

Potencijal korištenja geotermalnih izvora pri uzgoju povrća u zaštitnim prostorima

Maletić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:447747>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Tomislav Maletić

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**POTENCIJAL KORIŠTENJA GEOTERMALNIH IZVORA PRI UZGOJU POVRĆA
U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Tomislav Maletić

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**POTENCIJAL KORIŠTENJA GEOTERMALNIH IZVORA PRI UZGOJU POVRĆA
U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Miro Stošić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Tomislav Vinković, mentor
3. doc.dr.sc. Dario Iljkić, član

Osijek, 2021.

Ovaj rad posvećujem svojoj supruzi Dunji. Hvala ti na neiscrpoj količini ljubavi, vjere i optimizma te bezuvjetnoj potpori i razumijevanju.

Hvala mojim roditeljima Željki i Mirku, sestri Mariji te ostatku obitelji i prijateljima koji su bili uz mene.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. GEOTERMALNA ENERGIJA | 2 |
| 2.1. O geotermalnoj energiji | 2 |
| 2.2. Povijest upotrebe geotermalne energije | 2 |
| 2.3. Energetski potencijal | 3 |
| 2.4. Vrste prijenosa geotermalne energije | 4 |
| 2.5. Utjecaj na okoliš | 5 |
| 2.5.1. <i>Onečišćenje zraka</i> | 6 |
| 2.5.2. <i>Onečišćenje vode</i> | 7 |
| 2.5.3. <i>Ostala onečišćenja</i> | 7 |
| 3. GEOTERMALNA ENERGIJA U POLJOPRIVREDI | 8 |
| 3.1. Upotreba geotermalne energije za proizvodnju povrća u zaštićenim prostorima .. | 9 |
| 3.2. Iskoristivost geotermalnih izvora u europskoj proizvodnji povrća | 10 |
| 3.3. Grijanje zaštićenih prostora | 11 |
| 3.4. Primjeri iz prakse: Europa | 13 |
| 3.4.1. <i>Nizozemska</i> | 13 |
| 3.4.2. <i>Turska</i> | 14 |
| 3.4.3. <i>Mađarska</i> | 15 |
| 3.4.5. <i>Island</i> | 16 |
| 3.4.6. <i>Slovenija</i> | 17 |
| 4. GEOTERMALNA NALAZIŠTA U HRVATSKOJ | 19 |
| 4.1. Iskoristivost geotermalnog potencijala | 20 |
| 4.2. Primjeri iz prakse: Hrvatska | 21 |
| 4.2.1. <i>Staklenici Eko plodovi d.o.o.</i> | 21 |
| 4.2.2. <i>Staklenici Ruris d.o.o.</i> | 22 |
| 4.2.3. <i>Staklenici Magadenovac</i> | 23 |
| 5. POLITIKE RAZVOJA I KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE | 25 |
| 5.1. Geotermalna politika Europske unije | 25 |
| 5.2. Zakonski okvir i geotermalna politika u Republici Hrvatskoj | 27 |
| 5.2.1. <i>Investicijski projekti u Hrvatskoj</i> | 28 |
| 6. ZAKLJUČAK | 31 |
| 7. POPIS LITERATURE | 32 |

| | |
|---|-----------|
| 8. POPIS SLIKA..... | 35 |
| 9. POPIS GRAFIKONA | 37 |
| 10. POPIS TABLICA | 38 |
| 11. SAŽETAK..... | 39 |
| 12. ABSTRACT | 40 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA | |
| BASIC DOCUMENTATION CARD | |

1. UVOD

Geotermalna energija predstavlja jedini neprekidan i pouzdan oblik obnovljive energije, neovisno o dobu dana, vremenskim uvjetima i sl. Projekcije mnogih istraživanja pokazale su da geotermalna energija sadrži potencijal koji je 25 milijardi puta veći od cjelokupne svjetske energetske potrošnje (EGEC Geothermal, 2018.). Njezin potencijal čovječanstvo je prepoznalo još prije 10000 godina, u doba kad su ljudi živjeli u pećinama i koristili toplinu iz zemljine unutrašnjosti. Kad je u pitanju korištenje ove vrste energije u poljoprivredne svrhe, zanimljivo je da su gotovo sve ideje i idejna tehnologija začete u Europi, odakle su se proširile diljem svijeta (Popovski, 2009.). Budući da je poljoprivredni sektor veliki potrošač energije pa k tome i zagađivač okoliša, od iznimne je važnosti uvođenje nove tehnologije u proizvodnji hrane pomoću obnovljivih izvora energije. Time ne samo da bi se smanjilo zagađenje okoliša, već bi se uvelike smanjio i trošak proizvodnje koji je osobito visok u proizvodnji hrane u zaštićenim prostorima. Mogućnost proizvodnje povrća po niskoj cijeni za vrijeme hladnijih vremenskih uvjeta donijela bi velike koristi za proizvođače, ali i za krajnje korisnike koji bi mogli kupiti kvalitetnu hranu po nižim cijenama (EGEC Geothermal, 2016.).

Toplinska energija dobivena iz geotermalnih izvora otvara mogućnosti raznolike upotrebe u poljoprivredi, poput: grijanja staklenika i plastenika, akvakulture, procesa prerade i skladištenja proizvoda te zagrijavanja tla (u sustavima proizvodnje na otvorenom) (FAO, 2015.).

Cilj ovog diplomskog rada je pronaći, definirati i analizirati pomoću znanstvene literature, stručnih izvještaja te primjera iz prakse potencijale koje omogućuju geotermalni izvori pri uzgoju povrća u zaštićenim prostorima.

2. GEOTERMALNA ENERGIJA

2.1. O geotermalnoj energiji

Geotermalna energija predstavlja obnovljivu vrstu energije koja se neprekidno stvara u unutrašnjosti planeta Zemlje putem raspadanja radioaktivnih elemenata, a njezin naziv dolazi od grčkih riječi *gea* (zemlja) i *thermos* (toplina). Ova vrsta energije većinom se koristi u svrhu grijanja ili proizvodnje električne energije. Usporedno s ostalim obnovljivim izvorima energije (vjetar, sunce), glavna prednost geotermalne energije je mogućnost korištenja tijekom cijele godine, i to u neograničenim količinama (International Renewable Energy Agency, 2017.).

2.2. Povijest upotrebe geotermalne energije

Premda zapisi o upotrebi geotermalnih izvora postoje još od antičkih vremena kad su se uglavnom koristili za potrebe građanstva, do upotrebe ove energije u industrijske svrhe došlo je tek početkom dvadesetog stoljeća, za proizvodnju električne energije u Italiji. Usprkos velikoj rasprostranjenosti i lakoj dostupnosti, tek po završetku Drugog svjetskog rata i pojavom globalnog gospodarskog rasta, ova vrsta energije počinje dobivati na industrijskoj važnosti, no njezini potencijali još uvijek nisu u potpunosti iskorišteni. Jedni od glavnih razloga za to su visok trošak i tehnološka zahtjevnost infrastrukture, stoga ova vrsta investicija i dalje primarno ovisi o kapitalnim ulaganjima i potporama od strane države (World Energy Council, 2016.).



Slika 1. Geotermalno postrojenje u Italiji 1904. godine (<http://www.reuk.co.uk>)

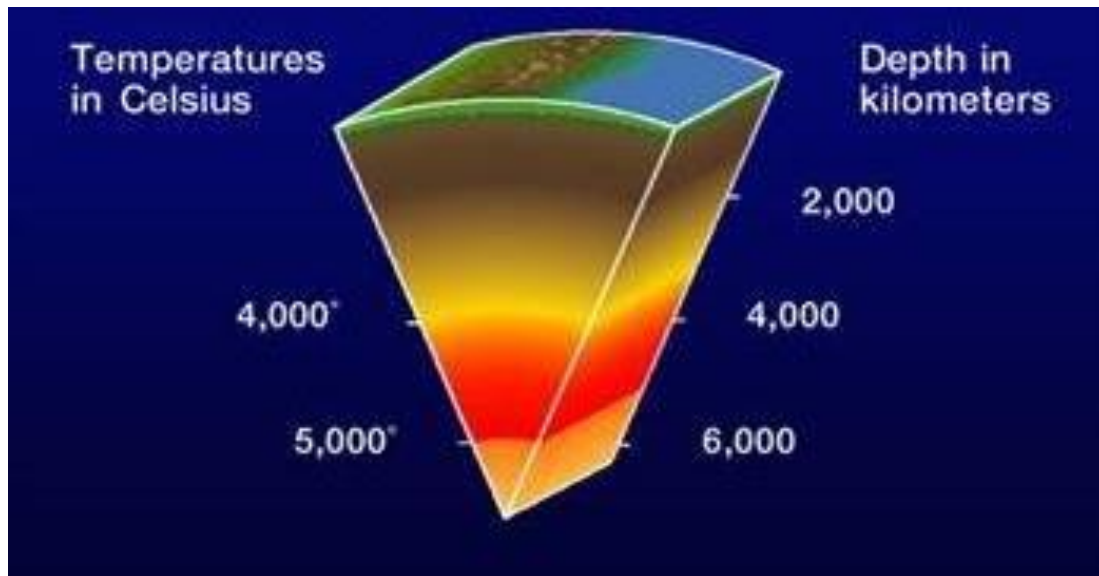
2.3. Energetski potencijal

Količina energije koja se neprestano stvara unutar zemljine kore približno iznosi čak 42 milijuna megawatta (MWth) te se pretpostavlja da se ta količina neće smanjivati narednih milijardu godina, zbog čega se i smatra da je ovaj izvor energije praktički neograničen (Blodgett i Slack, 2009.). Temperatura se smatra osnovnom i najvažnijom mjernom jedinicom kod ove vrste energije, a postoje tri stupnja klasifikacije:

- (1) Visoka temperatura (+ 180°C)
- (2) Umjerena temperatura (101 – 180°C)
- (3) Niska temperatura (30 – 180°C)

Duž cijelog planeta, toplinska energija koja se uzdiže iz zemljinog plašta preko kore nije dostatna za učinkovitu industrijsku upotrebu. Razlog tome je smanjenje toplinskog gradijenta koji za geotermalnu energiju u prosjeku iznosi 30°C/km², no to uvelike ovisi o strukturi i gustoći zemljine kore na mjestu gdje se nalazi izvor: pri većoj gustoći, temperaturni gradijent smanjuje se na 16°C/km², dok se pri manjoj gustoći povećava do

