

Korištenje geotermalne energije za grijanje staklenika u poljoprivrednom sektoru

Parać, Lorena

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:361175>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij naftnog rudarstva

**KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAKLENIKA U
POLJOPRIVREDNOM SEKTORU**

Završni rad

Lorena Parać

N4400

Zagreb, 2022.

KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAKLENIKA U
POLJOPRIVREDNOM SEKTORU

LORENA PARAĆ

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

SAŽETAK

Geotermalna energija kao obnovljivi izvor energije pristupačna je u cijelom svijetu. Trenutni interes za njezinu uporabu u svijetu je velik, a biti će sve veći ukoliko cijene fosilnih goriva budu konstantno rasle. Štetno djelovanje poljoprivredne industrije moglo bi biti spriječeno korištenjem ekološki prihvatljive energije – geotermalne energije. Staklenici mogu biti grijani direktno s pomoću geotermalne energije ili kaskadno korištenjem otpadne topline iz procesa.

Ključne riječi: geotermalna energija, obnovljivi izvor energije, staklenici, fosilna goriva

Završni rad sadrži: 25 stranica, 3 tablice, 14 slika i 32 reference

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Tomislav Kurevija, redoviti profesor RGNf-a

Ocjenjivači: : Dr. sc. Tomislav Kurevija, redoviti profesor RGNf-a

Dr. sc. Luka Perković, izvanredni profesor RGNf-a

Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNf-a

Datum obrane: 21.09.2022., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	I
POPIS TABLICA	II
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA	III
POPIS KORIŠTENIH KRATICA	III
1. UVOD	1
2. KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE	2
2.1. Sustavi prijenosa tople vode	2
2.1.1. <i>Indirektna uporaba</i>	2
2.1.2. <i>Direktna uporaba</i>	2
2.1.3. <i>Kaskadna uporaba</i>	3
2.2. Geotermalni potencijal u RH	5
2.3. Geotermalni potencijal u svijetu	5
2.4. Statistički podatci upotrebe geotermalne energije u Europi i svijetu	6
3. PLAN ZELENE EUROPE I SVIJETA	8
3.1. Zeleni plan	8
3.2. Klimatska neutralnost poljoprivrede RH	8
4. DOBROBITI STAKLENIČKE PROIZVODNJE	9
4.1. Izvedbe grijanja plastenika	10
5. PRIMJERI STAKLENIČKE PROIZVODNJE	13
5.1. Mađarska.....	13
5.1.1. <i>Tura</i>	13
5.1.2. <i>Veresegyház</i>	13
5.2. Hrvatska	14
5.2.1. <i>Sv. Nedelja</i>	15
5.2.2. <i>Bošnjaci – sjever</i>	16
5.3. Nizozemska.....	18
5.3.1. <i>Luttelgeest, Marknesse i Nootdorp</i>	19
5.3.2. <i>Poeldijk</i>	19

5.4. Grčka.....	19
5.4.1. <i>Neo Erasmo-Manganon</i>	20
5.5. Turska	20
5.5.1. <i>Diliki</i>	21
6. ZAKLJUČAK	22
7. LITERATURA	23

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Kaskadno korištenje u Sjevernoj Makedoniji	3
Slika 2-2. Shematski prikaz kaskadnog korištenja geotermalne energije	4
Slika 2-3. Karta geotermalnih gradijenata u Republici Hrvatskoj	5
Slika 2-4. Prikaz najaktivnijeg geotermalnog područja u svijetu	6
Slika 3-1. Stupčasti dijagram neposredne potrošnje energije u poljoprivredi	8
Slika 4-1. Mogući sustavi grijanja staklenika s prirodnom cirkulacijom zraka	11
Slika 4-2. Jet-fan sustav	12
Slika 5-1. Nadzemni dio bušotine N-1	15
Slika 5-2. Staklenici za uzgoj „Rajskih rajčica“	16
Slika 5-3. Tehničko-tehnološka shema procesa	17
Slika 5-4. Platenici za uzgoj rajčice u Općini Bošnjaci	17
Slika 5-5. Geotermalni gradijent u Nizozemskoj	18
Slika 5-6. Staklenici Hoogweg Paprikakwekerijen	19
Slika 5-7. Površina staklenika grijana geotermalnom energijom 2013. (ha)	21

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Tablični prikaz kapaciteta MWt za različite kategorije izravne upotrebe geotermalne energije za razdoblje 1995. –2020.	6
Tablica 4-1. Predviđene temperature u staklenicima za uzgajanje određenih kultura.....	8
Tablica 5-1. Geotermalni projekti u fazi eksploatacije.....	13

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI JEDINICA

°C – Celzijev stupanj

°C/m – Celzijev stupanj po metru

MW – megavat

MWt, MWth – megavat toplinski

TJ/god – teradžul po godini

GWh/god – gigavatsat po godini

ha – hektar

m³/h – metar kubični po satu

l/s – litra po sekundi

MWe – električni megavat

m – metar

m² – metar kvadratni

km² – kilometar kvadratni

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

GEA – Udruga za geotermalnu energiju

OIE – Obnovljivi izvori energije

AZU – Agencija za ugljikovodike

EU – Europska Unija

d.d. – dioničko društvo

d.o.o. – društvo s ograničenom odgovornošću

1. UVOD

Geotermalna energija danas ima širok raspon primjene. Najjednostavnija podjela primjena je za proizvodnju električne energije i za geotermalno grijanje i hlađenje. Primjeri grijanja i hlađenja su: poljoprivreda i prerada hrane, grijanje industrijskih procesa, zdravlje i turizam, grijanje i hlađenje stambenih prostora te druge upotrebe. Poljoprivredna i prehrambeno-prerađivačka industrija jedne su od najvećih i resursno najzahtjevnijih na svijetu. Gotovo 30 % globalne energije se troši u navedenom sektoru te do 70 % svih proizvedenih slatkih voda (World Bank, 2017). Navedeni statistički podatci ukazuju na veliku štetnost poljoprivredne industrije u aspektu klimatskih promjena i iskorištavanja nepovratnih prirodnih resursa. Kako globalno stanovništvo raste, tako je sve veća potreba za rastom poljoprivrednih djelatnosti koje ovise o dostupnosti vode, zemljišta i energije. Do sada se poljoprivredna industrija oslanjala na proizvodnju fosilnih goriva što uvelike utječe na cijene proizvoda. Kako bi se smanjilo variranje cijena, trebala bi se postupno smanjivati ovisnost o fosilnim gorivima. Zamjena korištenja fosilnih goriva raznim oblicima obnovljivih izvora energije (OIE) dovela bi do smanjenja klimatskih promjena i povećanja globalne sigurnosti hrane. Korištenje sigurne, dostupne i ekološki prihvatljive energije trebalo bi postati prioritet za poljoprivrednu industriju da se smanji njezino štetno djelovanje na okoliš. Ovim će se radom pokazati na koji način djeluje grijanje plastenika s pomoću geotermalne energije i koje su njezine dobrobiti.

