

EKOLOŠKI ASPEKTI TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Branislav Radonjić

This paper is a short overview of the potential environmental aspects of potential technologies for sustainable development of the energy sector of Montenegro which are using coal, oil and products thereof, natural gas, nuclear fuel, utility solid waste, biomass, hydro potential, solar energy and the energy of wind. The core of sustainable development which includes environmental balance, economic efficiency and social righteousness, is the protection of environment. Besides the local environmental impact, this work also analyses the impact of potential technologies on the global pollution. In that context, the author gives a comparison of different types of technologies.

Najveći broj tehnologija proizvodnje električne energije kojima ćemo se ovđe baviti u neposrednoj je vezi sa razvojem energetskog sektora u Crnoj Gori. Termoelektrana (na uglj) i hidroelektrane su u proizvodnji i planovima razvoja; postoje planovi eksploatacije nafte i gasa u primorju; razmatra se mogućnost izgradnje nuklearne elektrane uz samu granicu; realni su planovi za izgradnju elektrana na bazi obnovljivih oblika energije kakvi su, pored hidroenergije, vjetar, energija sunca, biomasa i komunalni čvrsti otpad.

U ovom radu je dat kratak prikaz principa održivog razvoja proizvodnje i detaljan opis ekoloških aspekata tehnologija koje koriste: uglj, naftu i njene derivate, prirodni gas, nuklearno

gorivo, hidropotencijal, biomasu, čvrsti komunalni otpad, solar-
nu energiju i vjetar. Pored uticaja na lokalnu životnu sredinu,
razmotren je uticaj na globalno zagađenje.

Ugalj

Ugalj se obično sagorijeva da proizvede paru, koja se onda
provodi cijevima pod visokim pritiskom do turbine, koja izazi-
va njenu rotaciju i time proizvodnju električne energije. Ovaj
sistem koji koristi paru takođe se koristi kod drugih izvora
goriva, uključujući naftu i njene derivate, prirodni gas, geoter-
malnu toplotu, biomasu, pa čak i neke solarno-termalne sisteme.

Uticaji na životnu sredinu

Svjetske organizacije i međunarodne agencije, kao što je
Međunarodna agencija za energiju (IEA –The International
Energy Agency), zabrinute su zbog uticaja sagorijevanja fosil-
nih goriva, posebno uglja na životnu sredinu. Vađenje, procesir-
anje i transport uglja izaziva štetne uticaje, a radi eksploatacije
uglja ponekad se uklanjaju čitavi planinski vrhovi. Otpadne
toplote zahtijevaju velike količine vode za hlađenje čije uzi-
manje iz velikih vodenih akumulacija ili tokova prijeti životu
lokalnih akvatorijuma, uključujući pomor ribe na prostorima
van elektrane. Sagorijevanjem uglja dolazi do emisije gasova
poput ugljen-dioksida, azotnih oksida i sumpor-dioksida što,
pored zagađenja vazduha, doprinosi pojavi kisjelih kiša i globa-
lnom zagrijavanju.

Proizvodnja električne energije koja koristi goriva na bazi
ugljenika je u velikoj mjeri odgovorna za veliki dio emisije
ugljen-dioksida (CO₂) u svijetu. Sagorijevanje uglja u termo
elektranama emituje 284 kg / GJ ugljen-dioksida, dok nafta emi-
tuje manje, 211 kg / GJ, a prirodni gas najmanje, 143 kg / GJ.

Emisije mogu biti smanjene kroz efikasnije i više temperature sagorijevanja i kroz efikasniju proizvodnju električne energije u okviru ciklusa. Hvatanje i skladištenje ugljenika iz emisija elektrana na uglj je druga alternativa, ali se tehnologija dalje razvija i to će povećati troškove proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva.¹

Pri procesima sagorijevanja pored ugljen-dioksida nastaju sumpor-dioksid, oksidi azota i drugi gasovi koji pospješuju nastajanje kisjelina. Takvi slobodni nemetalni oksidi reaguju sa vodenom parom u ugljenu, sumpornu i azotnu kisjelinu. Ove onda dolaze na zemlju sa padavinama.

Kisjeline na zemlji započinju svoje štetno djelovanje. Povećanjem kisjelosti iz zemljišta se ispiraju važne mineralne materije kao što su magnezijum, kalijum, kalcijum itd. Glavni uzrok izumiranja šuma su kisjele kiše. Zagađenja se sa zemlje takođe slivaju u površinske i podzemne vodene tokove.

Višak protona u kišnici prouzrokuje pojačano raspadanje kame-nja, što znači da se ubrzava trošnost. Tako na primjer krečnjak reaguje sa sumpornom kisjelinom u gips. Time se kamenje drobi. Na sličan način se razgrađuje i pijesak. Na taj način se mnogob-rojni kulturni spomenici i stare crkve nepovratno uništavaju.

Postoji nekoliko načina da se pomogne smanjenju emisija čestica prašine iz elektrana na uglj. Otprilike 80% pepela pada u jedan koš za pepeo poslije tretmana dimnih gasova, ali ostatak tada biva sproveden u atmosferu što čini leteći pepeo uglja, koji ostaje nakon što je uglj sagorio, tako da se sastoji od negorivih materijala koji se nalaze u uglju.

Veličina i hemijski sastav ovih čestica značajno utiču na zdra-vlje ljudi. Za sada se grube (prečnik veći od 2,5 mikrometara) i

¹ Istinski zelena elektrana na fosilno gorivo sprovodi hvatanje i skladištenje ugljenika (CCS - carbon capture and storage). Primjer CCS elektrane na fosil-na goriva je Elsam elektrana u blizini Esbjerga, Danska.

fine (prečnika između 0,1 i 2,5 mikrometara) čestice regulišu zakonodavstvom, ali su ultrafine čestice (prečnik manji od 0,1 mikrometara) trenutno van mogućnosti kontrole, pa još uvijek predstavljaju mnoge opasnosti. Nažalost, mnogo toga je još uvijek nepoznato – koje vrste čestica prašine čine najviše štete, zbog čega je teško doći do odgovarajućeg zakonodavstva za njihovo regulisanje.