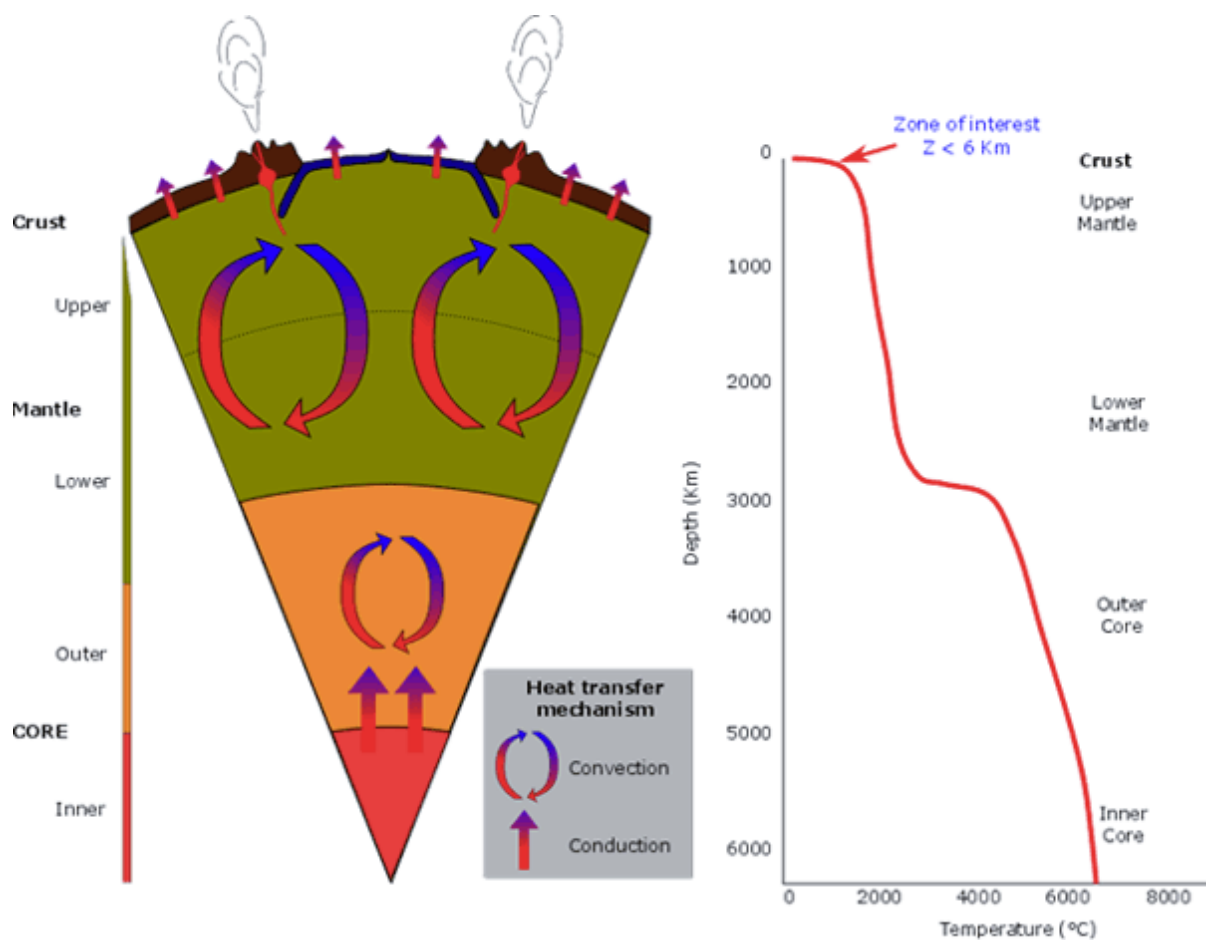
90°C/km². Zato, kako bi se dobila dostatna i učinkovita količina toplinske energije, potrebno je osigurati adekvatne bušotine i koristiti ispitana nalazišta (World Energy Council, 2016.).



Slika 2. Temperaturni prikaz Zemljine unutrašnjosti po dubini (*Blodgett i Slack, 2009.*)

2.4. Vrste prijenosa geotermalne energije

Kondukcija je prijenos toplinske energije s toplijeg na hladnije (nepomično) tijelo i odvija se u Zemljinoj jezgri, dok je konvekcija prijenos energije među gibajućim tijelima (primarno fluidima) i odvija se u Zemljinom omotaču i kori. Pretpostavlja se da temperatura unutar Zemljine unutarnje jezgre, ovisno o pritisku i rotaciji, varira od 4400°C do 6000°C, dok je u vanjskom dijelu jezgre nešto manja, od 3000°C do 5200°C (<https://www.nationalgeographic.org>). Kao što je prikazano na Slika 3., stvaranje geotermalne energije započinje kondukcijom prijenosom topline iz Zemljine unutrašnje u vanjsku jezgru te se potom toplina konvekcijom putem prenosi kroz plašt i koru gdje izvire na površinu (<http://pluton-dg.com>).



Slika 3. Prijenos energije u Zemljinoj kori putem konvekcije i kondukcije (<http://pluton-dg.com>)

2.5. Utjecaj na okoliš

Iako se geotermalna energija smatra „čistim“ izvorom energije, ona ipak stvara određene rizike za okoliš. Kao što je prikazano u Tablica 1., usporedno s utjecajem fosilnih goriva na okoliš ili odlaganjem radioaktivnog otpada u nuklearnim elektranama, rizici od korištenja geotermalnih izvora su mali, ali ne i potpuno zanemarivi (U.S. Department of Energy, 2006).

Tablica 1. Emisije plinova iz elektrana s različitim pogonom (U.S. Department of Energy, 2006)

| Energija pogona elektrane | CO ₂ kg/MWth | SO ₂ kg/MWth | NO _x kg/MWth | Ostale čestice kg/MWth |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Ugljen | 994 | 4,71 | 1,955 | 1,012 |
| Nafta | 758 | 5,44 | 1,814 | Nije dostupno |
| Plin | 550 | 0,0998 | 1,343 | 0,0635 |
| Geotermalna (bušotine) | 27,2 | 0,1588 | Zanemarivo | Zanemarivo |
| Geotermalna (gejziri) | 40,3 | 0,000098 | 0,000458 | Zanemarivo |

2.5.1. Onečišćenje zraka

Izvlačenje geotermalne energije rezultira ispuštanjem plinova u zrak te kemikalija u zemlju i vodu (Tablica 2.).

Tablica 2. Udio kemijskih spojeva u geotermalnim plinovima (World Energy Council, 2016.)

| | CO ₂ | H ₂ S | H ₂ | CH ₄ | NH ₃ | N ₂ |
|----------------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Maksimum | 99.8 | 21.2 | 2.2 | 1.7 | 1.8 | 3.0 |
| Dozvoljena vrijednost | 95.4 | 3.0 | 0.012 | 0.15 | 0.29 | 0.84 |
| Minimum | 75.7 | 0.1 | 0.001 | 0.0045 | 0.005 | 0.17 |

Geotermalne vode u sebi sadrže ugljikov dioksid i amonijak (koji se razlažu u atmosferu bez znatnijih štetnih učinaka) te sumporovodik koji se smatra izrazito opasnim, a neke zemlje, poput Sjedinjenih Američkih Država i Italije, donijele su zakone kojima se strogo kontrolira ispuštanje sumporovodika u okoliš (World Energy Council, 2016.).



Slika 4. Ispušni plinovi geotermalnih postrojenja (<https://www.nationalgeographic.org>)

2.5.2. Onečišćenje vode

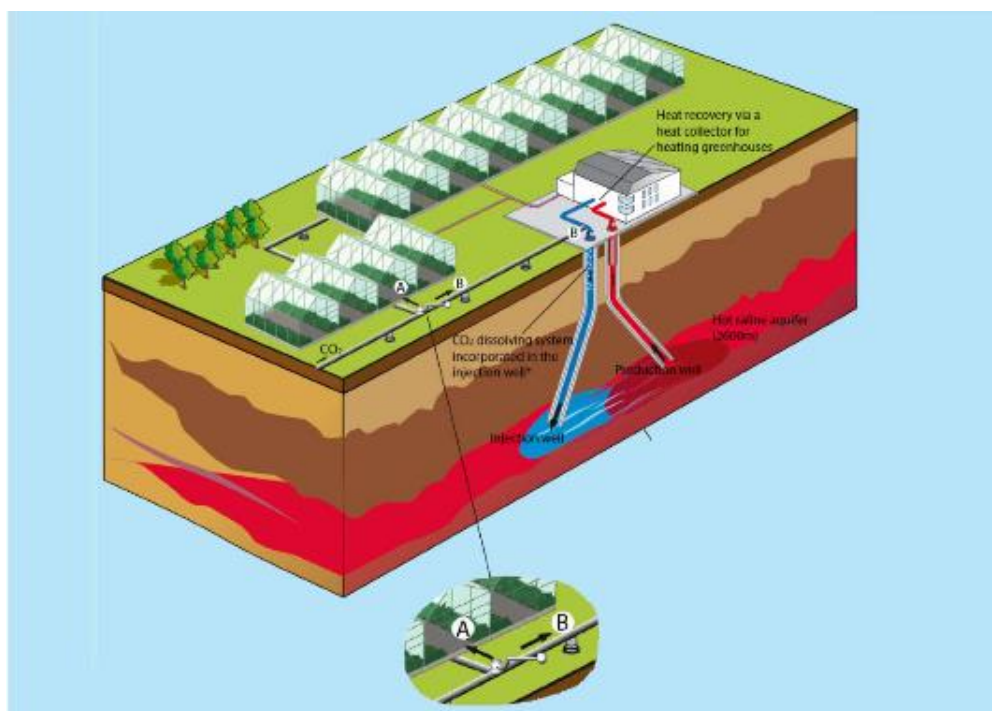
Otpadne vode koje se stvaraju prilikom bušenja i izvlačenja geotermalne energije mogu sadržavati različite otopljene minerale, kao što je arsen iz zemljine unutrašnjosti, naročito u izvorima visokih temperatura (+230°C). Dođu li otpadne vode koje sadržavaju štetne tvari u doticaj s okolišem, može doći do onečišćenja pitkih izvora vode te podzemnih voda koje se koriste za potrebe navodnjavanja u poljoprivredi (U.S. Department of Energy, 2006).

2.5.3. Ostala onečišćenja

Postrojenja za proizvodnju i obradu geotermalne energije mogu doprinijeti onečišćenju zvuka (od 80 do 115 decibela) te pojačanoj mikro-seizmičkoj aktivnosti koja se događa uslijed bušenja i testiranja bušotina. Nadalje, elektranu za proizvodnju energije neophodno je postaviti u samoj blizini geotermalnog izvora kako ne bi došlo do pada u tlaku i temperaturi, što može predstavljati problem u blizini urbane sredine ili u teško pristupačnom području, kao što su planinski lanci. Postavljanje i rad ovih postrojenja mogu dovesti do manjih poremećaja u biljnom i životinjskom svijetu zbog uzurpiranja okoliša (U.S. Department of Energy, 2006).

3. GEOTERMALNA ENERGIJA U POLJOPRIVREDI

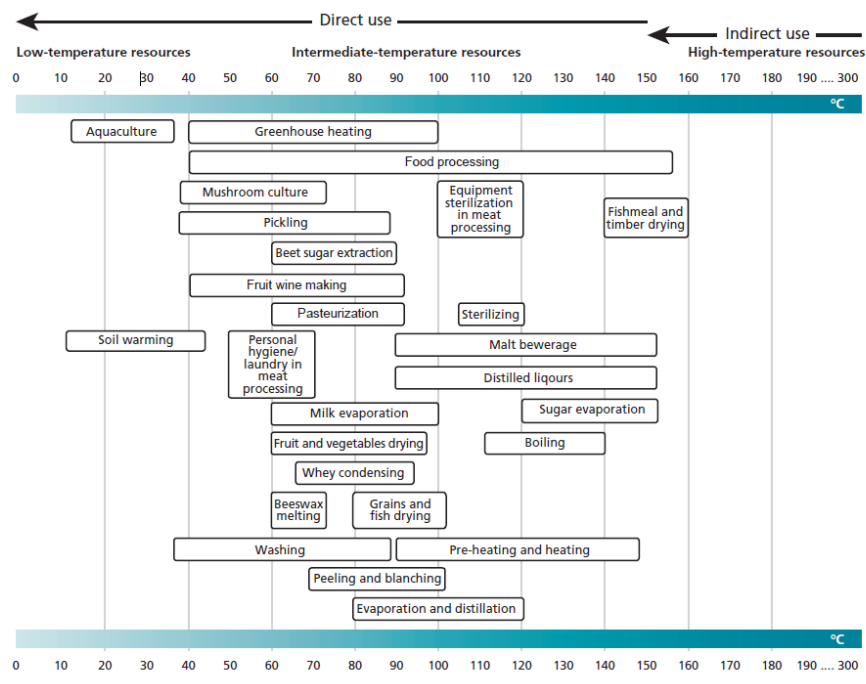
Poljoprivredni sektor veliki je potrošač energije, neovisno o kojoj se vrsti proizvodnje radi, stoga ne začuđuje podatak da poljoprivredna industrija spada među najveće zagađivače okoliša na svijetu. Kako bi se dugotrajno osigurala stabilna i niskoenergetska proizvodnja hrane u svijetu, potrebna je implementacija obnovljivih izvora energije na već postojećim i budućim poljoprivrednim gospodarstvima (EGEC Geothermal, 2016.).