U Hrvatskoj su istraživanje i proizvodnja ugljikovodika u padu zadnja dva desetljeća te je sve više napuštenih naftnih i plinskih bušotina. Neke od njih, gdje postoji velik geotermalni potencijal, moguće je revitalizirati. Na taj se način mogu postići strateški interesi – smanjenje troškova likvidacije i ostvarivanje Zelenog plana (Macenić et al., 2022).

2. KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE

2.1. Sustavi prijenosa tople vode

Vrsta sustava usvojena za prijenos geotermalne vode od njenog izvora do iskorištenja ovisi o vrsti bušotine, karakteristikama vode te troškovima ulaganja i načinu rada.

Sustave dizalica topline dijelimo na zatvoreni i otvoreni krug.

Zatvoreni sustavi obično se sastoje od više izmjenjivača topline ugrađenih u podzemlje, postavljenih vertikalno (tzv. geotermalne dizalice topline) ili horizontalno (dizalice topline sa solarnim zemljanim kolektorom).

Sustav s otvorenim krugom: sustav iskorištavanja topline podzemnih voda (proizvodna i utisna bušotina ili izljev u površinske vodotokove) (Primijenjena termogeologija skripta, n.d.).

2.1.1. Indirektna uporaba

Indirektna uporaba geotermalne energije obično se odnosi na proizvodnju električne energije korištenjem topline iz geotermalnog izvora. Temperatura ležišta koja se iskorištavaju indirektno su obično viša od 150 °C i nalaze se na dubinama od 3 do 5 km osim na Islandu koji takve izvore ima na manjim dubinama. Postoje 3 vrste geotermalnih elektrana: sa suhom parom, s isparavanjem i s binarnim ciklusom.

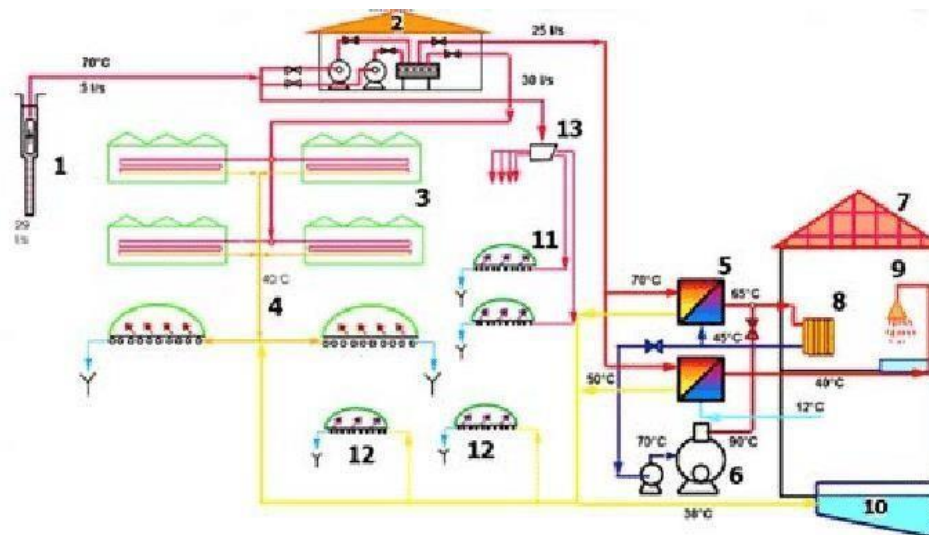
2.1.2. Direktna uporaba

Izravna ili neelektrična uporaba geotermalne energije odnosi se na neposredno korištenje energije za grijanje i hlađenje. Toplina je dobivena iz niskotemperaturnog ležišta (< 150 °C) i koristi se za grijanje bazena, grijanje i hlađenje prostora, poljoprivredu, akvakulturu i za toplinsku opskrbu industrijskih procesa. Niskotemperaturni geotermalni sustav za izravnu uporabu sastoji se od proizvodnog postrojenja koji osigurava stabilan dotok tople vode, mehaničkog sustava koji predaje toplinu za namjeravanu upotrebu i sustava zbrinjavanja gdje se ohlađena voda iz procesa utiskuje u zemlju ili se na neki drugi način zbrinjava. Ako bušotina nije arteška koristi se uronjena pumpa u bušotini za podizanje fluida. Stanje fluida koji se prenosi od ušća bušotine do mjesta primjene ili separatora može

biti tekuće, para ili dvofazna smjesa (tj. para i voda). Troškovi prijenosnog cjevovoda su veliki i ovise o udaljenosti izvora od mjesta gdje se toplina primjenjuje. Jedan od glavnih nedostataka korištenja geotermalne energije u staklenicima je prilično visok investicijski trošak za bušotinu, prijenosne i regulacijske sustave koji su nekolicini potrebni samo u dijelu godine. Ovaj problem može se riješiti pronalaženjem drugih potencijalnih korisnika topline i kaskadno koristiti toplinu.

2.1.3. Kaskadna uporaba

Nakon što smo iskoristili toplinu za neki proces, ostatak topline tekućine niže temperature može se koristiti za grijanje prostora. Ovo višestupanjsko korištenje gdje se niže temperature vode koriste u uzastopnim koracima naziva se kaskadno ili korištenje otpadne topline.



Slika 2-1. Kaskadno korištenje u Sjevernoj Makedoniji (Slave i Filkoski, 2011)

Shemu industrijskog pogona za više razine iskorištenja geotermalne energije u selu Bansko

– Strumica čine:

- 1 – geotermalni izvor
- 2 – crpna stanica
- 3 – staklenik
- 4 – plastika

- 5 – izmjenjivač topline
- 6 – kotao na fosilno gorivo
- 7 – hotel “Car Samuil”
- 8 – grijanje hotela
- 9 – sanitarna topla voda
- 10 – bazen
- 11 – staklenici povezani direktno na geotermalnu vodu
- 12 – staklenici spojeni indirektno na geotermalnu vodu
- 13 – otvoreni bazen-razvod geotermalne vode.

Slika predstavlja sustav za korištenje geotermalne vode u selu Bansko – Strumica. Nakon crpne stanice 2 jedan dio vode doveden je direktno u staklenik cca 3 ha površine, a zatim se dovodi do ostalih plastenika. Drugi dio vruće vode iz crpne stanice 2 dovodi se u posebne izmjenjivače topline iz kojih se voda dalje prenosi u hotel „Car Samuil” za centralno grijanje i ostale hotelske potrebe. Ohlađena voda iz staklenika – 3, staklenika – 4 s pomoću izmjenjivača topline – 5 dovodi se do bazena –10. Treći dio tople vode iz crpne stanice dovodi se u otvoreni bazen – 13, a potom do staklenika – 11 u njegovom neposrednom okruženju.