Studijom objavljenom u avgustu 2010, koja je prikazala pregled podataka o zagađenju u SAD od strane *Environmental Integrity Project* utvrđeno da je pepeo koji proizvode elektrane na uglj širom 21 američke države kontaminirao podzemne vode toksičnim elementima, uključujući otrove arsen i olovo.

Arsen se pokazao kao izazivač raka kože, raka mokraćne bešike i raka pluća i kao štetan za nervni sistem. Zagađivači iz pepela uglja su takođe povezani sa bolestima respiratornih organa i drugim zdravstvenim i razvojnim problemima, i ponegdje su prekinuli lokalni vodeni život.

Naučnici američke vlade su testirali ribe u 291 vodenom toku širom zemlje radi istraživanja kontaminacije živom. Pronašli su živu u svakoj testiranoj ribi, čak i u onoj iz izolovanih ruralnih vodenih tokova. Dvadeset pet odsto testirane ribe je imao nivo žive iznad nivoa bezbjednosti utvrđenog od strane američke Agencije za zaštitu životne sredine, za ljude koji redovno jedu ribu. Najveći izvor zagađenja živom u Sjedinjenim Državama su emisije elektrana na uglj.

Radioaktivni elementi u tragovima

Uglj je sedimentna stijena formirana prvenstveno iz akumulisne biljne materije, i sadrži mnoge minerale i neorganske elemente koji su deponovani zajedno sa organskim materijalom tokom njegovog formiranja. Kao i ostatak zemljine kore, uglj takođe sadrži nizak nivo uranijuma i torijuma i drugih radioak-

ktivnih izotopa koji se prirodno javljaju i čije ispuštanje u okruženje dovodi do radioaktivne kontaminacije. Iako su ove supstance prisutne kao nečistoće u veoma malim tragovima, dovoljno uglja se spali da se oslobode značajne količine ovih supstanci. Elektrana na ugalj od 1.000 MW može da ima nekontrolisano oslobađanje od čak 5,2 tona godišnje urana (koji sadrži 34 kg izotopa uran-235) i 12,8 metričkih tona godišnje torijuma. Za poređenje, nuklearna elektrana od 1.000 MW će godišnje generisati oko 30 kratkih tona pakovanog čvrstog otpada visokog nivoa radioaktivnosti. Takođe treba napomenuti da je, u toku normalnog rada, ekvivalent efektivne doze od elektrane na ugalj 100 puta veći od onoga iz nuklearnih elektrana. Ali je takođe vrijedno napomenuti da je normalni rad varljiva osnova za poređenje: procijenjeno je da je sama nuklearna katastrofa Černobil isпустиła, samo sa izotopom J-131, 1,76 EBq radioaktivnosti, vrijednost jedan red veličine iznad ove vrijednosti za ukupne emisije iz cjelokupnog uglja spaljenog u okviru jednog vijeka. Ali će, u isto vrijeme, takođe biti shvaćeno da J-131, glavna radioaktivna materije koja izlazi u akcidentnim situacijama, ima vrijeme poluraspada samo 8 dana. Takođe, J-131 se može lako ukloniti konzumirajući normalne tablete joda. Dakle, to neće izazvati toliko velike štete kao uran i torijum koji imaju mnogo veće vrijeme poluraspada, a koji se oslobađaju iz elektrane na ugalj.

Nafta i njeni derivati

Poput drugih fosilnih goriva, nafta je krajnji proizvod raspadanja organskih materijala tokom miliona godina. Kada se izvadi, nafta može da bude prerađena u veliki broj proizvoda - benzin, kerozin, tečni naftni gas (propan), destilate (dizel i goriva za mlazne motore) i „ostatke“ koji uključuju goriva za industrijske svrhe i proizvodnju električne energije.

Sagorijevanje nafte za generisanje električne energije proizvodi značajno zagađenje vazduha u formama azotnih oksida, i, u zavisnosti od sadržaja sumpora u nafti, sumpor-dioksida i čestica. Ugljen-dioksid i metan (kao i drugi gasovi sa efektom staklene bašte), teški metali poput žive i isparljiva organska jedinjenja mogu da dođu iz dimnjaka elektrane koja kao gorivo koristi naftu.

Slično operacijama drugih konvencionalnih tehnologija za proizvodnju pare, postrojenja za proizvodnju pare sagorijevanjem nafte zahtijevaju velike količine vode za paru i hlađenje, i mogu negativno uticati na lokalne resurse vode i vodena staništa. Muljevi i ostaci ulja koji nijesu sagorjeli postaju teret u formi čvrstog otpada koji sadrži toksične i opasne materije.

Bušenje takođe proizvodi dugačak spisak zagađivača vazduha, otrovnih i opasnih materijala, i emisija sumpor vodonika, veoma zapaljivog i otrovnog gasa. Sve ove emisije mogu uticati na zdravlje i bezbjednost radnika i divljih životinja. Tokom bušenja takođe nastaje gubitak velikih zona divljih staništa. Rafinerije, takođe, nemilosrdno ispuštaju zagađenja u vazduh, vodu i zemljište (u vidu opasnih otpada). Akcidenti pri transportu nafte mogu rezultirati katastrofalnom štetom – ubijanjem na hiljade riba, ptica i drugih divljih životinja, biljaka i zemljišta.

Prirodni gas

Prirodni gas je generički termin koji se koristi za mješavinu para koje su rezultat raspadanja biljnih i životinjskih materijala tokom miliona godina. Prirodni gas je, zajedno sa naftom i ugljem, fosilno gorivo i, slično nafti i uglju, nalazi se u podzemnim rezervoarima. Glavna komponenta prirodnog gasa je metan.

Zalihe prirodnog gasa, kao i drugih fosilnih goriva, su ograničene i zato on nije obnovljivi resurs. Sagorijevanje prirodnog gasa proizvodi samo djelić emisije oksida azota i

ugljen-dioksida od nafte i uglja, a takođe rezultira emisijama u suštini bez čestica ili sumpor-dioksida.