Slika 5. Shematski prikaz grijanja staklenika pomoću geotermalne energije (Koenen i sur., 2018.)

Premda u posljednja dva desetljeća postaju sve zastupljeniji, obnovljivi izvori energije u poljoprivredi su i dalje usmjereni na solarnu i energiju vjetroelektrana, dok se na potencijal geotermalne energije i dalje gleda s dozom skepse. Na Slika 6. prikazane su grane poljoprivrede i poljoprivredno-industrijskog sektora koje izravno ili neizravno mogu imati koristi od geotermalne energije (FAO, 2015.).

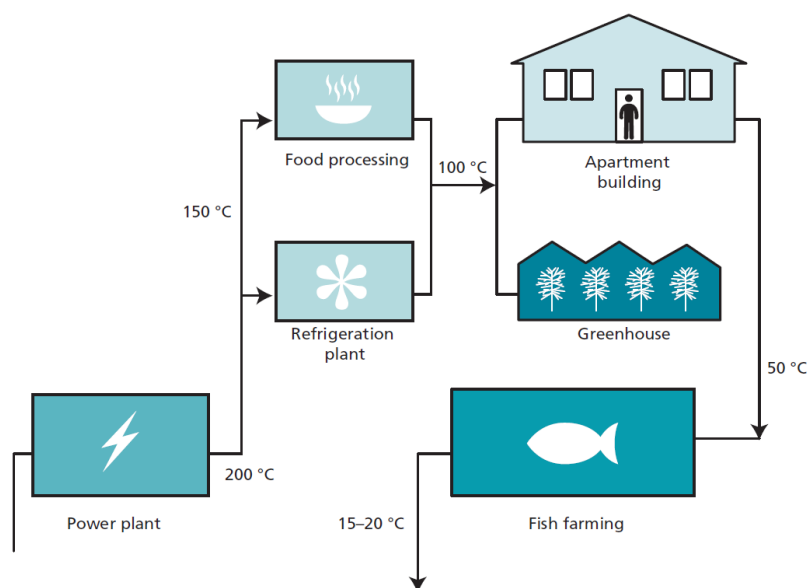
Većini energije koja se koristi za proizvodnju, obradu i skladištenje proizvoda nije potrebna temperatura veća od 200°C, što ovoj vrsti energije u budućnosti daje veliki potencijal za gotovo sve grane poljoprivredne proizvodnje (FAO, 2015.).



Slika 6. Potencijal geotermalne energije u poljoprivredi i poljoprivredno-industrijskom sektoru (FAO, 2015.)

3.1. Upotreba geotermalne energije za proizvodnju povrća u zaštićenim prostorima

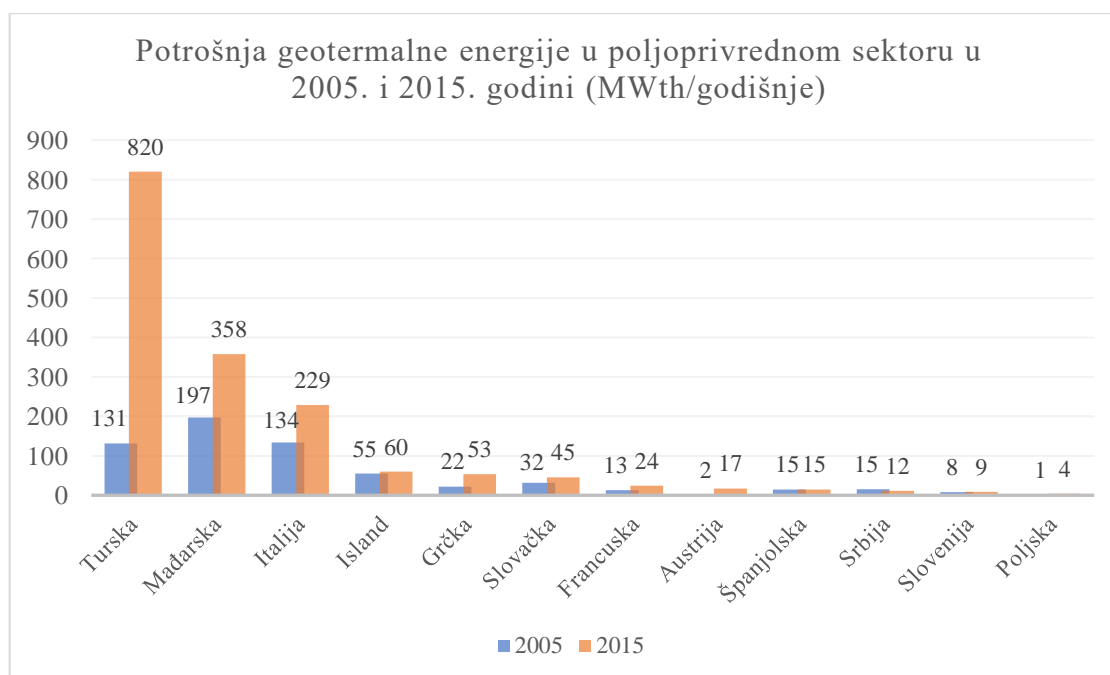
Govorimo li o upotrebi geotermalne energije u poljoprivredi, proizvodnja hrane u zaštićenim prostorima - plastenicima i staklenicima - predstavlja najveći energetska i ekonomski potencijal. Pravilnom izvedbom, geotermalna energija dostatna je za potrebe cjelokupnog procesa poljoprivredne proizvodnje: proizvodnju, obradu i skladištenje proizvoda, kao što je prikazano na Slika 7. (FAO, 2015.).



Slika 7. Iskoristivost energije geotermalne elektrane u proizvodnji hrane (FAO, 2015.)

3.2. Iskoristivost geotermalnih izvora u europskoj proizvodnji povrća

U korištenju geotermalnih izvora za proizvodnju povrća u zaštićenim prostorima prednjače Turska, Mađarska, Rusija, Kina i Italija, a uz pomoć potpora od strane Europske unije, ulaganja u ovaj oblik proizvodnje od 2010. godine započele su i Rumunjska i Bugarska. Podaci iz 2005. godine pokazuju da je te godine Mađarska prednjačila u ukupnom geotermalnom kapacitetu iskorištenom u svrhu proizvodnje hrane u plastenicima i staklenicima, a slijede ju Italija, Turska i Island, kao što je prikazano u Grafikonu 1. (Popovski, 2009.). Usporedno, u 2015. godini Turska je imala najveći kapacitet geotermalne energije iskorištene u poljoprivrednom sektoru, dok su Mađarska, Italija i Island nastavile rast (Sanner, 2019.).

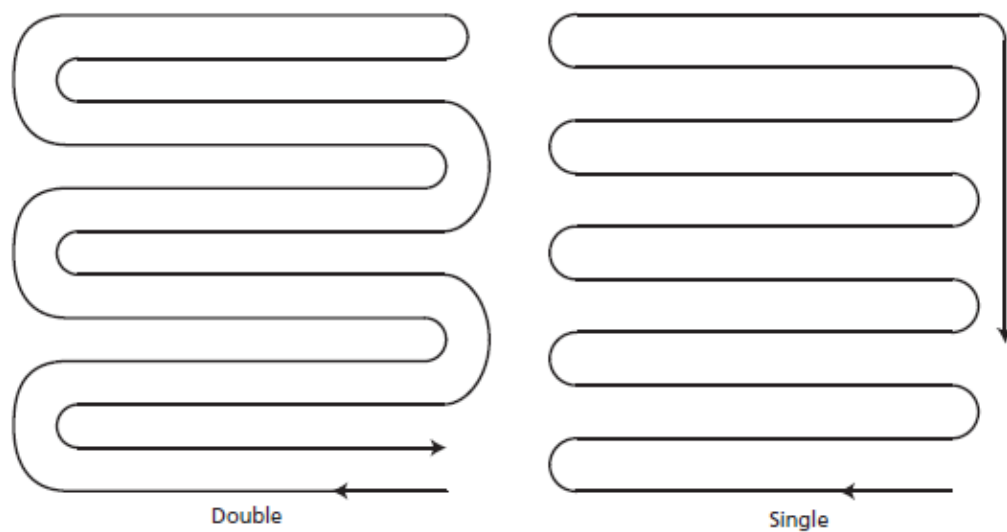


Grafikon 1. Potrošnja geotermalne energije u poljoprivrednom sektoru u 2005. (Popovski, 2009.) i 2015. godini (Sanner, 2019.)

3.3. Grijanje zaštićenih prostora

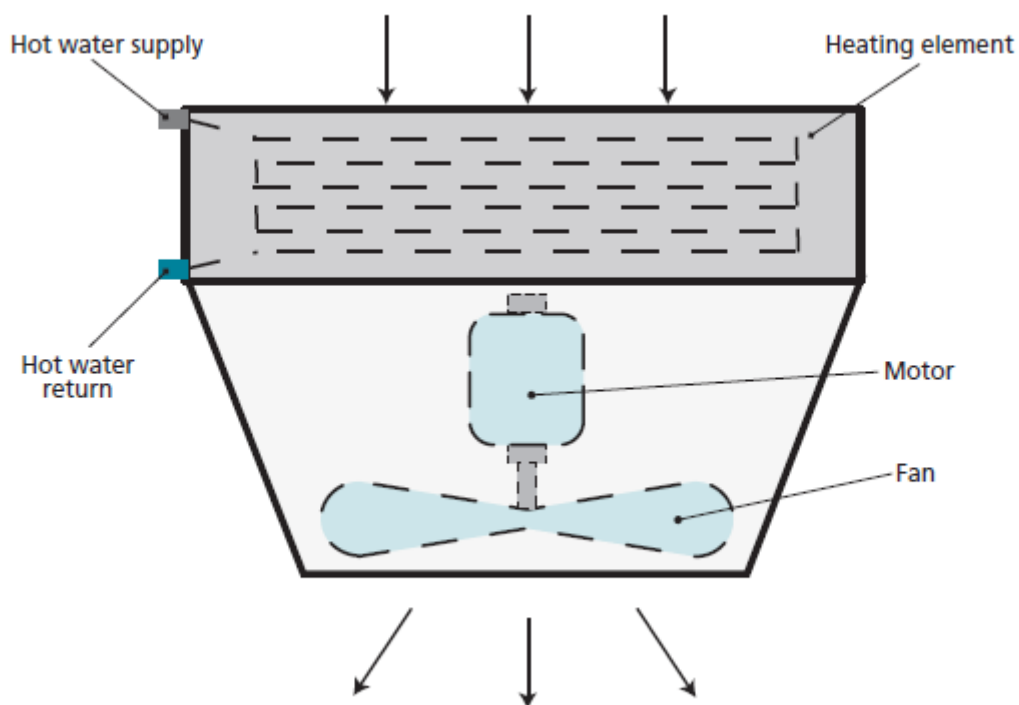
Toplina vode za zagrijavanje zaštićenih prostora iznosi od 40°C do 100°C, ovisno o potrebama uzgajane kulture i vanjskim čimbenicima. Postoje različiti načini za grijanje plastenika i staklenika putem geotermalne energije, no najčešće korišteni su zagrijavanje cijevi i direktno upuhivanje toplog zraka.

Način grijanja plastenika i staklenika putem cirkulacije tople vode unutar bakrenih ili aluminijskih cijevi koje emitiraju toplinsku energiju učestao je u uvjetima gdje je temperatura vode iznad 70°C. Kako bi se tlo zagrijalo, cijevi se postavljaju na površinu ili se ukapaju ispod zemlje, a postavlja ih se u obliku jednostrukog ili dvostrukog slova „S“, kao što je prikazano na Slika 8. (FAO, 2015.).