Nakon iskorištenja geotermalne vode u procesnoj industriji, za izvođenje tehnoloških procesa prerade hrane i za hlađenje, voda se koristi za grijanje i hlađenje kuća (stanova) i za grijanje plastenika, a na kraju se voda koristi u akvakulturi.

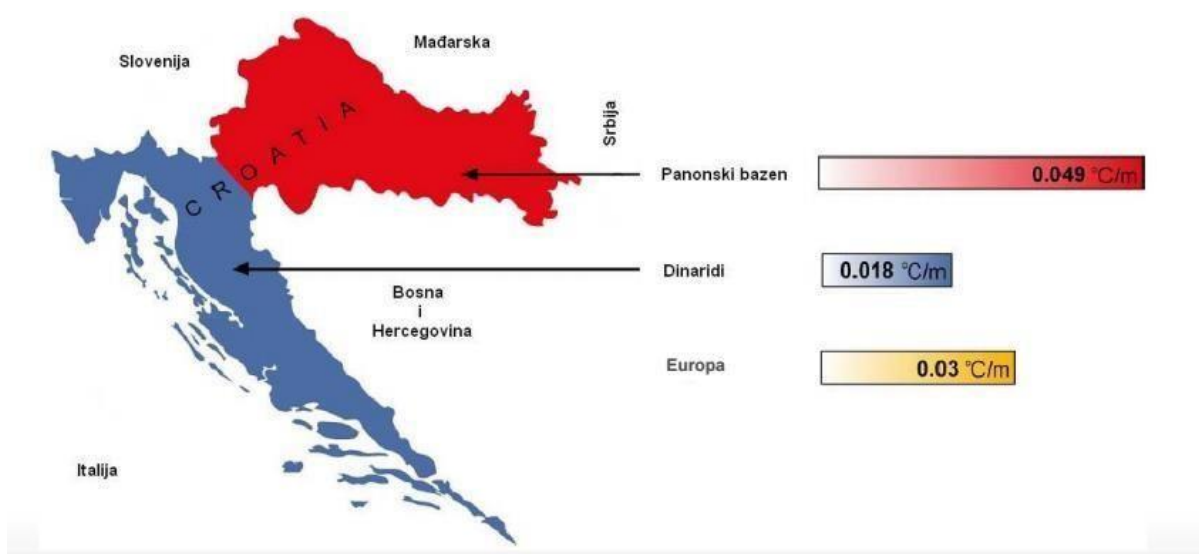


Slika 2-2. Shematski prikaz kaskadnog korištenja geotermalne energije (Institut Hrvoje Požar, 2010)

2.2. Geotermalni potencijal u RH

Stopa promjene temperature s dubinom naziva se geotermalni gradijent ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$), a prihvatljivost iskorištavanja geotermalne energije ovisi o geotermalnom gradijentu.

Republika Hrvatska ima izrazito povoljnu poziciju za iskorištavanje geotermalnog potencijala. Panonski bazen u Hrvatskoj ima 60 % viši geotermalni gradijent od europskog prosjeka (Agencija za ugljikovodike, 2022). Zbog visokog geotermalnog gradijenta kontinentalna Hrvatska ima izniman potencijal za proizvodnju električne energije u geotermalnim elektranama s grubom procjenom 500 MW.



Slika 2-3. Karta geotermalnih gradijenata u Republici Hrvatskoj (mene.hr, 2010)

2.3. Geotermalni potencijal u svijetu

Najveći je potencijal na granicama između litosfernih ploča jer se tamo oslobađa velika količina topline iz Zemljine unutrašnjosti.

Na temelju trenutnog geološkog znanja i tehnologije Udruga geotermalne energije (GEA) javno objavljuje svoje procjene da je do sada iskorišteno samo 6,9 % ukupnog globalnog potencijala.



Slika 2-4. Prikaz najaktivnijeg geotermalnog područja u svijetu (Energy education, 2022)

2.4. Statistički podatci upotrebe geotermalne energije u Europi i svijetu

Izravno korištenje geotermalne energije posljednjih je godina u stalnome porastu. Godine 2020. 88 zemalja koristilo je geotermalnu energiju, za razliku od 1995. kada ju je koristilo samo 28 zemalja. Pet je zemalja s najvećim izravnim korištenjem (bez geotermalnih dizalica topline) instaliranog kapaciteta (MWt): Kina, Turska, Japan, Island i Mađarska, koje čine 76 % svjetskog kapaciteta (Lund i Toth, 2020).

Tablica 2-1. Tablični prikaz kapaciteta MWt za različite kategorije izravne upotrebe geotermalne energije za razdoblje 1995. - 2020. (Lund i Toth, 2020)

Iskorištenje	Kapacitet MWt					
	2020.	2015.	2010.	2005.	2000.	1995.
Geotermalne dizalice topline	77 547	50 258	33 134	15 384	5275	1854
Grijanje prostora	12 768	7602	5394	4366	3263	2579
Grijanje staklenika	2459	1972	1544	1404	1246	1085
Grijanje ribnjaka (akvakultura)	950	696	653	616	605	1097
Poljoprivredno sušenje	257	161	125	157	74	67
Industrijska upotreba	852	614	533	484	474	544
Kupališta	12 253	9143	6700	5401	3957	1085

Hlađenje/otapanje snijega	435	360	368	371	114	115
Ostalo	106	79	42	86	137	238
Ukupno	107 727	70 885	48 493	28 269	15 145	8664
% povećanja u 5 godina	0,52	46,2	71,5	86,7	74,8	

Iz tablice vidljivo je kako je porast korištenja geotermalne energije od 2015. do 2020. 52 %, dok je za grijanje staklenika instalirani kapacitet 24 % u porastu. Instalirani je kapacitet 2459 MWt i 35 826 TJ/god u korištenju energije. Ukupno su 32 zemlje prijavile geotermalno grijanje staklenika. Korištena toplinska energija iznosi 1 020 887 TJ/god (283 580 GWh/god), a na grijanje staklenika je korišteno tek 3,5 % navedenog iznosa. Ušteda energije iznosi 596 milijuna barela (81 milijun tona) ekvivalentne nafte godišnje čime se sprječava ispuštanje 78,1 milijuna tona ugljika i 252,6 milijuna tona CO₂ u atmosferu.