Prirodni gas se može koristiti kao gorivo u konvencionalnim generatorima parnih kotlova, kao i druga fosilna goriva. Međutim, nove tehnologije koje koriste prirodni gas kao svoje primarno gorivo su daleko efikasnije od starijih tehnologija sagorijevanja. Postrojenja sa novim vrhunskim kombinovanim ciklusima smanjuju upotrebu fosilnih goriva za čak 40 odsto.

Uticaji na životnu sredinu

Prirodni gas ima znatno manje štetnih uticaja na životnu sredinu od uglja. Prirodni gas emituje upola manje ugljen-dioksida od uglja, manje čestica prašine, i veoma malo sumpor-dioksida ili toksičnih emisija u vazduh. Sagorijevanje prirodnog gasa može, međutim, proizvoditi okside azota i ugljen-monoksid u količinama koje su uporedive sa onima iz sagorijevanja uglja. U toku korišćenja prirodnog gasa neminovno dolazi do emisije metana, veoma potentnog gasa staklene bašte koji doprinosi globalnoj klimatskoj promjeni. Bušenje i istraživanje prirodnog gasa može negativno uticati na staništa divljine, divlje životinje i otvoreni javni prostor. Na listi potencijalnih negativnih uticaja na zemljište u vezi sa prirodnim gasom su erozija, gubitak produktivnosti zemljišta, povećanje odliva, klizišta i poplave.

Nuklearna energija

Nuklearne elektrane kao gorivo koriste uran, element koji se prirodno nalazi u stjenovitim planinama Kanade, Australije i Južne Afrike.

Kontrolisana nuklearna reakcija stvara toplotu koja se koristi za zagrijavanje vode i proizvodnju pare koja pokreće turbine za

proizvodnju električne energije. Kao i fosilna goriva, uran je konačni, neobnovljivi resurs.

Uticaji na životnu sredinu

Neki promovišu nuklearne elektrane kao „čist“ izvor električne energije jer same ne otpuštaju bilo koji od zagađivača vazduha iz „tradicionalnih“ proizvođača energije, kao što su sumpor-dioksid, ugljen-dioksid ili oksidi azota. Ipak, uslovi za rad nuklearnih elektrana rezultiraju uticajem na životnu sredinu, uključujući emisije u vazduh, u svim fazama procesa obezbjeđenja urana kao goriva.

Dok operacije postrojenja ne rezultiraju emisijama u vazduh slične onima kod postrojenja na fosilna goriva, nuklearne elektrane mogu da ispuštaju male količine radioaktivnih gasova u vazduh, kao što su ugljenik C-14 i jod J-131.

Nuklearne elektrane kojima treba voda za protok kroz rashladne sisteme zahtijevaju dva i po puta više vode od postrojenja na fosilna goriva. Velika nuklearna elektrana može da ispusti otpadnu toplotu u prirodnu akumulaciju vode, što može dovesti do neželjenog povećanja temperature vode sa štetnim dejstvom na vodeni svijet. Uticaji na vodene resurse, vodena staništa, i ribe su stoga značajniji kod nuklearnih elektrana nego kod bilo koje druge tehnologije proizvodnje električne energije (sa mogućim izuzetkom samih objekata hidroelektrane, gdje je drugačija uloga i razlika u kvalitetu i osobinama vode na izlasku i ulasku u elektranu).

Dok je količina čvrstih otpada generisanih od nuklearnih elektrana relativno mala, ovi radioaktivni otpadi predstavljaju rizik po zdravlje koji premašuju otpade od bilo kojeg drugog izvora električne energije. Sasvim je moguće da će se ovi radioaktivni otpadi skladištiti za vijek ili više na lokaciji uz postojeću elektranu, što može spriječiti bilo koje buduće ponovno korišćenje ovih kontaminiranih prostora.

Najveću štetu rashladnim sistemima nuklearne elektrane može da stvori topljenje nuklearnog goriva, kada se šipke goriva tope u roku od nekoliko sekundi. Toplota od nekontrolisane reakcije može istopiti sve sa čim dolazi u kontakt. Rizik od ove vrste katastrofalne nesreće, kao i kasnijeg oslobađanja ogromne količine radioaktivnog materijala, nosi ozbiljne posljedice za sve oblike života.

Komunalni čvrsti otpad

Elektrane na komunalni čvrsti otpad su projektovane da raspoložu čvrstim komunalnim otpadom za proizvodnju električne energije kao sporednim proizvodom operacije spaljivanja.

U Sjedinjenim Državama, trenutno postoje dva glavna projekta za proizvodnju električne energije iz otpada:

(1) Masovno sagorijevanje je najčešća tehnologija proizvodnje električne energije iz otpada, u kojoj se komunalni čvrsti otpad direktno sagorijeva na isti način kao što se fosilna goriva koriste u drugim tehnologijama direktnog sagorijevanja. Sagorijevanjem čvrsti komunalni otpad pretvara vodu u paru koja pokreće turbinu povezanu sa generatorom električne energije.

(2) Postrojenja za gorivo izvedeno iz rifuze (Refuse-derived fuel - RDF) obrađuju čvrsti komunalni otpad prije direktnog sagorijevanja. Nivo obrade prije sagorijevanja varira od ustanove do ustanove, ali generalno podrazumijeva sjeckanje čvrstog komunalnog otpada i uklanjanje metala i drugih kabastih predmeta. Isjeckani otpad se zatim koristi kao gorivo na isti način kao u postrojenjima masovnog sagorijevanja.

Izvještaj o vrednovanju energije ne smatra čvrsti komunalni otpad obnovljivim izvorom energije, zbog toga što on obuhvata materijale izrađene od fosilnih resursa; sadržaji na bazi biljnog materijala (npr. papir i drvo), su nepredvidivi, i protok otpada će se znatno smanjiti sa, za zaštitu životne sredine poželjnim sman-

jenjem otpada i praksama upravljanja. Međutim, EPA, savezna vlada i vlade nekih država SAD klasifikuju čvrsti komunalni otpad kao obnovljivi izvor energije, jer je on bogat u sadržaju značajnih količina biomase.