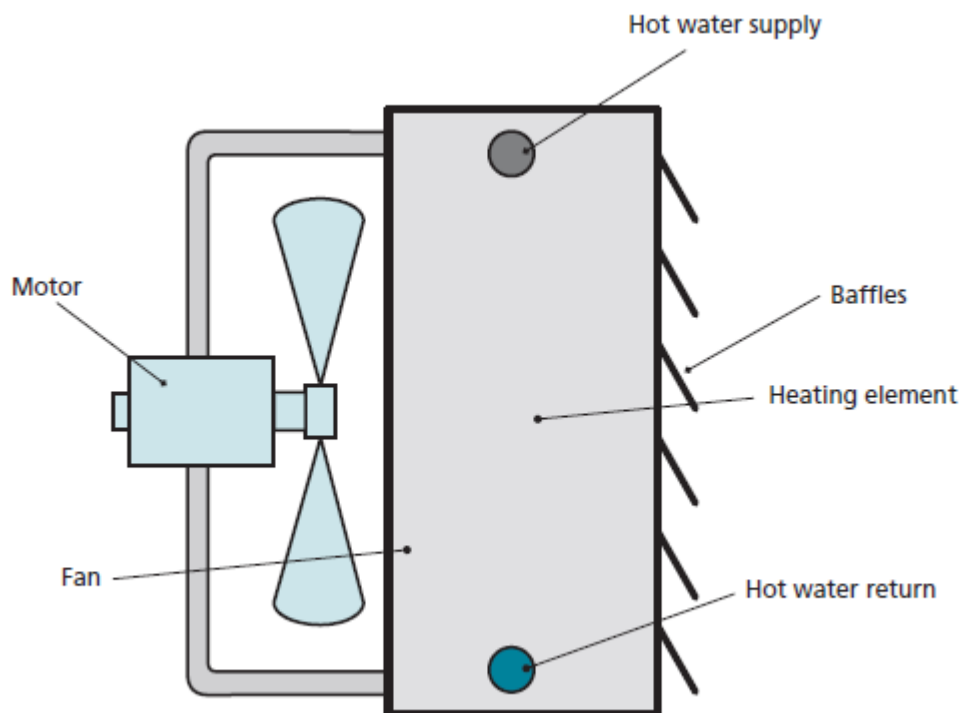


Slika 8. Sustav postavljanja cijevi za grijanje u zaštićenim prostorima (FAO, 2015.)

Upuhivanje toplog zraka odvija se kroz horizontalno (Slika 9.) ili vertikalno (Slika 10.) postavljene ventilatore. Zrak se zagrijava pomoću tople vode koja prolazi kroz cijevi te se upuhuje izravno u prostor.



Slika 9. Horizontalni sustav upuhivanja toplog zraka (FAO, 2015.)



Slika 10. Vertikalni sustav upuhivanja toplog zraka (FAO, 2015.)

3.4. Primjeri iz prakse: Europa

Brojne su zemlje u regiji i svijetu uvidjele potencijal ove vrste energije za poljoprivrednu proizvodnju te započele s infrastrukturnim ulaganjima i financijskim potporama proizvođačima, kako bi svoju poljoprivrednu proizvodnju učinile što dostatnijom za vlastite potrebe te kompetitivnijom na globalnom tržištu.

3.4.1. Nizozemska

Poljoprivredni sektor u Nizozemskoj svakako spada među najnaprednije i najinovativnije u svijetu, a sektor povrćarstva i cvjećarstva predstavlja njegov najveći udio. Prema podacima iz 2018. godine, nizozemski sektor poljoprivredne proizvodnje broji 400 000 zaposlenih i godišnju proizvodnju u vrijednosti od 8 milijardi eura, a čak 20 do 30% ukupnog troška proizvodnje čini trošak grijanja za koje se uglavnom koristi prirodni plin. Za potrebe proizvodnje u zaštićenim prostorima, do 2018. godine postavljeno je devet geotermalnih elektrana koje su proizvodile 100 MWth energije godišnje. Nacionalnim planom za upotrebu obnovljivih izvora energija planirano je postavljanje još dvije geotermalne elektrane

kapaciteta 30 MWth koje će u potpunosti snabdijevati proizvodnju povrća i cvijeća u zaštićenim prostorima, kako bi se smanjio trošak proizvodnje i povećalo korištenje obnovljivih izvora energije (EGEC Geothermal, 2018.). Jedan od primjera je proizvođač paprike Hoogweg koji, uz postojećih 120 hektara, podiže novih 24 hektara staklenika u kojima će za grijanje koristiti isključivo geotermalnu energiju (<https://www.hortidaily.com>).



Slika 11. Geotermalno postrojenje u staklenicima Hoogweg u Nizozemskoj
(<https://www.hoogweg.nl>)

3.4.2. *Turska*

Zahvaljujući svom geografskom položaju na tektonskim pločama koje razdvajaju Aziju i Europu, Turska leži na velikim izvorima geotermalne energije, a o kojoj je količini riječ, govori podatak da se 2009. godine pretpostavljalo kako je ukupni energetska kapacitet iz geotermalnih izvora čak 31500 MWth. Podaci iz 2006. godine pokazuju da se u Turskoj hrana uzgaja u zaštićenim prostorima (staklenici, plastenici ili niski tuneli) čija površina iznosi čak 18000 ha (De Zwart i Rujis, 2009.). Uvidjevši svoj potencijal i mogućnosti plasmana na europsko i azijsko tržište, Turska je postala jedan od najvećih svjetskih proizvođača povrća, a smatra se i najvećim svjetskim proizvođačem hrane u zaštićenim prostorima koji koriste geotermalnu energiju za grijanje. Pritom se vodeća regija nalazi oko

grada Afyon, gdje se hrana proizvodi na 70 hektara staklenika, uz korištenje geotermalne energije te se očekuje da će taj broj u budućnosti rasti (<https://www.hortidaily.com>). Također, primjer iz turske planinske regije Sandikli govori kako je poljoprivredna proizvodnja i dalje glavni pokretač ruralne ekonomije: zahvaljujući geotermalnim izvorima, rajčica se u ovom kraju proizvodi u hidroponskom sustavu 365 dana godišnje, primarno za izvoz na zapadna tržišta Europske unije. Usporedno s razvojem poljoprivrede i padom nezaposlenosti, došlo je do infrastrukturnih ulaganja i razvoja termalnog turizma u ovom dijelu zemlje (<https://www.hortidaily.com>).



Slika 12. Uzgoj rajčica u staklenicima planinskog mjesta Chaldrian u Turskoj (<https://www.thinkgeoenergy.com>)

3.4.3. Mađarska

Razvoj poljoprivredne proizvodnje u zaštićenim prostorima u Mađarskoj uvelike ovisi o iskorištavanju potencijala geotermalnih izvora. Mađarska je bogata geotermalnim nalazištima te se 2015. godine koristilo 350 MWth (prikazano u Grafikon 1.) za grijanje staklenika i plastenika. Dobra infrastruktura i geografski položaj Mađarske na karti Europe omogućili su nova ulaganja u ovaj sektor. U 2019. godini, njemačka agrarna investicijska kompanija Fakt AG objavila je da planira uložiti 1.2 milijarde eura u područje od 330 hektara u općinama Hegyeshalom i Bezenye na sjeverozapadu Mađarske. U staklenicima se planira

uzgoj rajčica, krastavaca, salate i začinskog bilja, dok se na vanjskom području od 50 hektara planira uzgoj šparoga.

U isto vrijeme, na jugoistoku Mađarske, tvrtka Arpad-Agrar najavila je podizanje 60 hektara staklenika na području Szegeda. Za grijanje ovog područja koristit će se geotermalna energija dobivena iz dvadeset crpilišta, kako bi se zadovoljile sve potrebe proizvodnje (<https://www.hortidaily.com>).



Slika 13. Staklenici na jugoistoku Mađarske koji koriste geotermalnu energiju (<https://www.hortidaily.com>)

3.4.5. Island

U drugoj polovici 20. stoljeća, Island je, zahvaljujući učinkovitoj upotrebi geotermalne energije, doživio brz rast gospodarstva. Geotermalni projekti doprinijeli su rastu gospodarstva, smanjenju cijene grijanja u kućanstvima te velikom preokretu u poljoprivredi. Od države koja je do sredine dvadesetog stoljeća ovisila o 80% uvoza ugljena i nafte za energetske potrebe, u svega nekoliko desetljeća došla je do gotovo 100% energetske neovisnosti, koristeći gotovo isključivo obnovljive izvore energije (International Renewable Energy Agency, 2019.).

Na području od 5 hektara, obitelj Fridheimar dnevno proizvede 1 tonu organski uzgojene rajčice. Pri uvjetima za proizvodnju kakvi vladaju na Islandu (24 sata dnevne svjetlosti tijekom ljeta i samo 4 sata svjetla tijekom zime), geotermalna energija ima značajan utjecaj na poljoprivredu. Sveukupnu toplinu za svoje staklenike (tijekom zime stalna temperatura u stakleniku iznosi od 23°C do 25°C), kao i električnu energiju potrebnu za rad umjetne

svjetlosti, dobivaju iz obnovljivih, točnije, geotermalnih izvora. Zahvaljujući ovome, obitelj Fridheimar je u mogućnosti proizvesti i uskladištiti svoje proizvode te, ono najvažnije, biti konkurentna i prodati svoju cjelokupnu proizvodnju na domaćem tržištu (<https://www.fridheimar.is>).



Slika 14. Geotermalna crpna stanica za staklenike Fridheimar na Islandu (<https://www.fridheimar.is>)

3.4.6. Slovenija

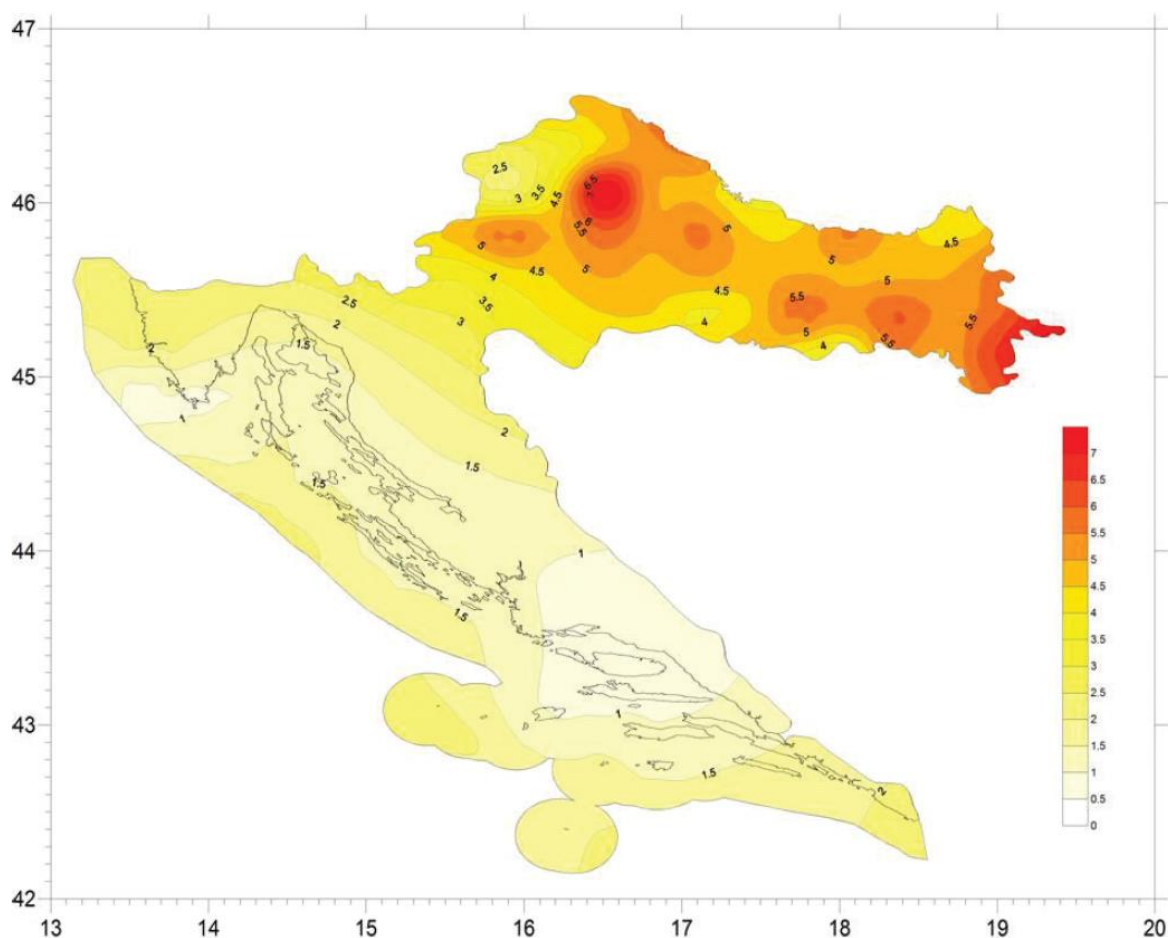
Svoj geotermalni potencijal Slovenija je odlučila iskoristiti u poljoprivredne svrhe 2007. godine kada je u selu Renkovci, koje se nalazi u sjeveroistočnom dijelu Slovenije, započeo projekt proizvodnje povrća u staklenicima grijanim pomoću geotermalne energije. Početna ideja bila je proizvodnja rajčice izvan sezone, no s vremenom je započeta proizvodnja i drugih povrtlarskih kultura te se danas ovaj kompleks staklenika prostire na više od 9 ha, a godišnja proizvodnja rajčice iznosi više od 4500 tona (<https://slovenia.si/excellence>).