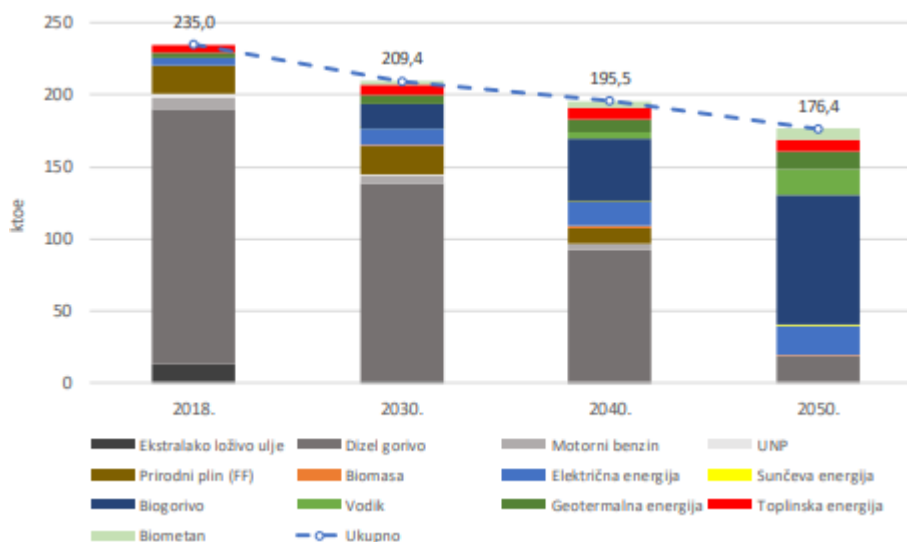
3. PLAN ZELENE EUROPE I SVIJETA

3.1. Zeleni plan

Dekarbonizacija energetskeg sustava izrazito je potrebna jer proizvodnja i upotreba energije stvara više od 75 % emisija stakleničkih plinova u EU. Europski zeleni plan nalaže prelazak na čistu energiju koja je sigurna i cjenovno prihvatljiva te se temelji na obnovljivim izvorima energije (Europska komisija, 2022).

3.2. Klimatska neutralnost poljoprivrede RH

Hrvatska mora smanjiti udio fosilnih goriva u poljoprivredi koji je za sad vrlo značajan (preko 90 %). Do 2050. godine prema scenariju iznositi će svega 10 %. Dizelsko gorivo će se postupno smanjivati i zamijeniti biogorivom, a očekuje se porast korištenja električne energije, biometana i geotermalne energije (Scenarij za postizanje klimatske neutralnosti u Republici Hrvatskoj, 2021).



Slika 3-1. Stupčasti dijagram neposredne potrošnje energije u poljoprivredi (Scenarij za postizanje klimatske neutralnosti u Republici Hrvatskoj do 2050. godine, 2021)

4. DOBROBITI STAKLENIČKE PROIZVODNJE

Cilj je stakleničke proizvodnje stvaranje optimalnih uvjeta za uzgajanje određenih biljaka te ubrzavanje njihovih životnih procesa. Kako bi završila puni životni ciklus, svaka vrsta biljke treba određenu količinu energije (tj. topline). Trajanje razvoja biljke, količina i kakvoća uroda ovise o energiji koja se dovodi u plastenik i koja je izravno povezana s intenzitetom dostupne dnevne svjetlosti. Idealne prirodne uvjete za opskrbu energijom koja je potrebna za razvoj biljaka, moguće je ostvariti samo u dijelu klimatske godine. Različite biljke zahtijevaju različite specifične uvjete.

Tablica 4-1. Predviđene temperature u staklenicima za uzgajanje određenih kultura (menea.hr, 2010)

Dnevna temperatura °C	Noćna temperatura °C	Kultura uzgajana u stakleniku
		Povrće
18-29	16-18	Paprika
21-24	17-18	Rajčica
24-25	21	Krastavac
24	18	Zelena salata (hidroponski uzgoj)
		Cvijeće
16-17	17	Ruže
21-27	18-22	Biljke iz porodice mlječika (Euphorbiaceae)
16		Ljiljani
24	10	Karanfili
21-27 (max)		Biljke iz porodice Geranium
21 (min)	18 (min)	Fuksija

Temperatura u stakleniku je vrlo važan čimbenik o kojem ovisi brzina rasta biljaka, prinos biljaka te kvaliteta plodova. Neke od potrebnih temperatura su prikazane u tablici.

Svjetlo je važno za životni proces svake biljke, stoga se podrazumijeva uporaba prozirnih materijala poput stakla, plastičnih folija, ploča i sl. koji s pomoću sunčeve energije podižu unutarnje temperature. Međutim, to nije dovoljno za održavanje optimalnih uvjeta rasta tijekom noći i u razdobljima kada sunčevo zračenje nije dovoljno jako. Potrebna je toplina koja se može regulirati. Količina potrebne dodatne topline ovisi o lokaciji, klimi, zahtjevima biljaka i vrsti konstrukcije staklenika. U područjima s kratkim razdobljima maksimalne potrebe za toplinom nije ekonomski opravdano ulagati u skupe instalacije za grijanje staklenika.

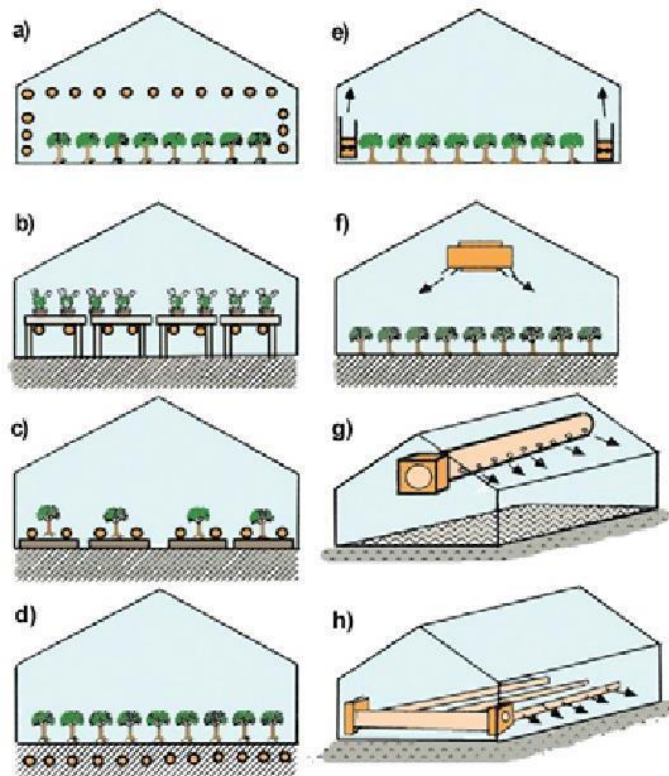
Tehnološka rješenja za staklenike ovise o:

1. vrsti stakleničke proizvodnje (biljke zahtijevaju kontroliranu klimu tijekom cijele godine ili hladnijih mjeseci)
2. ulozi instalacije grijanja (stupanj kontrole unutarnje temperature)
3. vrsti bušotine (s pomoću električnih pumpi ili bez njih)
4. kemijskim karakteristikama geotermalnih fluida
5. ograničenjima izazvanima kaskadnim korištenjem geotermalne vode.

