






SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| PREDGOVOR | 2 |
| UVOD | 3 |
| 1. ENERGIJA VJETRA  | 4 |
| 1.1. OPĆE ZNAČAJKE | 4 |
| 1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA | 5 |
| 2. ENERGIJA SUNCA  | 6 |
| 2.1. OPĆE ZNAČAJKE | 6 |
| 2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA | 7 |
| 3. ENERGIJA BIOMASE  | 10 |
| 3.1. OPĆE ZNAČAJKE | 10 |
| 3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE | 10 |
| 3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE | 10 |
| 3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA | 10 |
| 3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE | 10 |
| 3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA | 14 |
| 3.2.3. BIOMASA IZ OTPADA | 15 |
| 4. GEOTERMALNA ENERGIJA  | 16 |
| 4.1. OPĆE ZNAČAJKE | 16 |
| 4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL | 18 |
| 5. HIDROENERGIJA  | 20 |
| 5.1. OPĆE ZNAČAJKE | 20 |
| 5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE | 21 |
| ZAKLJUČAK | 23 |

PREDGOVOR

„Potencijal obnovljivih izvora energije u Primorsko-goranskoj županiji“ predstavlja integralnu analizu prirodnog potencijala svih oblika obnovljivih izvora energije (OIE) - energije vjetra, Sunca, biomase, geotermalnih izvora te vodotoka.

Pregled postojećih potencijala obnovljivih izvora energije omogućit će građanima i organizacijama civilnog društva da realno sagledaju mogućnosti budućeg razvoja OIE u Primorsko-goranskoj županiji.

Cilj ove publikacije je regionalnoj i lokalnoj samoupravi olakšati energetske planiranje na području Županije. Istovremeno ona može poslužiti i investitorima u projekte OIE kao osnova za identifikaciju potencijalnih projekata odnosno njihovo usmjeravanje radi održivog razvitka Županije.

Studija potencijala OIE i ova publikacija izrađene su u okviru projekta „Javno zagovaranje i praćenje politika vezanih za obnovljive izvore energije“ (eng. *“Renewable Energy Policies Advocacy and Monitoring - REPAM”*). Projekt se provodi uz financijsku pomoć Europske unije, kroz IPA program „Razvoj kapaciteta organizacija civilnog društva za sustavno praćenje i javno zagovaranje politika održivog razvoja i integriranih pristupa upravljanju otpadom i vodom, transportom, regionalnim razvojem, održivoj upotrebi prirodnih resursa i sigurnosti okoliša“.

Studiju je izradio interdisciplinarni tim stručnjaka Energetskog instituta Hrvoje Požar, a projekt se provodi u partnerstvu s udrugama Društvo za oblikovanje održivog razvoja (Zagreb) i Focus (Ljubljana).

UVOD

Primorsko-goranska županija nalazi su u sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske i s ukupno 307.852 stanovnika¹ čini 6,9% stanovništva Republike Hrvatske. Grad Rijeka - administrativno središte Županije ima 135.385 stanovnika. Ukupna površina Županije iznosi 3.588 km², što čini 6,3% državnoga teritorija. Županija ima 1.065 km obalne linije, a njezini najveći otoci su Cres i Krk. Prostor Primorsko-goranske županije dijeli se na tri dijela: goransko, primorsko i otočno područje.

Goransko područje s umjereno kontinentalnom do planinskom klimom s mnogim šumskim i vodnim resursima, prostor je koji se odlikuje kvalitetom zraka i vode i ima vrlo bogatu floru i faunu. Područje je malo izgrađeno i vrlo slabo nastanjeno. U zapadnom dijelu Gorskoga kotara najviši su vrhovi Risnjak (1.528 m) i Snježnik (1.506 m), a u jugoistočnom Bjelolasica (1.534 m) i Viševica (1.428 m). Između njih se prema sjeveroistoku, dolinama Dobre i Kupe, proteže niža središnja zona. Rijeka Kupa, najveća rijeka u Županiji, teče prema Savi u crnomorski sliv, a ponornica Ličanka preko Dubračine u jadranski sliv. Ponornice Lokvarka i Ličanka, s umjetnim jezerima Lokvarskim (31 mil. m³ vode) i Bajerskim (1,2 mil. m³ vode), u okviru hidroenergetskoga sustava Vinodol, dio su jadranskoga sliva.

Primorsko područje ima pretežito mediteransku klimu s utjecajima planinske klime (bura, kiša i snijeg) tijekom zimskih mjeseci, a proteže se polukružno uz Riječki zaljev i Vinodolski kanal, između grebena Učke (1.396 m) na zapadu i rubnih planina Gorskoga kotara (Obruč 1.376 m, Tuhobić 1.109 m i dr.) na sjeveru i sjeveroistoku. Obuhvaća istočnu padinu Učke prema sjeveru krške Čičarije, odvojenu udolinom Jušići - Rupa od Klane i Kastavštine. U riječkom je zaleđu Grobniščina s prostranim Grobničkim poljem s nataloženim pleitocenskim šljunčanim naslagama. Iznad Bakarskoga zaljeva proteže se krasičko-hreljinski plato i prema jugoistoku Vinodol. Niski vapnenački greben presijecaju Potok, Rječina, Draški potok, Bakarska vrata i Suha Ričina. Podzemnom cirkulacijom iz planinskoga zaleđa nastaju brojni izvori: od opatijskoga preko riječkog do vinodolskog primorja kojima se napajaju vodovodi obalnih gradova i naselja.

Otočno područje s izrazitim značajkama mediteranske klime, sastavljeno je od dvaju nizova kvarnerskih otoka: zapadni s Cresom i Lošinjem i nekoliko manjih otoka, a istočni s Krkom i Rabom te manjim nenaseljenim otocima između njih. Najveći otoci su Krk i Cres - svaki po 405,8 km². Krk je dvostruko širi, a Cres dvostruko duži. Vransko jezero na otoku Cresu, s razinom oko 13 m iznad mora, jedinstven je hidrografski fenomen na Jadranu. Jezero je površine 5,5 km² i 74 m dubine (najdublji je dio jezera 60 m ispod morske razine) te sadrži više od 200 mil. m³ iznimno čiste pitke vode kojom se opskrbljuju mjesta na otocima Cresu i Lošinju.

¹ Popis stanovništva 2011, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr

1. ENERGIJA VJETRA



1.1. OPĆE ZNAČAJKE

Na značajke lokalnih vjetrova u priobalju i otocima Primorsko-goranske županije, osim globalnih baričkih sustava, utječu i specifične karakteristike priobalnog terena od kojih su najvažnije:

- spoj mora i kopna koji stvara lokalne razlike u tlakovima kao posljedicu brže promjene temperature zraka nad kopnom nego nad morem,
- strma obala, odnosno izdizanje gorskih masiva nedaleko od obale (Velebit, Gorski kotar, Učka) koji usmjeravaju struju hladnog vjetra.

Prevladavajući smjerovi vjetra određeni su obalnom linijom na način da vjetrovi koji dolaze s kopna prema Jadranoj struje okomito na obalu (bura), a vjetrovi koji dolaze s juga Jadrana struje uz obalnu liniju (jugo). Uvažavajući usmjerenost jadranske obale radi se dakle uglavnom o sjeveroistočnom i jugoistočnom vjetru. No za područje Kvarnera karakterističan je i jugozapadnjak uvjetovan reljefom Velih Vrata.

Intenzitet vjetrova je jači zimi nego ljeti, posebice u siječnju i veljači kada je bura najučestaliji vjetar, dok je jugo karakterističan za početak proljeća i jeseni. S obzirom da su bura i jugo najzastupljeniji vjetrovi i samim time najinteresantniji s energetskog stanovišta, u daljnjem su tekstu detaljnije opisani.

Bura je mahovit, relativno hladan i suh vjetar koji puše okomito s planina istočne obale Jadrana prema moru. Teži hladni planinski zrak obrušava se prema moru, odnosno području nižeg tlaka. Bura nastaje uslijed prodora hladnih fronti zraka prema Sredozemlju, ali i uslijed lokalnog utjecaja intenzivnijeg zagrijavanja zraka nad morem u odnosu na zrak nad gorjem. Na mahovitost bure utječu okolnosti specifične za predmetno područje, a to su mogućnost dodira toplog i hladnog zraka upravo na mjestu gdje se visina terena naglo i jako mijenja, kao i vrlo neravno kopno nad kojim se nalazi ili odakle dolazi hladni zrak. Od svih priobalnih područja Jadrana upravo je u podvelebitskom području bura najučestaliji vjetar. Iako je bura vjetar relativno umjerene jačine, njezini ekstremni udari nisu rijetkost. Tako je 1982. godine na Krčkom mostu zabilježen udar bure od 51,5 m/s.

Jugo je vjetar koji puše uzdužnom osi Jadrana, dakle najčešće je jugoistočnog smjera. On je za razliku od bure uglavnom uvjetovan općom atmosferskom cirkulacijom, a manje lokalnim efektima nejednakog zagrijavanja zraka nad kopnom i morem. Učestalost juga smanjuje se prema sjeveru Jadrana, tako da se u priobalnom području Primorsko-goranske županije može očekivati rjeđe nego na ostatku jadranske obale. Jugo je kao i bura umjeren do jak vjetar s mogućnošću pojavljivanja olujnih udara. Osim naziva jugo, za njega se koriste i imena široko i šilok.

Za područje Kvarnera je karakterističan i ljetni jugozapadnjak koji se pojavljuje od Tršćanskog zaljeva do Velebitskog kanala. Taj je vjetar olujan i kratkotrajan².

U priobalju je, posebno u kontekstu malih vjetroagregata, potrebno obratiti pozornost na tzv. priobalnu cirkulaciju. To su vjetrovi prvenstveno lokalnog karaktera uzrokovani nejednakim zagrijavanjem kopna i mora. Tijekom dana Sunce grije Zemljinu površinu brže nego more. Zrak iznad kopna se grije i diže prema višim slojevima atmosfere te struji prema moru stvarajući polje niskog tlaka. Na njegovo mjesto iz područja višeg tlaka, struji hladniji zrak s mora prema kopnu. Takav je vjetar poznat kao maestral ili zmorac. On počinje puhati prijepodne, a najintenzivniji je oko 16 h.

Tijekom noći, obično nakon 21 h, vjetar počinje puhati u suprotnom smjeru, jer se kopno hladi brže od mora. Takav se vjetar naziva burin i obično doseže brzinu do 5 m/s.

Postoje i razdoblja u kojima je temperatura gotovo jednaka pa vjetar uopće ne puše. Pojava priobalne cirkulacije vjerojatnija je u toplo doba godine i to za vedrih dana, kada postoje bolji preduvjeti za nejednoliko zagrijavanje mora i kopna. Brzine vjetra obično su noću niže jer je i temperaturna razlika, pa tako i razlika u tlaku manja.

² B. Penzar, I. Penzar, M. Orlić: Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana, Zagreb, 2001.

1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA

Raspoloživi prirodni potencijal energija vjetra u Primorsko-goranskoj županiji je, prema dostupnim podacima, znatan. Pretpostavka je kako na vremenske prilike šireg područja najveći utjecaj ima Velebitski masiv. Najbolji potencijal energije vjetra u Primorsko-goranskoj županiji (slika 1.) može se očekivati na izloženim planinskim vrhuncima u njezinim krajnjim južnim dijelovima. Prema dostupnoj karti vjetra na 10 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja u goranskom području, na višim nadmorskim visinama. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR³.

³ ALADIN/HR je mezoskalni model vremena koji koristi DHMZ. Model ima rezoluciju 2 km.

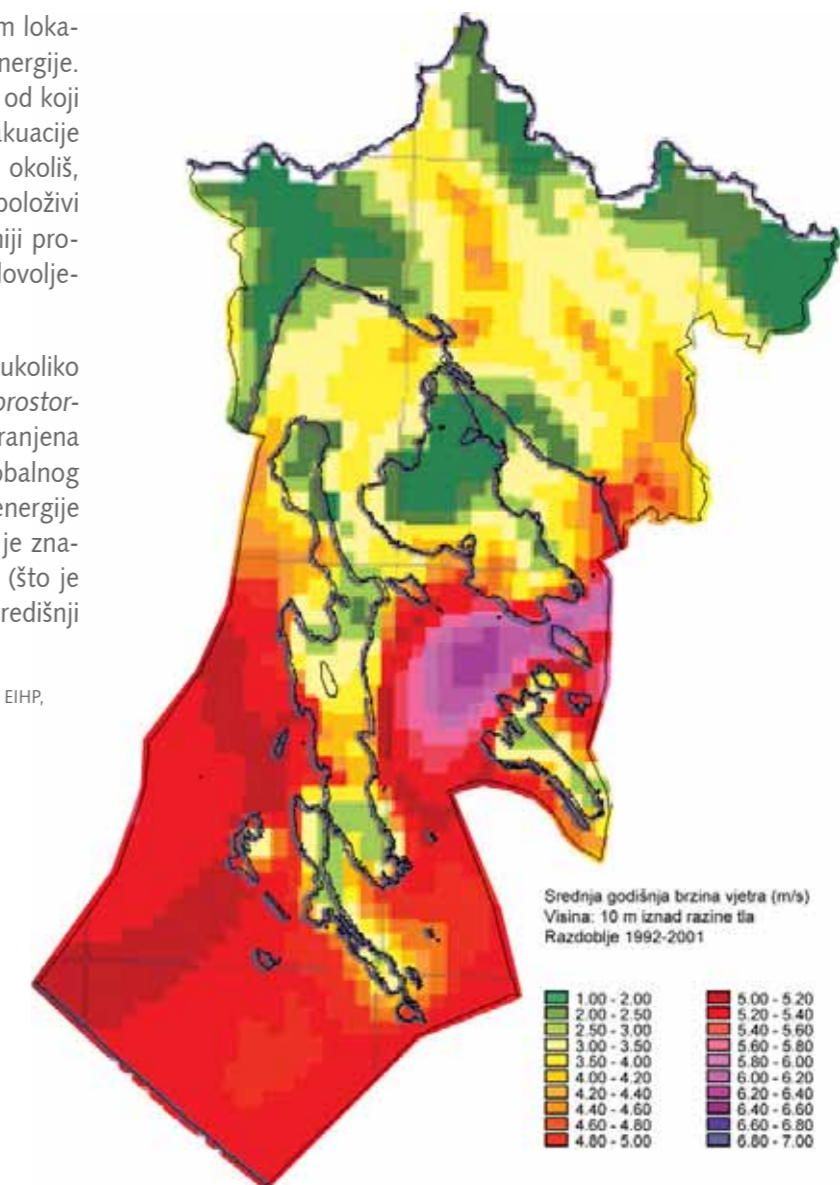
Tehnički potencijal vjetra određen je kapacitetom lokacija koje su pogodne za iskorištavanje njegove energije. Takve lokacije moraju zadovoljavati niz zahtjeva od koji je najvažniji: vjetropotencijal, mogućnost evakuacije snage, prihvatljivost s obzirom na utjecaje na okoliš, zaštita prirode, pristup i drugi. Preliminarno raspoloživi tehnički potencijal u Primorsko-goranskoj županiji procijenjen je na 342 MW⁴ (2 MW jedinice), uz zadovoljenje nužnih tehničkih uvjeta.