Slika 15. Staklenici Lušt u Sloveniji (<https://slovenia.si/excellence>)

4. GEOTERMALNA NALAZIŠTA U HRVATSKOJ

Geotermalna karta Hrvatske može se podijeliti na dva dijela: južni (dinarski) i sjeverni (panonski). Obilježja dinarskog predjela su niže temperature i manji protok vode, dok je u panonskom dijelu protok vode veći, kao i temperatura koja u prosjeku iznosi 49°C. U sjevernom dijelu Republike Hrvatske, koji obuhvaća područje rijeke Mure, Save, Drave i Dunava, nalaze se brojna područja s visokim potencijalom za iskorištavanje geotermalne energije. Kao što je i prikazano na Slika 16., energetski gradijent se povećava od sjevera zemlje prema istoku.



Slika 16. Karta geotermalnog gradijenta Republike Hrvatske (Geological and Geophysical Institute of Hungary, 2014)

Istraživanje koje je provela naftna kompanija INA pokazuje da su neuspjele naftne bušotine rezultirale nalazištima geotermalnih bazena. Značajan broj bušotina pokazao je neku vrstu geotermalnog potencijala, no ekonomski ih je iskoristivih svega deset, koje su podijeljene u

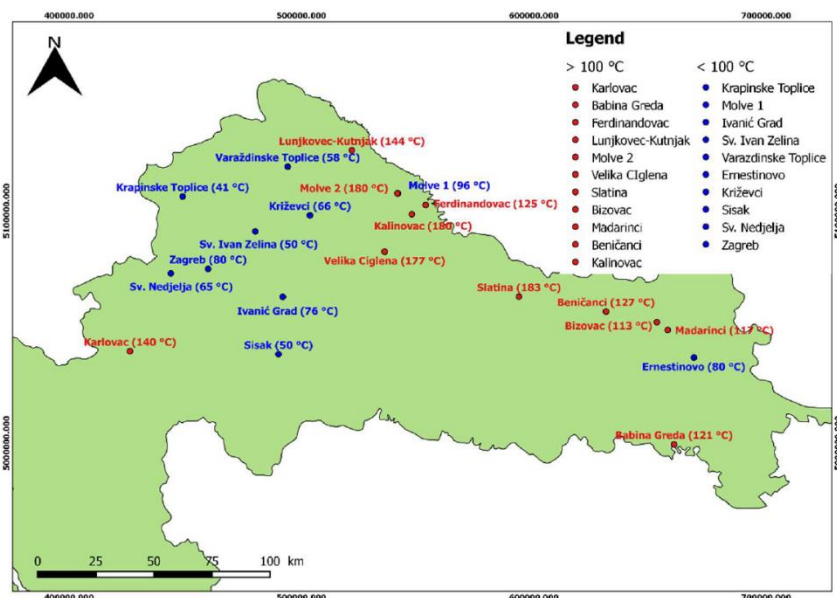
dvije skupine (ovisno o temperaturi vode): od 65°C – 100°C te od 100°C – 200°C (područja označena s gradijentom > 5 (svijetlonarančasta do tamnocrvena boja na karti prikazanoj na Slika 16.) (Geological and Geophysical Institute of Hungary, 2014).

U južnom (dinarskom) dijelu nisu pronađena nalazišta s temperaturom vode većom od 65°C, stoga ovaj dio Hrvatske nema visoku energetska i ekonomsku iskoristivost za industrijsku potrebu (Geological and Geophysical Institute of Hungary, 2014).

4.1. Iskoristivost geotermalnog potencijala

Teorija i praksa nisu u razmjeru po pitanju iskoristivosti geotermalnog potencijala u Hrvatskoj. Geotermalni potencijal i dalje se primarno koristi za razvoj turizma u sklopu termalnih kupališta, dok je industrijska upotreba za grijanje stambenih prostora ili poljoprivrednih površina gotovo nepostojeća (Geological and Geophysical Institute of Hungary, 2014). Tek 2019. godine u Hrvatskoj je otvorena prva geotermalna elektrana u Cigleni pokraj Bjelovara – „Velika 1“ (<http://www.energetika-net.com>).

Podrobnijom analizom panonske regije, a kao što je prikazano na Slika 17, na čak jedanaest geotermalnih nalazišta temperatura vode prelazi 100°C (Živković i sur., 2019.).



Slika 17. Geotermalni izvori vode u panonskom dijelu Hrvatske (Živković i sur., 2019.)

Od svih poznatih nalazišta, samo dva se koriste u svrhu proizvodnje hrane u zaštićenim prostorima: Sveta Nedelja i Bošnjaci (Živković i sur., 2019.). Podaci iz 2019. godine

prikazani u Tablica 3. pokazuju da ukupna proizvodnja geotermalne energije u poljoprivredne i industrijske svrhe iznosi 10,9 MWth/godišnje, od čega je iskoristivost 6,5 MWth/godišnje, odnosno 59 %. S energetskegledišta, 4,4 MWth/godišnje neiskorištenog energetskeg kapaciteta ne predstavlja „velik“ broj, no gledajući ukupnu sliku - u zemlji s dugom tradicijom i velikim brojem površina za proizvodnju povrća u zaštićenim prostorima - 41% neiskorištenog kapaciteta predstavlja velik gubitak, no i potencijal da se u ovu priču uključe i proizvođači s manjim infrastrukturnim jedinicama te tako unaprijede svoju proizvodnju (Živković i sur., 2019.).

Tablica 3. Trenutna iskoristivost i buduće projekcije upotrebe geotermalne energije u Hrvatskoj (Živković i sur., 2019.)

| | Geotermalna DH postrojenja | | Geotermalna toplina u poljoprivredi i industriji | | Geotermalna toplina za zgrade | | Geotermalna toplina u balneologiji i drugo | |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Kapacitet MW _{th} | Proizvodnja GWh _{th} /yr | Kapacitet MW _{th} | Proizvodnja GWh _{th} /yr | Kapacitet MW _{th} | Proizvodnja GWh _{th} /yr | Kapacitet MW _{th} | Proizvodnja GWh _{th} /yr |
| U pogonu do kraja 2018. godine | 42,3 | 44,7 | 6,5 | 10,9 | 12,6 | 12,1 | 24 | 15,3 |
| U izgradnji do kraja 2018. godine | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ukupno projicirano do 2020. godine | 42,3 | 44,7 | 6,5 | 10,9 | 12,6 | 12,1 | 24 | 15,3 |
| Ukupno predviđeno do 2025. godine | 61,3 | 77,7 | 10 | 20 | 20 | 30 | 30 | 30 |

4.2. Primjeri iz prakse: Hrvatska

4.2.1. Staklenici Eko plodovi d.o.o.

Tvrtka Eko Plodovi d.o.o. s područja grada Svete Nedelje bavi se dugi niz godina proizvodnjom rajčice u zaštićenim prostorima te spada među vodeće hrvatske proizvođače. O njihovom načinu grijanja staklenika putem izvora geotermalne energije vrlo se malo

govori u medijima, kao i u znanstvenim člancima, stoga će se za potrebe ovog diplomskog rada analizirati podaci iz elaborata dostupnog na internetskoj stranici Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske (<https://mingor.gov.hr>).

Tvrtka Eko Plodovi d.o.o. bavi se hidroponskim uzgojem rajčica u staklenicima te za smanjenje troškova proizvodnje koristi dostupne obližnje geotermalne izvore. Temperatura vode u bušotini iznosi 65°C, a ista se crpi sa 60 m dubine, putem ugrađene centrifugalne pumpe.



Slika 18. Staklenici tvrtke Eko Plodovi d.o.o. koji koriste geotermalnu energiju za grijanje (<https://mingor.gov.hr>)

4.2.2. Staklenici Ruris d.o.o.

Tvrtka Ruris d.o.o. iz Bošnjaka dugi je niz godina vodila borbu s birokracijom kako bi dobila na korištenje geotermalne izvore na svojem području, u svrhu grijanja staklenika. Od samih početaka proizvodnje, tvrtka Ruris d.o.o. orijentirala se na hidroponski način uzgoja rajčice u staklenicima te spada među vodeće hrvatske proizvođače. Kako bi dobili na korištenje geotermalne izvore za grijanje staklenika, bio je potreban dugi niz godina za ishođenje svih dozvola i izvođenje infrastrukturnih radova, no na kraju se isplatilo (<http://www.glas-slavonije.hr>)



Slika 19. Hidroponski uzgoj rajčice u staklenicima Ruris d.o.o. (<http://www.glas-slavonije.hr>)

4.2.3. Staklenici Magadenovac

Nažalost, nisu svi primjeri iz prakse uvijek pozitivni, a jedan od takvih je i onaj tvrtke Plod prirode d.o.o. iz Magadenovca. Iako se nalaze na geotermalno bogatom području, a cijela općina poznata je po dugoj tradiciji povrtlarske proizvodnje, pristup geotermalnom izvoru vode koji se nalazi na svega 800 metara udaljenosti od staklenika onemogućen je tvrtci Plod prirode d.o.o. koja godinama vodi pravne bitke i pokušava dobiti dozvolu za njegovo korištenje (<http://www.glas-slavonije.hr>) Koristeći plin za grijanje svojih proizvodnih pogona, tvrtka Plod prirode d.o.o. ima mjesečni trošak grijanja veći od 400.000,00 kn, dok ogromni energetskeći potencijal stoji neiskorišten (<http://www.glas-slavonije.hr>).