4.1. Izvedbe grijanja plastenika

Za praktičku upotrebu ovi sustavi mogu se grupirati kao sustavi grijanja sa:

- cijevi za grijanje ulegnute u zemlju
- cijev za grijanje postavljena na površinu zemlje ili na klupu
- zračne grijalice s ventilatorom
- ventilatorski konvektori
- kombinirano.



Slika 4-1. Mogući sustavi grijanja staklenika s prirodnom cirkulacijom zraka (Armenski, 2011)

- a) zračni kanalni sustav
- b) grijanje na klupicama
- c) niskopozicionirane instalacije za kombinirano zračno grijanje i grijanje tla
- d) grijanje tla
- e) konvektorsko grijanje
- f) ventilokonvektorsko grijanje
- g) „jet-fan“ – visokopozicionirano kanalno grijanje
- h) niskopozicionirano kanalno grijanje

Sustav grijanja tla moguć je u vrlo blagim klimatskim uvjetima i kada nam je potrebno samo zagrijavanje korijena biljke. Sustav za grijanje zraka i tla pogodan je za mnoge kulture i osigurava optimalan prijenos topline na biljke u blagim klimatskim uvjetima. Sustav za grijanje zraka može se koristiti i u nepovoljnijim klimatskim uvjetima jer omogućava dobru regulaciju temperature u stakleniku. Problem ovog sustava predstavljaju veliki grijači koji zaklanjaju sunčevu svjetlost biljkama.



Slika 4-2. Jet-fan sustav (usgr.com, 2019)

Jet-fan sustav ili sustav s ventilatorskim provođenjem topline sadrži grijače koji su povezani s perforiranim cijevima s donje strane. Sustav se nalazi točno ispod krova kako topli zrak ne bi direktno utjecao i djelovao štetno na biljke. Njegova je uporaba široko rasprostranjena zbog toga što je jednostavan i jeftin.

5. PRIMJERI STAKLENIČKE PROIZVODNJE

5.1. Mađarska

Poljoprivredni sektor u Mađarskoj značajan je u izravnoj uporabi, posebno u jugoistočnoj Mađarskoj, gdje grijanje staklenika i plastičnih šatora ima dugu tradiciju. Staklenici koriste više od 80 ha, a plastični šatori i grijanje tla opskrbljeno toplinom termalne vode više od 250 ha. Procijenjena toplinska snaga primijenjena u području iskorištavanja poljoprivrede je oko 358 MWt. U Tótkomlósu se trenutno razvija geotermalni projekt kapaciteta 22 MWth. Dubina bušotine je 2200 m, a planirana temperatura ušća bušotine je 135 °C. Oko 1000 privatnih potrošača topline i staklenici površine 13 ha opskrbljivali bi se geotermalnom toplinom. Ako projekt uspije, moći će se proizvoditi 3 – 5 MWe električne energije (Country update for Hungary, 2020). U Mađarskoj postoje 493 bušotine koje proizvode 11 milijuna m³ geotermalne vode koju koriste za grijanje više od 70 ha staklenika i 260 ha politunela za grijanje tla.

5.1.1. Tura

Polje Tura smješteno je 40 km od Budimpešte. Na dubini 1700 – 3190 m nalazi se ležište površine 1247,5 km². Temperatura vode je 104 °C, a pridobiva se protokom 16 l/s. Energija geotermalnih izvora iznosi 7 MW te se koristi za grijanje staklenika s rajčicama. Osim toplinske energije, proizvode i 3 MWe (manvit.com, 2022).

5.1.2. Veresegyház

Grad s otprilike 20 000 stanovnika bogat je termalnim izvorima. Voda se crpi iz ležišta trijaskog krša sa dubine oko 1450 m. Trenutno imaju 4 bušotine, 3 proizvodne i 1 utisna. Temperatura vode na ušću bušotine pri umjerenoj brzini od 30 m³/h je 64 °C. Uporaba geotermalne energije u Veresegyházu počela je 1992. te se od tad stanovništvo udvostručilo. U gradu se geotermalna energija koristi za grijanje privatnih kuća, zgrada i za industrijske svrhe što uključuje grijanje staklenika 6,3 ha (Szita, 2016).

5.2. Hrvatska

Izravna uporaba geotermalne topline za grijanje plastenika primjenjuje se u Bošnjacima i Sv. Nedelji na nekoliko hektara kapaciteta 6,5 MWt. Prema dokumentu „Vodič za razvoj i provedbu projekata obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj“ iz prosinca 2021. Hrvatska ima 19 aktivnih geotermalnih projekata. Šest je projekata u fazi eksploatacije/proizvodnje, od kojih jedan projekt proizvodi električnu energiju (10 MW), a pet toplinsku (91 MWt). Toplinska energija koju proizvode dva projekta, Bošnjaci sjever i Sveta Nedelja, koristi se za grijanje staklenika za proizvodnju rajčica, a ostala tri za grijanje zgrada. Postoji i jedan planirani hibridni projekt (Draškovec) koji bi kombinirao geotermalnu energiju i prirodni plin. Administrativno je u eksploatacijskoj fazi, ali u stvarnosti još uvijek je u razvojnoj fazi. Dvanaest je projekata u fazi istraživanja, od kojih je sedam samo za proizvodnju električne energije, tri za toplinsku energiju, a dva su s iskazanim interesom za kombiniranu proizvodnju električne energije i topline (Vodič za razvoj i provedbu projekata obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, 2021).

Tablica 5-2. Geotermalni projekti u fazi eksploatacije (Vodič za razvoj i provedbu projekata obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, 2021)

Eksplotacijsko polje	Županija	Vlasnik dozvole	Vlasništvo	Vrsta
Bizovac	Osječko-baranjska	INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d.	privatno / javno	toplinska
Bošnjaci sjever	Vukovarsko-srijemska	RURIS d.o.o.	privatno	toplinska
GT Ivanić	Zagrebačka	INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d.	privatno / javno	toplinska
Sveta Nedelja	Zagrebačka	EKO PLODOVI d.o.o.	privatno	toplinska
Velika Ciglena	Bjelovarsko-bilogorska	GEOEN d.o.o.	privatno	električna
GT Zagreb	Grad Zagreb/ Zagrebačka	GPC INSTRUMENTATION PROCESS d.o.o.	privatno	toplinska
Draškovec	Međimurska	AAT Geothermae d.o.o.	privatno	električna/ toplinska

5.2.1. Sv. Nedelja

Bušotina N-1 dubine 1311,40 m crpi geotermalnu vodu s pomoću ugrađene dubinske crpke na dubini oko 120 m s protokom do 25 l/s. Temperatura vode na ušću bušotine je oko 65 °C, dok temperatura vode koja se ispušta neobrađena u okoliš, točnije u potok Velika sjenokoša, iznosi 30 °C , a u zrak se ispušta mala količina plina. Takav je način ispuštanja vode u okoliš moguć jer je ovo ležište s prirodnim napajanjem, pa nije potrebno utiskivanje vode utisnom bušotinom, i karakteristike vode to omogućuju (Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode za energetske potrebe na budućem eksploatacijskom polju "Sveta Nedelja", 2018).