Uticaji na životnu sredinu

Sagorijevanje čvrstog komunalnog otpada može da generiše energiju uz istovremeno smanjenje obima otpada do 90 odsto, u korist zaštite životne sredine. Skladištenje pepela i emisije koje zagađuju vazduh od rada postrojenja za sagorijevanje su primarna pitanja kontrole uticaja na životnu sredinu.

Čvrsti komunalni otpad sadrži mješavinu različitih otpadnih materijala, neke benigne, a neke veoma toksične. Efikasno upravljanje postrojenjima za dobijanje električne energije iz čvrstog komunalnog otpada ima za cilj da isključi otrove iz goriva od čvrstog komunalnog otpada i kontroliše zagađivanja vazduha iz postrojenja.

Toksični materijali uključuju metale kao što su olovo, kadmijum i živa, u tragovima, kao i organske otrove, kao što su dioksini i furani, takođe u tragovima. Takvi otrovi predstavljaju problem za životnu sredinu ako su pušteni u vazduh sa emisijama postrojenja ili ako su rasuti u zemljište i dozvoljeno im je da migriraju u podzemne vode i da nađu svoj put u lancu ishrane. Kontrola tih otrova i zagađenja vazduha su ključni sadržaji ekoloških propisa koji regulišu proizvodnju električne energije iz čvrstog komunalnog otpada.

Pravilo zahtijeva „najbolju dostupnu tehnologiju kontrole zagađenja“ (uključujući filtersko postrojenje za kontrolu čestica prašine, sisteme za ubrizgavanje ugljenika i skrubere za kontrolu kisjelina), kontinuirano praćenje efikasnosti sagorijevanja i periodično testiranje dimnjaka na emisiju opasnih materija u vazduhu na svim pećima/objektima za proizvodnju električne energije iz čvrstog komunalnog otpada.

Sagorijevanje čvrstog komunalnog otpada u postrojenjima za proizvodnju električne energije proizvodi relativno visoke emisije ugljen-dioksida, kontributora globalne klimatske promjene. Neto uticaj na klimatsku promjenu ovih emisija je umanjen zato što je glavna komponenta smeća drvo, papir i prehrambeni otpadi koji bi se razložili da nijesu spaljeni. Ako ih prepustimo da se raspadaju u deponiji čvrstog otpada, ovi organski materijali stvaraju metan - gas sa snažnim efektom staklene bašte.

Ova postrojenja proizvode relativno visoke stope emisije azotnih oksida. Uticaji na zemljište na licu mjesta su uglavnom jednaki onima kod postrojenja koja kao gorivo koriste ugalj ili naftu.

Biomasa

Izraz „biomasa“ obuhvata različita goriva koja proizilaze iz drvenog otpada, poljoprivrede i prerade hrane i goriva iz brzorastućih biljaka koje se posebno gaje ili su posebno rezervisane za proizvodnju električne energije. Biomasa kao gorivo može da sadrži i kanalizacioni mulj i životinjski stajnjak. Neka goriva biomase izvedena su iz drveća. S obzirom na kapacitet drveća da se regeneriše, ova goriva se smatraju obnovljivim izvorom energije. Sagorijevanje ostataka usjeva, kanalizacionog otpada ili stajnjaka za proizvodnju električne energije može da ponudi korist za životnu sredinu u obliku očuvanja dragocjenog prostora deponije ili predupređenja čuvanja i tretmana na načine koji izazivaju ekološku štetu.

Trenutno, većina elektrana na biomasu sagorijeva drvo, poljoprivredni ili građevinski drveni otpad. Elektrane sa direktnim sagorijevanjem spaljuju gorivo biomase direktno u kotlovima koji proizvode paru za istu vrstu paro-električnih generatora koji se koriste da se spale fosilna goriva. Gasifikacijom biomase, ona se pretvara u gas metan koji je onda gorivo generatora pare,

turbina sa sagorijevanjem, tehnologija kombinovanog ciklusa ili gorivih ćelija. Primarna korist od gasifikacije biomase, u poređenju sa direktnim sagorijevanjem, je da se dobijeni gasovi mogu koristiti u elektranama različitih konfiguracija.

Zbog toga što tehnologije biomase koriste procese sagorijevanja za proizvodnju električne energije, one mogu generisati električnu energiju u bilo kom trenutku, za razliku od vjetra i većina solarnih tehnologija, koje proizvode samo kada duva vetar ili kada sija sunce.

Uticaji na životnu sredinu

Bilo da sagorijevaju direktno ili su iskorišćeni za gasifikaciju, resursi biomase generišu emisije u vazduh. Ove emisije variraju u zavisnosti od vrste goriva i tehnologije koja se koristi. Ako je drvo primarni resurs biomase, vrlo malo SO_2 izlazi iz dimnjaka. NO_x emisije variraju značajno među postrojenjima za sagorijevanje u zavisnosti od dizajna i kontrole. Neke elektrane na biomasu pokazuju relativno visok stepen NO_x emisija po proizvedenom kWh u odnosu na druge tehnologije sagorijevanja. Ova visoka stopa NO_x , efekat visokog sadržaja azota u mnogim gorivima biomase, je jedan od najvećih problema kvaliteta vazduha u vezi sa biomasom. Ugljen-monoksid (CO) se takođe emituje, ponekad na nivoima višim od onih kod elektrana na ugalj.

Postrojenja za procesiranje biomase oslobađaju ugljen-dioksid (CO_2), primarni gas staklene bašte. Međutim, ciklusom gajenja, procesiranja i spaljivanja biomase CO_2 se reciklira iz atmosfere. Ako se ovaj ciklus održava, ima malo ili nimalo neto prinosa atmosferskom CO_2 . S obzirom da su ciklusi drvnih usjeva namijenjenih za proizvodnju energije kratki (tj. drвне biljne vrste brzo rastu) one se mogu saditi, sazrijevati i brati u kraćim vremenskim periodima od prirodnih šuma; kontrolisana

proizvodnja biomase za gorivo može reciklirati CO₂ u jednu trećinu manje vremena nego u prirodnim procesima.