Slika 20. Staklenici Magadenovac (<https://www.glas-slavonije.hr>)

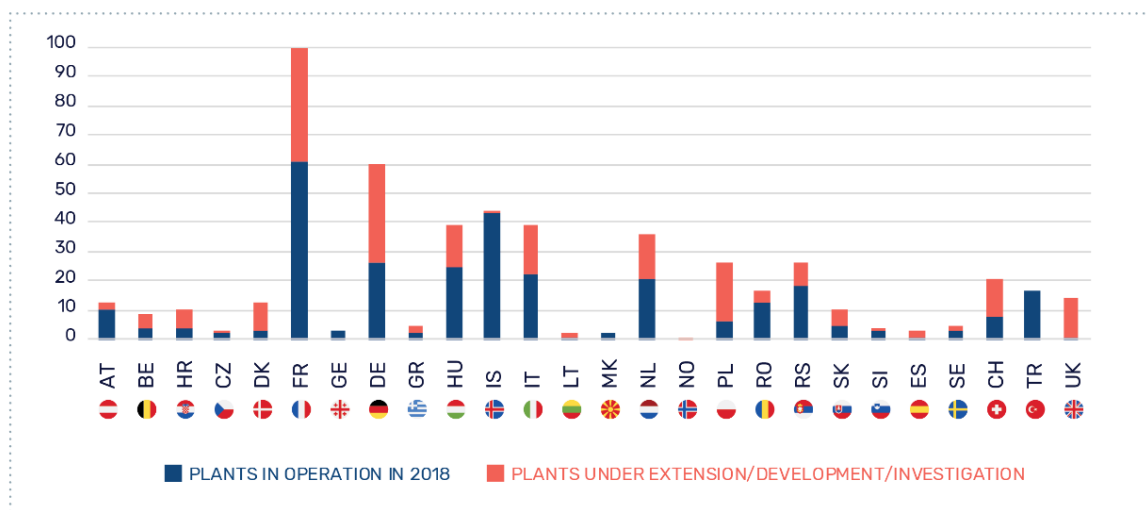
5. POLITIKE RAZVOJA I KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Razvoj i korištenje geotermalne energije nije moguć bez kvalitetnih zakonskih okvira i inicijativa. Razlog tome je što u većini slučajeva, govoreći u kontekstu poljoprivrede, krajnji korisnici nisu u mogućnosti samostalno financirati cjelokupni proces eksploatacije i implementacije u svoje proizvodne pogone. Stoga zakoni, ciljevi i potpore za njihovo provođenje na razini Europske unije, ali i na državnoj i lokalnoj razini, od iznimne su važnosti.

5.1. Geotermalna politika Europske unije

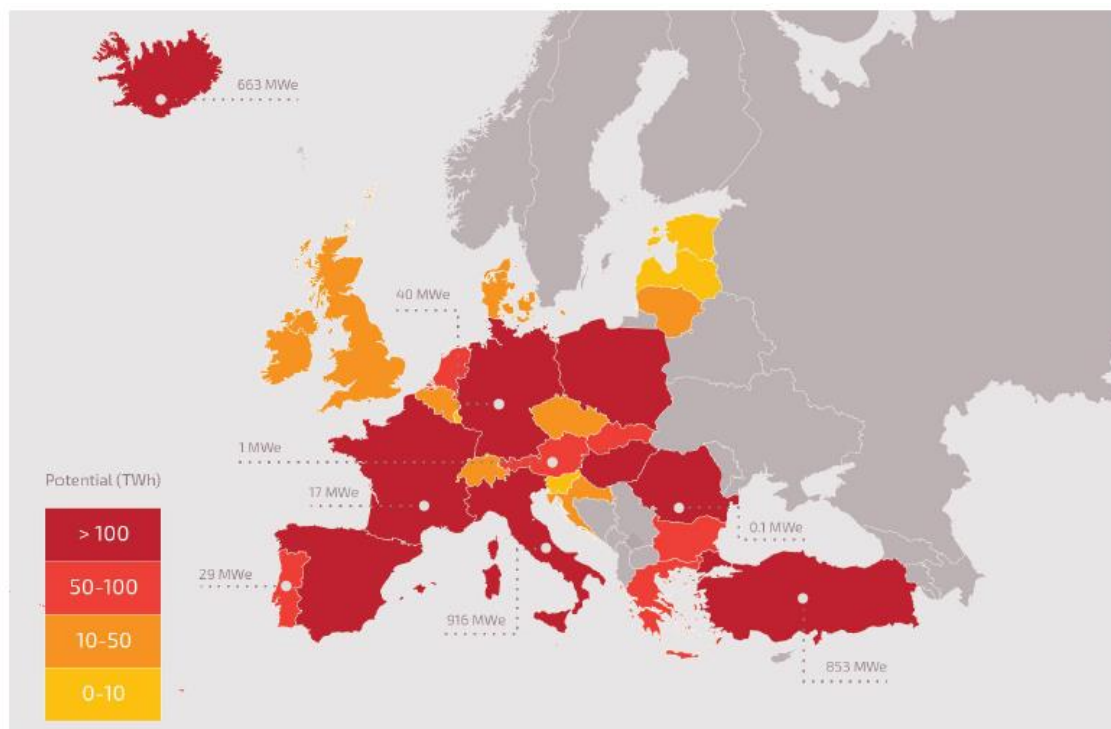
Europska unija donijela je Direktivu (EU) 2018/2001 o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora kojom želi potaknuti upotrebu obnovljivih izvora energije i smanjiti emisiju štetnih ispušnih plinova. Jedan od načina na koji Europska unija planira to učiniti je i promocijom te povećanjem upotrebe geotermalnih izvora energije. Ovom Direktivom Europska unija omogućuje državama članicama potpore za nove infrastrukturne investicije po pitanju geotermalne energije, a koje potpore se ponajprije odnose na uspostavljanje ravnoteže tržišta opskrbe energijom na kojem, posebice u tranzicijskim zemljama, zakonske regulative po pitanju grijanja i dalje idu na ruku zemljanom plinu (EGEC Geothermal, 2018.).

Kao što je prikazano na Slika 21., diljem europskih zemalja postoji značajan broj aktivnih geotermalnih postrojenja (plava boja), no zabrinjavajući je broj postrojenja koja su u razvoju i/ili zahtijevaju dodatne dozvole i istraživanja (crvena boja). Problem koji u razvoju geotermalnih postrojenja predstavlja birokracija najbolje je vidljiv na primjeru Njemačke i Francuske. Obje zemlje tehnološki su razvijene te posjeduju financijske mogućnosti za razvoj i uspostavu novih tehnologija, ali brojne zakonske regulative i dug period potreban za ishođenje dozvola koče razvoj i potencijal ove energije (EGEC Geothermal, 2020.).



Slika 21. Broj aktivnih (plava) i u razvoju (crvena) geotermalnih postrojenja u Europi (EGEC Geothermal, 2020.)

Cilj klimatskog plana Europske unije je do 2030. godine sniziti udio CO₂ za 55 %, a do 2050. godine učiniti Uniju klimatski neutralnom te svu potrebu za električnom energijom u potpunosti snabdijevati iz obnovljivih izvora energije (EGEC Geothermal, 2018.).



Slika 22. Simulacija potencijala za proizvodnju električne energije dobivene putem geotermalnih izvora u Europi za 2050. godinu (EGEC Geothermal, 2018.)

Istraživanje, razvoj i stavljanje u pogon novih geotermalnih izvora s energetske potencijalom iznad 100°C potrebni su kako bi se izgradile nove elektrane za snabdijevanje građanstva i industrije. Za gradnju elektrana u planu je izrada novog modela gradnje, odnosno elektrane srednje veličine, kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš i kako bi ih se učinilo pristupačnijima u manjim sredinama bogatim geotermalnim nalazištima (EGEC Geothermal, 2018.).

5.2. Zakonski okvir i geotermalna politika u Republici Hrvatskoj

U zakonodavstvu Republike Hrvatske još uvijek ne postoji jedan, jasno definiran okvir korištenja geotermalnih izvora energije. Zakon o rudarstvu (NN 94/13) u članku 5. stavku 1. točki 1.2. navodi kako se geotermalne vode smatraju mineralnim sirovinama „iz kojih se može koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe, osim geotermalnih voda koje se koriste u ljekovite, balneološke ili rekreativne svrhe i druge namjene, na koje se primjenjuju propisi o vodama“ (<https://narodne-novine.nn.hr>). U članku 11. stavku 2. eksploatacijom geotermalne vode smatra se i njezin transport „cjevovodima, kada je u tehnološkoj svezi s odobrenim eksploatacijskim poljima“ (<https://narodne-novine.nn.hr>). Dozvole za eksploataciju geotermalne vode, sukladno članku 23. stavak 2. ovog Zakona, „može se donijeti za sve prostore na kojima ne postoje zapreke u dokumentima prostornog uređenja za obavljanje istraživanja tih mineralnih sirovina“, dok odobrenje za dozvolu donosi „ministarstvo nadležno za rudarstvo uz prethodnu suglasnost ministarstva nadležnog za vodno gospodarstvo“ (<https://narodne-novine.nn.hr>). Nadalje, Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (NN 30/21) u članku 1. stavak 1. definira geotermalne vode kao prirodno dobro Republike Hrvatske te kao takvo „imaju njezinu osobitu zaštitu i iskorištavaju se pod uvjetima i na način koji su propisani ovim Zakonom“ (<https://www.zakon.hr/>). Sukladno tome, potrebno je ispuniti niz uvjeta te ishoditi velik broj odobrenja i dozvola prije nego li se uopće može započeti s istraživanjem, bušenjem te naposljetku i korištenjem ove vrste energije u industrijske svrhe.

Tablica 4. Popis ovlaštenih eksploatacijskih polja geotermalne energije u Hrvatskoj
(Tumara i sur., 2019.)

| Istraživačke dozvole | Ovlaštenici | Eksploatacijsko polje – Eksploatacijska dozvola | Ovlaštenici |
|----------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|
| Ferdinandovac | MV Geothermal d.o.o. | Bizovac Eksploatacijska dozvola | Ina d.d. |
| Legrad 1 | MV Geothermal d.o.o. | Bošnjaci-Sjever Eksploatacijsko polje | RURIS d.o.o. |
| Lunjkovec-Kutnjak | MV Geothermal d.o.o. | Draškovac Eksploatacijska dozvola | AAT GEOTHERMAE d.o.o. |
| Kotriba | MV Geothermal d.o.o. | Ivanić Eksploatacijsko polje | INA d.d. |
| Slatina 2 | GEO POWER Zagocha d.o.o | Velika Ciglana Eksploatacijska dozvola | MB Geothermal d.o.o. |
| Slatina 3 | EES Dravacel Energetika d.o.o. | Sveta Nedjelja Eksploatacijsko polje | Eko Plodovi d.o.o. |
| GP Zagreb | GPC Instrumentation process d.o.o. | | |

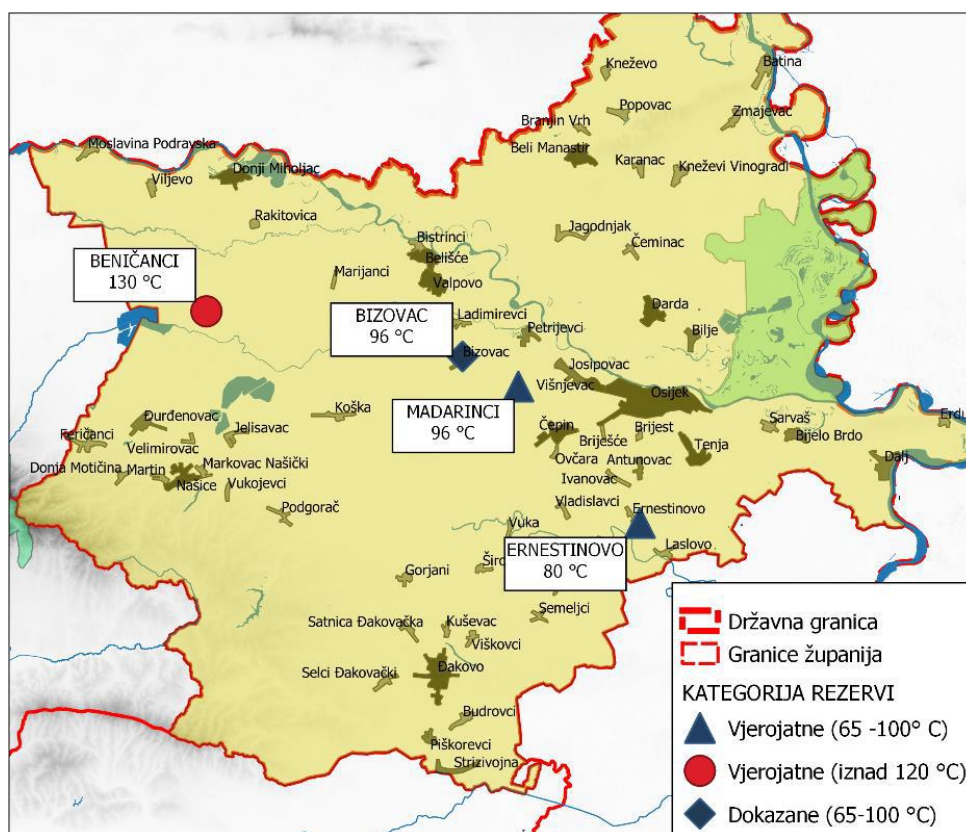
Kao članici Europske unije, dužnost je Republike Hrvatske usklađivati svoje zakone s njezinim Direktivama pa tako i s Direktivom (EU) 2018/2001 o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Trenutni pravni okvir je kompliciran, prepun birokratskih prepreka i nije lako dostupan niti velikim investicijskim tvrtkama, a kamoli manjim poljoprivrednim proizvođačima. Iako Hrvatska stremi ka povećanju udjela korištenja obnovljivih izvora energije, oni se još uvijek primarno zasnivaju na solarnoj i energiji vjetroelektrana, dok je korištenje geotermalne energije i dalje u začetima, budući da mu se ne pridaje dovoljno pažnje.