Tehnički potencijal bi se mogao znatno povećati ukoliko se promijeni zakonska odredba, iz Zakona o prostornom uređenju i gradnji⁵, prema kojoj je zabranjena gradnja vjetroelektrana unutar zaštićenog obalnog pojasa (ZOP-a). Naime, raspoloživi potencijal energije vjetra na otocima Primorsko-goranske županije je znatan, osobito ako se uzme u obzir veličina otoka (što je vidljivo i na slici 1.). To se posebno odnosi na središnji dio otoka Cres i jugoistočni dio otoka Krka.

⁴ Analiza prostornih mogućnosti za korištenje energije vjetra u PGŽ, EIHP, 2009.

⁵ Zakon o prostornom uređenju i gradnji, NN 76/07, članak 51.

Za iskorištavanje energije vjetra najpovoljnija je snaga koju nose stalni i umjereni vjetrovi. Lokalna obalna cirkulacija pokretač je takvih vjetrova koji noću pušu s kopna prema moru, a danju s mora prema kopnu. U Primorskoj-goranskoj županiji se takvi povoljni utjecaji mogu očekivati za lokacije koje se nalaze u široj okolini obalne linije. Mogući ograničavajući čimbenik je nepovoljni utjecaj bure, osobito u jugoistočnom kopnenom dijelu Županije o čemu se mora voditi računa pri planiranju i izgradnji postrojenja, kao i oštri zimski uvjeti u njezinom goranskom dijelu.



Slika 1. Karta vjetra za područje Primorsko-goranske županije

2. ENERGIJA SUNCA



2.1. OPĆE ZNAČAJKE

Sunčeva energija predstavlja jednu od osnovnih komponenti za razvoj života na Zemlji. Većina dostupnih energijskih oblika u prirodi nastala je djelovanjem energije Sunca. Sunčeva energija je dostupan i besplatan oblik energije, međutim, sustavi za korištenje Sunčeve energije nerijetko predstavljaju značajnu investiciju. U unutrašnjosti Sunca odvijaju se nuklearne reakcije prilikom kojih se oslobađaju veće količine energije te se dio te energije emitira u svemir kao Sunčevo zračenje kakvo poznajemo na planetu Zemlji. Od ukupno emitiranog zračenja, tek manji dio dopiye do vanjskih dijelova Zemljine atmosfere, a Sunčevo zračenje na gornjoj granici atmosfere naziva se ekstraterestričko zračenje. Ekstraterestričko zračenje okomito na površinu za srednju udaljenost Zemlje od Sunca naziva se Sunčeva konstanta i iznosi 1.367 W/m^2 . Na putu do Zemljine površine, Sunčevo zračenje slabi zbog interakcije s plinovima, prašinom i oblacima.

Zemlja se u svojoj putanji okreće oko Sunca (revolucija) te oko svoje osi (rotacija), što uzrokuje pojavu godišnjih doba te dana i noći. Nagib osi ekliptike (vrtne oko svoje osi) mijenja se tijekom godine, što uzrokuje promjenu kuta upada Sunčevih zraka, odnosno smanjivanje i povećanje duljina dana i noći te pojavu godišnjih doba.

Za razumijevanje značenja pojedinih vrijednosti parametra Sunčevog zračenja potrebno je upoznati sljedeće pojmove:

- **Ozračenje** je srednja gustoća dozračene snage Sunčevog zračenja, koja je jednaka omjeru snage Sunčevog zračenja i površine plohe okomite na smjer tog zračenja. Jedinica za ozračenje je vat po kvadratnom metru (W/m^2).
- **Ozračenost** je količina energije Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu plohe u određenom vremenskom razdoblju. Dobiva se integriranjem ozračenja po vremenu, a jedinica za ozračenost je vat sat po kvadratnom metru (Wh/m^2) ili džul po kvadratnom metru (J/m^2). Ovisno o promatranom vremenskom intervalu ozračenost se često naziva satna, dnevna, mjesečna ili godišnja suma zračenja.

Na putu kroz atmosferu Sunčevo zračenje slabi jer se apsorbira zbog interakcija s plinovima i vodenom parom pa se raspršuje na molekulama plinova i česticama pra-

šine. Zbog toga Sunčevo zračenje do tla dopiye kao izravno i kao raspršeno zračenje.

- **Izravno (direktno) Sunčevo zračenje** dolazi izravno iz prividnog smjera Sunca.
- **Raspršeno (difuzno) Sunčevo zračenje** nastaje raspršivanjem zračenja u atmosferi i do tla dopire iz svih smjerova.
- **Ukupno (globalno) Sunčevo zračenje** na vodoravnoj plohi sastoji se od izravnog i raspršenog zračenja. Nagnuta ploha osim izravnog i raspršenog zračenja prima i od tla odbijeno Sunčevo zračenje.
- **Odbijeno (reflektirano) Sunčevo zračenje** je dio zračenja koje se odbije od tla ili vodenih površina.
- **Ukupno Sunčevo zračenje** na nagnutu plohu sastoji se od izravnog, raspršenog i od tla odbijenog zračenja.

Izravna komponenta Sunčevog zračenja je dominantna u ukupnom zračenju. Maksimalno ozračenje izravnim Sunčevim zračenjem postiže se postavljanjem plohe okomito na smjer zračenja. Kako je raspršeno zračenje anizotropno, intenzitet zračenja se povećava približavanjem Sunčevom disku i, u manjoj mjeri, obzoru. Površina koja nije okomita na smjer upadnih zraka ozračena je s dijelom maksimalno mogućeg ozračenja proporcionalnom kosinusu kuta između upadnih zraka i normale plohe. Maksimalno ozračenje plohe moguće je ako se u svakom trenutku prati kretanje Sunca na nebu. Ozračenje tada ovisi samo o optičkoj masi zraka koja se povećava s približavanjem Sunca obzoru.

Za fiksno postavljeni sustav određuje se vrijednost **optimalnog kuta nagnute plohe**. Optimalni kut nagnute plohe je kut pod kojim je potrebno postaviti modul u odnosu na vodoravnu površinu da bi se dobila najveća moguća godišnja ozračenost. Osim godišnjeg kuta, optimalni kut je moguće izračunati za sezonu i za svaki mjesec pojedinačno.

Ozračenost ili klimatološke značajke iz kojih se može procijeniti vrijednost ozračenosti najčešće se mjere na meteorološkim postajama ili na namjenskim mjernim postajama za mjerenje karakteristika Sunčevog zračenja. Najčešće se na meteorološkim postajama mjeri osunčavanje (trajanje sijanja Sunca), dok se na na-

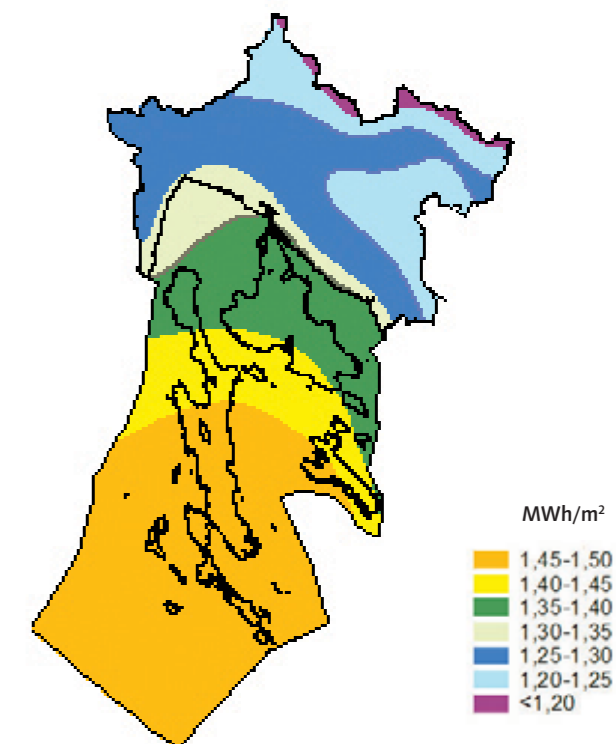
namjenskim mjernim postajama mjeri ukupno, a na bolje opremljenim mjernim postajama i izravno i raspršeno Sunčevo zračenje. Svjetska meteorološka organizacija

za prikaz prosječnih klimatskih prilika, pa tako i Sunčevog zračenja, preporuča korištenje niza podataka iz tridesetogodišnjeg razdoblja od 1961. do 1990. godine.

2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA

Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenost vodoravne plohe na nekom širem području (poput područja županije) je prostorno distribuirana ovisno o zemljopisnoj dužini (povećava se u smjeru sjever-jug), topografiji terena (smanjuje se u smjeru od mora prema kopnu) te klimatološkim značajkama samog prostora. Primorsko-goranska županija se nalazi na razmeđu dviju različitih tipova klima: na otocima i Kvarneru vlada mediteranska klima, dok goranski krajevi imaju planinsku klimu. Klimatologija i reljef terena se preslikavaju i na prostornu razdiobu srednje godišnje ozračenosti vodoravne plohe, koja se na otocima kreće između $1,45 \text{ MWh/m}^2$ za južnije otoke (Lošinj) do $1,35 \text{ MWh/m}^2$ na samom sjeveru Krka. Na obalnom području može se računati sa srednjom ozračenosti od $1,30 \text{ MWh/m}^2$, a u gorskim krajevima od $1,30 \text{ MWh/m}^2$ do $1,20 \text{ MWh/m}^2$. Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenosti na području Primorsko-goranske županije. Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Primorsko-goranske županije dostupni su za sedam lokacija na kojima se provode meteorološka mjerenja: Rijeka, Opatija, Zračna luka Krk, Rab, Mali Lošinj, Pag i Skrad.

Slika 2. Karta srednje godišnje ozračenosti vodoravne plohe na području Primorsko-goranske županije



Tablica 1. Srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima (MWh/m^2)

| Lokacija | Rijeka | | | Mali Lošinj | | | Skrad | | |
|---------------------|--------|-----------|---------|-------------|-----------|---------|--------|-----------|---------|
| | Ukupno | Raspršeno | Izravno | Ukupno | Raspršeno | Izravno | Ukupno | Raspršeno | Izravno |
| Siječanj | 1,29 | 0,76 | 0,53 | 1,40 | 0,80 | 0,60 | 1,13 | 0,74 | 0,39 |
| Veljača | 2,23 | 1,10 | 1,13 | 2,49 | 1,10 | 1,39 | 1,84 | 1,11 | 0,73 |
| Ožujak | 3,23 | 1,67 | 1,56 | 3,68 | 1,65 | 2,03 | 3,21 | 1,67 | 1,54 |
| Travanj | 4,55 | 2,17 | 2,38 | 5,28 | 2,05 | 3,23 | 4,35 | 2,19 | 2,16 |
| Svibanj | 5,61 | 2,60 | 3,01 | 6,21 | 2,48 | 3,73 | 5,23 | 2,65 | 2,58 |
| Lipanj | 6,12 | 2,75 | 3,37 | 6,89 | 2,54 | 4,35 | 5,90 | 2,78 | 3,12 |
| Srpanj | 6,32 | 2,56 | 3,76 | 6,81 | 2,41 | 4,40 | 6,15 | 2,60 | 3,55 |
| Kolovoz | 5,23 | 2,33 | 2,90 | 5,89 | 2,17 | 3,72 | 5,20 | 2,33 | 2,87 |
| Rujan | 4,00 | 1,76 | 2,24 | 4,48 | 1,70 | 2,78 | 4,19 | 1,73 | 2,46 |
| Listopad | 2,71 | 1,29 | 1,42 | 2,95 | 1,29 | 1,66 | 2,49 | 1,29 | 1,20 |
| Studeni | 1,43 | 0,86 | 0,57 | 1,65 | 0,89 | 0,76 | 1,36 | 0,85 | 0,51 |
| Prosinac | 1,09 | 0,66 | 0,43 | 1,13 | 0,69 | 0,44 | 0,92 | 0,63 | 0,29 |
| Sr. god. vrijednost | 1,34 | 0,63 | 0,71 | 1,49 | 0,60 | 0,89 | 1,28 | 0,63 | 0,65 |