Elektrane na biomasu takođe preusmeravaju drveni otpad sa deponija, što smanjuje proizvodnju i atmosfersko oslobađanje metana, jednog drugog ili potentnog gasa staklene bašte.

Još jedan problem kvaliteta vazduha vezan za biljnu biomasu su čestice. Njihove emisije mogu se lako kontrolisati preko konvencionalnih tehnologija. Do danas, nema objekata na biomasu koji imaju instalirane napredne kontrole emisije čestica. Ipak, većina čestica u emisijama su relativno krupne. Njihovi uticaji na zdravlje ljudi ostaju nejasni.

Sakupljanje goriva od biomase može imati značajan uticaj na životnu sredinu. Žetva drvene mase i rast poljoprivrednih proizvoda za gorivo zahtijeva da se velike količine prikupljaju, transportuju, obrađuju i čuvaju. Biomasa za gorivo može se dobiti snabdijevanjem čistog, netaknutog drveta koje bi inače bilo odloženo na deponiju, ili iz žetvi. U oba ova primjera prikupljanja biomase za gorivo i neto dobici životne sredine od biomase su značajni u odnosu na alternative za fosilna goriva. S druge strane, prikupljanje, obrada i sagorijevanje biomase može prouzrokovati probleme životnoj sredini ako, na primjer, izvor goriva sadrži toksične nečistoće, rukovanje poljoprivrednim otpadom zagađuje lokalne vodne resurse, ili spaljivanje biomase lišava lokalne ekosisteme hranljivih sastojaka koje šuma ili poljoprivredni otpad mogu da pruže.

Konačno, proces brzorastuće biomase je predmet iste brige za zaštitu sredinu, kao bilo koja vrsta poljoprivrede. On koristi veliku količinu zemljišta, i đubriva i pesticida koji mogu biti neophodni za isplativo gajenje. Biomasa koja se proizvodi kao nusproizvod poljoprivrede pokazuje neko obećanje, ali se većina biomase trenutno koristi da se oranjem vrati u zemlju kao đubrivo, ako ništa drugo.

Hidroenergija

Voda koja u raznim formama ima potencijalnu energiju može da se propušta preko turbina-generatora za proizvodnju električne energije. Ciklusi skladištenja i ispuštanja voda mogu biti relativno kratki, na primjer, skladištenje vode noću za dnevnu proizvodnju električne energije. Ili, ciklusi mogu biti dugi, skladištenje proljećnog sliva za proizvodnju električne energije u ljeto kada se upotreba i potražnja za napajanjem klima uređaja povećava. Neki projekti rade na višegodišnjim ciklusima koji prenose vode iz vlažnih godina da nadoknade posljedice sušnih. Zbog toga što se ciklus vode koja isparava od toplote sunca i pada nazad na zemlju stalno obnavlja energijom sunca, hidroenergija se često smatra obnovljivim energetske resursom.

Utjecaji na životnu sredinu

Međutim, izgradnja i rad hidroenergetskih brana utiču na prirodne riječne sisteme, i ribe i divljači. Odgovor na pitanje da li konkretni projekti hidroelektrana stvaraju, pored opštih i „prihvatljivih“, neprihvatljive štete po životnu sredinu zahtijeva kritički prikaz od slučaja do slučaja.

Brane i rad energetske postrojenja su bitni za primarne uticaje koje hidroelektrane izazivaju na životnu sredinu. Promjene u tokovima rijeke i zemljištu i vegetaciji koji se graniče sa vodnim tijelom kao posljedica brana i turbina energetske postrojenja mogu značajno uticati na populaciju riba i drugog živog svijeta. Čak i male brane mogu da izazovu velike posljedice na zdravlje regionalnih ribljih populacija. Utjecaji velikih brana su širokog opsega. Utjecaji bilo koje brane zavise od mnogih faktora, uključujući lokaciju brane, projekat prostorija za postrojenje, osjetljivost lokalne sredine na uticaje od hidroenergetske

objekta, kao i koraka preduzetih da se izmijeni dizajn i/ili rad svakog objekta kako bi se smanjio potencijalni uticaj.

Mnogi uticaji mogu biti značajno smanjeni promjenom režima rada brane. Na primjer, instaliranje sistema za prolaz ribe može da smanji uticaj na migracionu ribu; konvertovanje rada brane od režima pune akumulacije do „protočne“ može da obezbijedi prirodni tok rijeke i dalje nesmetano, i može prilagoditi objekat hidroelektrane jedinstvenim uslovima svakog sistema rijeke.

Zato što je svaka rijeka i svaka brana različita, vrsta i težina uticaja izazvanih svakom branom se razlikuju. Potencijalni uticaji su ozbiljni i važno je napraviti razliku između postrojenja koja su uspješno smanjila ili eliminisala određene uticaje i onih koja nijesu.

Rezervoari stvoreni hidroelektričnim šemama često omogućavaju uslove za sportove na vodi, čime i sami postaju turistička atrakcija. U nekim zemljama, postojanje akvakulture u rezervoarima je uobičajeno. Višenamjenske brane instalirane za navodnjavanje podržavaju poljoprivredu sa relativno konstantnim snabdijevanjem vodom. Velike brane mogu da kontrolišu poplave, koje bi inače uticale na ljude koji žive nizvodno od projekta.

Postrojenja hidroelektrane remete prirodne tokove rijeka - Preusmjeravanjem rijeke, brana obustavlja vodu potrebnu za zdrave ekosisteme u riječnom toku. Zadržavanjem i onda puštanjem vode da generiše struju za vršne periode potražnje, brane mogu izazvati da nizvodne dionice biraju između stanja bez vode i moćnih talasa koji narušavaju zemljišta i vegetaciju i poplave legla divljih životinja. Ove nepravilnosti uništavaju varijacije prirodnih sezonskih protoka koji pokreću prirodni rast i cikluse reprodukcije kod mnogih vrsta.