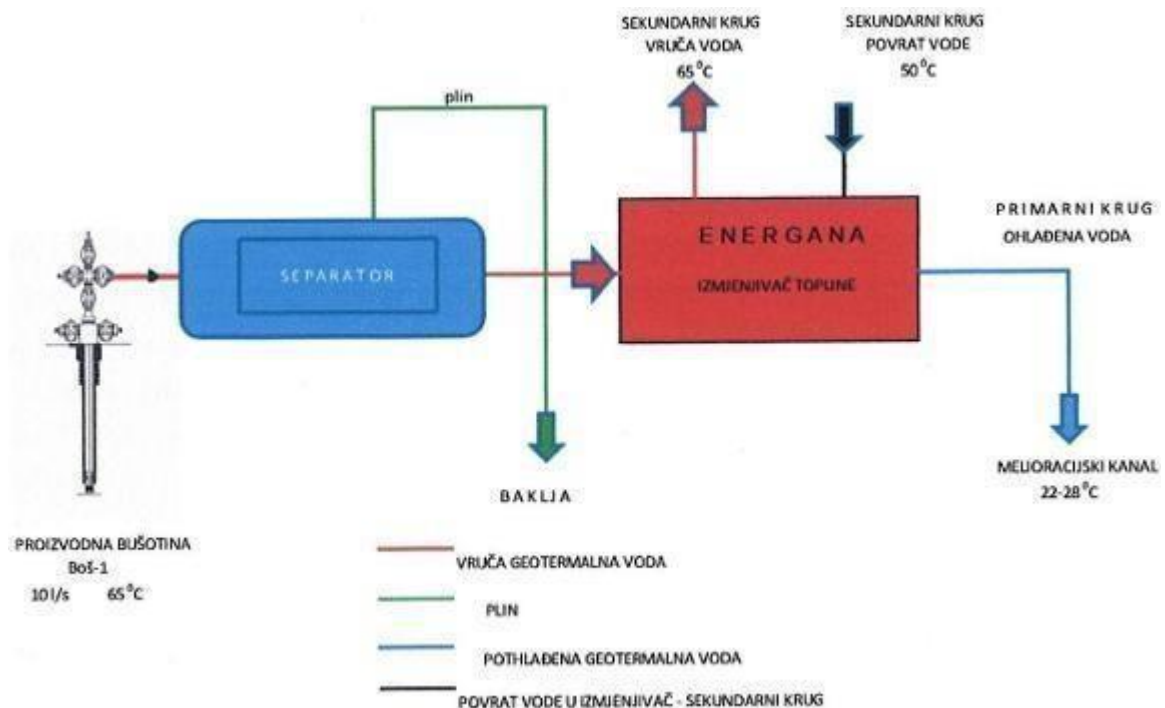
Slika 5-1. Nadzemni dio bušotine N-1 (Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode za energetske potrebe na budućem eksploatacijskom polju "Sveta Nedelja", 2018)



Slika 5-2. Staklenici za uzgoj „Rajskih rajčica“ (Google Maps, 2022)

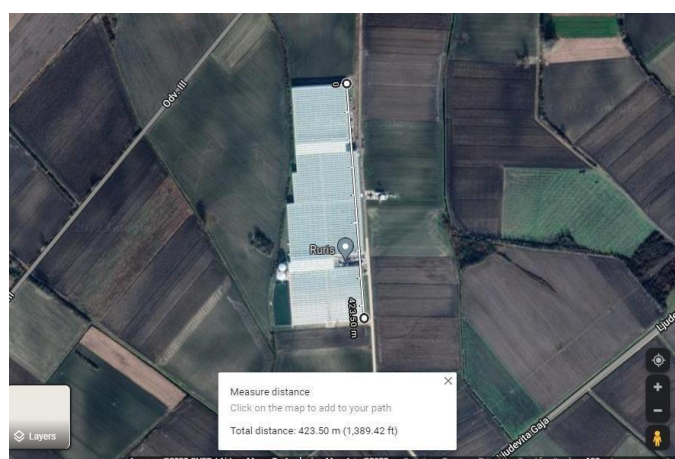
5.2.2. Bošnjaci – sjever

Na eksploatacijskom polju „Bošnjaci-sjever“ nalazi se bušotina Bošnjaci-1 dubine 1165 m. Vrijednost geotermalnog gradijenta iznosi $6,1 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$, a temperatura vode tijekom probne eksploatacije iznosila je $62 \text{ }^\circ\text{C}$. Geotermalna se voda pridobiva po potrebi i samo u hladnijem dijelu godine protokom do 10 l/s. Prosječna toplinska snaga iznosi 1,441 MW. Nakon prijenosa topline staklenicima, voda temperature niže od $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ispušta se u okoliš zato što to omogućuje kakvoća otplinjene rashlađene vode.



Slika 5-3. Tehničko-tehnološka shema procesa (Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode u svrhu poljoprivredne proizvodnje na budućem eksploatacijskom polju „Bošnjaci-sjever“, 2016)

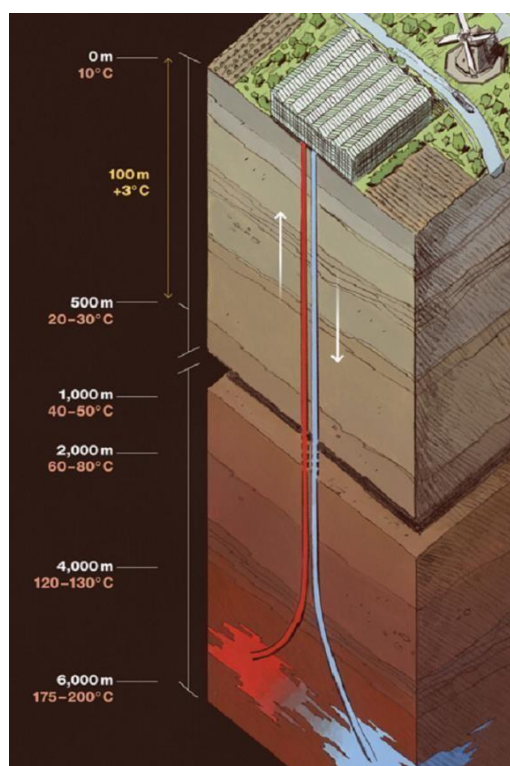
Mjerenja količine i temperature geotermalne vode izvode se neposredno na izlazu iz separatora te na ulazu u pločasti izmjenjivač topline sa sekundarnim krugom. Separatorom izdvojen plin odvodi se do baklje i spaljuje se.