Tablica 2. Srednje dnevne vrijednosti ozračenosti prema jugu nagnute plohe za optimalne kutove nagiba (MWh/m^2)

| Lokacija | Rijeka | | | | Mali Lošinj | | | | Skrad | | | |
|---------------------|--------|-----------|---------|----------|-------------|-----------|---------|----------|--------|-----------|---------|----------|
| | 29° | | | | 29° | | | | 27° | | | |
| Optimalni kut | | | | | | | | | | | | |
| Mjesec | Ukupno | Raspršeno | Izravno | Odbijeno | Ukupno | Raspršeno | Izravno | Odbijeno | Ukupno | Raspršeno | Izravno | Odbijeno |
| Siječanj | 1,93 | 0,72 | 1,20 | 0,02 | 2,11 | 0,75 | 1,34 | 0,02 | 1,57 | 0,70 | 0,86 | 0,01 |
| Veljača | 3,10 | 1,03 | 2,04 | 0,03 | 3,54 | 1,03 | 2,48 | 0,03 | 2,36 | 1,05 | 1,30 | 0,02 |
| Ožujak | 3,81 | 1,57 | 2,20 | 0,04 | 4,43 | 1,55 | 2,84 | 0,05 | 3,76 | 1,58 | 2,15 | 0,03 |
| Travanj | 4,82 | 2,04 | 2,72 | 0,06 | 5,66 | 1,92 | 3,67 | 0,07 | 4,59 | 2,07 | 2,47 | 0,05 |
| Svibanj | 5,50 | 2,45 | 2,98 | 0,07 | 6,08 | 2,33 | 3,68 | 0,08 | 5,14 | 2,51 | 2,58 | 0,06 |
| Lipanj | 5,79 | 2,58 | 3,14 | 0,07 | 6,49 | 2,39 | 4,02 | 0,09 | 5,63 | 2,64 | 2,93 | 0,06 |
| Srpanj | 6,08 | 2,41 | 3,60 | 0,08 | 6,53 | 2,26 | 4,18 | 0,08 | 5,96 | 2,47 | 3,43 | 0,06 |
| Kolovoz | 5,37 | 2,19 | 3,12 | 0,06 | 6,08 | 2,03 | 3,97 | 0,07 | 5,36 | 2,21 | 3,09 | 0,05 |
| Rujan | 4,60 | 1,66 | 2,90 | 0,05 | 5,22 | 1,59 | 3,57 | 0,06 | 4,84 | 1,64 | 3,16 | 0,04 |
| Listopad | 3,57 | 1,21 | 2,33 | 0,03 | 3,93 | 1,21 | 2,68 | 0,04 | 3,17 | 1,23 | 1,92 | 0,03 |
| Studeni | 2,03 | 0,80 | 1,21 | 0,02 | 2,43 | 0,84 | 1,57 | 0,02 | 1,87 | 0,80 | 1,05 | 0,01 |
| Prosinac | 1,69 | 0,62 | 1,05 | 0,01 | 1,72 | 0,65 | 1,06 | 0,01 | 1,30 | 0,60 | 0,69 | 0,01 |
| Sr. god. vrijednost | 1,47 | 0,59 | 0,87 | 0,02 | 1,65 | 0,57 | 1,07 | 0,02 | 1,39 | 0,59 | 0,78 | 0,01 |

U tablici 1. prikazane su srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima, a u tablici 2. srednje dnevne ozračenosti prema jugu nagnute plohe za godišnje optimalne kutove nagiba za tri karakteristične lokacije: Rijeka, Mali Lošinj i Skrad. Energiju Sunčevog zračenja moguće je koristiti na dva načina – korištenjem sunčanih toplinskih sustava za zagrijavanje potrošne tople vode i podršku grijanju te korištenjem fotonaponskih sustava za proizvodnju električne energije (slika 3. i slika 4.).

Sunčani toplinski sustavi u najvećoj mjeri koriste se za grijanje potrošne tople vode, a u nešto manjoj mjeri i kao podrška grijanju (gdje je to tehnološki i ekonomski opravdano, kao npr. u niskotemperaturnom grijanju). Osnovi dio koji sunčani toplinski sustav razlikuje od toplinskih sustava na druge energente jest sunčani kolektor, uređaj u kojemu se dozačenom energijom zagrijava radni medij. Radni medij cirkulira sustavom te u spremniku tople vode zagrijava sanitarnu vodu. Spre-

mnici tople vode služe za pohranu tople vode uz niske gubitke pa se zagrijava voda može koristiti tijekom cijelog dana. Ovakvi sustavi u pravilu imaju i dodatni energent za zagrijavanje (ogrjevno drvo, moderna biomasa, plin, el. energija) koji se koriste u nepovoljnim razdobljima. Uobičajena primjena sunčanih toplinskih sustava je u objektima koji se koriste kroz cijelu godinu, poput obiteljskih kuća, bolnica ili domova umirovljenika, ali i u objektima koji se koriste sezonski, poput hotela ili apartmana za iznajmljivanje. U obiteljskim kućama se najčešće koristi relativno mali sustav koji se sastoji od sunčanih kolektora površine cca 4 m² i spremnika tople vode volumena 300 l.

Takav sustav, na području Rijeke, može zadovoljiti do 80% energetskih potreba za zagrijavanje potrošne tople vode u slučaju kućanstva od četiri člana. Na slici 5. prikazana je procjena pokrivanja energetskih potreba kroz godinu, kao i stupanj korisnosti sunčanog toplinskog sustava.

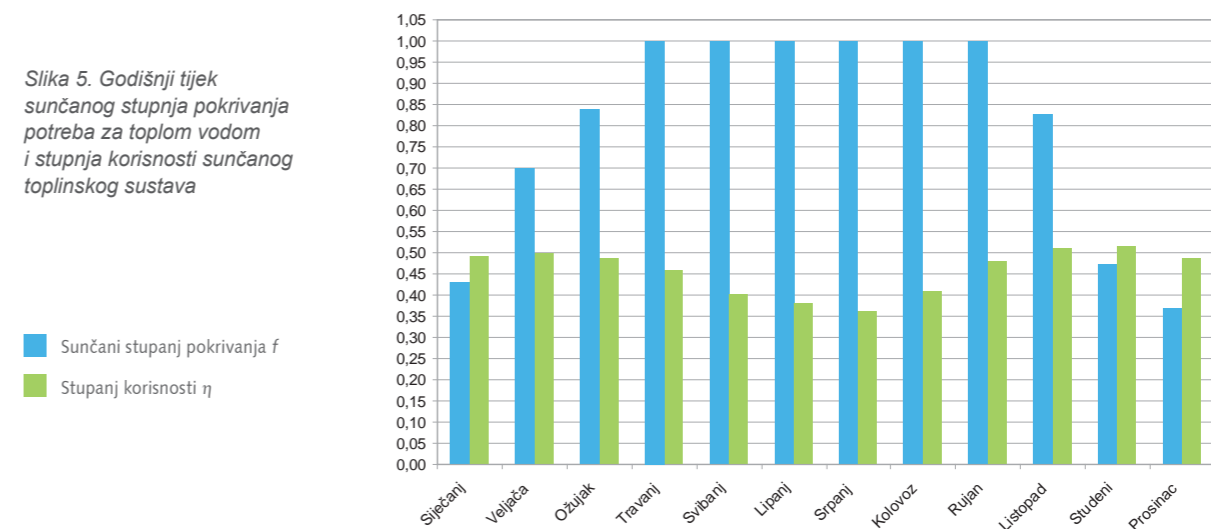
Slika 3. Primjer korištenja Sunčeve energije: fotonaponski moduli



Slika 4. Primjer korištenja Sunčeve energije: sunčani toplinski kolektori



Slika 5. Godišnji tijek sunčanog stupnja pokrivanja potreba za toplom vodom i stupnja korisnosti sunčanog toplinskog sustava



Fotonaponski sustavi tradicionalno se koriste za opskrbu električnom energijom objekata udaljenih od elektroenergetske mreže, a u novije vrijeme i za proizvodnju električne energije u mrežno vezanim sustavima, posebice radi poticajnih cijena otkupa takve energije (tzv. *feed-in* tarifa). Fotonaponski sustavi zasnivaju svoj rad na pretvorbi Sunčevog zračenja u električnu energiju putem fotoelektričkog efekta. Sunčana ćelija je osnovni element ovakvih sustava, a spajanjem više ćelija u jednu cjelinu dobiva se fotonaponski modul.

Fotonaponski modul je gotov uređaj kojim je moguće generirati električnu energiju, međutim kako se oni proizvode u relativno malim snagama (do maksimalno nekoliko stotina vata), više fotonaponskih modula se slaže u fotonaponsko polje kako bi se postigle veće snage. Fotonaponski moduli generiraju istosmjernu električnu struju te se za pretvorbu iz istosmjerne u izmjeničnu, pogodnu za predaju u elektroenergetsku mrežu, koriste izmjenjivači. Osim prilagodbe oblika, izmjenjivači imaju još dvije važne zadaće – praćenje optimalne radne točke fotonaponskog polja te odspajanje sustava s mreže u slučaju nestanka električne energije radi sigurnosnih razloga.

Ovisno o izvedbi, na jedan izmjenjivač je moguće spojiti više polja fotonaponskih modula pa se jedan takav kompletan sustav može smatrati generatorom električne energije u punom smislu te riječi. Spremnici energije (najčešće baterijske akumulatorske banke) koriste se kod autonomnih sustava koji nisu spojeni na elektroenergetsku mrežu. Fotonaponske sustave moguće je instalirati na stambenim objektima, objektima komercijalne ili proizvodne namjene kojima proizvodnja električne energije nije osnovna zadaća. Uobičajeno je da se fotonaponski moduli u ovim slučajevima postavljaju na krovove objekata (bilo ravne, bilo kose),

ali su u posljednje vrijeme sve češće primjene korištenja specijalnih fotonaponskih modula kao elementa fasade. Proizvodnja električne energije u fotonaponskom sustavu, osim o dozačenom energiji na lokaciji, ovisi o cijelom nizu čimbenika poput zasjenjenja, kuta nagiba i orijentacije fotonaponskih modula, tehničkim karakteristikama modula, temperaturi okoline, karakteristikama izmjenjivača, gubicima u kabelima itd. Fotonaponski sustav snage 10 kW postavljen pod optimalnim kutom, bez zasjenjenja na području Rijeke može proizvesti oko 11.000 kWh električne energije godišnje (tablica 3.).

Tablica 3: Procjena proizvodnje električne energije za FN sustav snage 10 kW na području Rijeke

| Mjesec | Generirana električna energija u FN modulima (kWh) | Električna energija isporučena u mrežu (kWh) |
|----------|--|--|
| Siječanj | 512 | 486 |
| Veljača | 765 | 733 |
| Ožujak | 1.024 | 983 |
| Travanj | 1.179 | 1.132 |
| Svibanj | 1.329 | 1.272 |
| Lipanj | 1.313 | 1.257 |
| Srpanj | 1.404 | 1.345 |
| Kolovoz | 1.255 | 1.203 |
| Rujan | 1.083 | 1.039 |
| Listopad | 920 | 882 |
| Studeni | 511 | 486 |
| Prosinac | 441 | 417 |
| Ukupno | 11.736 | 11.236 |

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Rijeku bi ona iznosila oko 1.100 kWh/kW godišnje. Za različite lokacije na području Primorsko-goranske županije ona bi iznosila od 950 kWh/kW za područje Gorskog kotara do 1.250 kWh/kW za područje otoka Lošinja.

3. ENERGIJA BIOMASE

3.1. OPĆE ZNAČAJKE

3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE

Direktiva 2009/28/EZ o promociji obnovljivih izvora energije definira biomasu kao biološko razgradiv dio proizvoda, otpada i ostataka biološkoga podrijetla iz poljoprivrede, šumarstva i s njima povezanih proizvodnih djelatnosti, uključujući ribarstvo i akvakulturu te biološko razgradiv dio industrijskog i komunalnog otpada. Zbog različitih karakteristika i izvora sirovine, biomasa predstavlja najsloženiji oblik obnovljivih izvora energije.

Sa stajališta konačnog proizvoda - energije, iz biomase je moguće proizvesti toplinsku i električnu energiju te goriva za prijevoz. U ovoj studiji prikazani su potencijali poljoprivredne biomase (ratarstvo i stočarstvo), šumske biomase (gospodarenje šumama) te potencijali biorazgradivog dijela komunalnog otpada i otpada iz drvno- i prehrambeno-prerađivačke industrije.

3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE

Prema Prostornom planu Primorsko-goranske županije iz 2000. godine, poljoprivredne površine zauzimaju 143.364 ha, od čega obradive površine zauzimaju 48.345 ha. Prema podacima digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska poljoprivredne površine u Županiji iznose 52.561 ha. Na slici 6. je prikazana karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Primorsko-goranske županije. Područje Županije podijeljeno je u tri agroekološka područja:

- **Gorsko područje Gorskog kotara** (stočarstvo, pčelarstvo, uzgoj divljači, slatkovodno ribarstvo, ratarstvo, povrtlarstvo, kontinentalno voćarstvo, gljiviarstvo i uzgoj planinskih vrsta ljekovitog i začinskog bilja)
- **Predgorsko područje priobalja** (ovčarstvo, kozarstvo, pčelarstvo, morsko i slatkovodno ribarstvo, povrtlarstvo, kontinentalno i mediteransko voćarstvo i vinogradarstvo)

- **Otočno područje** (ovčarstvo, kozarstvo, pčelarstvo, morsko ribarstvo, mediteransko voćarstvo – posebice maslinarstvo, vinogradarstvo, povrtlarstvo i uzgoj mediteranskih vrsta ljekovitog i začinskog bilja)

Šume u Županiji, prema prostornom planu zauzimaju 189.330 ha, dok iz digitalne baze CORINE Land Cover Hrvatska dobivamo podatak o 241.266 ha šume. Šume su po podrijetlu uglavnom autohtone, a rjeđe kulture četinjača. Nalaze se u tri biljno-geografske zone: eu-mediteranskoj (vazdazelene šume hrasta crnike, makije i gariga), nižoj i višoj submediteranskoj (šume bjelogričica do 350 m n.m. i crnog graba u višem pojasu) te kontinentalnoj zoni (šume primorske bukve od 900 do 1.000 m n.m, gorske bukovo-jelove šume od 1.000 do 1.200 m n.m. i predplaninske bukve od 1.200 do 1.400 m n.m.).