Ovi uticaji mogu, s vremena na vrijeme, biti ublaženi tehnološkim i operativnim poboljšanjima na hidro projektu – npr. smanjenjem protoka na turbinama, regulacijom i

pulsirajućim radom na vrhuncu efikasnosti. Može se upravljati unapređenjima sa ciljem da se naprave nova uzvodna i nizvodna staništa za riblje vrste i da se obezbijedi minimum ispuštanja za vrijeme sezone ili uslova godišnje suše.

Hydroelektrana može izmijeniti rijeku i rječno stanište - Izgradnja brane može potopiti prostor uz rijeku, uništavajući priobalna i viša staništa. Izgradnja brane može takođe konvertovati stanište rijeke u rezervoar nalik jezeru, prijeteci izvornim populacijama riba i drugih divljih životinja. Topli, sporo protočni rezervoari favorizuju predatore prirodno prisutnih vrsta. Dramatične promjene u nivoima rezervoara za vodu, gore opisane, mogu da degradiraju obale i ribarstvo, uznemiravaju plovke i patke i organizme koji žive na dnu.

Brane mijenjaju kvalitet vode - Zatvaranja vode mogu izazvati promene i varijacije u temperaturi ili količinu rastvorenih gasova u rijeci. Površinska temperatura u rezervoaru može porasti kada je protok vode usporen. Kada se voda oslobađa sa vrha brane, ova toplija voda može nizvodno povećati temperaturu vode. Hladnija nizvodna temperatura može nastati kada se pušta hladna voda sa dna rezervoara. Takvi izmijenjeni uslovi mogu uticati na staništa, stopu rasta, ili čak i opstanak riba i drugih vrsta.

Za hidroenergetske projekte sa dovodom koji se nalaze duboko u rezervoaru, voda sa niskim nivoima rastvorenog kiseonika puštena nizvodno u rijeku može da naškodi akvatičnim staništima i doprinese drugim problemima kvaliteta vode. Primjena odgovarajućih tehnologija može da poboljša nivo rastvorenog kiseonika.

Brana ili prostorije za postrojenja mogu da budu značajna prepreka za migraciju riba. Merdevine i liftovi mogu biti instalirani da prevedu određene vrste riba uzvodno, mada više brana na rijeci smanjuje uspješnost ovih uređaja za prolaz ribe. Riba koje se sele nizvodno mogu postati dezorijentisane, izložene stresu ili smrtno povrijeđene kontaktom sa turbinama ili drugim

djelovima objekta. Sistemi prevođenja mogu poboljšati stepen preživljavanja migrirajuće mlađi. Kada se ribe prevoze kamionom ili tegljačima oko brane, one mogu doživjeti povećani stres i bolesti i smanjenje instinkta pripadnosti. Stope preživljavanja riba koje prolaze kroz velike turbine variraju i mogu iznositi 90-95 odsto. U slučaju više brana duž rijeke ovi efekti mogu značajno naškoditi migraciji populacija važnih i osjetljivih riba i riblje mlađi.

Projekti hidroelektrana mogu da zaustave prirodni tok sedimentata - Kada voda teče ona ima sposobnost da nizvodno transportuje čestice teže od sebe. To ima negativan uticaj na brane, a potom i na njihova energetska postrojenja, naročito ona na rijekama ili u slivnim područjima sa visokim sadržajem klastičnih materijala. Suspenzija ovih materijala može da popuni rezervoar i smanji njegove kapacitete za kontrolu poplava uz izazivanje dodatnog horizontalnog pritiska na uzvodnom dijelu brane. Na kraju, neki rezervoari mogu postati potpuno puni sedimentata i beskorisni ili pretjerano prepunjeni tokom poplava i time prestati da vrše svoju funkciju. Brane mogu blokirati i koncentrisati kontaminirane nanose u bazenu. U nekim slučajevima se za čišćenje koristi bagerovanje, iako je skupo i može da pokrene pitanja u vezi sa raspolaganjem izvađenim materijalom. Razni cjevovodi za ispiranje i tehnike su dostupni za nizvodno pokretanje ne-kontaminiranih sedimentata. Veliki rezervoari mogu izazvati zemljotrese, koji mogu biti veoma jaki, čak destruktivni.

Emisija metana (iz rezervoara) - De veliki rezervoari poslije poplava nijesu očišćeni od drveća, njihovim raspadanjem nastaje metan – gas koji se u efektu staklene bašte može porediti sa CO₂ emisijama iz postrojenja na fosilna goriva slične snage. Primijećeno je da akumulacije elektrana u tropskim regionima proizvode značajne količine metana. To je zbog biljnog materijala u poplavljenim područjima koji se raspada u anaerobnom

okruženju, formirajući metan, potentni gas staklene bašte. Prema podacima iz izveštaja Svetske komisije o branama, veliki rezervoar sa kapacitetom proizvodnje manjim od 100 vati po kvadratnom metru površine (u području će nije izvršeno čišćenje šuma pred punjenje rezervoara), emituje količinu gasova staklene bašte iz rezervoara koja može biti uporediva sa onom iz konvencionalnih termoelektrana na naftu. Iako ove emisije pretpostavljaju da je ugljenik već u biosferi, a ne u fosilnim depozitima koji su zahvaćeni kruženjem ugljenika u prirodi, postoji veća količina metana zahvaljujući anaerobnom truljenju, koja izaziva veću štetu, nego što bi se inače desilo da se šuma prirodno raspada.

Smanjene emisije CO₂ - Hidroelektrane ne sagorijevaju fosilna goriva, one direktno ne proizvode ugljen-dioksid. Mada nešto ugljen-dioksida nastaje tokom proizvodnje materijala i izgradnje projekta, to je mali dio u poređenju sa onim koja nastaje pri radu ekvivalentne elektrane na bazi fosilnih goriva.

Izmještanje - Druga mana brana hidroelektrane je potreba da se presele ljudi koji žive tamo će su planirane akumulacije. U februaru 2008. godine procijenjeno je da je 40-80 miliona ljudi širom svijeta fizički raseljeno kao direktan rezultat izgradnje brana. Istorijski i kulturno važne lokacije mogu biti poplavljene i izgubljene, ako izmještanje nije rješenje.

