, finansijskom pomoći kao i rigidnom primenom kaznenih mera za nepoštovanje propisa u oblasti zaštite životne sredine uz istovremenu eksploataciju voda u energetske svrhe. Dobar i efikasan primer iz prakse koji ukazuje da se može postići održiva upotreba vode ka OIE.



Primer akumulacione MHE sa kaskadnom ribljom stazom

13. UMESTO ZAKLJUČKA

Energija je ključna kako za globalni razvoj tako i za svakog pojedinca i rešavanje stabilnog snabdevanja je od prioritetnog značaja.

Korišćenje obnovljivih izvora energije pruža izuzetnu mogućnost da se može rešiti energetska bezbednost i države i njenih građana.

10 najvažnijih prednosti OIE su:

- 1) Svuda je dostupna
- 2) Lako se koristi i pogodna je i za male i za velike potrošače
- 3) Podstiče lokalnu ekonomiju
- 4) Smanjuje zavisnost od uvoza energije i geopolitičkih uticaja
- 5) Mali troškovi eksplotacije
- 6) Postrojenja se mogu lako proširivati.
- 7) Ne zagađuju životnu sredinu.
- 8) Bezbedni su
- 9) Nisu više tako skupi
- 10) Omogućavaju povećanje životnog standarda.

5 najvažnijih izazova u korišćenju OIE su:

- 1) Nema je stalno i svuda u istom obimu
- 2) Veća početna ulaganja
- 3) Nedostatak infrastrukture
- 4) Nedovoljno znanja i prakse
- 5) Čuvanje energije

Ovaj Vodič ima za cilj da objasni prirodu i način korišćenja hidroenergije i da ukaže na praktična rešenja, uz sve izazove koje se mogu pojaviti na tom putu.

Prednosti hidroelektrana:

- Ne koristi se nikakvo gorivo tako da je zagađenje minimalno;
- Vodu za pokretanje hidroelektrana priroda obezbeđuje besplatno;
- Hidroelektrane igraju veliku ulogu u smanjenju emisije stakleničkih gasova;
- Relativno nizak operativni trošak i trošak održavanja;
- Tehnologija je pouzdana i dokazana;
- Obnovljiv izvor energije – voda cirkuliše u prirodi nezavisno od nas i resurs se stalno obnavlja.

Hidroelektrane nisu savršene i imaju neke nedostatke:

- Relativno visok investicioni trošak
- Zavisne su od padavina i klimatskih uslova

- U slučajevima velikih akumulacija, mogu da uzrokuju plavljenje zemljišta i staništa divljih životinja
- Moguće da se preseku migratori tokovi riba i time se gube ili menjaju staništa riba
- U nekim slučajevima se menja kvalitet vode koja se koristi u energetske svrhe, posebno kada su u pitanju akumulacije ili redukcija tokova voda kroz korita.
- Kada su u pitanju velike hidroelektrane, po pravilu se iseljava lokalno stanovništvo što stvara dodatne troškove i socijalnu napetost.

Međutim, uvezši sve predočeno u obzir, a posebno činjenicu da će energija biti sve potrebnija za dalji razvoj i opstanak ljudskog društva, ulaganja u ovaj sektor, posebno u OIE ima puno opravdanje jer rešava pitanja snabdevanja energijom, sa jedne strane a sa druge to čini na način koji je najmanje agresivan prema životnoj sredini ukoliko se poštuju pravila i propisi o održivom korišćenju vodnog resursa.

14. PROJEKTU

Naziv projekta	Obnovljiva energija za pametan rast i zaštićeno okruženje
Vodeći partner	Privredna komora Vidina, Bugarska
Partner	RARIS, Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije, Srbija
Prioritetna osa	Životna sredina
Ciljevi projekta	Glavni cilj projekta je povećanje kapaciteta i poboljšanje svesti o pitanjima životne sredine kao što su obnovljivi izvori energije i energetske efikasnosti ciljnim grupama: MSP, lokalne vlasti, ekološke organizacije i institucije, šira javnost



Trg oslobođenja bb
19000 Zaječar, Serbia

Tel. +381 (0)19 426 376
Fax: +381 (0)19 426 377

office@raris.org
www.raris.org



3700 Vidin, Bulgaria
19 -21 "Tsar Alexander II" street

office@vdcci.bg
www.vdcci.bg/bg/



Ovaj projekat sufinansira Evropska unija kroz Interreg-IPA
Program prekogranične saradnje Bugarska - Srbija.