3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA

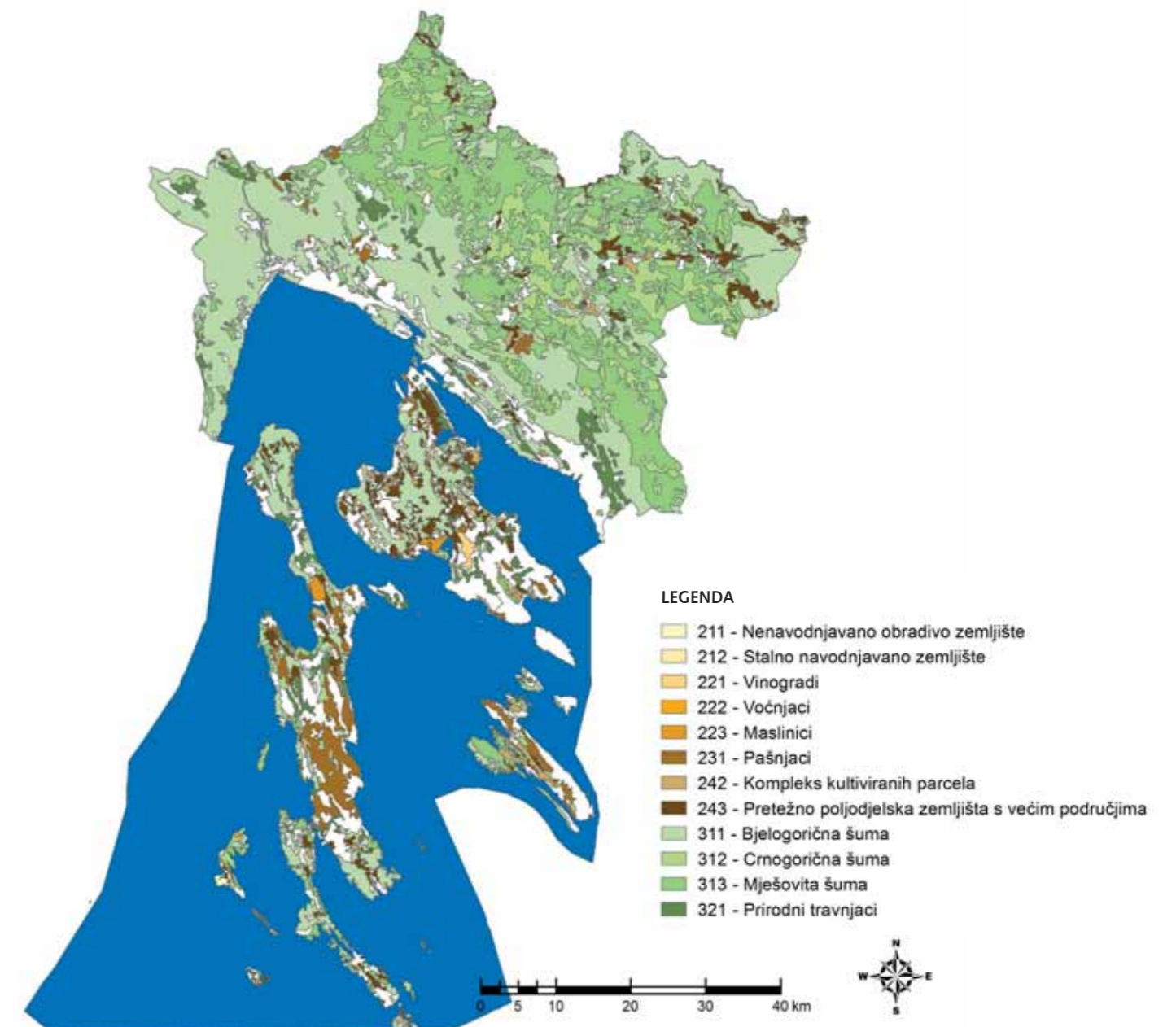
3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE

Poljoprivredna biomasa koja se može koristiti za proizvodnju energije vrlo je raznolika, a s obzirom na poljoprivredne grane može se podijeliti u sljedeće kategorije:

- **Ratarstvo** - energetske kulture (jednogodišnje i višegodišnje); ostaci nakon žetve ili povrtlarstva
- **Stočarstvo** - stajski gnoj i gnojovka

- **Višegodišnji nasadi** - energetske nasadi, granjevina i ostali drveni ostaci nakon redovitog održavanja višegodišnjih nasada (voćnjaci, vinogradi, maslinici)

Pojedine vrste biomase međusobno se razlikuju s obzirom na energetske vrijednost, sadržaj vlage i pepela,



Slika 6. Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Primorsko-goranske županije

oblik i sastav, što je potrebno uzeti u obzir prilikom izbora adekvatne tehnologije za njihovu pretvorbu u korisnu energiju. Ovisno o primijenjenoj tehnologiji, iz poljoprivredne biomase je moguće proizvoditi toplinsku, električnu i mehaničku energiju (motorna goriva), kao i derivate iz kojih se dobiva korisna energija. Najčešći primjeri derivata poljoprivredne biomase su briketi, peleti, bioplina te biogoriva. U okviru ove Studije analizirano je iskorištavanje stajskog gnoja (goveda, svinje, perad) radi proizvodnje bioplina te uzgoj energetskih

kultura za proizvodnju biodizela (uljana repica, soja) i bioetanol (kukuruz, šećerna repa) na raspoloživim poljoprivrednim površinama. U slučaju analize potencijala stajskog gnoja, razmotrena je proizvodnja bioplina monodigestijom te kodigestijom s kukuruznom silažom uz pretpostavku masenog udjela kukuruzne silaže u substratu od 30%. Prioritet je dan proizvodnji bioplina iz razloga što se pri tome istovremeno rješava i problem zbrinjavanja stajskog gnoja na način koji je prihvatljiv za okoliš i u skladu s dobrom poljoprivrednom praksom.

U analizi su primijenjeni i kriteriji održivosti koji uključuju:

- Osiguravanje površina za proizvodnju hrane (0,16 ha po čovjeku), uzimajući u obzir da županija mora hraniti udio stanovništva razmjernu udjelu njihovih poljoprivrednih površina u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj.
- Površine travnjaka i pašnjaka izuzete su iz poljoprivrednih površina koje su raspoložive

BIOPLIN

Bioplin je proizvod anaerobne razgradnje organske tvari, a sastoji se od mješavine plinova, uglavnom ugljikovog dioksida (25-45%) i metana (50-75%), a u manjim dijelovima sadrži i vodu, paru, kisik, dušik, amonijak, vodik te sumporovodik. Energetska vrijednost bioplina ovisi o udjelu metana čija gornja ogrjevna vrijednost iznosi 39,8 MJ/m³. Prosječna energetska vrijednost bioplina iznosi 21 MJ/m³. Izgaranjem bioplina se može proizvoditi toplinska ili električna energija, odnosno u slučaju kogeneracije istovremeno toplinska i električna energija. Pročišćavanjem bioplina do razine od oko 95% metana, dobiva se biometan koji se koristi kao zamjena za prirodni plin (ubrizgavanje u mrežu prirodnog plina, motorno gorivo i sl.). Nadalje, prilikom proizvodnje bioplina dobiva se digestat (biomasa preostala nakon anaerobne razgradnje organske tvari) koji se može koristiti kao kvalitetno gnojivo u ratarstvu.

Za proizvodnju bioplina, pretpostavljeno je iskorištavanje ukupne količine stajskog gnoja koji nastaje na farmama u Županiji. Količina otpada iz stočarstva, koji nastaje na godišnjoj razini, izračunata je na temelju podataka o broju uvjetnih grla goveda, svinja i peradi.

Prilikom izračuna potencijala proizvodnje bioplina korištena je sljedeća formula:

$$BP = m \times oST \times p \times k \text{ [kWh/god]}$$

Gdje je:

- BP - energetska vrijednost proizvedenog bioplina [kWh/god]
- m - masa stajskog gnoja goveda, svinja odnosno peradi koja godišnje nastaje u Županiji [t/god]
- oST - udio organske suhe tvari u svježoj sirovini
- p - prinos metana (CH₄) po jedinici organske suhe tvari u svježoj sirovini [m³/t oST]
- k=10 - energetska vrijednost metana [kWh/Nm³]

za proizvodnju kukuruzne silaže, odnosno energetskih kultura zbog njihovog značaja za očuvanje biološke raznolikosti.

Podaci o poljoprivrednim površinama iz prostornih planova uglavnom se temelje na podacima iz Statističkog ljetopisa ili katastarskim podacima te se u većini slučajeva razlikuju od podataka izvedenih iz CORINE Land Use Hrvatska baze podataka. Zbog dosljednosti su za izračune potencijala korišteni podaci iz CORINE baze.

U slučaju kodigestije potrebno je zbrojiti potencijale pojedinih sirovina, izračunate na temelju masenog udjela sirovina u kodigestiji. Potrebno je napomenuti da ovi rezultati predstavljaju tek teoretski potencijal. Tehnički potencijal, odnosno razina praktičnog iskorištavanja ovog potencijala ovisi o načinu uzgoja u stočarstvu i veličini farmi, agrotehničkim mjerama u ratarstvu te učinkovitosti postrojenja za proizvodnju korisne energije.

Iz tablice 4. vidljivo je da bi se u slučaju proizvodnje bioplina iz ukupno raspoloživog stajskog gnoja iz stočarske proizvodnje na godišnjoj razini mogao proizvesti bioplin ukupne energetske vrijednosti 35 TJ u slučaju proizvodnje u monodigestiji. Kada bi se ista količina stajskog gnoja koristila za proizvodnju bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom, energetska vrijednost bioplina bi iznosila 63 TJ/god. U ovom slučaju bilo bi potrebno angažirati 215 ha poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju kukuruzne silaže.

Uzmemo li u obzir postojeću praksu u poljoprivredi, uz pretpostavku okrupnjavanja stočarske proizvodnje te sukladno *Strategiji energetskega razvoja Republike Hrvatske*⁶ može se procijeniti da bi se oko 20% teoretskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije. Kao što je vidljivo iz tablice, potencijali dobivanja energije iz stajskog gnoja postoje, no relativno su mali što je uvjetovano niskom stočarskom proizvodnjom na području Županije.

Ipak, ukoliko postoji mogućnost konstantne opskrbe sirovinom i osiguravanja određene površine za proizvodnju kukuruzne silaže, proizvodnja bioplina iz stajskog gnoja u kodigestiji s kukuruznom silažom predstavljala bi povoljan scenarij u slučaju da nije moguće koristiti otpadne sirovine, na primjer ostatke iz prehrambene industrije, klaonički otpad i sl.

Tablica 4. Energetski potencijal proizvodnje bioplina u Primorsko-goranskoj županiji na godišnjoj razini

| Sirovina | Raspoloživost stajskog gnoja (t/god)* | Teoretski energetska potencijal (MWh/god) | Teoretski energetska potencijal (TJ/god) |
|---|--|---|--|
| Proizvodnja bioplina u monodigestiji | | | |
| Goveđi stajski gnoj | 14.855 | 8.170 | 29 |
| Svinjski stajski gnoj | 426 | 71 | 0,26 |
| Gnoj peradi | 1.616 | 1.600 | 6 |
| Sirovina | Površina potrebna za uzgoj kukuruzne silaže (ha) | Teoretski energetska potencijal (MWh/god) | Teoretski energetska potencijal (TJ/god) |
| Proizvodnja bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom (maseni udio silaže 30%) | | | |
| Goveđi stajski gnoj + silaža | 189 | 14.771 | 53 |
| Svinjski stajski gnoj + silaža | 5 | 260 | 0,94 |
| Gnoj peradi + silaža | 21 | 2.318 | 8 |

*Izračun se temelji na podacima o broju životinja iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2007. do 2009. godine

TEKUĆA BIOGORIVA

Tekuća biogoriva su goriva proizvedena iz biomase, koja se koriste za pogon motornih vozila, bilo kao čista ili kao mješavina s dizelskim gorivom, odnosno motornim benzinom. S obzirom na tehnologiju proizvodnje, postoje biogoriva prve, druge i treće generacije.

Tehnologije prve generacije biogoriva su komercijalne, a primarno se odnose na proizvodnju biodizela iz uljara te bioetanol i njegovih derivata iz biljaka bogatih škrobom. Tehnologije druge i treće generacije biogoriva još su u fazi razvoja. Biodizel prve generacije proizvodi se procesom transesterifikacije biljnih ulja.