5.2.1. Investicijski projekti u Hrvatskoj

Agencija za ugljikovodike objavila je pozitivnu vijest: otvoreni su natječaji za istraživanje geotermalnih potencijala na području toka rijeke Drave, na četiri lokacije: Merhatovec, Legrad, Lunjkovec-Kutnjak te Ernestinovo. Ovim se projektima nastoji potaknuti nove

gospodarske aktivnosti na navedenim područjima te povećati udio obnovljivih izvora energije (<https://www.azu.hr/novosti>).

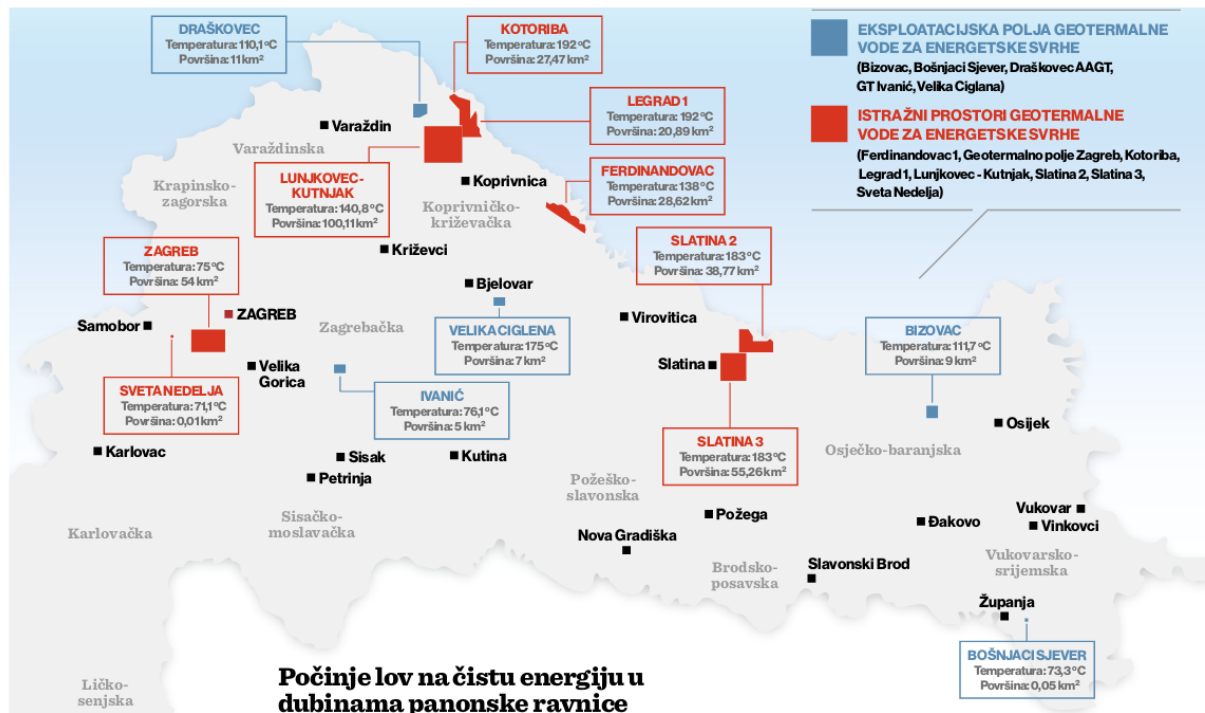
Nadalje, Osječko-baranjska županija predstavila je projekt „Studijsko-tehnička dokumentacija geotermalnog potencijala Osječko-baranjske županije“, koji financira Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, s ciljem analize i pronalaženja geotermalnih područja s najvećim potencijalom u Osječko-baranjskoj županiji, u svrhu razvoja poljoprivrede i turizma (<https://www.glas-slavonije.hr>).



Slika 23. Geotermalna karta Osječko-baranjske županije (Osječko-baranjska županija, 2020.)

Potencijal ovog izvora energije prepoznala je i Općina Mali Bukovec u Varaždinskoj županiji koja je započela s velikim ulaganjima i projektima grijanja zaštićenih prostora za proizvodnju povrća i cvijeća. Općina Mali Bukovec planira na svom području izgraditi više malih geotermalnih elektrana i distribucijski centar, primarno za proizvođače cvijeća i povrća, po čemu je taj kraj i poznat. Ovim ulaganjem nadaju se unaprijediti konkurentnost

svojih poljoprivrednika na hrvatskom, ali i europskom tržištu te privući nove infrastrukturne investicije (<http://www.energetika-net.com>).



Slika 24. Popis eksploatacijskih i istražnih lokacija bogatih geotermalnom energijom (<https://novac.jutarnji.hr>)

U valu novih investicija i najava projekata za razvoj geotermalne energije, Jutarnji list je napravio veliko istraživanje 2019. godine, u kojem se navodi da je tek nekolicina poljoprivrednika prepoznala prednosti ove vrste energije pri proizvodnji hrane u zaštićenim prostorima, no da interes postoji. Kao glavna prepreka i dalje se navode složeni birokratski zahtjevi i visoka inicijalna ulaganja, koja se planiraju smanjiti zahvaljujući potporama Europske unije (<https://novac.jutarnji.hr>).

6. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem može se zaključiti da je potencijal geotermalne energije za proizvodnju u zaštićenim prostorima itekako velik i prepoznat diljem Europe, ali i svijeta. Države s geotermalnim nalazištima prilagođavaju svoje politike korištenju obnovljivih izvora energije i počinju stavljati fokus na geotermalne izvore, budući da je ovaj izvor praktički neograničen te dostupan za proizvodnju energije od 0:00 do 24:00 sata, svih 365 dana u godini. Dugotrajno gledano, geotermalna energija pruža velike mogućnosti za napredak poljoprivrede i ruralnih krajeva (u kojima je poljoprivreda najčešće glavni izvor primanja). Najveću prepreku i dalje predstavljaju visoka inicijalna ulaganja u istraživanje i probne bušotine, nedorečene i neprilagođene politike koje bi poljoprivrednicima olakšale pristup ovim izvorima te veliki i skupi tehnički zahtjevi.

U Hrvatskoj se o potencijalu ovog izvora energije, u kontekstu unapređivanja poljoprivredne proizvodnje, i dalje priča samo u teoriji, dok se isti u praksi ne primjenjuje. Premda je Hrvatska bogata geotermalnim nalazištima, dugom tradicijom kao i prepoznatom kvalitetom poljoprivredne proizvodnje, ova energija dostupna je samo rijetkima, upornim i uglavnom velikim, financijski neovisnim proizvođačima koji sva potrebna istraživanja i dozvole mogu snositi samostalno. Kako većinu poljoprivredne proizvodnje čine mala obiteljska gospodarstva koja nemaju financijske niti administrativne mogućnosti za samostalno ishođenje i financiranje potrebne dokumentacije i infrastrukture, nužno je promijeniti i prilagoditi postojeći zakonski okvir, kako bi hrvatska poljoprivreda postala konkurentna na lokalnoj, a naročito na razini Europske unije.

7. POPIS LITERATURE

1. Blodgett i Slack (2009.): Basics of Geothermal Energy Production and Use. Geothermal Energy Association.
2. De Zwart, H.F., Rujis, M.N.A. (2009.): Geothermal energy sources as opportunity for Turkish greenhouse horticulture and the Dutch commercial sector, 1-52.
3. EGEC Geothermal (2018.): Future climate and energy policy: A strategy for long-term EU greenhouse emissions reductions, 1-36.
4. EGEC Geothermal (2018.): Renewable, Energy Efficiency and Governance Directives voted by the European Parliament allow development of geothermal energy beyond 2020. EGEC Geothermal.
5. EGEC Geothermal (2020.): 2019 EGEC Geothermal market report.
6. European Commission (1999.). Blue Book on Geothermal Resources: A Strategic Plan for the Development of European Geothermal Sector. European Commission, 1-578.
7. FAO (2015.): Food and Agriculture Organization of the United Nations. Uses of geothermal energy in food and agriculture.
8. Geological and Geophysical Institute of Hungary (2014.): Danube Region Geothermal Report, 37-39.
9. International Renewable Energy Agency (2017.): Geothermal Power: Technology Brief, 1-28.
10. International Renewable Energy Agency (2019.): Accelerating geothermal heat adoption in the agri-food sector: Key lessons and recommendations. International Renewable Energy Agency, 1-32.
11. Koenen, M., Neele, F., Hofstee, C., Hanegraaf, M., Kérvevan, C. (2018.): Combined Geothermal and Dissolved CO₂ Storage System - Example of Application to a Geothermally Heated Greenhouse Area in the Netherlands. 14th Greenhouse Gas Control Technologies Conference Melbourne, 21-26.
12. Popovski (2009.): Stanford school of Earth, Energy & Environmental science. Agricultural and industrial uses of geothermal energy in Europe, 1-11.
13. Sanner (2019.): Summary of EGC 2019 Country Update Report on Geothermal Energy in Europe. Den Haag: European Geothermal Congress, 1-14.
14. Tumara, D., Kolbah, S., Škrlec, M., Živković, S. (2019.): Korištenje resursa geotermalne energije u Republici Hrvatskoj. Nafta i plin, 39 (159-160): 51-56.

15. U.S. Department of Energy (2006.): The Future of Geothermal Energy: impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century, 1-372.
16. World Energy Council (2016.). World Energy Resources. Stranice: 600-652.
17. Živković, S., Kolbah, S., Škrlec, M., Tumara, D. (2019.): Geothermal Energy Use, Country Update for Croatia. European Geothermal Congress, 1-7.
18. <https://www.fridheimar.is/en/horticulture> (datum pristupa: 27.6.2021.)
19. <https://www.thinkgeoenergy.com/geothermal-allowing-growth-of-tomatoes-in-greenhouses-in-coldest-part-of-turkey/> (datum pristupa: 15.7.2021.)
20. <http://www.reuk.co.uk/favourites.php?remove=Larderello-Worlds-First-Geothermal-Power-Station.htm> (datum pristupa: 14.7.2021.)
21. <https://slovenia.si/excellence/lust-the-most-famous-slovenian-tomato> (datum pristupa: 18.6.2021.)
22. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/core/> (datum pristupa: 6.7.2021.)
23. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geothermal-energy/> (datum pristupa: 6.7.2021.)
24. <https://oie.hr/geotermalna-energija-mogla-bi-u-potpunosti-promijeniti-izgled-malog-bukovca/> (datum pristupa: 14.7.2021.)
25. <http://www.obz.hr/index.php/k2-listing/item/1823-pocinje-istrazivanje-geotermalnih-potencijala-osjecko-baranjske-zupanije> (datum pristupa: 18.6.2021.)
26. <http://pluton-dg.com/wp/geothermal-energy/> (Datum pristupa: 6.7.2021.)
27. <https://novac.jutarnji.hr/novac/aktualno/geotermalne-vode-koristimo-u-toplicama-aline-kao-izvor-energije-zasto-8639516> (datum pristupa: 24.7.2021.)
28. <http://www.glas-slavonije.hr/216075/4/Termalna-voda-grijat-ce-staklenike-Rurisa-vodeceg-opskrbljivaca-trzista-rajcicom> (datum pristupa: 14.7.2021.)
29. <http://www.glas-slavonije.hr/267012/4/Ne-daju-im-siriti-proizvodnju-i-koristiti-se-geotermalnim-izvorima> (datum pristupa: 14.7.2021.)
30. <http://www.glas-slavonije.hr/328818/7/U-magadenovackim-staklenicima-pocela-prva-berba-paprike> (datum pristupa: 14.7.2021.)
31. <https://www.glas-slavonije.hr/456226/3/Zupan-Anusic-Geotermalni-izvori-donose-radna-mjesta> (datum pristupa: 14.7.2021.)
32. <https://www.hoogweg.nl/en/sustainable-cultivation> (datum pristupa: 28.6.2021.)
33. <https://www.hortidaily.com/article/9094675/hungary-new-nursery-brings-total-acreage-arpad-agrar-to-60-hectares/> (datum pristupa: 14.7.2021.)