Rizici od poplava - Zbog toga što veliki konvencionalno pregrađeni hidro objekti drže velike količine vode, rušenje brane zbog slabe konstrukcije, terorizma, ili nekog drugog razloga može da bude katastrofalno za nizvodna naselja i infrastrukturu. Rušenja brana su neke od najvećih vještačkih katastrofa u istoriji. Takođe, dobar dizajn i izgradnja nijesu adekvatna garancija bezbjednosti. Manje brane i mikro hidro objekti predstavljaju manji rizik, ali mogu predstavljati stalne opasnosti čak i nakon što prestanu sa radom.

Solarna energija

Početni izvor mnoštva energije u svijetu je sunce, koje obezbjeđuje zemlji svjetlost, toplotu i zračenje. Dok mnoge tehnologije koriste gorivo izvedeno iz jednog oblika energije sunca, sa druge strane, postoje tehnologije koje direktno transformišu sunčevu u električnu energiju. Sunce *kupa* zemlju stalnim, ogromnim tokom energije zračenja koja daleko prevazilazi gorivo koja svijet zahtijeva za električnu energiju.

Kako generisanje električne energije direktno od svjetlosti sunca ne troši bilo koji od prirodnih resursa na zemlji, a zemlja se trajno snabdijeva tom svjetlošću, solarna energija je primarni izvor obnovljive energije naše planete.

Postoje dva različita procesa za generisanje električne energije od sunca: fotonaponska (**photovoltaic- PV**) i solarna termalna tehnologija.

Fotonaponska ili PV tehnologija, razvijena za svemirski program prije više od 30 godina, oslanja se na hemijske reakcije za generisanje električne energije. Fotonaponske ili PV ćelije su mali poluprovodnici oblika kvadrata proizvedeni od slojeva tankih filmova silicijuma i drugih polu-provodnih materijala. Kada sunčeva svjetlost pada na PV ćeliju, hemijske reakcije oslobađaju elektrone, generišući električnu struju. Struja iz pojedinačnih PV ćelija, koje su instalirane u modulima, može da osvjetli individualne domove i poslovne prostorije ili se može priključiti na električnu mrežu.

Primjenom fotonaponskih ćelija sunčevo zračenje se pretvara u jednosmjernu električnu energiju (DC). Ova zatim može biti konvertovana u više korišćenu naizmjeničnu električnu energiju i puštena u električnu mrežu.

Solarna fotonaponska energija nudi alternativu fosilnim gorivima zbog svoje čistoće u snabdijevanju, iako sa visokim troškovima proizvodnje. Očekuje se da buduća poboljšanja tehnologije ove troškove svedu na konkurentniji nivo.

Trenutno se solarna fotonaponska (PV) energija prvenstveno koristi u Njemačkoj i Španiji, đe su vlade ponudile finansijske podsticaje. U SAD, država Vašington takođe daje finansijske podsticaje. Ovaj vid proizvodnje električne energije je češći, kao bi se moglo očekivati, u oblastima gdje sunčeve svetlosti ima u izobilju.

Solarno-termalne tehnologije su, više ili manje, tradicionalne tehnologije za proizvodnju električne energije. One koriste sunčevu toplotu da proizvede paru koja će da pokreće električni generator. *Parabolični sistemi* reflektora koncentrišu sunčevu svetlost da zagrije ulje koje zauzvrat proizvodi paru za pokretanje standardne turbine.

Dvije druge solarno-termalne tehnologije se približavaju komercijalnom statusu. *Sistemi kružnih paraboličnih reflektora* koncentrišu sunčevu svetlost da zagrije gasoviti vodonik, ili helijum, ili tečni natrijum za stvaranje gasa pod pritiskom ili pare za pokretanje turbine za proizvodnju električne energije. *Sistemi centralnog prijemnika* imaju ogledala koja reflektuju sunčevu svetlost na veliki toranj ispunjen tečnošću koja, kad se zagrije, služi da proizvodi paru za pokretanje turbine.

Uticaji na životnu sredinu

PV sistemi funkcionišu bez proizvodnje vazduha, vode ili čvrstog otpada.

Njen negativni uticaj na životnu sredinu leži u proizvodnji solarnih ćelija, koje su izrađene prije svega od silicijum-dioksida (od pijeska) i ekstrakcija silicijuma iz silicijum-dioksida, koja može zahtijevati korišćenje fosilnih goriva. Dakle, solarna energija unosi direktan uticaj na životnu sredinu preko proizvodnje, ali nudi čistu energiju kroz životni ciklus solarne ćelije.

Proizvodnja električne energije velikog obima koristeći fotonaponsku energiju zahtijeva veliku količinu zemljišta, zbog niske gustine fotonaponske energije. Korišćenje zemljišta može se smanjiti tako što će se sistem instalirati na zgradama i drugim naseljenim područjima, mada to smanjuje efikasnost.

Kao i PV, solarno-termalne tehnologije ne generišu emisije vazduha, mada se neke emisije stvaraju tokom proizvodnje obje tehnologije. Korišćenje vode za solarne termoelektrane je slično iznosima potrebnim za elektrane na ugalj ili nuklearne elektrane uporedive veličine.

Najveći problem sa solarnim tehnologijama može biti korišćenje zemljišta jer je često potrebno pet hektara zemljišta za svaki megavat kapaciteta.

Energija vjetra

Energija vjetra je najbrže rastuća tehnologija za proizvodnju električne energije u svijetu. Vjetar je obnovljiv resurs jer je neiscrpan. On je rezultat neravnomjernog sijanja sunca na zemlji. Odgovarajuće dnevne i sezonske promjene u temperaturi konzistentno stvaraju vjetar, proizvodeći izvor energije koji nikada ne može da se isprazni.

Najmodernije vjetroelektrane koriste velike rotirajuće elise dizajnirane da preuzmu kinetičku energiju vjetra, koja je potom prenijeta rotorima koji proizvode električnu energiju. Regionima u kojima je prosječna brzina vjetra veća od 12 km/h su trenutno najbolje lokacije za elektrane na vjetar.