Tablica 5. Potencijali proizvodnje biogoriva na području Primorsko-goranske županije na godišnjoj razini

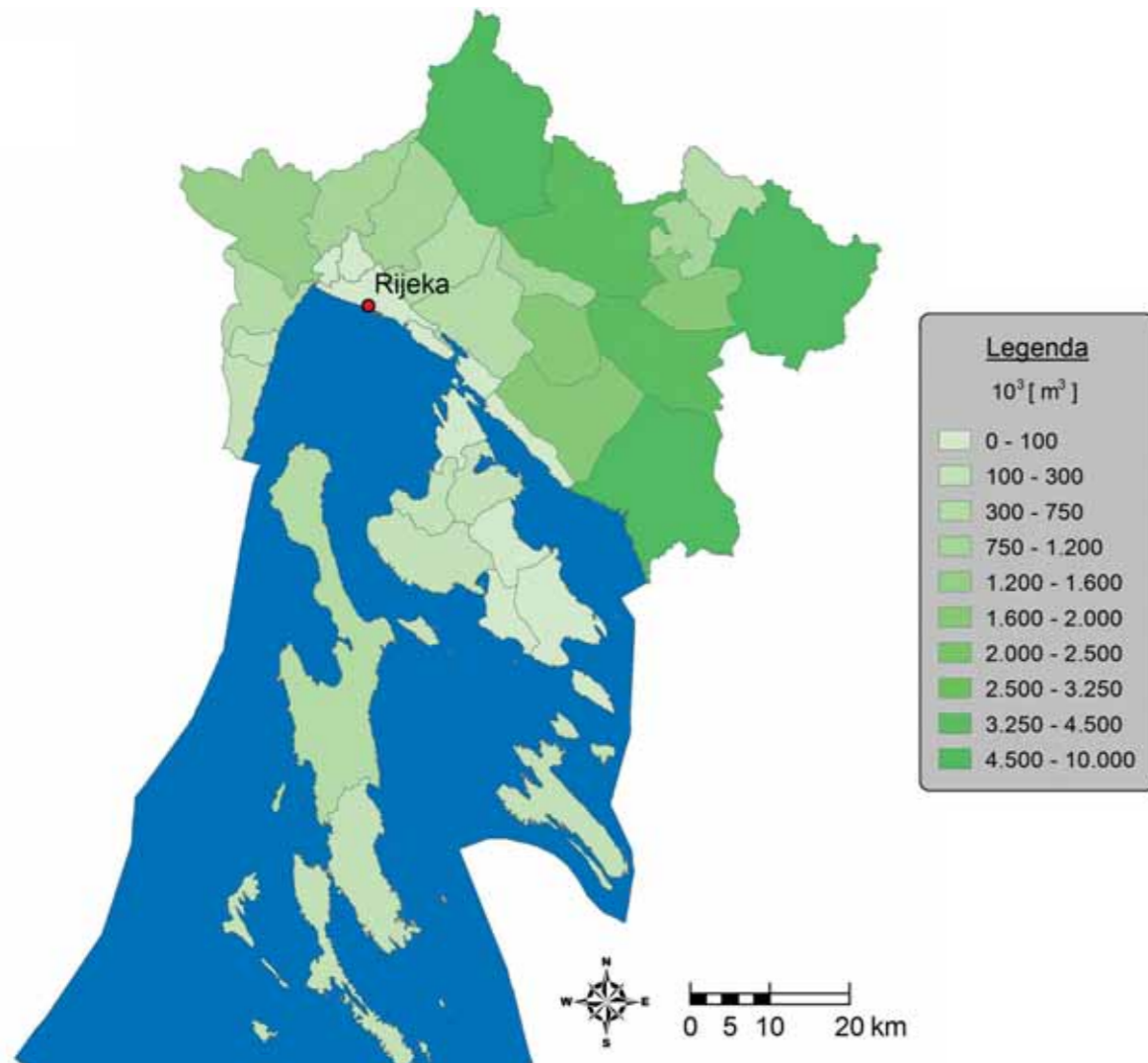
| Sirovina | Masa sirovine (t)* | Potencijalna količina goriva (t) | Energetska vrijednost (GJ/t) | Teoretski energetska potencijal (TJ/god) |
|------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------------|--|
| Bioetanol | | | | |
| Kukuruz (s.v)** | 82.102 | 24.702 | 27 | 667 |

* Izračun se temelji na podacima o prosječnim prinosima kultura iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2006. do 2008. godine te podacima o raspoloživom poljoprivrednom zemljištu za uzgoj energetskih kultura ; ** s.v. - srednja vrijednost između postupka suhog mljevenja (s.m) i postupka mokrog mljevenja (m.m)

Iz Tablice 5. vidljivo je da ukoliko se 18.575 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta za neprehrambene namjere angažira za proizvodnju kukuruza, mogla bi se proizvesti količina bioetanol energetske vrijednosti od 667 TJ godišnje. Realno je za pretpostaviti da bi za proizvodnju energetskih kultura bilo moguće angažirati oko 20% poljoprivrednog zemljišta raspoloživog za neprehrambene namjene. Ostale energetske kulture (šećerna repa, uljana repica, soja) nisu analizirane bu-

dući da u promatranim godinama na području Županije nije bilo njihove proizvodnje. Iz toga proizlazi da je kukuruz jedina kultura koja je na raspolaganju za proizvodnju biogoriva. Korištenje poljoprivrednog zemljišta za sadnju određenih kultura uvjetovano je bonitetom tla. S pretežitim učešćem tla niske bonitetne klase, Primorsko-goranska županija je marginalna poljoprivredna regija te nije realno za očekivati da će ovo područje imati visok potencijal za proizvodnju biogoriva.

Poznavajući raspoloživost poljoprivredne površine za energetske usjeve (nakon zadovoljavanja kriterija održivosti i eliminacije površina potrebnih za uzgoj kukuruzne silaže za proizvodnju bioplina) te prinose usjeva po hektaru, možemo izračunati potencijalnu količinu biogoriva i energetska potencijal (tablica 5.).



Slika 7. Prikaz raspodjele ukupnih drvnih zaliha na području Primorsko-goranske županije

3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA

Najčešći oblici drvene biomase koji se koriste u energetske svrhe su ogrjevno drvo, sječka, kora, piljevina, blanjevna, briketi i peleti. Drvenu biomasu moguće je pretvoriti u toplinsku i električnu energiju te u tekuća i plinovita goriva koristeći različite termokemijske i biokemijske tehnologije. Ovisno o karakteristikama drvene biomase, tj. veličini, distribuciji veličine, vlažnosti, udjelu pepela i onečišćenja (npr. kamenje, zemlja i pijesak) ovisi i tehnologija njezinog iskorištavanja. Izgaranje je najrazvijenija i najčešće korištena tehnologija

za energetske iskorištavanje drvene biomase. U okviru ove Studije analizirane su raspoložive količine drvene biomase dobivene gospodarenjem šumama na osnovu podataka iz baze podataka WISDOM Croatia⁷ (slika 7., tablica 6.). Teoretski potencijal je ukupni raspoloživi energetske potencijal drvene biomase na određenom području koji se izračunava kao umnožak ukupne drvene biomase (kg) i ogrjevnosti vrijednosti biomase (MJ/kg) (tablica 6.).

⁷ WISDOM - Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Primorsko-goranskoj županiji

| Ukupna drvena zaliha (m ³) | Ukupni godišnji prirast (m ³) | Godišnji etat prostornog drva (uključujući četinjače) (m ³) | | Teoretski energetske potencijal godišnjeg etata prostornog drva (uključujući četinjače) | | | |
|--|---|---|-----------------|---|-------|-----------------|-------|
| | | Planirana sječa | Ostvarena sječa | Planirana sječa | | Ostvarena sječa | |
| | | | | GWh | TJ | GWh | TJ |
| 37.254.448 | 738.815 | 230.648 | 180.084 | 504 | 1.814 | 384 | 1.383 |

Kao što je vidljivo iz Tablice 6. energetske potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 1.814 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 180.084 m³ (1.383 TJ) što čini oko 78% planiranog godišnjeg etata. Udio prostornog drva koji će biti raspoloživ za iskorištavanje u energetske svrhe ovisi i o tržištu drvnih sortimenata odnosno cijenama

3.2.3. BIOMASA IZ OTPADA

Potencijal iskorištavanja energije iz otpada izračunat je na osnovu raspoloživih podataka dobivenih iz Registra otpada Agencije za zaštitu okoliša.

Potencijalni izvori biomase iz prehrambeno-prerađivačke industrije, između ostalog, uključuju proizvodnju vina i žestokih pića, prerađivačku, proizvodnju šećera, klaonice, prerađivačku žita, proizvodnju ulja te ostalu primarnu prerađivačku i prehrambenu industriju. Zbog ograničene dostupnosti podataka izračunati su energetske potencijali samo za korištenje klaoničkog otpada. Klaonički otpad uključuje i ribe i druge morske organizme ulovljene na otvorenom moru radi proizvodnje ribljeg brašna te svježe nusproizvode od ribe iz objekata za proizvodnju ribljih proizvoda za prehranu ljudi. Drvena industrija spada među najrazvijenije industrijske djelatnosti na području Primorsko-goranske županije, odnosno Gorskog kotara. Razvijala se u najvećem dijelu na vlastitoj sirovinjskoj osnovici. Otpad iz drvno-

sirovine potrebne za potrošače kao što su industrija ploča, celuloze i papira. Potrebno je napomenuti da energetske potencijal prikazan u prethodnoj tablici predstavlja teoretske potencijal. Tehnički potencijal, odnosno razina praktičnog iskorištavanja ovog potencijala ovisit će o učinkovitosti postrojenja za proizvodnju korisne energije (peći, toplane, elektrane, odnosno kogeneracijskog postrojenja).

prerađivačke industrije uključuje otpad od prerade drva i proizvoda od drva i pluta (osim namještaja) te proizvodnje namještaja od slame i pletarskih materijala. Proces izgaranja se najčešće koristi za iskorištavanje ovakve sirovine. Pri izračunu potencijala iz drvnog otpada uzeta je relativna mokrina materijala od 10%.

Prema podacima iz Registra otpada za 2010. godinu, na odlagališta u Republici Hrvatskoj odloži se godišnje 96% proizvedenog biorazgradivog komunalnog otpada. Izračun teoretskog energetske potencijala proizvodnje bioplina iz komunalnog otpada temelji se na podacima Agencije za zaštitu okoliša o prikupljenom komunalnom otpadu u 2010. godini⁸, uz pretpostavku da otpad pogodan za proizvodnju bioplina (kuhinjski otpad i biootpad) čini 42% nesortiranog komunalnog otpada⁹.

⁸ AZO, 2011: Izvješće o komunalnom otpadu za 2010. godinu

⁹ AZO, 2010: Okoliš na dlanu - 2009.

Tablica 7. Teoretski energetske potencijali dobiveni iz otpada na području Primorsko-goranske županije

| Vrsta otpada | Raspoloživost otpada (t/god)* | Teoretski energetske potencijal (MWh/god) | Teoretski energetske potencijal (TJ/god) |
|--|-------------------------------|---|--|
| Klaonički otpad | 1.651 | 8.255 | 29,7** |
| Ostaci iz drvene industrije | 5.537 | 26.022 | 93,7 |
| Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada | 55.697 | 37.594 | 135,3** |

*izvor: Registri otpada za razdoblje 2008-2010 (Agencija za zaštitu okoliša), ** dobiven tehnologijom proizvodnje bioplina

Kao što je vidljivo iz tablice 7. značajniji teoretske energetske potencijal ostvaruje otpad iz drvene industrije. Iskorištavanje otpada iz klaonice i biorazgradive komponente komunalnog otpada ne samo da mogu pridonijeti proizvodnji energije već predstavljaju dobro rješenje za zbrinjavanje otpada te smanjenje ukupne količine otpada koja se odlazi na odlagališta. Prema *Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada*¹⁰, na odlagališta komunalnog otpada od 2016. godine bit će zabranjeno odlagati komunalni otpad ako mu maseni udio bio-

razgradive komponente premašuje 35%. Pravilnikom se nadalje upućuje na iskorištavanje biorazgradive komponente za proizvodnju energije, za što postrojenja mogu biti smještena u posebnom odjeljku odlagališta. Animalni i klaonički otpad kao i životinjska trupla i životinjske prerađevine, također ne smiju biti odlagani na odlagališta komunalnog otpada. Ovaj otpad također se može koristiti za proizvodnju energije anaerobnom digestijom, ali nakon sanitarne obrade, u skladu s propisima iz oblasti veterinarstva.

¹⁰ NN br. 117/07, 111/11

4. GEOTERMALNA ENERGIJA



Republika Hrvatska se može, s obzirom na geotermalni gradijent, podijeliti na tri osnovna područja: panonsko, centralno i područje Dinarida. Primorsko-goranska župa-

nija pripada području Dinarida, odnosno području jadranskog priobalja i otoka koje karakterizira niski geotermalni gradijent i niske vrijednosti gustoće toplinskog toka.

4.1. OPĆE ZNAČAJKE

Primorsko-goranska županija pripada geološkoj jedinici Dinarida oblikovanoj najvećim dijelom mezozojskim karbonatima i krškim reljefom. Mjestimice se javljaju paleozojske i tercijarne klastične naslage (fliš) i kvartarni riječno-potočni nanosi (slika 9.)¹¹.

U Republici Hrvatskoj je geotermalni gradijent pod najvećim utjecajem dubine Mohorovičićevog diskontinuiteta (koji predstavlja granicu između Zemljine kore i plašta), odnosno debljine kontinentalne kore¹². Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u Primorsko-goranskoj županiji odražava podvlačenje Jadranske karbonatne platforme pod Dinaride i u izravnoj je vezi s geološkim postankom tog prostora.