Slika 5-4. Plastenici za uzgoj rajčice u Općini Bošnjaci (Google Maps, 2022)

5.3. Nizozemska

Nizozemska je drugi najveći svjetski izvoznik hrane, a veliki razlog tome je 9000 ha staklenika. Nizozemska vlada obećala je osloboditi se ovisnosti o prirodnom plinu do 2030. godine i smanjiti emisije ekvivalentne CO₂ za 49 % u usporedbi s razinama iz 1990. godine. Poljoprivredni sektor poduzima korake prema korištenju obnovljive energije, s nekoliko postrojenja za geotermalnu energiju koja su puštena u rad posljednjih godina. U 2019. je postojalo približno 20 geotermalnih bušotina koje su uglavnom opskrbljivale stakleničku proizvodnju, a planovi procjenjuju izgradnju još stotinjak geotermalnih instalacija do 2030. godine. Geotermalni gradijent u prosjeku iznosi 3 °C kao što je vidljivo na slici.



Slika 5-5. Geotermalni gradijent u Nizozemskoj (alfalaval.co.uk, 2022)

5.3.1. *Luttelgeest, Marknesse i Nootdorp*

Hoogweg Paprikakwekerijen proizvode papriku na 5 različitih lokacija diljem Nizozemske na ukupnoj površini 160 hektara. Izbušene su 3 bušotine (jedna proizvodna i dvije utisne) do dubine cca 1800 metara. Proizvodnja vode temperature oko 78 °C je +/-350 m³/h, a temperatura vode u povratnom toku je 15 – 20 stupnjeva. 70 % topline za staklenike osigurava im geotermalna energija, a 25 % biomasa.



Slika 5-6. Staklenici Hoogweg Paprikakwekerijen (hoogweg.nl, 2022)

5.3.2. *Poeldijk*

Lokacija se nalazi u južnoj Nizozemskoj, a geotermalna se voda crpi od 2017. godine s dubine 2500 m. Instalirana je snaga 18 MWt i opskrbljuje toplinom 17 hortikulturalnih tvrtki, a u zadnje se vrijeme griju i kuće.

5.4. Grčka

Grčka je povoljna zemlja s geotermalnog gledišta zbog mnogo područja od značajnog geotermalnog interesa, od kojih su 32 službeno označena kao geotermalna polja. Sustavno korištenje geotermalnih izvora u Grčkoj počelo je 1980-ih, no najviše se koristi za grijanje toplica i poljoprivredu (uglavnom grijanje staklenika), a golemi se potencijal i dalje ne koristi za proizvodnju električne energije. U posljednjih pet godina uloženo je više od 20 milijuna eura u izgradnju infrastrukturnih projekata za iskorištavanje geotermalne energije (bušotine, toplovodne transportne i distribucijske mreže, termoelektrane i dr.) i stakleničkih jedinica u samo dva geotermalna polja Neos Erasmios-Manganon u Xanthiju i Erateinos Chrysoupolis u Kavaliju (ypaithros.gr, 2017).

5.4.1. Neo Erasmo-Manganon

U polju Neo Erasmo-Manganon u Xantiju geotermalna energija koristi se za grijanje 140 ha staklenika rajčica i krastavaca s geotermalnom vodom od 60 °C. Procjenjuje se da ušteda troškova od korištenja geotermalne energije prelazi 60 % u usporedbi s drugim konvencionalnim gorivima. Tople vode ovog područja koriste se i za dehidraciju rajčica i drugih poljoprivrednih proizvoda od 2001. godine (ypaithros.gr, 2017).

5.5. Turska

Ujedinjeni Narodi su pokrenuli grijanje staklenika 0,2 ha geotermalnom energijom 1973. u Denizli-Kizildereu. Od tada direktno korištenje geotermalne energije ima znatan porast. Prema podacima sa geotermalnog kongresa 2013. Turska je koristila 2705 MWt dokazanih kapaciteta za grijanje, od čega se 612 MWt odnosilo na grijanje staklenika. Veći dio grijanih staklenika je na zapadu zemlje, a na jugoistoku se nalazi jedan veliki projekt u pokrajini Sanliurfa na 36,7 ha. (**Slika 5-6.**) Procjene 2018. za direktno korištenje geotermalne energije za grijanje staklenika površine 600 ha iznosilo je 2040 MWt (Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2013), 2013).

U jugoistočnoj Anadoliji izbušeno je mnogo naftnih bušotina, ali neke su napuštene. Danas jedna od napuštenih bušotina u pokrajini Batman proizvodi vodu i grije staklenike i kupališta. Temperatura vode na ušću je 84,5 °C, a protok je 16 l/s (Geological and hydrogeochemical properties of geothermal systems in the southeastern region of Turkey, 2019).



Slika 5-7. Površina staklenika grijana geotermalnom energijom 2013. (ha) (Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2013), 2013)

Prema novijim podacima iz 2019. kapaciteti su prošireni na 430 ha (820 MWt). Kao turski cilj za 2025. o izravnom korištenju geotermalne energije uključujući uglavnom daljinsko grijanje, grijanje staklenika, grijanje toplinskih objekata procijenjena je rashladna i balneološka uporaba 7000 MWt (Geothermal Energy Use, Country Update for Turkey, 2019).

5.5.1. Diliki

U tijeku je realizacija projekta bušenja 7 bušotina i postavljanje 50 visokotehnoloških staklenika s minimalno 25 ha koji će biti grijani geotermalnom energijom. Predviđena je dobava 25 l/s temperature 75 °C s dubine 1200 m. Utisnim bušotinama utiskivati će nazad proizvedenu vodu. Cilj im je proizvoditi 80 000 tona proizvoda godišnje i zaposliti oko 3500 ljudi (thinkgeoenergy.com, 2022).

6. ZAKLJUČAK

Fosilna goriva predstavljaju rizik za poljoprivredni sektor zbog nestabilnih cijena, a geotermalna energija osigurava stabilnost troškova, dostupna je u cijelom svijetu, može se pridobivati svakodnevno i ne ovisi o okolišnim uvjetima poput sunca i vjetra. Sustavi korištenja geotermalne energije jednostavni su za izgradnju i održavanje. Sam izbor instalacije grijanja staklenika kompleksan je proces zbog međuovisnosti različitih čimbenika, ali najbitnije je temeljito proučavanje karakteristika geotermalnog izvora. Grijanje plastenika geotermalnom energijom doprinosi očuvanju okoliša, otvaranju radnih mjesta i lokalnoj proizvodnji hrane. Kako se cijena fosilnih goriva povećava, tako se povrat za alternativne sustave grijanja skraćuje. Za većinu geotermalnih sustava povrat je za manje od deset godina, a kada dođe do povrata investicije geotermalna energija je jeftin energent. Danas je poljoprivreda visokotehnološka djelatnost i većina staklenika se grije tijekom cijele godine, većinom na fosilna goriva, što ne ide u korist poljoprivrednicima (zbog nestabilnih cijena) ni smanjenju zagađenja.