Trenutni troškovi proizvodnje električne energije putem vjetra generisane na udarnim lokacijama približavaju se troškovima nove elektrane na ugalj. Energija vjetra je tehnologija sa najnižim troškovima od svih raspoloživih tehnologija obnovljive energije na tržištu danas. Očekuje se da će troškovi energije vjetra nastaviti da padaju i mogu se rangirati kao najjeftiniji izvor električne energije od svih opcija do 2020.

Utjecaji na životnu sredinu

Elektrane na vjetar ne zagađuju vazduh. One ne koriste vodu. Ipak, može biti problema za životnu sredinu u vezi sa nekim postrojenjima na vjetar.

Energija vjetra generiše tri kategorije uticaja na životnu sredinu: vizuelni uticaji; buka; uticaji na divlje životinje. Ovi uticaji mogu značajno varirati od mjesta do mjesta.

- Zato što se elektrane na vjetar sastoje od velikog broja turbina koje su montirane na vrhovima visokih tornjeva u ruralnim sredinama, mogu se često vidjeti s velike udaljenosti. Da li je ovaj vizuelni uticaj dobar ili loš zavisiće od lokacije do lokacije. Neki misle da su turbine na vjetar simboli koji izdržavaju samodovoljnost. Drugi ih vide kao oštar upad u „prirodni“ pejzaž.

- Turbine na vjetar, naročito stariji dizajni, emituju buku koja se čuje u blizini vjetroelektrana. Nivo buke koju proizvodi jedna turbina na vjetar ekvivalentan je onom od veš mašine. Učestalost i obim ove buke može da se kontroliše, ali ne i eliminiše, dizajnom turbine na vjetar.

- Najkontroverzniji značajni negativni uticaj na životnu sredinu ranijih turbina na vjetar je uticaj na populacije ptica, problem koji je u velikoj mjeri riješen novim dizajnom turbina.

U ranim 1980-im, tri glavne farme elektrana na vjetar su sagrađene u prolazima u Kaliforniji. Na mjestu Altamont Pass, smrt ptica, naročito grabljivica, podstakao je niz studija koje su kasnije uticale i na dizajn novijih turbina i lociranje elektrana na vjetar. Utvrđeno je da grabljivice slijeću na vrh vjetrogeneratora za bolji pogled kada love, i u rijetkoj prilici se upletu u rotirajuće lopatice kada počne da duva vjetar. Sadašnja tehnologija turbina nudi čvrste cjevaste kule da spriječe slijetanje ptica na njih. Lopatice turbine takođe rotiraju sporije od onih predviđenih ranijim projektima, smanjujući priliku za sudaranje sa pticama.

Moderna farma elektrana na vjetar, kada je instalirana na poljoprivrednom zemljištu, ima jedan od najnižih uticaja na životnu sredinu od svih energetske izvora:

- Zauzima manje površina po kilovat-satu (kVh) proizvedene električne energije od bilo kojeg drugog sistema za konverziju obnovljivih izvora električne energije, a kompatibilna je sa ispašom i usjevima.

- Generiše energiju koja je iskorišćena za njenu izgradnju u roku od samo nekoliko mjeseci rada.

- Emisije gasova sa efektom staklene bašte i gasova koji zagađuju vazduh njenom izgradnjom su male i opadaju. Ne postoje emisije i zagađenje koji su proizvedeni njihovim radom.

- Moderne turbine rotiraju tako sporo (u smislu obrtaja u minutu), da su rijetko opasnost za ptice.

Problemi za pejzaže i nasljeđe mogu biti značajna pitanja za određene farme elektrana na vjetar. Međutim, kada se prate odgovarajuće procedure planiranja, rizici za nasljeđe i pejzaž treba da budu minimalni. Neki ljudi i dalje mogu prigovarati farmama elektrana na vjetar u pogledu estetike. Ali, i dalje postoje zasnovana mišljenja, u široj zajednici, i potreba da se odgovori na prijetnje koje nastaju od klimatskih promjena.

Literatura:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_the_energy_industry

- World Economic Forum, Cambridge Energy Research Associates; US Department Of Energy et al. (See: Header/Footnote references & ‘List of Key Contributors’) (1 February 2009). „Thirsty Energy: Water and Energy in the 21st Century“ (PDF). *WEF - CERA - Water and Energy - Withdrawal vs. Consumption*. http://www2.cera.com/docs/WEF_Fall2008_CERA.pdf. Retrieved 1 November 2009.

- Alsema, E. A.; Wild - Scholten, M. J. de; Fthenakis, V. M. *Environmental impacts of PV electricity generation - a critical comparison of energy supply options* Abstract ECN, September 2006; 7p. Presented at the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Dresden, Germany, 4–8 September 2006.

- <http://www.naturalgas.org/environment/naturalgas.asp>

- Prof. Bilek, Marcela; Dr. Hardy, Clarence, Dr. Lenzen, Manfred & Dr. Dey, Christopher (2008). „Life-cycle energy balance and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review“ (PDF). *SLS - USyd - USyd-ISA - pubs - pandora-archive Energy Conversion & Management* 49 (8): 2178–2199. http://www.isa.org.usyd.edu.au/publications/documents/ISA_Nuclear_Report.pdf. Retrieved 4 November 2009.

- „Executive Summary: Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts“. *National Renewable Energy Laboratory*. October 2003. <http://www.nrel.gov/csp/pdfs/35060.pdf>. Retrieved 16 October 2008.

- Laumer, John (June 2008). „Solar Versus Wind Power: Which Has The Most Stable Power Output?“. *Treehugger*. <http://www.treehugger.com/files/2008/03/solar-versus-wind-power.php>. Retrieved 16 October 2008.

- Wind Energy – The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates by Paul Gipe „The worldwide mortality rate dropped more than half to 0.15 deaths per TWh by the end of 2000.“

- „Electricity Generation“. http://www.ec.gc.ca/cleanair-air-pur/Electricity-WSDC4D330A-1_En.htm. Retrieved 23 March 2007.

- Peter Fairley, *Earthquakes Hinder Green Energy Plans*, *IEEE Spectrum*, ISSN 0018-9235, Volume 48 No. 10 (North American edition), April 2011 pp. 14-16