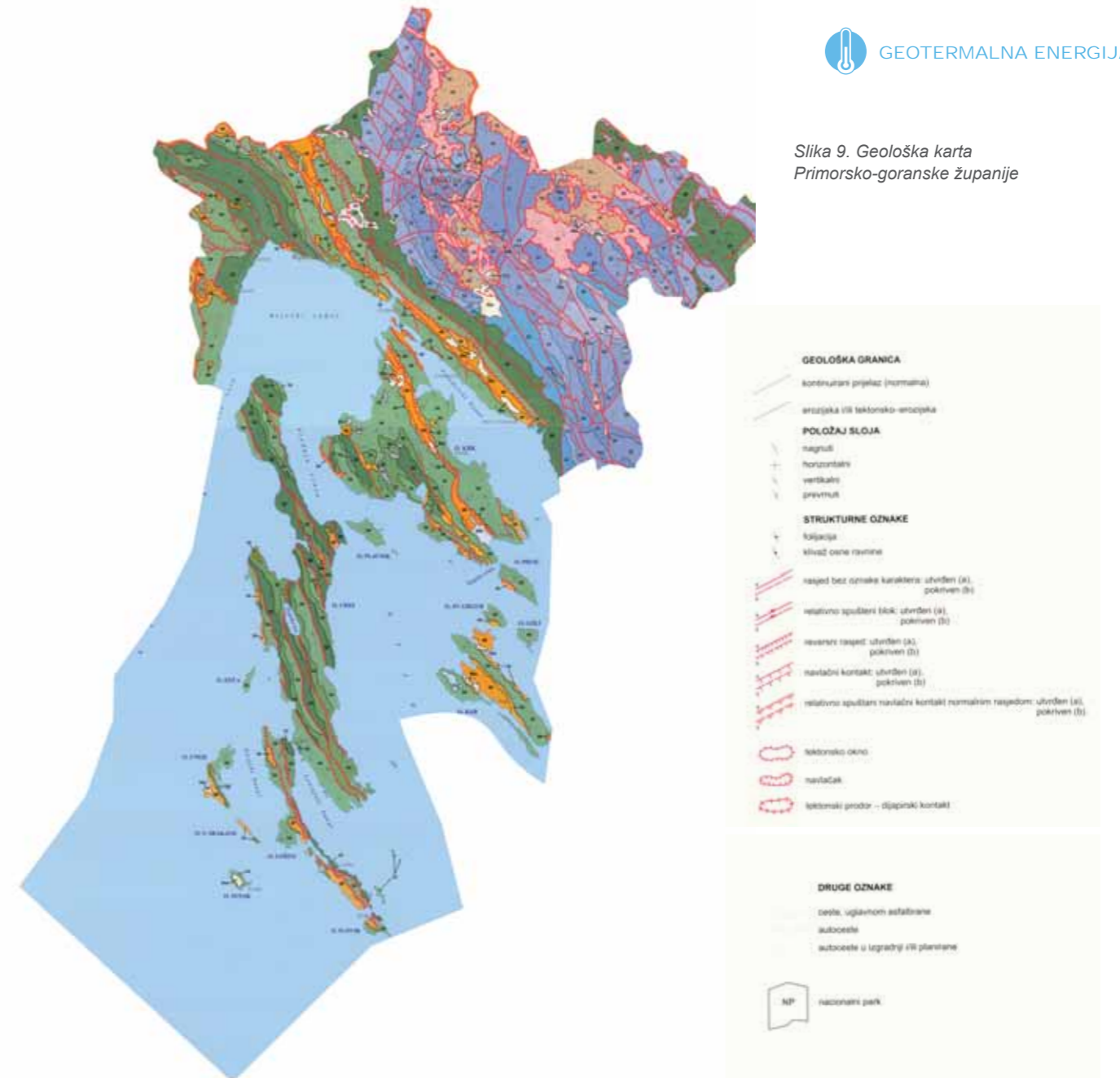
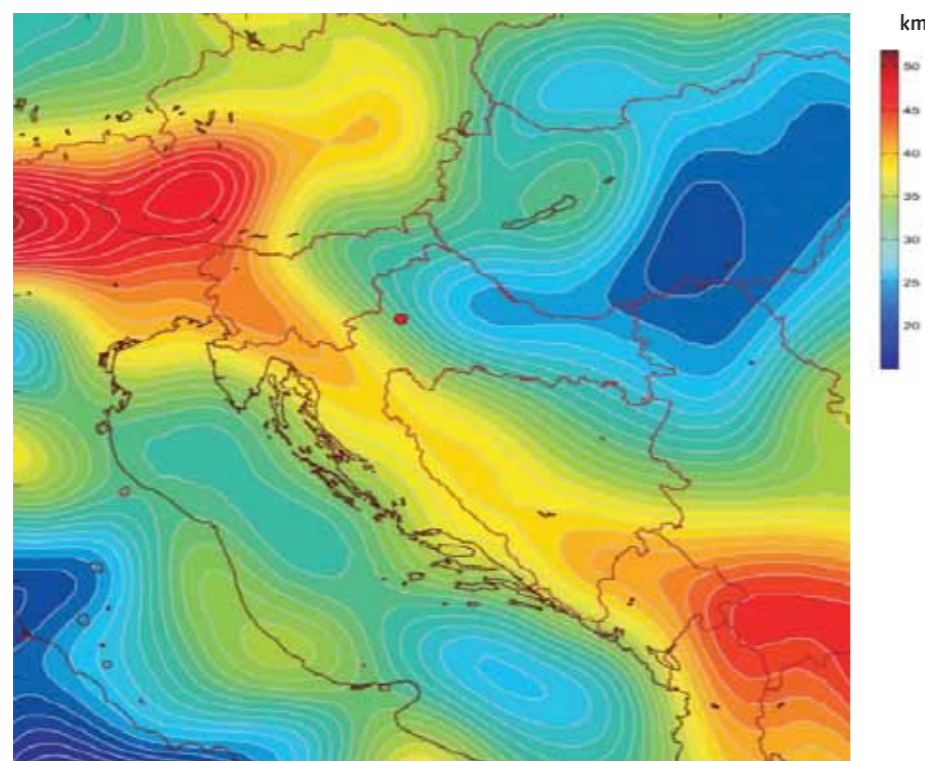
U područjima gdje je Mohorovičićev diskontinuitet pliće, odnosno bliže površini geotermalni gradijent, kao i gustoća toplinskog toka, su veći. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u Primorsko-goranskoj županiji je između 30 i 40 km (slika 8.)¹³. Osim debljine kore na geotermalni gradijent utječe i geološka građa.

Naime, Dinaridi su izgrađeni pretežno od karbonatnih stijena (vapnenaca i dolomita) koje imaju nisku prirodnu radioaktivnost, koja predstavlja jedan od izvora geotermalne energije. Uzrok niskom geotermalnom gradijentu je i viša temperatura tla, kao i dobra toplinska vodljivost površinskih stijena¹⁴.

11 Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300 000, Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2009.
12 Kolbah, S., Škrlec, M., Kulenović, I., Šćuric, S., Golub, M.: Geothermal Water as Energetic and Mineral Source, Annual 2008 of The Croatian Academy of Engineering vol. 1, 1; 139-161, 2009.

13 Grad M., Tiira T., ESC Working Group, The Moho depth map of the European Plate. Geophys. J. Int., 2009., 176, 279-292, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x.
14 Jelić, K i Andrić, M.: Geothermal properties of the Adriatic coastal area in Croatia. 16th Scientific Conference on Energy and the Environment, B. Franković (ur.), Hrvatsko udruženje za solarnu energiju, Rijeka, vol 2, 249-258, 1998.

Slika 8. Karta dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u jugoistočnoj Europi



Slika 9. Geološka karta Primorsko-goranske županije

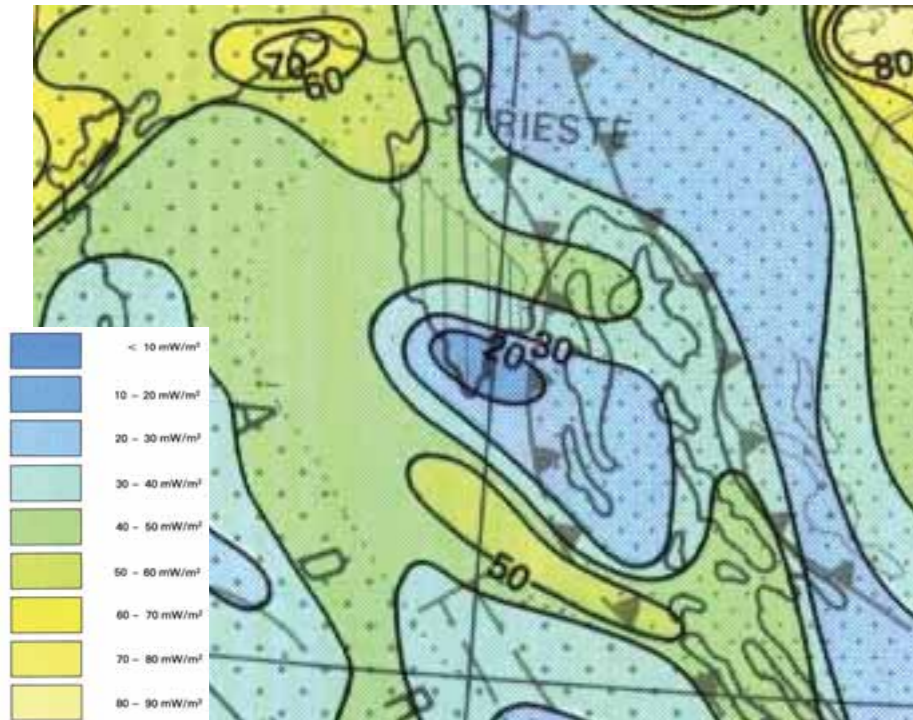
TUMAČ OZNAKA:

| | | | | | |
|-----------------------|---|---------------|---|---------------|--|
| 14 spO_2 spO_2 | Dolomitno-gradovane (a - spO_2) / škrilavci (b - spO_2) naslage (dolomit) | 18 Pc, E | Karbonatni fliš i klasti (dolomit, vapnenac) | 19 T_1, T_2 | Enklavne karbonatne klastične naslage (gornji karbon, karbon) |
| 15 spO_2 spO_2 | škrilavci (a - spO_2) / škrilavci (b - spO_2) naslage (dolomit) | 17 K_1, Pg | Vulkaničke stijene (gornja kreča, paleogen) | 20 T_{1+2} | Magnetske stijene (mednja - gornji trias) - andezit, j - bazalt, g - gornji i dolni trias (gornji - apulski i alpski) / andezit bazalt |
| 16 spO_2 | Škrilavci (dolomit) | 16 K_2 | Karbonatni klasti (gornji trias) - "sušnja" vapnenac (gornja kreča) | 18 T_3 | Klastične i karbonatne naslage (mednja trias) |
| 17 spO_2 spO_2 | Čvrstina (dolomit) | 17 K_3 | Hercegovičke i karstičke naslage (duga kreča) | 16 T_4 | Karbonatne naslage (mednja trias) |
| 18 spO_2 spO_2 | Kipavci (a - spO_2) / škrilavci (b - spO_2) / škrilavci (c - spO_2) | 17 K_4 | Rudarske vapnenice (panonij - andezit) | 14 T_5 | Škrilavci i klastične naslage (duga trias) |
| 19 spO_2 spO_2 | Pluvijalni (a - spO_2) / klastični (b - spO_2) / klastični (c - spO_2) naslage (kvartarni) | 18 K_5, K_6 | Dolomit i postdolomitne dolomitne kreče (gornji alpski dolni karbonat) | 15 T_6 | Enklavne i karstičke naslage (gornji perm) - a - vapnenac, b - klasti |
| 20 spO_2 | Klastične naslage (kvartarni) | 18 K_7 | Vapnenac i dolomit (duga kreča) | 13 T_7 | Magneti (1 perm) karbonat, gradoviti, karstički |
| 21 M_1, M_2 | Mionemske naslage Dinarida | 19 J_1 | Čvrstine stijene (mednja, gornja jura) - a - ulturni / b - magneti / c - karbonatne stijene | 11 P | Granitni perm |
| 22 P_1 | Palaeozojske naslage (škrilavci, vapnenac) | 20 J_2 | Paranormetne stijene (mednja jura) | 10 C, P | Prekambrijske klastične naslage (karbon, perm) |
| 23 M, P_1 | Pijavci i glina (mednja, pliocen) | 20 J_3 | Dolomitne stijene (mednja jura) | 9 C, P | Klastične i karbonatne naslage (karbon, perm) |
| 24 M_2 | Klasti i ugljen (perm) | 21 J, K_1 | Vapnenac i dolomitne klastične stijene (donji, srednji) | 8 D, C, P | Hercegovičke karbonatne komplekse (donji, karbon, perm) |
| 25 M_{1+2} | Vapnenčasto-klastične naslage (perm, perm) | 21 J | Rudarske vapnenice (jura - apulski) | 7 D, C | Klastične i karbonatne naslage (donji, karbon) |
| 26 M_3 | Limes i klastične naslage s vulkaniziranim (donji) | 22 J, K_2 | Škrilavci i mednja dolomiti (donji, vapnenac) | 6 Pc, T_1 | Paranormetne stijene (dolomit, trias) |
| 27 M_{1+2} | Magnetske stijene (karbon, bazalt) - a - andezit i bazalt / b - bazalt | 22 J_1 | Progredno-gradoviti vapnenac i dolomit (mednja, trias) | 5 Pc, T_1 | Orometne stijene (dolomit, trias) |
| 28 M_{1+2} | Klasti i karbonatni i klastični (duga, karbon) | 22 J_2 | Vapnenac i dolomitne a - vapnenac i dolomitne b - plavci i vapnenac / c - vapnenac i dolomitne (gornji dolni dolni) | 4 O, S, D | Gradovite stijene (mednja, alpski, donji) |
| 29 Ol, M_1 | Klasti i vulkanizirane stijene (apulski) | 22 J_3 | Vapnenac i dolomit (gornja jura) | 3 O, S, D | Kompleksne metamorfne stijene (mednja, alpski, donji) |
| 30 Pg, Ng | Vapnenčaste kreče (paleogen, neogen) | 23 J_4 | Dolomitne vapnenice i dolomiti (mednja jura) | 2 O, S, D | Progredno metamorfne stijene (mednja, alpski, donji) |
| 31 E, O_1 | Pluvijalne naslage (donji, kvartarni) | 23 J_5 | Vapnenac i dolomit (duga jura) | 1 Pc | Kompleksne metamorfne stijene (prekambrijski) |
| 32 E_{1+2} | Pluvijalne naslage (mednja i gornji vapnenac) | 24 T_1^* | Dolomit (gornji karbon, trias) | | |
| 33 T_{Pc, E, J_1} | Ulturne naslage, karbonatne vapnenice i pluvijalne naslage (gornji vapnenac, donji i mednja vapnenac) | 24 T_{1+2} | Klastične naslage (gornji karbon-duga jura) | | |

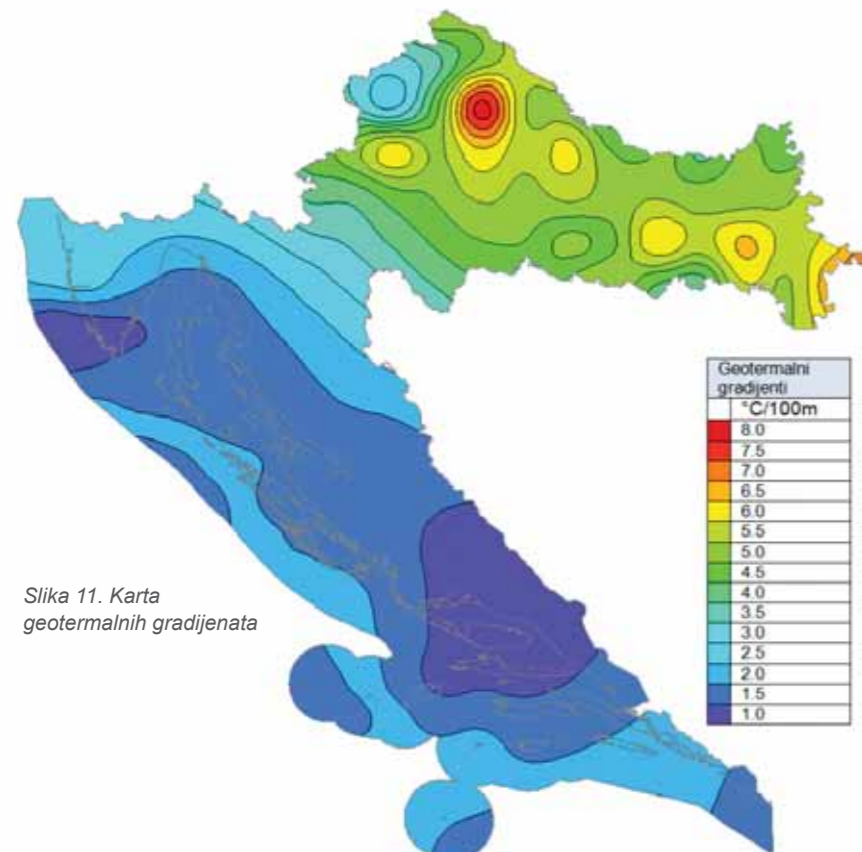
4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

Gustoća toplinskog toka u Dinaridima iznosi prosječno 29 mW/m², što odgovara i vrijednostima u većem dijelu Primorsko-goranske županije (slika 10.)¹⁵.

¹⁵ Geothermal Atlas of Europe, E. Hurlig, V. Čermak, R. Haenel and V. Zui (Ur.). Kartographischer Dienst Potsdam, Njemačka, Herman Haack Verlagsgesellschaft mbH, 1992.



Slika 10. Isječak karte gustoće toplinskog toka (mW/m²)



Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata

Ovakve vrijednosti toplinskog toka ukazuju na razmjerno nisku potencijalnost geotermalne energije u Primorsko-goranskoj županiji.

U Primorsko-goranskoj županiji je i geotermalni gradijent, odnosno stopa promjene temperature s dubinom, razmjerno nizak i iznosi između 1,0 i 2,5°C/100 km (slika 11.)¹⁶. Geotermalni gradijent može značajno varirati od lokacije do lokacije i jedan je od pokazatelja potencijala geotermalne energije na nekom području.

Prema kartama temperatura u podzemlju, na dubini od 1.000 m mogle bi se dosegnuti temperature između 30 i 40°C (slika 12.)¹⁷, a na 2.000 m između 50 i 70°C (slika 13.)¹⁸. Ove su vrijednosti rezultat računalne interpolacije temperatura izračunatih prema pretpostavljenoj konstantnoj uspravnoj kondukciji topline i promjenljivoj toplinskoj provodljivosti po dubini. Određena odstupanja od ovih vrijednosti mogu se javiti na lokacijama gdje se toplina uz kondukciju prenosi i konvekcijom putem cirkulacije fluida.

Osim niskog geotermalnog gradijenta na području Primorsko-goranske županije, pronalazak ležišta potencijalne termalne vode, kao osnovnog geotermalnog resursa, ograničen je kompleksnim tektonskim odnosima.

¹⁶ Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. Hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.

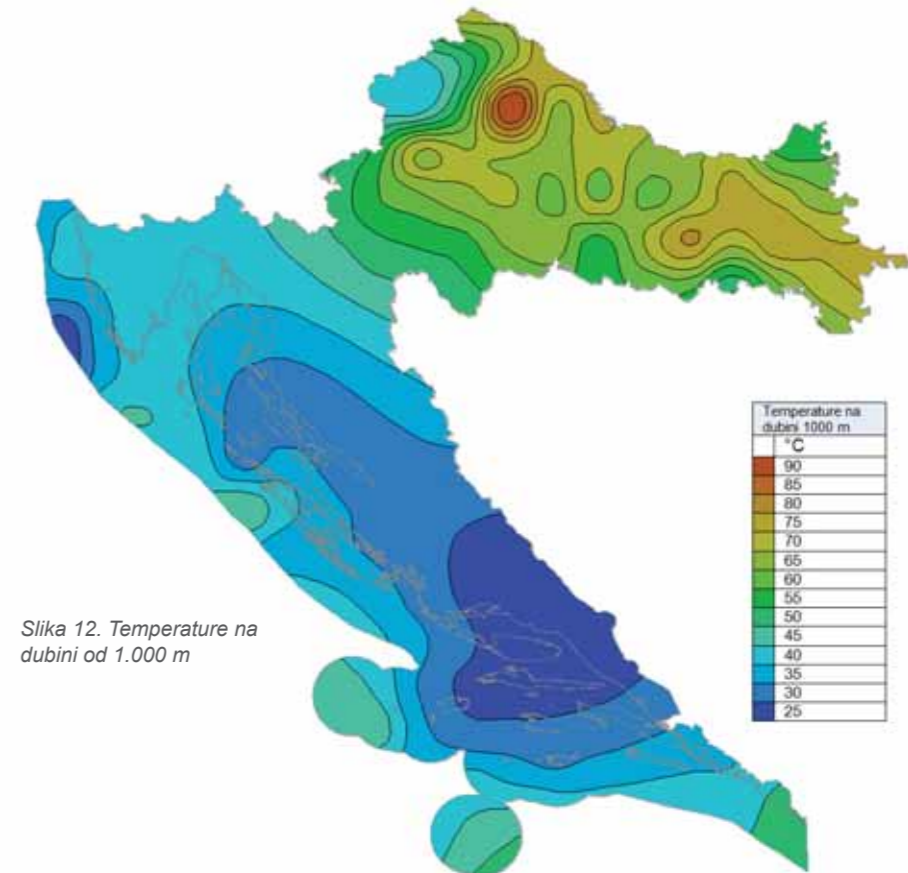
¹⁷ Modificirano prema Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.

¹⁸ Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.; Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.

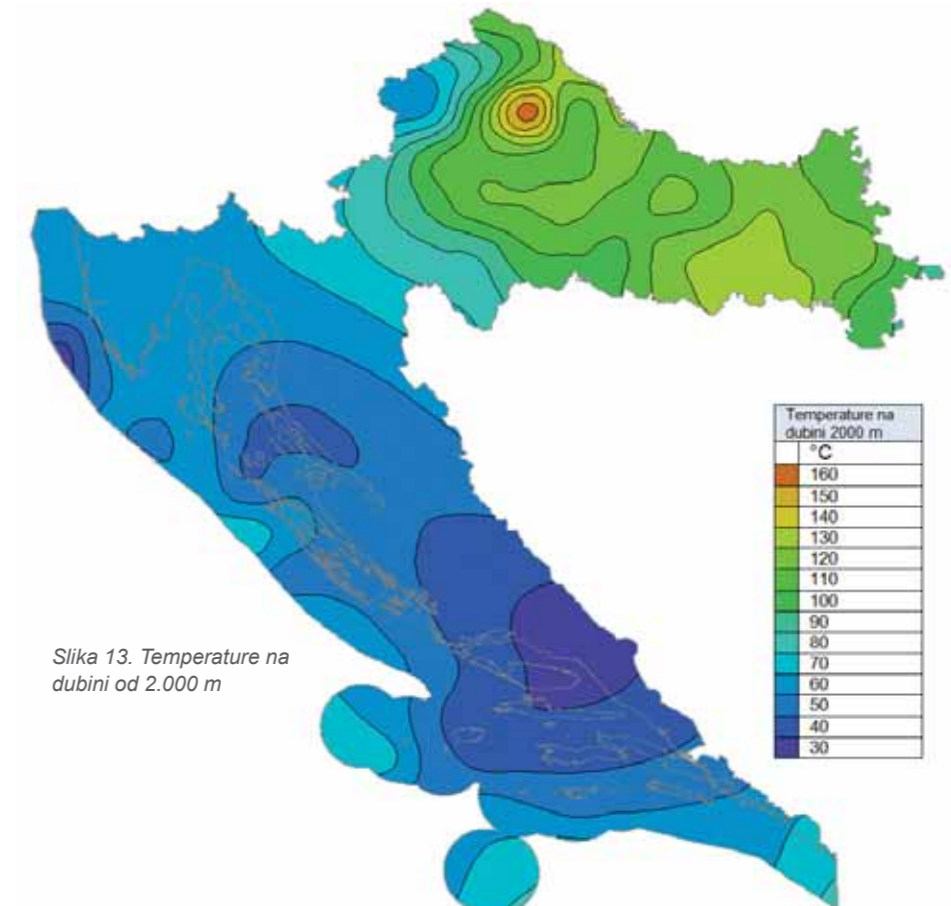
U Primorsko-goranskoj županiji prevladava krški reljef koji se odlikuje pukotinsko-kavernoznom poroznošću koja je pogodna za otjecanje vode s tog prostora. Unutar karbonatnih stijena dinamika vode je vrlo složena i odvija se u dubokom krškom podzemlju. Kretanje podzemnih voda zavisi o prostornom odnosu vodopropusnih i vodonepropusnih stijena, prisutnosti rasjednih zona i pratećih sustava pukotina, kao i međuslojnih ploha koje imaju hidrogeološku funkciju usmjeravanja toka podzemne vode prema mjestima stalnog ili povremenog istjecanja. Punjenje i pražnjenje krškog vodonosnika ovisi o klimatskim i meteorološkim prilikama, odnosno o količini i raspodjeli padalina u hidrološkom ciklusu.

Na području Primorsko-goranske županije nisu zabilježeni prirodni termalni izvori. Usprkos razmjerno nepovoljnim uvjetima za njihov pronalazak postoji mogućnost pronalaska ležišta termalne vode niskih temperatura, pogodnih eventualno za balneološke svrhe.

Geotermalna energija se u Primorsko-goranskoj županiji može koristiti putem dizalica topline koje su pogodne za nisku temperaturne sustave grijanja i/ili hlađenja te zagrijavanja potrošne tople vode. Moguća je njihova primjena za manje i veće objekte. Njihova je primjena pogodna za korištenje u industrijskim ili poljoprivrednim procesima. Dizalice topline koriste stalnu temperaturu tla na dubini od oko 2 m ili iz podzemne vode te ju koriste za potrebno dogrijavanje prostora (zimi), odnosno hlađenje (ljeti) i/ili za pripremu potrošne tople vode. Dizalice topline mogu se postavljati i u plitkim bušotinama sa sondom, najčešće na dubini od 15 do 400 m.



Slika 12. Temperature na dubini od 1.000 m



Slika 13. Temperature na dubini od 2.000 m

5. HIDROENERGIJA



5.1. OPĆE ZNAČAJKE

U Republici Hrvatskoj se malim hidroelektranama smatraju objekti instalirane snage do 10 MW. Sustavni pristup istraživanju potencijala za male hidroelektrane u našoj zemlji počeo se primjenjivati 80-ih godina prošlog stoljeća, a u to vrijeme malim hidroelektranama smatrali su se objekti instalirane snage do 5 MW (ta definicija vrijedila je sve do prije nekoliko godina).

Prva etapa tog istraživanja rezultirala je izradom *Katastra malih vodnih snaga*¹⁹ u kojem je obrađeno 130 vodotoka u Republici Hrvatskoj. Na ovoj razini definirane su dvije velike skupine promatranih vodotoka: u prvoj skupini su, s energetskeg stajališta, interesantniji vodotoci (sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km), a u drugoj skupini su vodotoci sa skromnijim mogućnostima energetskeg korištenja. Za vodotoke iz navedene energetske grupe izvršene su detaljnije analize i definirani potezi korištenja što je rezultiralo procjenom neto energetskeg potencijala, dok su za skupinu energetske manje izdašnih vodotoka analize završene nakon procjene bruto energetskeg potencijala.

Uvedeni pojam „poteza korištenja” predstavlja geografsku površinu na kojoj su locirani svi infrastrukturni objekti jedne male hidroelektrane odnosno područje koje jednoznačno određuje malu hidroelektranu²⁰. Ovaj pojam uveden je zbog toga što mala hidroelektrana nije određena samo strojarnicom u kojoj su smješteni agregati, kako se to često pojednostavljeno shvaća, već ona predstavlja sustav od više različitih, međusobno dislociranih, ali ipak povezanih, infrastrukturnih objekata koji čine jednu cjelinu (brana, zahvat, dovodni kanal, tlačni cjevovod, strojarnica, odvodni kanal, priključni dalekovod).

Osim toga, koncentraciju pada nije moguće uvijek ostvariti na jednom mjestu, već je ona često rezultat prirodnog pada terena na duljoj dionici vodotoka. Tako su se za vodotoke koji su bili predmet detaljnijih analiza određivali potezi korištenja i pripadni potencijal svakog poteza korištenja, na temelju čega se mogla definirati i detaljnija prostorna raspodjela bruto potencijala malih hidroelektrana na cijelom teritoriju Republike Hrvatske.

Potrebno je napomenuti da vodotoci bez definiranih poteza korištenja nisu bili obuhvaćeni detaljnijim istraživanjima i analizama, već je bruto energetskeg potencijal definiran samo na razini cijelog vodotoka.

Kasnije etape istraživanja radi određivanja tehnički iskoristivog potencijala, čiji su rezultati sadržani u studijama *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*^{21,22}, obuhvatile su manji broj vodotoka odabranih iz spomenute energetske skupine i predstavljaju djelomičan, odnosno do danas nedovršeni posao. Radi se o opsežnijem istraživanju samo jednog dijela potencijala malih vodotoka sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km.

Krajem 90-ih godina prošlog stoljeća nastavljene su aktivnosti na sustavnom pristupu definiranju potencijala za male hidroelektrane pokretanjem Nacionalnog energetskeg programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE), u sklopu kojeg su izvršene novelacije projekata odnosno poteza korištenja razrađenim u *Katastru malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*, u skladu s novim zahtjevima vezanim uz zaštitu prirode i okoliša te uzimajući u obzir novo zatečeno stanje na terenu u neposrednoj blizini poteza korištenja. To je imalo za posljedicu i određene izmjene projektnih rješenja na nekim potezima korištenja, a u nekim slučajevima i potpuno odustajanje od nekih projekata (zbog negativnih mišljenja stručnjaka za zaštitu prirode i okoliša, kao i zbog zauzetosti prostora za neke druge namjene).

Osim ovoga, može se pretpostaviti da određeni potencijal malih hidroelektrana postoji i u vodoprivrednim sustavima, s obzirom na mogućnosti instalacije agregata u zatvorene vodovodne i druge cjevovodne sustave u nadležnosti vodoprivrede gdje postoji određeni pad. U Republici Hrvatskoj se dosad nisu vršila sustavna istraživanja ovog potencijala, ali iskustva drugih zemalja pokazuju da taj potencijal nije zanemariv. Na primjer, samo na 22 lokacije u sustavima pitke vode u Češkoj i Slovačkoj ukupna instalirana snaga malih hidroagregata iznosila je prije nekoliko godina preko 3,3 MW²³.

5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE

Uvažavajući prethodno navedeno, na području Primorsko-goranske županije detektiran je određeni energetskeg potencijal unutar skupine energetskeg izdašnijih vodotoka, što je prikazano u tablici 8. Kako se radi o skupini vodotoka nad kojima su provedene detaljnije analize, prezentirani numerički podaci odnose se na neto energetskeg potencijal. Ovdje je potrebno naglasiti da se dio vodotoka Gornja Dobra nalazi i u susjednoj Karlovačkoj županiji, a s obzirom na nedostupnost odgovarajućih

podloga temeljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Primorsko-goranske i Karlovačke županije za spomenuti vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Primorsko-goranske županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za vodotok Gornja Dobra kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

Tablica 8. Neto energetskeg potencijal za četiri vodotoka s definiranim potezima korištenja na području Primorsko-goranske županije

| Redni broj | Ime vodotoka | Ukupni broj poteza korištenja na vodotoku | Instalirana snaga (kW) | Moguća godišnja proizvodnja (GWh) | Primjedba |
|------------|---------------|---|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. | Čabranka | 11 | 7.905 | 25,32 | |
| 2. | Gornja Dobra | 38 | 6.139* | 19,44* | *Dijelom u Karlovačkoj županiji |
| 3. | Kupa gornja | 15 | 14.244 | 41,55 | |
| 4. | Kupica | 9 | 7.450 | 21,42 | |
| | UKUPNO | 73 | 35.738* | 107,73* | *Dijelom u Karlovačkoj županiji |

Kako je već ranije navedeno, za jedan manji broj vodotoka provedene su i dodatne analize tijekom izrade studijskih elaborata *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza* te provedbom Nacionalnog energetskeg programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE). Na području Primorsko-goranske županije izdvojena su dva takva vodotoka – Čabranka i Kupica, a rezultati obrada (tehnički iskoristivi potencijal) predstavljeni su u tablici 9. Vidljivo je da je na oba

vodotoka došlo do izmjena u broju (smanjenja broja) mogućih poteza korištenja, a također i manje moguće instalirane snage i proizvodnje električne energije. Možda je jedan od osnovnih razloga taj da projektna rješenja od prije 30 godina nisu uzimala u obzir obavezu osiguravanja biološkog minimuma, dok su novije analize to uzele u obzir pa je radi očuvanja prirode i okoliša došlo do značajnog smanjenja potencijala na dva spomenuta vodotoka.

Tablica 9. Tehnički iskoristivi potencijal za dva vodotoka s definiranim potezima korištenja na području Primorsko-goranske županije

| Redni broj | Ime vodotoka | Potez korištenja | Instalirana snaga (kW) | Moguća godišnja proizvodnja (MWh) |
|------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Čabranka | 1 | 185+45 | 1.330,54 |
| 2. | Čabranka | 2 | 207 | 989,01 |
| 3. | Čabranka | 3 | 220 | 1.051,92 |
| 4. | Čabranka | 4 | 233 | 1.200,61 |
| 5. | Čabranka | 5 | 232 | 1.196,23 |
| 6. | Čabranka | 6 | 216 | 1.114,54 |
| 7. | Čabranka | 7 | 399 | 1.841,31 |
| 8. | Čabranka | 8 | 1.378 | 6.355,58 |
| 9. | Čabranka | 9 | 402 | 1.853,26 |
| 10. | Čabranka | 10 | 469 | 2.165,13 |
| 11. | Kupica | 1 | 1.380 | 5.534,53 |
| 12. | Kupica | 2 | 1.406 | 5.513,36 |
| | UKUPNO | | 6.772 | 30.146,01 |

¹⁹ Katastar malih vodnih snaga u Hrvatskoj, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1985

²⁰ Bašić, H.: Novi pristup planiranju izgradnje malih hidroelektrana u Republici Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Zagreb, 2003.

²¹ Katastar malih hidroelektrana Hrvatskoj-I. faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1989.

²² Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj-II. A faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1993.

²³ ESHA Promotion Bulletin, <http://www.esha.be>, 2011.

Dakle, od četiri promatrana vodotoka, za dva vodotoka (Gornja Dobra i Kupa gornja) postoji grublja procjena na razini vodotoka, a za dva vodotoka (Čabranka i Kupica) postoji realnija procjena potencijala na razini poteza korištenja. Ovdje su korištena dva pojma koja se u praksi često izjednačuju, ali ne moraju nužno biti isti po definiciji: neto potencijal, odnosno tehnički iskoristivi potencijal.

Grubo rečeno, moglo bi se konstatirati da je riječ o sinonimima i da se pod tim potencijalom smatra onaj dio raspoloživog bruto potencijala koji se primjenom određenih tehničkih rješenja može pouzdano energetski iskoristiti. U nekim slučajevima neto potencijal predstavlja višu razinu (preliminarne obrade mogućnosti korištenja prirodnih resursa na razini makrolokacije), a tehnički iskoristivi potencijal nižu razinu potencijala (detaljnije projektantske obrade na razini mikrolokacije). Ovo detaljnije razgraničenje definicija korišteno je u prethodnom tekstu za opis potencijala.

Naročito je potrebno istaknuti da spomenuti neto potencijal, odnosno tehnički iskoristivi potencijal ne znači automatski i realno ostvariv potencijal, naročito imajući u vidu da se podaci korišteni u ovom materijalu temelje na projektnim rješenjima od prije 30-ak godina te da u obzir nije uzet biološki minimum (isti nije niti definiran iz formalnih razloga jer za te potencijalne projekte od strane investitora nije pokrenuta zakonska procedura postupka procjene utjecaja na okoliš tijekom koje se utvrđuje biološki minimum).

Dosadašnja analiza odnosila se na raspon instalirane snage od 50 kW/km do 5 MW, što je rezultat sustavnog pristupa planiranju razvoja malih hidroelektrana na nacionalnoj razini. Potrebno je napomenuti da se u razvojnim planovima (koji se temelje na prethodnim istraživanjima HEP-a i rezultat su drugačijeg pojedinačnog projektantskog pristupa²⁴) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u rasponu snage između 5 i 10 MW, što je za područje Primorsko-goranske županije prikazano u tablici 10.

Tablica 10. Projekti malih hidroelektrana (tehnički iskoristivi potencijal) u rasponu snaga između 5 i 10 MW na području Primorsko-goranske županije

| Redni broj | Ime vodotoka | Potez korištenja | Instalirana snaga (MW) | Moguća godišnja proizvodnja (GWh) |
|------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Kupa | Kočičin | 9,3 | 24,3 |
| 2. | Dubračina | Kačjak | 6 | 9,3 |
| | UKUPNO | | 15,3 | 33,6 |

I za ove projekte vrijedi primjedba da će provedba postupka procjene utjecaja na okoliš i definiranje biološkog minimuma imati utjecaja na tehničke parametre navedene u prethodnoj tablici.

²⁴ Sektorska obrada i podloge za Vodnogospodarsku osnovu Hrvatske, Hidroenergetski bruto potencijal Hrvatske, Metodologija, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 2000.

ZAKLJUČAK

U ovoj publikaciji su prikazani rezultati provedenih analiza potencijala za pet oblika obnovljivih izvora energije - energije vjetra, Sunca, biomase, geotermalnih izvora te vodotoka. Pri tome treba naglasiti da prikazani rezultati analize za pojedini energetski izvor predstavljaju teoretski i tehnički energetski potencijal. Mogućnost i razina iskorištavanja postojećih potencijala za proizvodnju energije ovisit će o prostornim mogućnostima i prostorno-planskim uvjetima za smještaj energetskih postrojenja kao i financijskoj isplativosti pojedinog projekta.

Prostorno-planski uvjeti za smještaj energetskih postrojenja na području Županije ovise o geografskim i ekološkim karakteristikama te postojećoj namijeni potencijalnih lokacija i okolnog prostora. S druge strane, financijska isplativost pojedinog projekta u direktnoj je ovisnosti o energetskom izvoru, odabranoj tehnologiji za proizvodnju energije te propisanim prostorno-planskim uvjetima.

U skladu s postojećim prirodnim potencijalom na području Gorskog kotara se ističe energetski potencijal biomase, primarno iz sektora šumarstva i drvne industrije.

U cilju ostvarenja projekata bioenergana/toplana preporuča se provesti detaljnu analizu tržišta raspoloživog drva i ostataka iz drvno-prerađivačke industrije i razmotriti postojeće planove sudionika na tržištu, kako bi se utvrdio ostvarivi energetski potencijal i identificirali potencijalni projekti. Pri tome bi posebnu pažnju trebalo posvetiti vlasnicima privatnih šuma te ukoliko je potrebno, definirati i provesti mjere kojima bi se potaknulo njihovo uključivanje u lanac proizvodnje energije iz biomase, tj. mobilizirali prirodni drvni resursi. Na temelju detaljnih prostornih analiza, a s obzirom na postojeću infrastrukturu i energetske potrebe na lokalnoj razini, preporuča se uvrštavanje energetskih postrojenja na biomasu u prostorno-plansku dokumentaciju na županijskoj i lokalnoj razini.

S druge strane, u primorskom dijelu Županije se ističu energetski potencijali energije vjetra i Sunca. Naime, teoretski i tehnički potencijali energije vjetra i Sunca ukazuju na mogućnost izgradnje većih energetskih postrojenja, dok bi za održivo korištenje ostalih izvora bila primjerenija mala postrojenja.

U cilju ostvarenja projekata vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana, preporuča se na županijskoj razini provesti analizu prostora županije kako bi se utvrdili kapaciteti lokacija pogodnih za smještaj vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana te iste uvrstiti u prostorno-planske dokumente.

Područje Županije karakterizirano je niskim potencijalom geotermalne energije te nisu zabilježeni prirodni termalni izvori.

Dosad provedena istraživanja ukazuju na relativno veliki potencijal za izgradnju malih hidroelektrana u Primorsko-goranskoj županiji. Međutim, imajući u vidu zastarjelost postojećih predprojektnih podloga i izostanak primjene suvremenih standarda u zaštiti prirodne i kulturne baštine prilikom njihove izrade, potrebno je provesti novelaciju spomenutih istraživanja radi definiranja realno iskoristivog potencijala.

Uz definiranje prostora namijenjenog isključivo sustavima OIE izvan građevinskog zemljišta, prostorno-planski dokumenti na županijskoj i na lokalnoj razini trebali bi dati upute (uvjete) o načinu integracije malih fotonaponskih i sunčanih toplinskih sustava u građevinskim zonama te o iskorištavanju OIE u zgradarstvu.

VIŠE INFORMACIJA NA WWW.REPAM.NET



REPAM (Renewable Energy Policies Advocacy and Monitoring), tj. „Javno zagovaranje i praćenje politika vezanih za obnovljive izvore energije“ je dvogodišnji projekt koji je započeo 1. ožujka 2011. uz financijsku potporu Europske unije kroz program IPA 2008.

Nositelj projekta je Energetski institut Hrvoje Požar iz Zagreba, a partneri na projektu su udruge Društvo za oblikovanje održivog razvoja iz Zagreba i Focus - društvo za sonaraven razvoj iz Ljubljane, Slovenija.

NOSITELJ



PARTNERI



KONTAKT OSOBA

Dražen Jakšić

Energetski institut Hrvoje Požar

Savska cesta 163, Zagreb

E-mail: djaksic@eihp.hr

Tel: +385 1 6326 148

Web: www.eihp.hr

VIŠE INFORMACIJA O EUROPSKOJ UNIJI



Informacijski centar Europske unije

Trg žrtava fašizma 6, Zagreb

Radno vrijeme: pon – pet od 10.00 do 17.30 sati

Tel: +385 1 4500 110

E-mail: info@euic.hr

Facebook: www.facebook.com/euinfocentar

Web: www.delhrv.ec.europa.eu