Dok se ostale države Europe mogu pohvaliti sa desetak ili stotinjak geotermalnih bušotina za grijanje plastenika, Hrvatska ima dvije. Razlog tome su dugotrajni proces dobivanja dozvola i potrebne papirologije te visoki investicijski troškovi za male poljoprivredne tvrtke. Hrvatska bi trebala više pozornosti pridodati geotermalnoj energiji s naglaskom na korištenje u poljoprivredi jer je bogata obradivim površinama i višim geotermalnim gradijentom od prosjeka Europe. Revitalizacijom starih naftnih i plinskih bušotina koje se nalaze na obradivim površinama omogućen je porast broja geotermalnih bušotina u Republici Hrvatskoj.

7. LITERATURA

1. ARMENSKI, S., FILKOVSKI, R. V., 2011. Modern technologies for utilization of geothermal energy and its influence to the environment
2. BABA, A., SAROGLUB, F., AKKUS, I., OZELC, N., YESILNACARD, M.I., NALBANTCILARE, M.T., DEMIRA, M.M., GOKCENA, G., ARSLANE, S., DURSUND, N., UZELLIA, T., YAZDANIA, H., 2019. Geological and hydrogeochemical properties of geothermal systems in the southeastern region of Turkey
3. DOMBAJ, S., n.d., Grijanje plastenika – izbor sustava grijanja (2)
4. EKO PLODOVI D.O.O., 2018. Elaborat zaštite okoliša u postupku zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode za energetske potrebe na budućem eksploatacijskom polju "Sveta Nedelja"
5. KUDAMIJA, H., 2021. Praktični primjer mogućnosti korištenja geotermalne energije
6. KUREVIJA, T., n.d. e-udžbenik za studente RGN fakulteta, Primijenjena termogeologija i korištenje geotermalnih dizalica topline
7. LUND, J. W., TOTH, A. N., 2020. Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review, *Geothermics*
8. MACENIĆ, M., KUREVIJA, T., HERBST, T. 2022. Eksploatacija geotermalne energije revitalizacijom privremeno napuštenih bušotina, *Nafta i Plin*, 41.(170. - 171.), str. 89-96
9. MERTOGLU, O., BAKIR, N, KAYA, T., n.d., Geothermal application experiences in Turkey
10. MERTOGLU, O., SIMSEK, S., BASARIR, N., PAKSOY, H., 2019. Geothermal Energy Use, Country Update for Turkey
11. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2021. Scenarij za postizanje klimatske neutralnosti u Republici Hrvatskoj do 2050. godine
12. NADOR, A., KUJBUS, A., TOTH, A., 2019. Country update for Hungary
13. PARLAKTUNA, M., MERTOGLU, O., SIMSEK, S., PAKSOY, H., BASARIR, N., 2013. Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2013)
14. POPOVSKI, K., POPOVSKA-VASILEVSKA, S., 2002. Geothermal energy uses in agriculture heating greenhouses with geothermal energy
15. RURIS D.O.O., 2016. Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode u svrhu poljoprivredne proizvodnje na budućem eksploatacijskom polju „Bošnjaci-sjever“
16. SZITA, G., 2016. How geothermal has changed people's thinking in Veresegyház?

17. ŠIMIĆ, I., DOMINKOVIĆ CECELJA I., TURKOVIĆ M., ERCEGOVAC V., VRANA K., DROPULIĆ VEJIN P., DOMITROVIĆ D., LEIB B., TRSTENJAK J., KOMUŠANAC I., 2021. Vodič za razvoj i provedbu projekata obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj
18. ŽIVKOVIĆ, S., KOLBAH S., ŠKRLEC, M., TUMARA, D., 2019. Geothermal Energy Use, Country Update for Croatia

Internet izvori:

19. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE (AZU), 2018.
URL: www.azu.hr/geoterme/ (26.08.2022.)
20. ALFA LAVAL, 2022.
URL: <https://www.alfalaval.com/> (26.8.2022.)
21. EUROPSKA KOMISIJA, 2019.
URL: <https://ec.europa.eu/> (29.08.2022.)
22. FARM ENERGY, 2019.
URL: <https://farm-energy.extension.org/geothermal-heat-for-greenhouses/>
(27.08.2022.)
23. GEOTHERMAL RISING, 2020.
URL: <https://geothermal.org/our-impact/> (02.09.2022.)
24. HOOGWEG BELL PEPPER NUSERIES BV, 2021.
URL: <https://www.hoogweg.nl/nl> (26.8.2022.)
25. INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2010.
URL: <https://eihp.hr/en/> (26.08.2022.)
26. MANNVIT, 2022.
URL: <https://www.mannvit.com/projects/geothermal-plant-in-tura-hungary/>
(02.09.2022.)
27. THINKGEOENERGY, 2022.
URL: <https://www.thinkgeoenergy.com/dikili-tdiosb-to-drill-for-geothermal-greenhouse-heating-in-izmir-turkey/> (28.08.2022.)
28. UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS AMHERST, 2008.
URL: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/geothermal-heat-for->

[greenhouses#:~:text=The%20air%20passing%20through%20the,absorbed%20by%20the%20cooler%20earth](#) (27.08.2022.)

29. U.S. GLOBAL RESOURCES, 2019.

URL: https://www.usgr.com/fans/acme_fanjet/ (07.09.2022.)

30. WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE (WBDG), 2016.

URL: <https://www.wbdg.org/resources/geothermal-energy-direct-use>

31. WORLD BANK, 2017.

URL: <https://data.worldbank.org/indicator/er.h2o.fwag.zs> (26.08.2022.)

32. YPAITHROS.GR, 2017.

URL: <https://www.ypaitiros.gr/ekdoseis/i-geothermia-ston-agrotiko-tomea-tis-elladas/> (26.8.2022.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad pod naslovom „ Korištenje geotermalne energije za grijanje staklenika u poljoprivrednom sektoru “ izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.

Parac



KLASA: 602-01/22-01/88
URBROJ: 251-70-12-22-2
U Zagrebu, 14.09.2022.

Lorena Parać, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/88, URBROJ: 251-70-12-22-1 od 30.04.2022. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE ZA GRIJANJE STAKLENIKA U POLJOPRIVREDNOM SEKTORU

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof.dr.sc. Tomislav Kurevija nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

Prof.dr.sc. Tomislav Kurevija

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Luka Perković

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)