34. <https://www.hortidaily.com/article/9190063/netherlands-construction-of-24-ha-geothermal-greenhouse-in-full-swing/> (datum pristupa: 14.7.2021.)
35. <https://www.hortidaily.com/article/9278519/turkish-tomatoes-grown-in-geothermal-greenhouses-exported-to-germany-and-uk/> (datum pristupa: 15.7.2021.)
36. <https://www.hortidaily.com/article/9204145/turkey-ranks-among-top-countries-with-geothermal-greenhouses/> (datum pristupa: 15.7.2021.)
37. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_05_56_1133.html (datum pristupa: 24.7.2021.)
38. <https://www.zakon.hr/z/656/Zakon-o-istra%C5%BEivanju-i-eksploataciji-ugljikovodika> (datum pristupa: 24.7.2021.)
39. <https://www.azu.hr/novosti-i-priop%C4%87enja/uskoro-novi-geotermalni-projekti-u-slavoniji-podravini-i-me%C4%91imurju/> (datum pristupa: 6.7.2021.)
40. <https://www.dw.com/en/german-developer-digs-hungarian-agro-plans/a-48081618> (datum pristupa: 8.7.2021.)
41. <https://www.egec.org/media-publications/geothermal-use-agriculture/> (datum pristupa: 14.6.2021.)
42. https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA%20DOKUMENATA/ARHIVA%20--%20OPUO/elaborat_zastite_okolisa_861.pdf (6.7.2021.)
43. <http://www.energetika-net.com/vijesti/obnovljivi-izvori-energije/otvorena-je-prva-geotermalna-elektrana-u-hrvatskoj-29571> (datum pristupa: 6.7.2021.)

8. POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Geotermalno postrojenje u Italiji 1904. godine (REUK, 2016.)..... | 3 |
| Slika 2. Temperaturni prikaz Zemljine unutrašnjosti po dubini (Blodgett i Slack, 2009.)... | 4 |
| Slika 3. Prijenos energije u Zemljinoj kori putem konvekcije i kondukcije (PLUTON DG, 2021)..... | 5 |
| Slika 4. Ispušni plinovi geotermalnih postrojenja (National Geographic, 2019.)..... | 7 |
| Slika 5. Shematski prikaz grijanja staklenika pomoću geotermalne energije (Koenen i sur., 2018.)..... | 8 |
| Slika 6. Potencijal geotermalne energije u poljoprivredi i poljoprivredno-industrijskom sektoru (FAO, 2015.)..... | 9 |
| Slika 7. Iskoristivost energije geotermalne elektrane u proizvodnji hrane (FAO, 2015.) .. | 10 |
| Slika 8. Sustav postavljanja cijevi za grijanje u zaštićenim prostorima (FAO, 2015.)..... | 12 |
| Slika 9. Horizontalni sustav upuhivanja toplog zraka (FAO, 2015.)..... | 12 |
| Slika 10. Vertikalni sustav upuhivanja toplog zraka (FAO, 2015.) (FAO, 2015.) | 13 |
| Slika 11. Geotermalno postrojenje u staklenicima Hoogweg u Nizozemskoj (Hoogweg, 2021.)..... | 14 |
| Slika 12. Uzgoj rajčica u staklenicima planinskog mjesta Chaldrian u Turskoj (Think Geoenergy, 2021.) | 15 |
| Slika 13. Staklenici na jugoistoku Mađarske koji koriste geotermalnu energiju (Hortidaily, 2019.)..... | 16 |
| Slika 14. Geotermalna crpna stanica za staklenike Fridheimar na Islandu (Fridheimar, 2021.)..... | 17 |
| Slika 15. Staklenici Lušt u Sloveniji (Slovenia, 2020.) | 18 |
| Slika 16. Karta geotermalnog gradijenta Republike Hrvatske (Geological and Geophysical Institute of Hungary, 2014) | 19 |
| Slika 17. Geotermalni izvori vode u panonskom dijelu Hrvatske (Živković i sur., 2019.) | 20 |
| Slika 18. Staklenici tvrtke Eko Plodovi d.o.o. koji koriste geotermalnu energiju za grijanje (Eko Plodovi d.o.o., 2018.)..... | 22 |
| Slika 19. Hidroponski uzgoj rajčice u staklenicima Ruris d.o.o. (Glas Slavonije, 2013.).. | 23 |
| Slika 20. Staklenici Magadenovac (Glas Slavonije, 2017.)..... | 24 |
| Slika 21. Broj aktivnih (plava) i u razvoju (crvena) geotermalnih postrojenja u Europi (EGEC Geothermal, 2020.) | 26 |

| | |
|--|----|
| Slika 22. Simulacija potencijala za proizvodnju električne energije dobivene putem geotermalnih izvora u Europi za 2050. godinu (EGEC Geothermal, 2018.)..... | 26 |
| Slika 24. Geotermalna karta Osječko-baranjske županije (Osječko-baranjska županija, 2020.)..... | 29 |
| Slika 25. Popis eksploatacijskih i istražnih lokacija bogatih geotermalnom energijom (Jutarnji list, 2019.)..... | 30 |

9. POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Potrošnja geotermalne energije u poljoprivrednom sektoru u 2005. (Popovski, 2009.) i 2015. godini (Sanner, 2019.)..... | 11 |
|---|----|

10. POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Emisije plinova iz elektrana s različitim pogonom (U.S. Department of Energy, 2006)..... | 6 |
| Tablica 2. Udio kemijskih spojeva u geotermalnim plinovima (World Energy Council, 2016.)..... | 6 |
| Tablica 3. Trenutna iskoristivost i buduće projekcije upotrebe geotermalne energije u Hrvatskoj (Živković i sur., 2019.) | 21 |
| Tablica 4. Popis ovlaštenih eksploatacijskih polja geotermalne energije u Hrvatskoj (Tumara i sur., 2019.) | 28 |

11. SAŽETAK

Ovaj diplomski rad opisuje geotermalnu energiju i njezin potencijal u poljoprivrednoj proizvodnji u zaštićenim prostorima. U poljoprivredi se ovaj izvor energije primarno koristi u svrhu zagrijavanja zaštićenih prostora te primjena istog doprinosi značajnom smanjenju troškova proizvodnje, osobito u hladnijim vremenskim uvjetima. Zakonski propisi za dobivanje dozvola za korištenje ove energije u svim su zemljama zahtjevni, a samo ishodaenje dozvole dug je i financijski iscrpan proces koji si mnogi proizvođači ne mogu priuštiti. Iako bogata nalazištima, u Hrvatskoj postoji tek nekoliko primjera proizvođača koji su uspjeli dobiti dozvolu i iskoristiti ovu vrstu energije u svojoj proizvodnji, no zahvaljujući poticajima iz Europske unije, trenutno se ispituje velik broj nalazišta koji bi u skorijoj budućnosti mogli doprinijeti razvoju i povećanju proizvodnje povrća u zaštićenim prostorima.

Ključne riječi: geotermalna energija, proizvodnja povrća, staklenici

12. ABSTRACT

The goal of this thesis was to describe the potential of geothermal energy in greenhouse vegetable production. In agriculture, this type of energy is primarily used for the purpose of heating the greenhouses since it significantly lowers production costs, especially during the cold months. Legal requirements to obtain a license to use this source of energy are complicated in every country, while the very process is time-consuming and financially exhausting hence many, especially small scale, producers cannot afford it. Croatia is considered to have a rich geothermal potential but there are only several producers who managed to get a license and use this type of energy for their production. Thanks to the European Union funds, future looks bright for Croatian vegetable growers who are hoping to implement this energy within their greenhouses.

Keywords: geothermal energy, vegetable production, greenhouse

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, Povrčarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

Potencijal korištenja geotermalnih izvora pri uzgoju povrća u zaštićenim prostorima

Tomislav Maletić

Sažetak:

Ovaj diplomski rad opisuje geotermalnu energiju i njezin potencijal u poljoprivrednoj proizvodnji u zaštićenim prostorima. U poljoprivredi se ovaj izvor energije primarno koristi u svrhu zagrijavanja zaštićenih prostora te primjena istog doprinosi značajnom smanjenju troškova proizvodnje, osobito u hladnijim vremenskim uvjetima. Zakonski propisi za dobivanje dozvola za korištenje ove energije u svim su zemljama zahtjevni, a samo ishođenje dozvole dug je i financijski iscrpan proces koji si mnogi proizvođači ne mogu priuštiti. Iako bogata nalazištima, u Hrvatskoj postoji tek nekoliko primjera proizvođača koji su uspjeli dobiti dozvolu i iskoristiti ovu vrstu energije u svojoj proizvodnji, no zahvaljujući poticajima iz Europske unije, trenutno se ispituje velik broj nalazišta koji bi u skorijoj budućnosti mogli doprinijeti razvoju i povećanju proizvodnje povrća u zaštićenim prostorima.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: izv.prof.dr.sc. Tomislav Vinković

Broj stranica: 40

Broj grafikona i slika: 26

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 43

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: geotermalna energija, proizvodnja povrća, staklenici

Datum obrane:

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Miro Stošić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Tomislav Vinković, mentor
3. doc.dr.sc. Dario Iljkić, član
4. izv.prof.dr.sc. Vladimir Zebec, zamjenski član

Rad je pohranjen u: Knjižnica, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University graduate study, Vegetables and Floriculture**

Graduate thesis

Usage potential of geothermal sources for growing vegetables in greenhouses

Tomislav Maletić

Abstract:

The goal of this thesis was to describe the potential of geothermal energy in greenhouse vegetable production. In agriculture, this type of energy is primarily used for the purpose of heating the greenhouses since it significantly lowers production costs, especially during the cold months. Legal requirements to obtain a license to use this source of energy are complicated in every country, while the very process is time-consuming and financially exhausting hence many, especially small scale, producers cannot afford it. Croatia is considered to have a rich geothermal potential but there are only several producers who managed to get a license and use this type of energy for their production. Thanks to the European Union funds, future looks bright for Croatian vegetable growers who are hoping to implement this energy within their greenhouses.

The paper was prepared at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Tomislav Vinković, Ph.D., associate professor

Number of pages: 40

Number of figures: 26

Number of tables: 4

Number of references: 43

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Keywords: geothermal energy, vegetable production, greenhouse

Tesis defended on date: :

Reviewers:

1. Miro Stošić, Ph.D., associate professor, president
2. Tomislav Vinković, Ph.D., associate professor, mentor
3. Dario Iljkić, Ph.D., assistant professor, member
4. Vladimir Zebec Ph.D., associate professor, substitute member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek