

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK  
Šalek 87, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**OPTIMALNI NAČINI PRIDOBIVANJA ELEKTRIČNE ENERGIJE V  
SLOVENIJI**

Tematsko področje: ELEKTROTEHNIKA

Avtor:  
Miha Jevšenak, 9. razred

Mentor:  
Igor Košak, prof. pthv. in fiz.

Velenje, 2019

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek.

Mentor: Igor Košak, prof. pthv. in fiz.

Datum predstavitve:

---

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD OŠ Šalek, šolsko leto 2018/2019  
KG energija / elektrika / elektrarne / proizvodnja / stroški / onesnaževanje  
AV JEVŠENAK, Miha  
SA KOŠAK, Igor  
KZ 3320 Velenje, SLO, Šalek 87  
ZA OŠ Šalek Velenje  
LI 2019  
IN OPTIMALNI NAČINI PRIDOBIVANJA ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI  
TD RAZISKOVALNA NALOGA  
OP VII, 43 str., 3 pregl., 6 graf., 23 sl., 36 vir.  
IJ SL  
JI sl

AI Živimo v svetu, ki je energetske zelo potrošen. Samoumevno se nam zdi, da se ob pritisku na stikalo prižge luč. Da luč zasveti, potrebuje električno energijo, ki jo proizvajajo elektrarne. V Sloveniji imamo hidro, termo in sončne elektrarne, dve vetrni in eno jedrsko elektrarno. Vsaka izmed teh pridobiva električno energijo na različen način, pri čemer imajo vse nekaj prednosti in slabosti. Odločil sem se, da bom raziskal, katera elektrarna v Sloveniji najmanj škoduje okolju, katera ima najmanj stroškov pri izgradnji in obratovanju, katera proizvede največ električne energije in katera je posledično najprimernejša za Slovenijo. V pomoč pri raziskovalni nalogi mi je bila anketa, ki sem jo naredil na podlagi zgoraj naštetih vprašanj. Odgovore anketirancev sem primerjal z rezultati mojih raziskav. Ugotovil sem, da ni pretiranega odstopanja med mojimi rezultati in odgovori anketirancev in da sta lahko vetrna in sončna energija pomemben vir električne energije v Sloveniji. Raziskoval sem tudi, kakšna bi bila teoretično najboljša kombinacija elektrarn na obnovljive vire energije in prišel do spoznanja, da lahko tudi v tem primeru vetrna in sončna energija igrata pomembno vlogo. Na žalost bi bilo potrebno preveliko število vetrnic in sončnih elektrarn, ki bi posledično zavzele preveč prostora in tako ne bi bilo prostora za kmetijska in gospodarska zemljišča. Upam, da v prihodnosti slovenske energetike ne bo glavni denar, temveč učinkovite rešitve.

---

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND OŠ Šalek, 2018/2019

CX energy / electricity / electric power plant /production / cost / pollution

AU JEVŠENAK, Miha

AA KOŠAK, Igor

PP 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

PB OŠ Šalek, Šalek 87, Velenje, 3320 Velenje

PY 2019

TI OPTIMAL WAYS TO PRODUCE ELECTRICITY IN SLOVENIA

DT RESEARCH WORK

NO VII, 43 p., 3 tab., 6 graf., 23 fig., 36 ref.

LA SL

AL sl/en

AB We live in a world, which is wasting high energy. We think that usually, when we press the switch of the light, the light bulb starts shining. Electricity, which is made in power plants, is necessary, so the light bulb starts shining. In Slovenia, we have solar power plants, water power plants and thermal power plants, two wind turbines and one nuclear power plant. Each one of these power plants produces a stream in a different way and has advantages and disadvantages. I have decided that I am going to research, which power plant is the friendliest to the nature in Slovenia; which one has the cheapest construction and the best operating system; which one produces most steam; and which power plant is the best for Slovenia. To research this I used a questionnaire, which was based on the previously mentioned questions. Then I have compared answers of the interviewees with the results of my research. I have found out that there are not any mentionable discrepancies between my results and answers of the interviewees. I have also found out that the wind energy and the solar energy can be an important source of electricity in Slovenia. I have also researched, what would be theoretically the best combination of green power, and concluded that in this case the wind and solar energy would be an important source for Slovenia. Unfortunately, it would take a great number of windmills and solar panels, which would need too much space. In this case, there would not be any space left for agricultural and commercial surfaces. I hope that in the future of the Slovenian energy good solutions will be in the first place, and not the money.

---

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO TABEL, GRAFOV IN SLIK.....	VII
KAZALO TABEL .....	VII
KAZALO GRAFOV.....	VII
KAZALO SLIK .....	VII
1 UVOD .....	1
2 PREGLED OBJAV .....	2
2.1 UVOD V PREGLED OBJAV .....	2
2.2 ELEKTRIKA .....	2
2.3 ELEKTRIČNI MOTOR .....	2
2.4 VRSTE IN DELOVANJE ELEKTRARN.....	3
2.4.1 Hidroelektrarne.....	3
2.4.2 Jedrske elektrarne .....	6
2.4.3 Sončne elektrarne .....	8
2.4.4 Vetrne elektrarne .....	9
2.4.5 Termoelektrarne .....	11
2.5 PORABA ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	12
3 MATERIAL IN METODE DELA .....	14
3.1 MATERIAL.....	14
3.2 METODE DELA .....	14
3.3 ELEKTRONSKA SPOROČILA.....	15
4 REZULTATI.....	16
4.1 KATERA ELEKTRARNA PROIZVEDE NAJVEČ ELEKTRIČNE ENERGIJE?.....	16
4.2 KATERA ELEKTRARNA JE NAJPRIJAZNEJŠA DO OKOLJA? .....	17
4.2.1 Raba prostora .....	17
4.2.2 Izpusti CO <sub>2</sub> .....	17
4.2.3 Varnost.....	18
4.2.4 Rezultati o varnosti elektrarn .....	19
4.3 KATERA ELEKTRARNA JE NAJCENEJŠA ZA IZGRADNJO? .....	20
4.4 KATERA ELEKTRARNA IMA NAJDALJŠO ŽIVLJENJSKO DOBO? .....	20
4.5 KATERA ELEKTRARNA JE NAJPRIMERNEJŠA ZA POVPREČNO ŠTIRIČLANSKO DRUŽINO V LASTNI POSTAVITVI?.....	20
4.6 KAKŠNA BI BILA NAJBOLJŠA KOMBINACIJA ELEKTRARN SAMO NA OBNOVLJIVE VIRE?.....	21
4.7 REZULTATI ANKETE .....	22

---

4.8 KONČNI REZULTATI.....	23
5 RAZPRAVA.....	23
5.1 HIDROELEKTRARNE .....	24
5.1.1 Prednosti in slabosti hidroelektrarn .....	24
5.1.2 Nesreče in njihove posledice.....	24
5.1.3 Hidroelektrarne v Sloveniji .....	25
5.1.4 Z ali brez hidroenergije.....	25
5.1.5 Mikrohidroelektrarne .....	25
5.2 JEDRSKE ELEKTRARNE .....	26
5.2.1 Prednosti in slabosti jedrske elektrarne.....	26
5.2.2 Jedrske katastrofe .....	26
5.2.3 Jedrska energija v Sloveniji .....	26
5.2.4 Vpliv NEK na okolico in ljudi .....	28
5.2.5 Vrste jedrskih reaktorjev .....	28
5.3 SONČNE IN FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE .....	28
5.3.1 Sončne elektrarne v Sloveniji.....	28
5.3.2 Proizvodnja električne energije Sonca v Sloveniji .....	29
5.3.3 Investicija, ki se obrestuje? .....	29
5.3.4 Pozitivne in negativne lastnosti sončnih elektrarn.....	30
5.3.5 Razgradnja sončne elektrarne.....	30
5.4 TERMOELEKTRARNE .....	31
5.4.1 Vpliv termoelektrarne na okolje.....	31
5.4.2 Termoelektrarna Šoštanj .....	32
5.4.3 Vpliv TEŠ na Slovenijo iz finančnega in ekološkega vidika .....	32
5.5 VETRNE ELEKTRARNE .....	33
5.5.1 Primerne lokacije za postavitev vetrne elektrarne .....	34
5.5.2 Prednosti in slabosti vetrnih elektrarn.....	34
5.5.3 Nesreče vetrnic .....	36
5.5.4 Vetrne elektrarne v Sloveniji.....	37
5.5.5 Domača investicija vetrne elektrarne za štiri člansko družino .....	37
6 ZAKLJUČEK .....	39
7 POVZETEK .....	40
8 ZAHVALA.....	40
9 VIRI IN LITERATURA .....	41

## KAZALO TABEL, GRAFOV IN SLIK

### KAZALO TABEL

Tabela 1: Raba električne energije v Sloveniji v letu 2017.....	13
Tabela 2: Proizvodnja električne energije v Sloveniji .....	16
Tabela 3: Vrednost investicij za proizvodnjo 6000 GWh električne energije letno, pri posameznih elektrarnah.....	20

### KAZALO GRAFOV

Graf 1: Raba zemljišč ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla .....	17
Graf 2: Količina izpustov CO <sub>2</sub> na eno megavatno uro .....	17
Graf 3: Število smrtnih žrtev na TWh pri proizvodnji električne energije ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla elektrarne.....	18
Graf 4: Števek vseh točk za iskanje okolju najprijaznejše elektrarne. ....	19
Graf 5: Odgovori anketirancev na posamezno vprašanje.....	22
Graf 6: Število točk za posamezno elektrarno.....	23

### KAZALO SLIK

Slika 1: Enostavni električni krog.....	3
Slika 2: Hidroelektrarna Vuzenica.....	3
Slika 3: Crossflow turbina.....	5
Slika 4: Kaplan turbina.....	5
Slika 5: Francis turbina .....	5
Slika 6: Pelton turbina.....	5
Slika 7: Uranova ruda .....	6
Slika 8: Shema delovanja NEK .....	7
Slika 9: 300W PV modul oz. panel.....	8
Slika 10: Polje vetrnih elektrarn .....	9
Slika 11: Vetrne turbine s horizontalno osjo .....	10
Slika 12: Vetrne turbine z vertikalno osjo.....	10
Slika 13: Neopredeljene vetrne turbine.....	11
Slika 14: Nastajanje premoga.....	12
Slika 15: 45 strani zapiskov.....	14
Slika 16: Anketa .....	15
Slika 17: Jedrska elektrarna Krško .....	27
Slika 18: Povprečno sončno obsevanje na kvadratni meter horizontalne površine .....	28
Slika 19: Postopek razgradnje PV modula .....	31
Slika 20: Termoelektrarna Šoštanj.....	32
Slika 21: Povprečna letna hitrost vetra v Sloveniji.....	34
Slika 22: Število poginulih ptic na leto na Danskem zaradi vetrnic in prometa ter v Veliki Britaniji zaradi mačk.....	36
Slika 23: Razpad vetrne turbine pri visoki hitrosti .....	37

## 1 UVOD

Vsak si želi s čim manj dela narediti največ kar je možno. Tako je tudi pri računu za elektriko. Radi bi imeli veliko elektrike, zanjo pa ne bi želeli odšteti veliko denarja. To si želijo tudi strokovnjaki vsega sveta in zato iščejo ter razvijajo najbolj ekonomičen in hkrati trajnostni način pridobivanja električne energije. Jaz pa sem se odločil, da bom raziskal, katera elektrarna je z ekonomičnega in trajnostnega vidika za Slovenijo najprimernejša. Raziskoval sem pet glavnih vrst elektrarn, ki jih trenutno imamo v Sloveniji. To so hidroelektrarne, jedrska elektrarna, fotovoltaične oz. sončne elektrarne, termoelektrarne in vetrni elektrarni. Za vsako vrsto elektrarne posebej me je zanimalo, na katere načine proizvaja elektriko, kakšne so njene prednosti in slabosti, za katero je potrebno odšteti največ denarja za investicijo, kako varna je, katera proizvede največ električne energije v Sloveniji, katera vrsta je najprimernejša za domačo izgradnjo za štiričlansko družino in katera vrsta elektrarne ima najdaljšo življenjsko dobo. Zanimalo me je tudi, kakšna je najprimernejša kombinacija elektrarn na obnovljive vire in kolikšni so stroški, če bi se odločili za takšno električno oskrbo v Sloveniji.

Vsa ta vprašanja pa sem strnil v tri kratka raziskovalna vprašanja, ki sem si jih zastavljal že zelo dolgo časa. Ta vprašanja so:

1. Katera elektrarna je najprijaznejša do okolja?
2. Izgradnja katere elektrarne je najcenejša?
3. Katera elektrarna je najprimernejša za Slovenijo?

Glede na zgornja tri vprašanja sem postavil tri hipoteze:

1. Okolju najprijaznejša elektrarna je vetrna elektrarna.
2. Najcenejša je izgradnja vetrne elektrarne.
3. Najprimernejša elektrarna za Slovenijo je vetrna elektrarna.



---

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 UVOD V PREGLED OBJAV

Za večino virov energije je potrebno Sonce: za les, premog, nafto, zemeljski plin tudi za kroženje vode, pihanje vetra, toploto in svetlobo. Človek pa svojo energijo dobi s hrano, da lahko opravlja delo, zato je kmalu za svoje lajšanje dela izumil stroje in naprave. Vodna kolesa in mlinska krila so vrsto let poganjala kovaška dvigala, mlinske kamne in gonilne mehove. Čeprav so bile te naprave zelo koristne, niso mogle svoje energije prenesti do oddaljenih točk. K sreči nam to danes omogoča elektrika. Ko je leta 1831 Anglež Michael Faraday odkril, da z vrtenjem magnetov lahko proizvajamo elektriko in je kasneje Francoz Hyppolyte Pixii izdelal prvi električni generator, se je začela nova električna doba. Večji del današnjih elektrarn z gorenjem premoga ali plina ali jedrsko cepitvijo goriva segreva vodo, ki poganja parne turbine, te pa električne generatorje. So pa tudi elektrarne, ki izkoriščajo zelene vire energije, kot na primer veter, vodo in tudi sončno svetlobo ter plimovanje in geotermalno energijo (3).

### 2.2 ELEKTRIKA

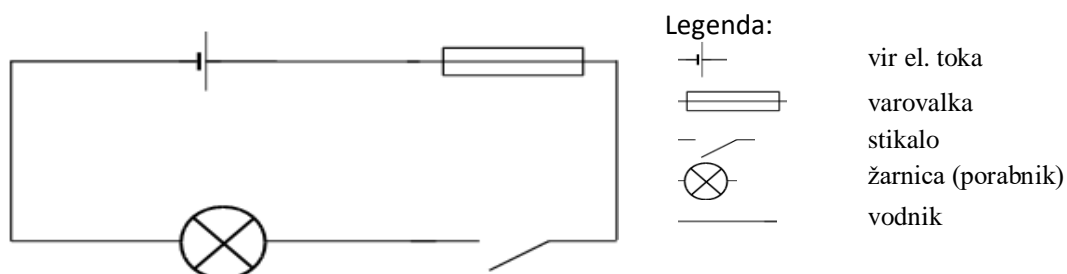
Elektrika je elektromagnetna energija, kjer elektrostaticno in magnetno polje sodelujeta tako, da vzdržujeta valovanje elektronov. S premikanjem zanke žic nad stacionarnim magnetom se je razvil prvi dinamo, iz katerega se je kasneje razvil električni generator (2). V vsakdanjem življenju pa pojem elektrike enačimo z električno energijo, ki poganja električne stroje in naprave. Viri električne energije so stroji (generatorji), ki osnovno obliko energije vira (kinetična in potencialna energija vode, kemična energija premoga, kinetična energija vetra,...) pretvarja v električno energijo in električni tok, ki ga preko električnega omrežja vodimo do porabnikov.

### 2.3 ELEKTRIČNI MOTOR

Električni motor deluje v dve smeri. Če ga napajamo s tokom se rotor vrti in opravlja delo, če pa mu delo dovajamo (vrtimo rotor) pa »proizvaja« električni tok, ki ga lahko, preko vodnikov, prenašamo na daljavo.

Električni motor je sestavljen iz nepremičnega okvirja z elektromagneti na straneh oz. statorja in rotorja, v katerem se vrti. Pogonska energija, ki poganja turbino in rotor

generatorja (vir električne energije), s svojim sukanjem rotorja med magnetnima poloma proizvaja električni tok, ki ga električne žice (prevodnik) prenašajo do uporabnikov (televizor – porabnik). Tako se sklene električni krog, ki je prikazan na sliki 1 (18).



Slika 1: Enostavni električni krog (25).

## 2.4 VRSTE IN DELOVANJE ELEKTRARN

### 2.4.1 Hidroelektrarne

Akumulacijska hidroelektrarna ima v nekem jezuru zbrano vodo. Nato to vodo iz jezera speljejo do jezua, iz katerega dere voda v cevi po strmem pobočju v kovinsko korito, ki se konča z lijasto odprtino. Skozi ozki lijak katerega lahko ožijo ali širijo, z veliko močjo brizga voda in se zaletava v lopatice turbinskega kolesa, ki povzroči vrtenje turbine, ta pa vrtil rotor, ki proizvaja električni tok (18). Potencialna energija vode se pretvarja v kinetično energijo vode, ki opravlja delo (vrtenje turbine).



Slika 2: Hidroelektrarna Vuzešnica (29).

Črpalne hidroelektrarne črpajo vodo, kadar je višek električne energije in jo spuščajo po ceveh v turbine, kadar električne energije primanjkuje. Ko je višek električne energije, generatorji kot motorji poganjajo vodne turbine, ki imajo vlogo črpalke za črpanje vode nazaj gor po ceveh na vzpetino (5).

Elektrarne na plimovanje delujejo tako, da se pregrada, v kateri se z višanjem plime zbira voda, zapre ko doseže plima maksimalno višino gladine. Ko je oseka, pa se zapornice spustijo in voda, ki odteka, poganja vodne turbine in te poganjajo električni generator. Čim večja je sprememba višine, hitreje se vrti turbina. Elektrarne na plimovanje je najbolje graditi ob širokih izlivih rek. Posledično pa te pregrade slabo vplivajo na živalski in rastlinski svet, zato se trenutne raziskave usmerjajo na izkoriščanje kinetične energije hitrih plimskih tokov podobno kot vetrne elektrarne. Slabost je tudi ta, da elektriko proizvajajo le na določenih točkah v ciklu plimovanja, zato se težko odzovejo na nenadne potrebe po električni energiji (5). Tako večina hidroelektrarn izkorišča potencialno energijo vode.

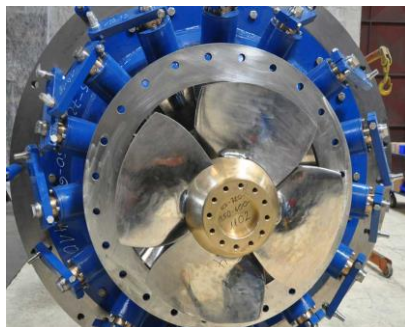
Obstajajo še elektrarne, ki izkoriščajo energijo valovanja, elektrarne z generatorji na nihajoč vodni stolp, elektrarne ki izkoriščajo notranjo energijo morja in mnoge druge, ki pa so trenutno še v fazi preizkušanja in izboljšav.

Glavni del skoraj vsake hidroelektrarne je turbina. Brez nje električni generator ne bi proizvajal elektrike, saj ga turbina preko osi poganja. Poznamo štiri glavne vrste turbin:

1. Crossflow turbina je primerna za hudourniške vodotoke. Njen najboljši možni izkoristek je 88 % in je prikazana na sliki 3.
2. Kaplan turbina je prikazana na sliki 4 in se uporablja za elektrarne z velikimi pretoki in majhnimi padci ter ima do 92 % izkoristek.
3. Francis turbina je prikazana na sliki 5 in jo uporabljajo elektrarne s srednje velikimi padci (10 do 400 m) in imajo do 93 % izkoristek.
4. Pelton turbina je prikazana na sliki 6, njen izkoristek se giblje od 85 % pa do 92 %.



Slika 3: Crossflow turbina (19).



Slika 4: Kaplan turbina (19).



Slika 5: Francis turbina. (19)

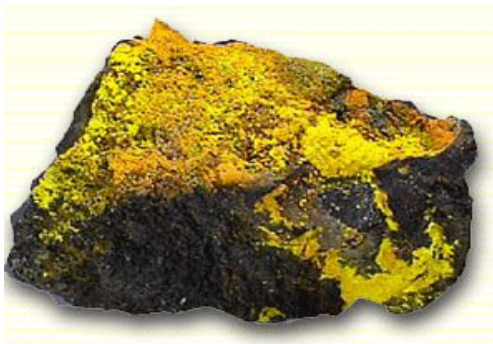


Slika 6: Pelton turbina (19).

Vsaka turbina je narejena drugače in je namenjena njej primerni hidroelektrarni.

#### 2.4.2 Jedrske elektrarne

Jedrske elektrarne proizvajajo električno energijo na enak način kot termoelektrarne, le da za gorivo uporabljajo uran namesto fosilnih goriv. Da lahko kot gorivo uporabijo uran, ga morajo najprej pridobiti iz uranove rude, ki je prikazana na sliki 7.

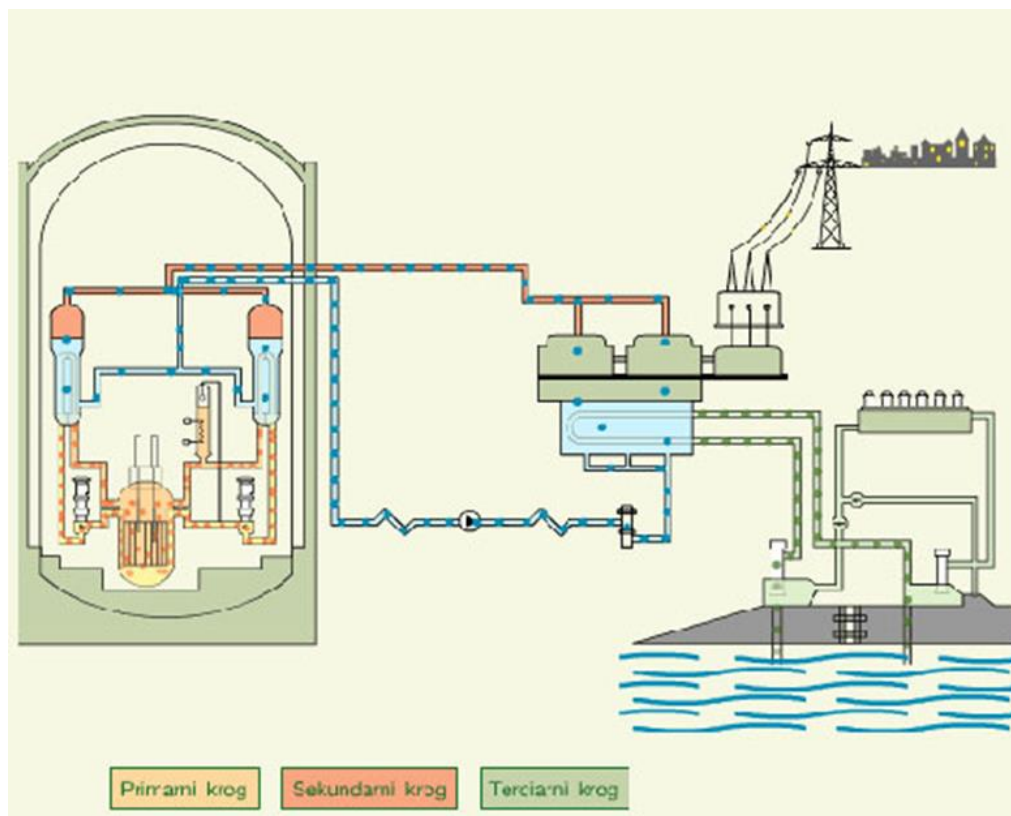


Slika 7: Uranova ruda (22).

Jedrska elektrarna Krško (JEK) letno potrebuje 48,7 ton urana obogatene s 3,5% do 5% izotopom urana 235, ki za svojo proizvodnjo potrebuje od 50.000 do 200.000 ton uranove rude. V jedrskih elektrarnah pa letni ostanki znašajo manj kot 30 ton izkoriščenega goriva visoko radioaktivnih odpadkov. Uranova ruda je v svetu pogosta in jo kopljejo na površju kot tudi v rudnikih. Da pridobijo iz uranove rude gorivo za jedrsko elektrarno, jo morajo najprej predelati v rumeno pogačo, to pa v plin, ki se v centrifugah koncentrira z uranom 235. Tako nastane uranovo gorivo, ki je obogaten s 3,5% do 5% izotopa urana 235 (2).

V majhne tablete sta stisnjena obogaten uranov fluorid in uranov oksid. Te so vstavljene v tanke cevi narejene iz cirkonijeve zlitine ali jekla. Iz teh gorivnih palic so tako sestavljeni gorivni elementi, ki skupaj tvorijo sredico reaktorja. 1 GW reaktor vsebuje 75 ton obogatene urana s hladilno vodo (ki je obenem moderator jedrskega procesa) in prenaša toploto jedrske reakcije v parne generatorje, v katerih je voda, ki se upari (2). Ta nato poganja turbine in naprej električni generator, kar je prikazano na sliki 8.

Trenutno je uranove rude dovolj vsaj še za stoletje, kar pa se lahko podaljša vsaj še za 100-krat, če se iztrošeno gorivo reprocesira in ponovno uporabi kot gorivo v reaktorjih obogatenih s plutonijem. V oplemenjevalnih reaktorjih lahko sam proces generira več goriva kot ga potroši, tako da bi se lahko ta proces razvil v trajnostno obliko pridobivanja električne energije (2).



Slika 8: Shema delovanja NEK (17).

V jedrskem reaktorju se vsako leto zamenja ena tretjina jedrskega goriva s svežim, iztrošeno gorivo pa še vedno vsebuje 96% prvotnega urana. Visoko radioaktivno iztrošeno gorivo oddaja toploto in je po navadi shranjeno v bazenih znotraj reaktorske zgradbe. Voda hkrati ščiti okolico pred sevanjem in hladi iztrošeno gorivo. To je seveda samo začasna rešitev, saj bo potrebno za odpadke skrbeti še dolgo po ustavitvi jedrske elektrarne. Iztrošeno gorivo se lahko pošlje v stalno skladišče ali pa v predelavo. V tovarnah za predelavo radioaktivnih odpadkov ločujejo uran in plutonij. Ko iz goriva izločijo ta dva elementa, se lahko uporabita za nove gorivne elemente. Po recikliranju se 3 % visoko radioaktivne snovi pomeša v tekoče pireks steklo, skupaj z borom (element, ki absorbira nevtrone) in vlije v jeklene posode. Ena tona predelanih odpadkov je zalita v 5 tonah stekla. Ti visoko radioaktivni odpadki bodo šele po 1000 letih približno enako radioaktivni, kot je osnovna uranova ruda. Problem pa nastane pri odlaganju radioaktivnih odpadkov v stalno skladišče (2). Stroški, ki so potrebni za preračunavanje permanentnega odlaganja, so zelo visoki in niso v celoti vključeni v ceno električne energije, zato danes radioaktivne odpadke površinsko shranjujejo v zelo zavarovanih skladiščih, ali pa jih zakopljejo globoko pod zemljo, ali pod morsko dno (15).

### 2.4.3 Sončne elektrarne

Poznamo dva glavna načina izkoriščanja sončne energije. Pri prvem načinu parabolična zrcala usmerjajo sončno svetlobo tako, da segrevajo tekočino, ki poganja posebno zasnovan motor in generator ter tako proizvaja električno energijo. Pri drugem načinu pa za proizvodnjo električne energije potrebujejo sončne celice, ki ob stiku s svetlobo in kemijski reakciji proizvajajo električno energijo (fotovoltaična elektrarna).

Fotovoltaična elektrarna deluje tako, da polprevodniški material, ki je večinoma silicij, sončno svetlobo spreminja v električno energijo. To je mogoče, če ima ena plast veliko elektronov druga plast pa malo. Z nalaganjem plasti polprevodniškega materiala se ustvari električno polje v vmesnem prostoru, če je izpostavljen sončni svetlobi, ki deluje kot baterija. Ta baterija je sončna celica, ki je glavni element fotonapetostnih sistemov in ima od 1 W do 2 W moči. Ker seveda ta moč ni zadostna za vse naprave, več sončnih celic gradijo v PV module, ki lahko imajo tudi več kot 300 W moči, kar je prikazano na sliki 9. Ker PV modul deluje kot baterija, je potrebno preoblikovati istosmerni tok, ki nastane pri pretvorbi sončne svetlobe v električno energijo v izmenični tok, če ga želimo uporabiti v elektro omrežju. Ker pa se sončno sevanje spreminja, za neprekinjeno oskrbo z elektriko potrebujemo hranilnike (akumulatorje), kar močno podraži sisteme. Tako je izkoriščanje sončne energije v prihodnosti odvisno od učinkovitih tehnologij za shranjevanje električne energije (2).



Slika 9: 300W PV modul oz. panel (21).

Najbolj razširjene so silicijeve mono in polikristalne sončne celice, ki jih je v svetu kar 95 %. Njihova učinkovitost pri pretvarjanju sončne svetlobe v električno energijo je od 14% do 18%. Obstajajo tudi amorfne sončne celice, ki imajo do 10% izkoristek. Najboljši izkoristek



pa imajo celice iz galijevega arzenita, z izkoriščenostjo od 25 % do 28 %, vendar so mnogo dražje (1).

#### 2.4.4 Vetrne elektrarne

Da vetrna elektrarna proizvaja električno energijo, potrebuje veter, ki vrtil propelerju podobne lopatice. Te vrtijo gred, povezano z rotorjem generatorja, na katerem je žično navitje. Ko se navitje vrtil v magnetnem polju generatorja, steče po žicah navitja električni tok (6). Vetrnica je sestavljena iz temelja in stolpa vetrnice, ki je lahko visok tudi več kot 100 m, ker se z višino povečuje hitrost vetra. Novejše vetrnice imajo tudi sistem za sledenje vetru, če se smer vetra spreminja. Na vrhu stolpa ima vetrnica strojnico, v kateri so prenosniki vrtilnega momenta, generator električne energije in elektronske enote za sinhronizacijo z električnim omrežjem ter rotor z listi oziroma lopaticami, ki povzročajo vrtenje rotorja, kar je prikazano na sliki 10 (1).



Slika 10: Polje vetrnih elektrarn (11).

Poznamo dve glavni vrsti vetrnih turbin. Turbine s horizontalno ali vodoravno osjo in turbine z vertikalno ali navpično osjo. Obstajajo pa tudi neopredeljene turbine.

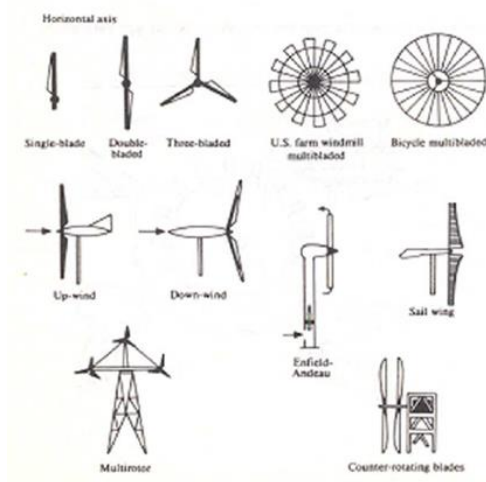
Turbine s horizontalno osjo po vrsti: enolistna, dvolistna, trolistna, ameriška večlistna, večlistna v obliki kolesa, Down-wind, Up-wind, Enfield-Andreau, Multirotor, Sail wing in kontrarotirajoča, ki so prikazane na sliki 11.

Slabosti vetrnih turbin z vodoravno osjo so v tem, da mora biti prenosni mehanizem in električni generator vgrajen na vrhu nosilnega stolpa, ki mora biti zato grajen bolj čvrsto. Poleg tega je vzdrževanje teh naprav zaradi visoke lege zahtevnejše.



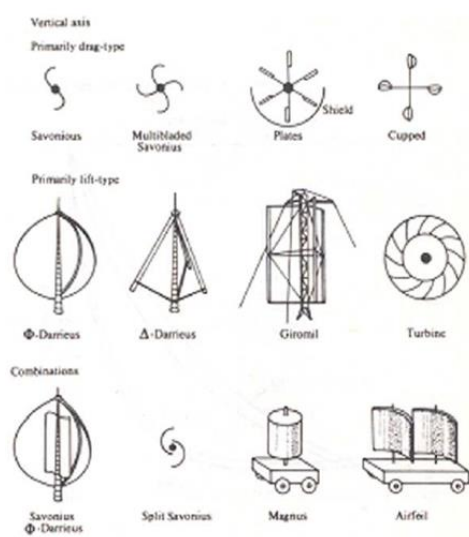
Vetrne elektrarne z navpično oziroma vertikalno osjo pa imajo vse naprave vgrajene pri tleh, tako da je lahko nosilni steber veliko vitkejši in lažji.

Na svetu prevladujejo vetrnice s horizontalno osjo, saj imajo takšne vetrnice večji izkoristek vetrne energije. V svetu se najpogosteje gradi trilistna vetrna turbina. Iz tega sklepam, da je najprimernejša za vetrne elektrarne, ker ima največji izkoristek vetrne energiji, ki je tudi do 60 % (6).



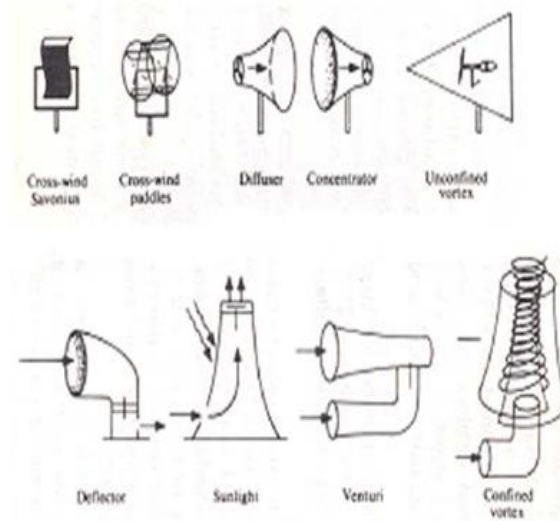
Slika 11: Vetrne turbine s horizontalno osjo (20).

Turbine s vertikalno osjo po vrsti: Savonius, večlistna Savonius, skodelična, Darrieus, Giromill in Savonius Darrieus, ki so prikazane na sliki 12.



Slika 12: Vetrne turbine z vertikalno osjo (20).

Neopredeljene turbine, so turbine za posebne pogoje vetra in so prikazane na sliki 13.



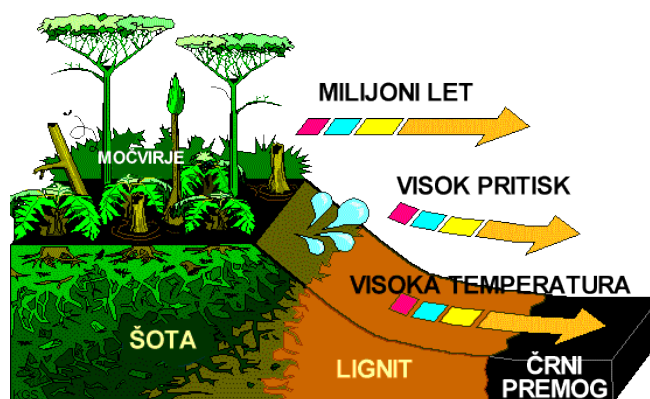
Slika 13: Neopredeljene vetrne turbine (20).

#### 2.4.5 Termoelektrarne

Osnovni namen termoelektrarne je proizvodnja električne energije, kot stranski produkt pa marsikje termoelektrarne tudi zagotavljajo toplo vodo za ogrevanje. Toploto, ki nastane pri zgorevanju goriva (premog, nafta ali zemeljski plin) pretvarjamo preko turbine v mehansko energijo in nato prek generatorjev v električno energijo. V nadaljevanju se bom osredotočil na termoelektrarne, ki za gorivo uporabljajo premog.

Sonce je glavni vir energije. Premog je nastal iz preostanka velikih praproti in drugih dreves, ki so pred milijoni let rasla na zemeljskem površju in proizvajala fotosintezo za katero so potrebovale sončno svetlobo. Zaradi takratne močvirnate podlage so se odmrle rastline pogrezale v močvirje. Prekrilo jih je blato, ki je preprečilo dostop kisika, zato te rastline niso propadle (zgnile). Na te plasti so se po več tisoč let nalagale nove plasti rastlinja in zemlje. S tem se je povečeval pritisk na spodnje plasti. Zaradi velikega pritiska in visoke temperature so se rastline v milijonih let spremenile v premog, kar je prikazano na sliki 14. Najmlajša vrsta premoga je lignit. Nastal je pred milijon leti in ima zato najnižjo toplotno vrednost. Starejši je rjavi premog. Ker sta nanj visok pritisk in visoka temperatura delovala

dalj časa, ima višjo toplotno vrednost kot lignit. Premog z najvišjo kurilno vrednostjo je črni premog ali antracit, ki je lahko starejši od 400 milijonov let (10). V termoelektrarni Šoštanj kurijo velenjski lignit, ki ima 10 MJ/kg kurilne vrednosti in vsebuje 1,4 % žvepla in do 20 % pepela (11).



Slika 14: Nastajanje premoga (23).

Po rudarjenju in pranju se premog prevaža z vlaki, ladjami ali tovornjaki do grmad ob elektrarnah. Nato se s tekočimi trakovi transportira v elektrarno, kjer premog najprej zdrobijo v droben prah, ki ga nato z ventilatorji vpihavajo v zgorevalno komoro kotla. Ta zgoreva v konvencionalnih elektrarnah pri temperaturi od 1300 °C do 1400 °C. V konvencionalnem kotlu se voda spreminja v visokotlačno paro, zgoreli plin pa po odstranitvi pepela in gipsa poganja plinske turbine, para iz kotla pa parne turbine. Te turbine nato skupaj poganjajo električni generator, ki proizvaja električno energijo (2).

Elektrarne na fosilna goriva imajo majhen izkoristek (12). Tiste zgrajene okoli leta 1900, imajo do 5% izkoristek. Danes pa elektrarne glede na konstrukcijo dosegajo do 45% izkoristek, ki je takoj za zmanjševanjem izpustov ogljikovega dioksida zaradi manjše porabe goriva najpomembnejši (2). Zaradi najsodobnejše opreme ima novi blok Termoelektrarne Šoštanj (Blok 6), ki je začel obratovati leta 2016, za 32 % manj izpustov CO<sub>2</sub>, kot starejši blok 5, ki je začel obratovati leta 1977 (24).

## 2.5 PORABA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Elektrika podpira sodobno civilizacijo. Je nujna v vseh industrijskih procesih, ter v gospodinjstvu, za računalnike, telefone, medicinsko opremo, kavne avtomate, televizorje in

še za veliko ostalih naprav. Nujna je za vse namene, vendar jo še danes vedno obravnavamo, kot da je povsem samoumevna (2).

Tabela 1: Raba električne energije v Sloveniji v letu 2017 (26).

<b>Električna energija (GWh) po: POSTAVKA , LETO</b>	
	<b>2017</b>
<b>Uvoz</b>	<b>9132,532</b>
<b>Izvoz</b>	<b>9648,192</b>
<b>Poraba za prečrpavanje</b>	<b>365,300</b>
<b>Izgube v omrežju</b>	<b>893,290</b>
<b>Končna raba-SKUPAJ</b>	<b>13622,625</b>
<b>Končna raba-energetski sektor</b>	<b>92,777</b>
<b>Končna raba-predelovalne dejavnosti in gradbeništvo</b>	<b>6446,224</b>
<b>Končna raba-promet</b>	<b>232,740</b>
<b>Končna raba-gospodinjstva</b>	<b>3327,016</b>
<b>Končna raba-drugi porabniki</b>	<b>3523,868</b>

Iz tabele 1 je mogoče razbrati, da največ slovenske elektrike porabimo za predelovalne dejavnosti in gradbeništvo. Za potrebe v gospodinjstvu porabimo skoraj polovico manj električne energije kot za predelovalne dejavnosti in gradbeništvo. Še vedno pa se je v letu 2017 v omrežju "izgubilo" 893,29 GWh električne energije, kar je 0,05 % takratne proizvodnje.

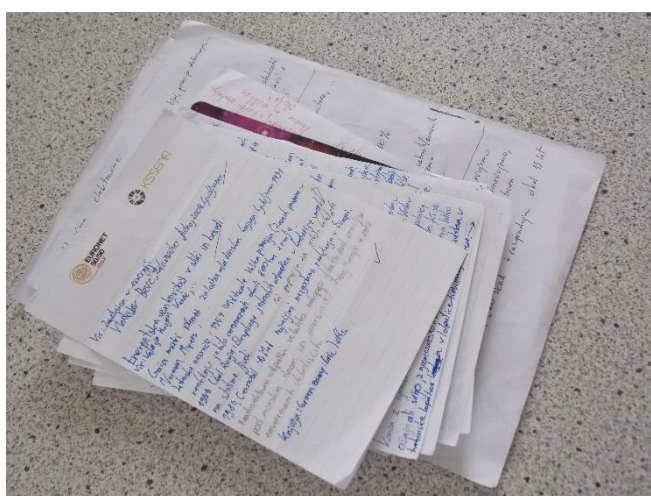
Po podatkih Mednarodne agencije za energijo poraba naprave v stanju pripravljenosti predstavlja približno 8 % gospodinjstevskih potreb po elektriki. To je veliko, če vemo, da ena štiričlanska družina dnevno porabi 10,78 kWh električne energije, od tega se 0,8624 kWh porabi za naprave, ki so samo vklopljene v vtičnico (7).

Razumno ravnanje z energijo je mogoče samo, če vsak zase in vsi skupaj delamo za skupno dobro. Pri tem resda vsak počne, kar je njegova zadolžitev, vendar vse skupaj poteka uglašeno, skladno, kratkoročno za danes, dolgoročno za jutri. Tako bomo učinkovito porabljali energijo, kar pomeni, da bomo isto funkcijo opravili z manj energije in skupaj z varčevanjem zniževali izdatke za energijo in onesnaževanje okolja (2).

### 3 MATERIAL IN METODE DELA

#### 3.1 MATERIAL

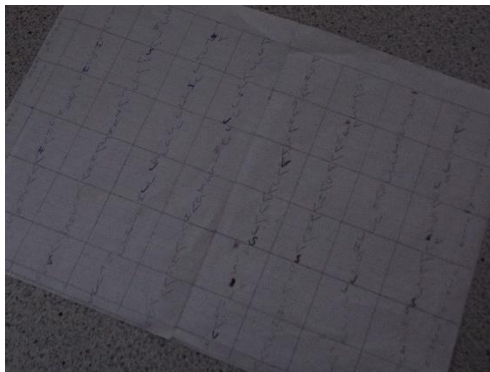
Moje glavno raziskovalno delo je bilo predvsem prebiranje in vrednotenje literature ter izpeljava novih znanj in vedenj. Veliko informacij o energetiki, elektriki in o elektrarnah sem našel v knjigah. Informacije, ki jih nisem našel v knjigah, sem poiskal na slovenskih, in tudi na angleških spletnih straneh. Za lažje razumevanje angleških spletnih strani, sem si pomagal z spletnim prevajalnikom PONS. Tako sem si naredil 45 strani zapiskov.



Slika 15: 45 strani zapiskov (Foto: M. Jevšenak).

#### 3.2 METODE DELA

Za lažje oblikovanje hipoteze sem izvedel anketo, ki je vključevala 100 naključno izbranih slovenskih prebivalcev. Da je anketa zajemala vso Slovenijo, sem iz 20 slovenskih krajev poklical po telefonu 5 naključno izbranih anketirancev, ki so se strinjali z izvedbo anonimne ankete. Slovenska mesta oz. kraji, ki sem jih izbral so bili Velenje, Slovenj Gradec, Celje, Maribor, Trbovlje, Ptuj, Murska Sobota, Krško, Novo mesto, Črnomelj, Kočevje, Ljubljana, Logatec, Kamnik, Kranj, Jesenice, Tolmin, Postojna, Nova Gorica in Koper.



Slika 16: Anketa (Foto: M. Jevšenak).

### 3.3 ELEKTRONSKA SPOROČILA

Poleg ankete, ki sem jo izvedel, sem po elektronski pošti poslal sporočila naslednjim družbam: Holding Slovenske elektrarne d.o.o., Dravske elektrarne Maribor d.o.o., Hidroelektrarne na spodnji Savi d.o.o., Savske Elektrarne Ljubljana d.o.o., Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o. in Termoelektrarna Šoštanj d.o.o.. Od vseh teh družb so mi odpisale samo Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o., Hidroelektrarne na spodnji Savi d.o.o. in Holding Slovenske elektrarne d.o.o.. Od zadnjih dveh pa sem dobil tudi odgovor na moje vprašanje, ki se je navezovalo na vrednost posameznih elektrarn in na njihove obratovalne stroške v posamezni družbi.

## 4 REZULTATI

### 4.1 KATERA ELEKTRARNA PROIZVEDE NAJVEČ ELEKTRIČNE ENERGIJE?

Iz tabele 2 je razvidno, da največ električne energije v Sloveniji proizvede jedrska elektrarna Krško. Na drugem mestu so termoelektrarne, njim pa sledijo hidroelektrarne. Na predzadnjem mestu so sončne elektrarne, vetrne pa proizvedejo najmanj električne energije.

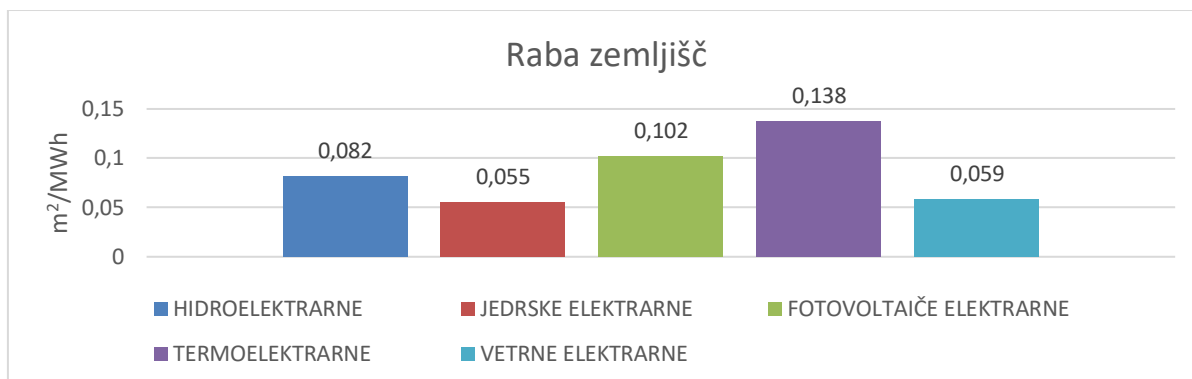
Tabela 2: Proizvodnja električne energije v Sloveniji (27).

<b>POSTAVKA</b>	<b>2017</b>
Proizvodnja na pragu-SKUPAJ	15396,876
Proizvodnja na pragu-jedrska elektrarna	5967,827
Proizvodnja na pragu-termoelektrarne	5054,639
Proizvodnja na pragu-hidroelektrarne	4085,016
Proizvodnja na pragu-sončne elektrarne	283,678
Proizvodnja na pragu-hidroelektrarne-od tega s prečrpavanjem	271,498
Proizvodnja na pragu-vetrne elektrarne	5,716

Med posameznimi najmočnejšimi in najdonosnejšimi objekti največ električne energije proizvede jedrska elektrarna Krško in sicer povprečno 6000 GWh na leto. Sledi ji termoelektrarna Šoštanj s povprečnimi 4000 GWh na leto. Za njima hidroelektrarna Zlatoličje, ki letno proizvede 577 GWh električne energije. Predzadnja je vetrna elektrarna pri Dolenji vasi, ki proizvede letno 4,5 GWh električne energije in na koncu je sončna elektrarna na strehah logističnega centra BTC, ki letno povprečno proizvede 1GWh.

## 4.2 KATERA ELEKTRARNA JE NAJPRIJAZNEJŠA DO OKOLJA?

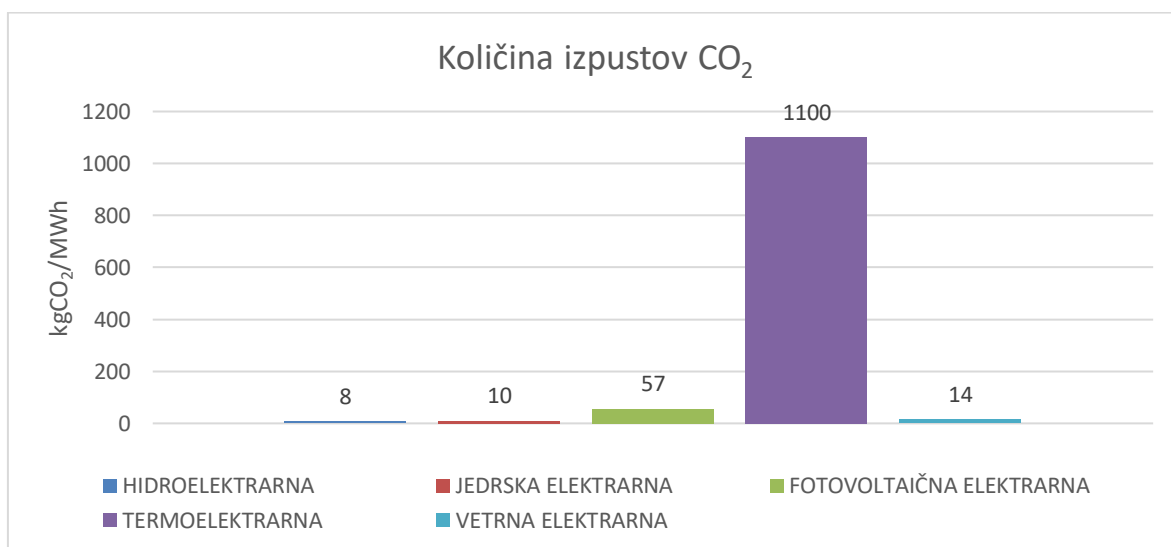
### 4.2.1 Raba prostora



Graf 1: Raba zemljišč ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla. (Ob upoštevanju le potrebne površine za elektrarno so razlike o potrebni površini zemljišč posameznih tehnologij velike – npr. jedrska proti sončni elektrarni v razmerju 1:200) (31).

Iz zgornjega grafa je možno razbrati, da največ prostora potrebujejo termoelektrarne, in sicer  $0,138 \text{ m}^2$  za proizvodnjo 1MWh. Za njimi so sončne elektrarne, ki potrebujejo  $0,102 \text{ m}^2/\text{MWh}$ . (Seveda je potrebno upoštevati pri sončnih elektrarnah opombo, ki je napisana pod grafom). Sončnim elektrarnam sledijo hidroelektrarne, ki zasedejo  $0,082 \text{ m}^2/\text{MWh}$ . Najmanjša raba zemljišč pa je pri vetrnih in pri jedrskih elektrarnah, ki zasedejo  $0,059 \text{ m}^2/\text{MWh}$  oziroma  $0,055 \text{ m}^2/\text{MWh}$ .

### 4.2.2 Izpusti CO<sub>2</sub>

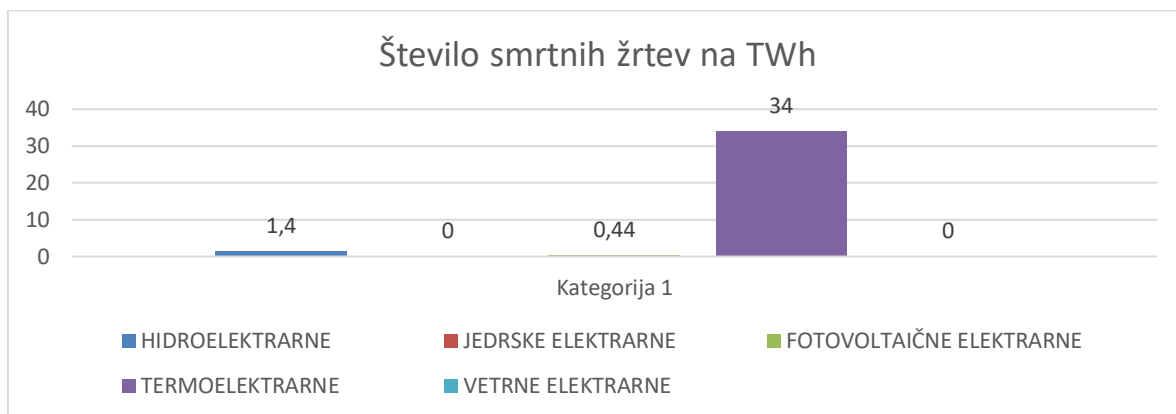


Graf 2: Količina izpustov CO<sub>2</sub> na eno megavatno uro (31).



Iz zgornjega grafa je razvidno, da ima najmanj izpustov toplogrednih plinov hidroelektrarna, in sicer 8 kg CO<sub>2</sub>/MWh. Sledita ji jedrska in vetrna elektrarna s 10 kg CO<sub>2</sub>/MWh oziroma 14 kg CO<sub>2</sub>/MWh. Nato je fotovoltaična elektrarna s 57 kg CO<sub>2</sub>/MWh. Največ emisij toplogrednih plinov pa ima termoelektrarna s 1100 kg CO<sub>2</sub>/MWh.

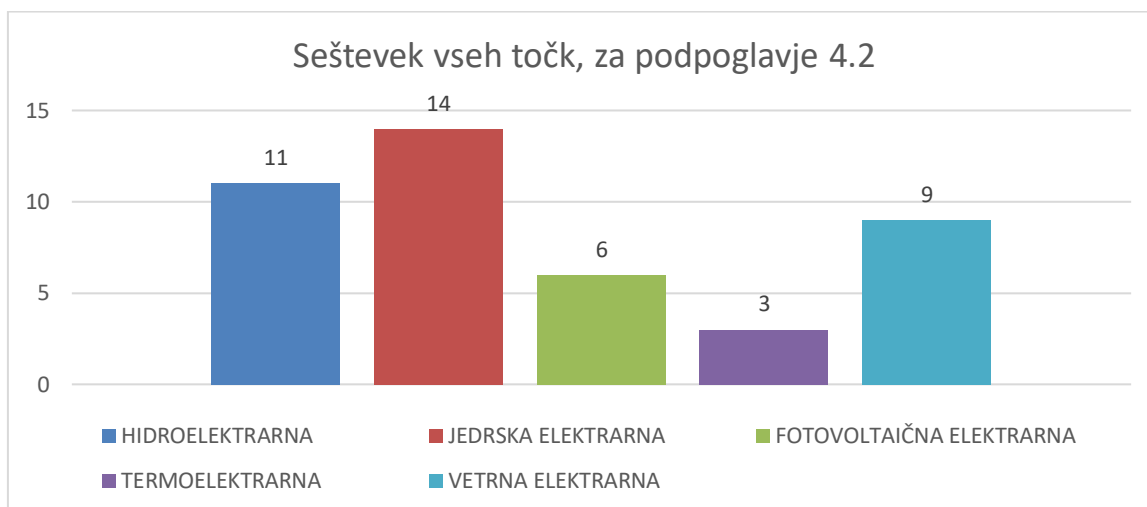
#### 4.2.3 Varnost



Graf 3: Število smrtnih žrtev na TWh pri proizvodnji električne energije ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla elektrarne (31).

Iz grafa 3 je ob upoštevanju celotnega življenjskega cikla elektrarne razvidno, da ni bilo smrtnih žrtev pri jedrskih in vetrnih elektrarnah, če ne upoštevamo njihovih nesreč in katastrof. Fotovoltaična elektrarna ima 0,44 smrtne žrtve na TWh. Sledi hidroelektrarna, ki ima 1,4 smrtne žrtve na TWh uro. Največ smrtnih žrtev na TWh uro pa ima termoelektrarna, in sicer 34.

#### 4.2.4 Rezultati o okolju najprijaznejše elektrarne



Graf 4: Seštevek vseh točk za iskanje okolju najprijaznejše elektrarne.

Do teh podatkov sem prišel tako, da sem oštevilčil vsak rezultat od 1 do 5 pri vsakem podpoglavju ter jih na koncu seštel. 1 pomeni najslabši rezultat, 5 pa pomeni najboljši rezultat. Pri nekaterih podpoglavjih sta bila dva rezultata enaka. V tem primeru sem ju oštevilčil z isto številko, pri naslednjem rezultatu pa sem preskočil eno številko. Če pa v raziskavi ni bilo omenjene določene vrste elektrarne, sem ji dodelil številko 1, ker elektrarna ni bila primerna za določeno kategorijo.

Iz grafa 4 je mogoče razbrati, da je po mojih raziskavah do okolja "najprijaznejša" jedrska elektrarna, najmanj "prijazna" pa termoelektrarna.

**Hipoteza 1: Okolju najprijaznejša elektrarna je vetrna elektrarna. Te hipoteze ne moremo potrditi.**

#### 4.3 KATERA ELEKTRARNA JE NAJCENEJŠA ZA IZGRADNJO?

Za to vprašanje bom za vse elektrarne predpostavil, da imajo enako letno proizvodnjo električne energije in sicer 6000 GWh, kot jih proizvede povprečno jedrska elektrarna Krško.

Tabela 3: Vrednost investicij za proizvodnjo 6000 GWh električne energije letno, pri posameznih elektrarnah.

Vrsta elektrarne	hidroelektrarna	jedrska elektrarna	fotovoltaična elektrarna	termoelektrarna	vetrna elektrarna
Investicijski stroški v €	5303,3 mio	880,3 mio	14400 mio	2100 mio	4000 mio

Za izračun investicijskih stroškov pri hidroelektrarnah sem vzel HE Zlatoličje, pri jedrskih elektrarnah jedrsko elektrarno Krško (32), za fotovoltaične elektrarne PV elektrarno, ki je na strehah logističnega centra BTC, za termoelektrarno sem vzel Termoelektrarno Šoštanj in za vetrno elektrarno, elektrarno pri Dolenji vasi. Rezultati so prikazani v tabeli 3, kjer vidimo, da so investicijski stroški za proizvodnjo 6000 GWh električne energije letno najnižji pri jedrski elektrarni, najvišji pa pri fotovoltaični elektrarni. Za primerjavo, z investicijskimi stroški za izgradnjo 6000 GWh fotovoltaične elektrarne bi lahko zgradili še 16 jedrskih elektrarn kot je JEK.

**Hipoteza 2: Najcenejša izgradnja je pri vetrni elektrarni. Tudi te hipoteze ne moremo potrditi.**

#### 4.4 KATERA ELEKTRARNA IMA NAJDALJŠO ŽIVLJENJSKO DOBO?

Vetrne in sončne elektrarne imajo najkrajšo življenjsko dobo, in sicer do 30 let. Takrat jih je potrebno zamenjati, saj posodobitev vetrnih elektrarn in sončnih elektrarn po 30 letih delovanja zaradi zastarelosti ni smiselna. Termoelektrarna ima deset let daljšo življenjsko dobo, torej 40 let. Jedrski elektrarni Krško so z posodobitvijo podaljšali življenjsko dobo na 60 let. Že več kot 100 let pa obratuje hidroelektrarna Fala na reki Dravi.

#### 4.5 KATERA ELEKTRARNA JE NAJPRIMERNEJŠA ZA POVPREČNO ŠTIRIČLANSKO DRUŽINO V LASTNI POSTAVITVI?

Najnižji investicijski stroški za 5 kW elektrarno so pri postavitvi sončne elektrarne in znašajo 14.000 €. Pri vetrni in vodni energiji pa takšna elektrarna stane okoli 20.000 €. Tudi povračilne dobe so različne. Pri sončni elektrarni in hidroelektrarni povračilna doba traja približno 12 let. Pri vetrni elektrarni pa moramo čakati 17 let, da se nam stroški povrnejo. Iz teh dveh podatkov sklepam, da je najprimernejša za štiričlansko družino sončna elektrarna. Ta pa tudi ne proizvaja hrupa in vzdrževalni stroški so nižji kot pri vetrni elektrarni in hidroelektrarni.

#### 4.6 KAKŠNA BI BILA NAJBOLJŠA KOMBINACIJA ELEKTRARN SAMO NA OBNOVLJIVE VIRE?

V Sloveniji so v letu 2017 elektrarne skupaj proizvedle 15396,876 GWh električne energije, od tega so jedrska in termoelektrarne proizvedle 11022,46 GWh, kar je dobre tri petine takratne proizvodnje. To pomeni, da so elektrarne na obnovljive vire v letu 2017 proizvedle samo 4374.416 GWh električne energije.

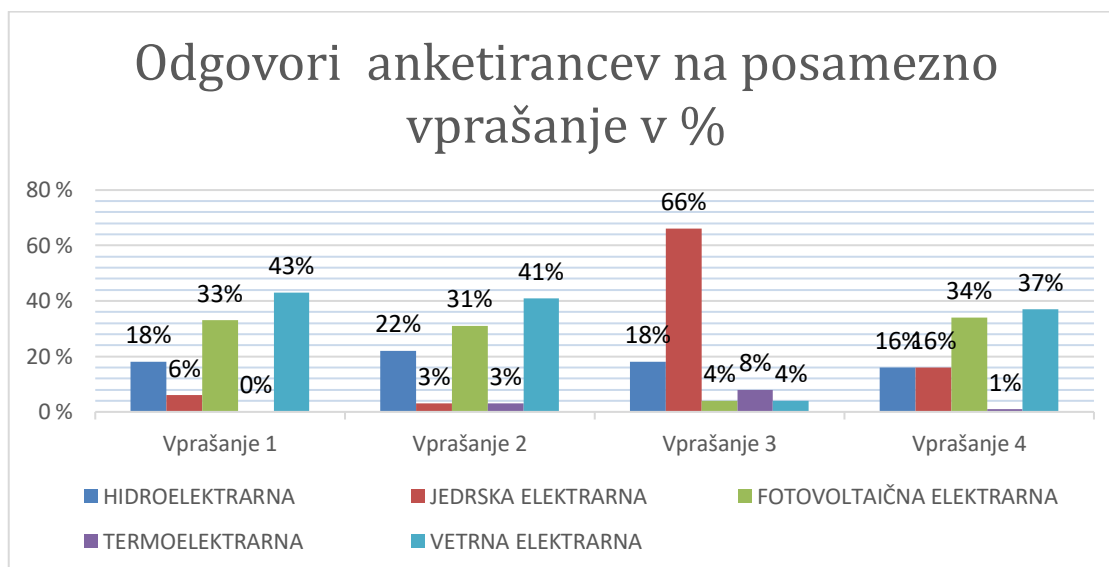
Na inštitutu Jožefa Stefana v Ljubljani so naredili raziskavo v vetrnih elektrarnah in ugotovili, da je v Sloveniji mogoče z vetrnimi elektrarnami pridobiti še okoli 800 GWh električne energije letno. Za takšno proizvodnjo bi potrebovali 178 enakih vetrnih elektrarn, kot je vetrna elektrarna pri Dolenji vasi na Primorskem. Takšna investicija bi stala približno 534 milijonov evrov. Če torej želimo nadomestiti električno energijo, ki jo letno proizvedejo termoelektrarne in jedrska elektrarna, moramo proizvesti še 10222,466 GWh električne energije letno. Te bi morali nadomestiti z hidro in sončnimi elektrarnami. Ob upoštevanju gradnje 10 hidroelektrarn na srednji Savi in gradnje hidroelektrarne Mokrice, ki bi letno proizvedle 1202,9 GWh električne energije in bi stale približno 1470 milijonov evrov ostane še 9019,56 GWh, ki bi jo morali nadomestiti (proizvesti). Ta preostanek bi nadomestili s sončnimi elektrarnami. To pomeni, če upoštevamo povprečno letno sončevo obsevanje v Sloveniji ki je 1221 KWh, da bi potrebovali še 21.288.314 300W fotovoltaičnih (PV) modulov z 18% izkoristkom. Toliko PV modulov bi zavzelo približno 42 km<sup>2</sup>, kar je veliko. Če bi teh 42 km<sup>2</sup> razdelili med 84 večjih slovenskih mest, bi vsako mesto namestilo približno 0,5 km<sup>2</sup> veliko sončno elektrarno. Seveda pa bi že samo nakup tolikšne količine 300W PV panelov, ob ceni panela 300 €, stal 6.386.494.200 €.

Tako bi celotna investicija namestitve samo elektrarn iz obnovljivih virov stala 8.393.494.200 €, kar je tri in pol krat več, kot je bila investicija v jedrsko elektrarno Krško in šesti blok termoelektrarne Šoštanj.

#### 4.7 REZULTATI ANKETE

4 vprašanja, ki sem jih postavil vsakemu izmed 100 anketirancev:

1. Za katero elektrarno menite, da je najprijaznejša do okolja?
2. Za katero elektrarno menite, da so investicijski stroški najnižji?
3. Za katero elektrarno menite, da proizvede največ električne energije v Sloveniji?
4. Za katero elektrarno menite, da je najprimernejša za Slovenijo?

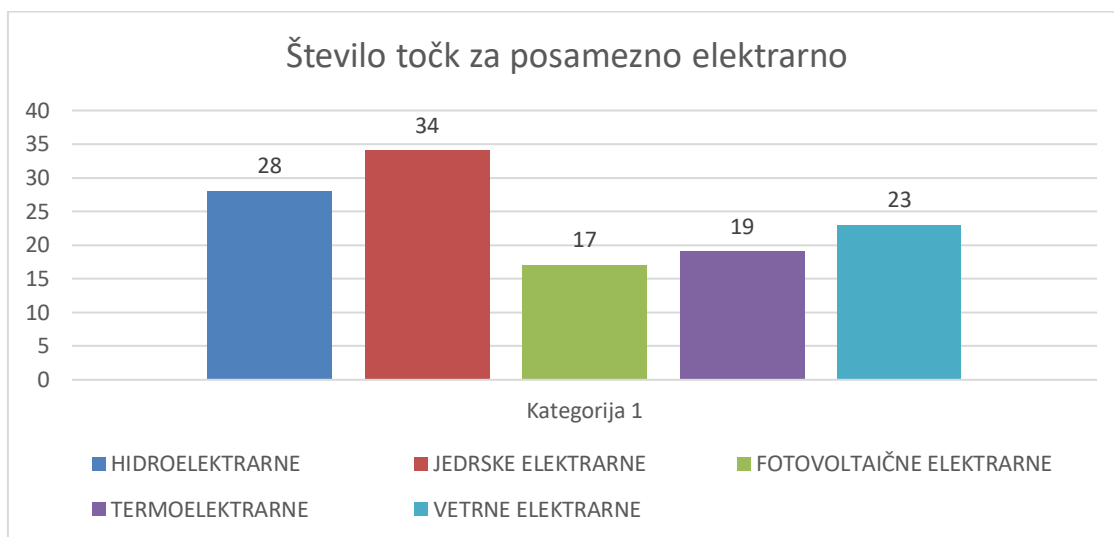


Graf 5: Odgovori anketirancev na posamezno vprašanje.

Iz grafa 5 je razvidno, da so anketiranci najpogosteje izbrali vetrno elektrarno, sledijo ji sončne elektrarne, jedrska elektrarna in hidroelektrarne, najmanjkrat pa termoelektrarno. Razvidno je tudi, da anketiranci vedo, da največ električne energije v Sloveniji proizvede jedrska elektrarna Krško.

Seveda pa sem to anketo izdelal predvsem zato, da sem lahko primerjal moje rezultate raziskav ter anketo med seboj in tako ugotovil kako se mnenje Slovencev razlikuje od mojih rezultatov ter pokazal kakšen vpliv imajo mediji na mišljenje Slovencev o različnih vrstah elektrarn v Sloveniji. Drugače anketa nima strokovnega namena.

#### 4.8 KONČNI REZULTATI



Graf 6: Število točk za posamezno elektrarno.

Do teh podatkov sem prišel na podoben način kot pri grafu 4. Iz podatkov, ki so prikazani na grafu 6 sklepam, da je najprimernejša elektrarna za Slovenijo jedrska elektrarna.

**To pomeni, da je hipoteza 3: Najprimernejša elektrarna za Slovenijo je vetrna elektrarna, napačna.**

Na začetku raziskovalne naloge sem postavil tri hipoteze. Nobena od treh hipotez ni obveljala za pravilno. Iz rezultatov sem se marsičesa naučil in s tem pridobil veliko splošnega znanja.

---

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 HIDROELEKTRARNE

Na Zemlji je okoli 70,8 % vodne površine. Od tega je 97 % morske vode in 3 % sladkih voda. V ta majhen delež sladkih voda ne štejemo samo rek in jezer, ki zavzemajo približno 0,02 % površja, ampak tudi ledenike in polarni led. Padavine, ki ne izhlapijo ali poniknejo, odtečejo v obliki površinskih vodotokov (1). Največ električne energije iz hidroelektrarn proizvede Kanada, na Norveškem pa hidroelektrarne proizvedejo kar 99 % (8).

#### 5.1.1 Prednosti in slabosti hidroelektrarn

Hidroelektrarne izkoriščajo obnovljivo energijo, ki je čist vir in ne onesnažuje ob delovanju okolja ter ni posebnih stroškov z gorivom, ker je tako rekoč brezplačna. Obratovalni stroški so tudi dokaj nizki. Kljub temu pa za izgradnjo hidroelektrarn porabijo velike količine fosilnih goriv in ti prispevajo k prekomernemu segrevanju ozračja (2). Problem nastane tudi pri obratovanju pretočnih hidroelektrarn, ker je proizvodnja električne energije odvisna od vodnatosti vodotokov glede na letni čas (1).

Gradnja hidroelektrarne je sorazmerno draga zaradi priprav gradnje, selitve živali in ljudi, nakupa velikih območij zemljišč zaradi nastanka akumulacijskega jezera, poleg tega pa je hidroelektrarne mogoče graditi samo na geološko primernih in dovolj vodnatih lokacijah in ne tam, kjer bi jih resnično potrebovali. Pri gradnji se ne sme spregledati ribjih zarodov, zato ob vodnih elektrarnah gradijo ribje steze ali ribje poti (preprosta betonska korita z manjšim nagibom), ki ribam omogočijo seljenje po vodotoku (1).

#### 5.1.2 Nesreče in njihove posledice

Od prvega obratovanja hidroelektrarne pa do danes, se je v svetu zgodilo 97 večjih katastrof, v katerih je umrlo okoli 191.800 ljudi, kar pomeni, da je v povprečju zaradi podrtja jezu in posledično poplav umrlo 1977 ljudi na nesrečo. Ker se je v 137 letih zgodilo 97 večjih nesreč, lahko pričakujemo v svetu na vsako leto in pol eno takšno nesrečo (34).

Življenjska doba hidroelektrarn je močno odvisna od njihovega vzdrževanja in kvalitete gradnje. Tako lahko betonski jez zdrži brez napak tudi do 60 let. Na primer najstarejša, Slovenska velika hidroelektrarna je hidroelektrarna Fala, ki je začela obratovati že leta 1918

in obratuje še danes. Seveda pa so jo morali že velikokrat prenoviti in izboljšati (turbine, generatorji), da lahko obratuje še danes.

### 5.1.3 Hidroelektrarne v Sloveniji

V Sloveniji se je s pomočjo vodne energije v letu 2017 proizvedlo 4085,016 GWh, kar je predstavljalo 26,07 % celotne proizvodnje električne energije. Trenutno povprečno 30 % slovenske električne energije proizvaja 21 velikih hidroelektrarn, 31 malih hidroelektrarn in ena črpalna hidroelektrarna Avče. Investicijska vrednost vseh slovenskih hidroelektrarn z skupno močjo 1176 MW, če upoštevamo, da je investicijski strošek 3 mio EUR/MW, je bila 3528 milijonov eurov. Za lastno oskrbo ob upoštevanju podatkov iz leta 2017 slovenske hidroelektrarne potrebujejo letno okoli 55,906 GWh električne energije.

Največja in najmočnejša hidroelektrarna v Sloveniji je hidroelektrarna Zlatoličje na reki Dravi, ki letno proizvede 577 kWh električne energije (35).

### 5.1.4 Z ali brez hidroenergije

V Sloveniji proizvedemo povprečno 30 % električne energije s pomočjo hidroelektrarn. Če pa bi želeli proizvesti 100 % električne energije s pomočjo hidroelektrarn, bi potrebovali še 20 takšnih hidroelektrarn kot je v Zlatoličju. Ostalo bi še 230.8 GWh električne energije, ki bi jo lahko izvozili. Teoretično bi takšna naložba stala 10.200.000.000 €, v resnici pa takšnega načrta sploh ni mogoče izvesti.

Če pa bi se znebili vseh slovenskih hidroelektrarn, bi dobili približno 4085 GWh veliki letni primanjkljaj, ki bi ga morali na začetku nadomestiti z uvozom iz tujine, nato pa z še eno izgrajeno termo ali jedrsko elektrarno in kombinacijo vetrnih ter sončnih elektrarn.

### 5.1.5 Mikrohidroelektrarne

Te se gradijo tako, da izkoriščajo naravni padec reke in pretvarjajo kinetično energijo vode. Ali se izplača postavitvev mikrohidroelektrarne za štiričlansko družino? Povprečna poraba slovenskega gospodinjstva je 11 kWh električne energije na dan, kar je 4015 kWh na leto. V Sloveniji pa je februarja 2019 stal 1 kWh za gospodinjstva 0,17 €. To pomeni, da štiričlanska družina letno za elektriko plača 682,55 €. Če bi se štiričlanska družina odločila za postavitvev 5 kW hidroelektrarne, s katero bi krila porabo električne energije, bi se ji strošek 20.000 € vredne hidroelektrarne vrnil v 29 letih, če odvečne električne energije ne bi



---

prodajala v električno obrežje. V nasprotnem primeru pa bi družina dobila povrnjen strošek že v 12 letih.

## 5.2 JEDRSKE ELEKTRARNE

Jedrska energija se v današnjem svetu uporablja v medicini, prehrani, biologiji, navtiki, največ pa v energetiki. Jedrsko energijo so že začeli uporabljati med drugo svetovno vojno v podmornicah in za orožje. V Rusiji in Veliki Britaniji pa so sredi 20. stoletja postavili že prve elektrarne na jedrsko energijo.

### 5.2.1 Prednosti in slabosti jedrske elektrarne

Jedrska elektrarna Krško, kljub temu da proizvede dve petini slovenske električne energije, v ozračje ne spušča večje količine toplogrednih plinov. Poleg tega je količina odpadkov pri jedrski elektrarni milijon krat manjša, kot pri količini odpadkov v elektrarni na fosilna goriva (7).

Po drugi strani pa pri jedrskih reakcijah nastajajo visoko radioaktivni odpadki, ki jih bomo morali varno skladiščiti še 1000 let. Slabost jedrskih elektrarn je tudi tveganje jedrskih nesreč, ki so v preteklosti terjale nekaj smrtnih žrtev.

### 5.2.2 Jedrske katastrofe

Od leta 1954, ko je začela obratovati prva jedrska elektrarna, pa do danes, je bilo na svetu 75 jedrskih nesreč, tri najodmevnejše jedrske katastrofe pa so: nezgoda na Otoku treh milj, katastrofa v Černobilu in katastrofa v Fukušimi.

To pomeni, da, lahko pričakujemo manjšo jedrsko nesrečo na vsak 301 dan v letu, večjo katastrofo pa na vsakih 20 let, pri čemer pa se je varnost močno povečala.

### 5.2.3 Jedrska energija v Sloveniji

Jedrska elektrarna Krško (NEK) je v Sloveniji edina jedrska elektrarna in s 727 MW močnim generatorjem, ki za lastno rabo potrebuje 31 MW, proizvede za Slovenijo slabih 6000 GWh na leto, kar je približno 40 % proizvedene slovenske električne energije. Začetna investicija za NEK, ki je začela obratovati leta 1981 in ima predvideno 60-letno obratovalno dobo, je bila približno 998.799.628 \$ oz. 880.309.940,45 € (32). Poleg tega ima NEK na vsakih 18 mesecev redni remont, kjer sodeluje okoli 1800 ljudi. Skupni stroški remonta znašajo 100

milijonov evrov. Od tega gre za zamenjavo jedrskega goriva približno 46 milijonov evrov, za vse storitve okoli 32 milijonov evrov in za vse blago oziroma opremo 22 milijonov evrov (16). S tem zagotovijo varnost jedrske elektrarne Krško in podaljšujejo njeno življenjsko dobo.



Slika 17: Jedrska elektrarna Krško (17).

Po podatkih iz leta 2017 je imel NEK v svojem skladišču 470 ton visoko radioaktivnih odpadkov, ki jih je proizvedel v 36 letih. Če poenostavim, je NEK v enem letu proizvedel 13 ton visoko radioaktivnih odpadkov. Če bi letno proizvodnjo visoko radioaktivnih odpadkov razdelili med vse slovenske prebivalce, ki jih je po podatkih iz februarja 2019 2.070.050, bi vsak prebivalec dobil 6,2 g visoko radioaktivnih odpadkov na leto, kar je v primerjavi s Termoelektrarno Šoštanj zelo malo (17).

Če bi zaprli jedrsko elektrarno Krško, bi morali v čim krajšem času nadomestiti dve petini oziroma slabih 6000 GWh električne energije. Na začetku bi bili prisiljeni v uvoz električne energije, dolgoročno gledano pa bi morali ali zgraditi še eno termoelektrarno, ali pa kombinirati sončno, vetrno in vodno energijo, da bi zapolnili velikanski nastali primanjkljaj.

Če bi želeli Slovenijo oskrbovati samo z jedrsko energijo, bi potrebovali še tri tako velike jedrske elektrarne, kot je v Krškem, če se osredotočimo na proizvodnjo električne energije jedrske elektrarne Krško v Sloveniji. V tem primeru bi imeli letno 3000 GWh viška električne energije. Takšna investicija bi bila seveda zelo draga, in sicer 2.640.929.820 €. Za te tri elektrarne bi potrebovali še dodatnih 146,1 ton goriva.

#### 5.2.4 Vpliv NEK na okolico in ljudi

Celotni letni vpliv NEK na posameznika je 1000-krat manjši od vpliva naravnih virov sevanja. Res pa je, da je od NEK reka Sava navzdol toplejša za 3 °C, kot bi bila sicer, saj se rečna voda uporablja za hlajenje (17).

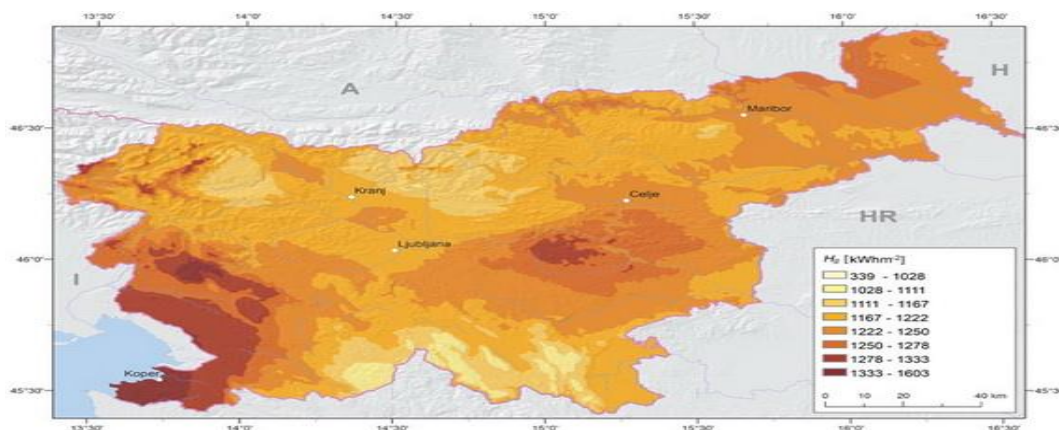
#### 5.2.5 Vrste jedrskih reaktorjev

Na svetu je pet različnih vrst jedrskih reaktorjev. In sicer: vrelni reaktor, tlačnovodni težkovodni reaktor, plinski reaktor, vodno hlajeni, grafitno moderirani reaktor in tlačno vodni reaktor, ki je najbolj razširjen reaktor in ga ima tudi NEK (17).

### 5.3 SONČNE IN FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE

Atmosfera sprejema in odbija večino X-žarkov in ultravijoličnega sevanja in tako ob morju pri jasnem vremenu prejme zemlja največ 1000 W sončne svetlobe na kvadratni meter (2). Čeprav je sončna energija obnovljiva, jo lahko izkoriščamo samo čez dan. Odvisna je tudi od letnih časov in vremena. Je investicijsko draga in prispeva malo električne energije v slovensko električno omrežje. Leta 2017 je proizvedla približno 283,678 GWh, kar je 1,81 % slovenske proizvodnje električne energije (27).

#### 5.3.1 Sončne elektrarne v Sloveniji



Slika 18: Povprečno sončno obsevanje na kvadratni meter horizontalne površine (30).

V Sloveniji je povprečno sončevo obsevanje večje od 1000 kWh/m<sup>2</sup> letno. Desetletno merjeno povprečje letnega globalnega obsevanja se giblje med 1053 in 1389 kWh/m<sup>2</sup>, kar prikazuje tudi slika 18, pri čemer približno polovica Slovenije prejme med 1153 in 1261 kWh/m<sup>2</sup> sončevega obsevanja (30).

### 5.3.2 Proizvodnja električne energije Sonca v Sloveniji

Vseh 4232 slovenskih sončnih elektrarn je imelo v letu 2017 skupno 267 MW moči. Te so skupaj proizvedle v istem letu 283,678 GWh električne energije. To pomeni, da če upoštevamo velikost PV modulov in povprečno letno sončevo obsevanje v Sloveniji, je bilo leta 2017 pri nas 1.186.666 PV modulov, s povprečno močjo 225 W (30).

Koliko električne energije proizvede en PV modul pa je odvisno od njegove moči, velikosti in izkoristka, lege ter sončnega obsevanja. Tako v Velenju, kjer je povprečno letno sončevo obsevanje slabih 1400 kWh/m<sup>2</sup> letno, bi 300W PV modul, ki ima 18% izkoristek in površino 1,940352 m<sup>2</sup> ter bi bil pod 30° kotom nad horizontom obrnjen proti jugu, proizvedel 488 kWh/leto. V Sloveniji pa 225W PV modul, ki ni nagnjen pod kotom, pri 1221 kWh povprečnega slovenskega sončevega obsevanja na površini 1,46663 m<sup>2</sup> proizvede približno 246,5 kWh/leto (30).

V Sloveniji imamo veliko načrtov z obnovljivimi viri energije. Če bi želeli samo s sončnimi elektrarnami oskrbovati Slovenijo z električno energijo, bi morali z njimi priskrbeti še dodatnih 15113,192 GWh električne energije. Za to bi potrebovali še, če upoštevamo povprečno slovensko sončevo obsevanje, dodatnih 35.439.554 PV panelov z močjo 300 W, ki bi imel vsak 18% izkoristek in ne bi bil nagnjen pod kotom. Za takšno število PV panelov, če predpostavimo, da je velikost enega 300 W PV panela 1,940352 m<sup>2</sup>, bi potrebovali 68,87 km<sup>2</sup> prostora, kar je toliko, kot je velika občina Jezersko. Za takšen nakup PV panelov bi potrebovali 10.631.866.200 €, če predpostavimo, da je povprečna cena PV panela 300 €. Pri takem PV modulu se cena lahko giblje od 270 € do 330 €. V to ceno pa niso všteti stroški gradnje in vzdrževanja, ki pa bi celoten sistem še podražili (14).

### 5.3.3 Investicija, ki se obrestuje?

Povprečna slovenska hiša letno porabi 4000 kWh in več električne energije, za kar trenutno plačuje med 50 in 63 EUR na mesec. Če na streho namesti sončno elektrarno moči 5 kW, bo ta letno proizvedla približno 5.500 kWh električne energije. Preprosto gledano, bi s takšno elektrarno pokrili vse potrebe po električni energiji. Ker pa sočna elektrarna dela samo podnevi, poleti seveda bistveno več kot pozimi, bi imeli v določenih obdobjih preveč električne energije, v nekaterih pa premalo. Zato moramo ostati priključeni na elektro

---

omrežje, iz katerega bomo dobivali električno energijo v času primanjkljaja, v času viškov pa bo višek električne energije prodan v omrežje (14).

Takšna 5 kW sončna elektrarna stane približno 14.000 €. Če predpostavimo, da bodo iz te elektrarne za lastne potrebe porabili 60 % električne energije, 40 % pa prodali v omrežje, bodo pri računih električne energije, ki je stala februarja 2019 0,17 €/kWh, prihranili okoli 420 € letno (14).

S takšno sončno elektrarno pa bo imela štiričlanska družina tudi nekaj stroškov, saj morajo registrirati dejavnost, če želijo prodajati električno energijo v omrežje, stroški pa nastanejo tudi pri vzdrževanju in zavarovanju. Vendar ti stroški letno ne presežejo 200 €. Vzdrževanje takšne elektrarne stane povprečno 100 €, zavarovanje sončne elektrarne pa tudi približno 100 € (14).

#### 5.3.4 Pozitivne in negativne lastnosti sončnih elektrarn

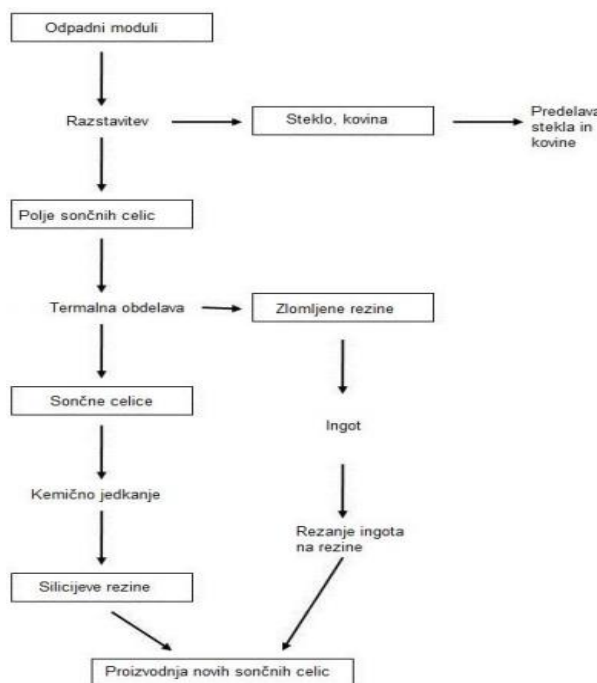
Sončne elektrarne izkoriščajo obnovljiv vir energije. Poleg tega med samim delovanjem ne proizvajajo škodljivih snovi. So tudi najtišje med vsemi ostalimi elektrarnami in so dostopne tudi laikom, ker ne potrebujejo vsakodnevnega vzdrževanja.

Po drugi strani pa so sončne elektrarne drage in nimajo visokega izkoristka pri pretvorbi sončne v električno energijo. Pogosto povzročajo tudi požare. Najpogosteje zaradi nepravilne namestitve PV modulov, pregorevanja cenenih električnih vezav in zaradi kratkih stikov. Poleg škode in ogroženosti stavbe, na kateri je sončna elektrarna, pri požaru nastane še veliko okolju škodljivih plinov. Pri gradnji sončne elektrarne nastanejo izpusti CO<sub>2</sub> zaradi transporta gradnikov do mesta, kjer bo elektrarna postavljena. V svojem življenjskem krogu PV sistem proizvede do 0,057 kg CO<sub>2</sub>/kWh (13). PV moduli poleg vsega naštetega preprečujejo tudi segrevanje, ker gre svetloba vanje, ne pa v tla, kar lahko pri obsežnih sončnih elektrarnah privede do neželenih posledic, kot je nižanje temperature tal (4).

#### 5.3.5 Razgradnja sončne elektrarne

Da reciklirajo odslužene PV panele, jih morajo najprej razstaviti, pri čemer so stroški 1MW sončne elektrarne povprečno 17.635 €. Pri nepoškodovanih PV modulih najprej odstranijo aluminijast okvir in nadaljujejo s termičnim procesom. V 600 °C vroči peči zažgejo vse folije, medtem ko sončne celice, steklo in vezni trakovi, ki v modulu povezujejo sončne

celice, ostanejo nepoškodovani. Vse to po končanem termičnem procesu ločijo in prodajo naprej in od prodaje za 1MW sončno elektrarno dobijo povprečno 72.150 € (13).



Slika 19: Postopek razgradnje PV modula (13).

## 5.4 TERMOELEKTRARNE

Okoli 75 % goriv, ki se uporabljajo v svetu, so fosilna goriva. Glavni potrošniki teh so termoelektrarne. V Sloveniji imamo tri termoelektrarne. Največja termoelektrarna Šoštanj, je v letu 2017 proizvedla 3.968 GWh električne energije. Termoelektrarna Toplarna Ljubljana je v istem letu proizvedla okoli 408 GWh, termoelektrarna Brestanica pa 12.1 GWh električne energije. Izmed teh treh termoelektrarn največ električne energije proizvede Termoelektrarna Šoštanj, zato se ji bom v nadaljevanju najpodrobneje posvetil.

### 5.4.1 Vpliv termoelektrarne na okolje

Največji porabniki fosilnih goriv so termoelektrarne, v Sloveniji je to Termoelektrarna Šoštanj. Ta pri svojem delovanju v zrak izpušča snovi, kot so žvepovi dioksidi, dušikovi oksidi, ogljikov dioksid in ogljikov monoksid. Nekateri od teh plinov dražijo pljuča, otežujejo dihanje, povzročajo kisli dež in prispevajo k čezmernemu segrevanju ozračja. Pri kurjavi premoga lahko nastane smog, to je kombinacija dima in megle, ki je lahko nevarna

za naše zdravje. Če je smog dlje časa nad mestom, lahko pride do zastrupitev in smrti (12). Posledice termoelektrarn na dolgi rok so lahko degradacija gozdnih tal in s tem zmanjšanje mineralne preskrbe, visoke koncentracije žveplovih oksidov lahko poškodujejo rastlinske organe, lahko nastane škoda v kmetijstvu, gozdarstvu in vpliva na zdravje ljudi (11). Poleg tega termoelektrarne na premog izpostavljajo javnost radioaktivnemu sevanju, saj premogov prah običajno vsebuje tudi uran. Po podatkih iz revije Science so tisti, v bližini elektrarn na premog izpostavljeni večjim odmerkom sevanja kot tisti v bližini jedrskih elektrarn (15).

#### 5.4.2 Termoelektrarna Šoštanj

Termoelektrarna Šoštanj je največja termoelektrarna po proizvodnji električne energije v Sloveniji. Zgradili so jo neposredno v bližini premogovnika Velenje v Šaleški dolini. Ves lignit pokurijo v TEŠ, kar je od 3,5 do 3,8 milijonov ton premoga letno (11).



Slika 20: Termoelektrarna Šoštanj (24).

Termoelektrarna Šoštanj, v kateri je glavni proizvajalec električne energije šesti blok TEŠ s 600 MW močnim generatorjem, proizvede povprečno 4000 GWh letno. TEŠ 6, ki so ga zagnali leta 2016 ima predvideno 40-letno življenjsko dobo, stroški za izgradnjo pa so znašali 1,4 milijarde evrov (24).

#### 5.4.3 Vpliv TEŠ na Slovenijo iz finančnega in ekološkega vidika

V letu 2017 je TEŠ imel 207.444.738 € prihodkov, od tega je od prodaje električne energije dobil 199.053.765 €. Imel pa je tudi 240.038.900 € odhodkov, od tega so za obratovanje zapravili 4.736.452 € in vzdrževanje 3.228.859 € ter za premog lignit, če upoštevamo, da stane lignit 2,75 € za 1 GJ energije, odšteli 104.126.000 €, kar predstavlja 77 % nabave materiala in je dobrih 43 % celotnih odhodkov (24).

Iz zgoraj navedenih podatkov sklepam, da se je v letu 2017 TEŠ zadolžil za 32.594.162 €, kar je približno 6,5 % manj kot v letu 2016 (24).

Poleg visokih stroškov, TEŠ proizvede tudi 0,87 kg/kWh, emisij ogljikovega dioksida, kar je če uporabim povprečno letno proizvodnjo električne energije, ki znaša 4000 GWh, <sup>1</sup>3.480.000 ton CO<sub>2</sub> letno. To pomeni, da če bi 3.480.000 ton CO<sub>2</sub> razdelili med vse slovenske prebivalce, ki jih je po podatkih iz februarju 2019 bilo 2.070.050, bi vsak prebivalec dobi 1,7 tone CO<sub>2</sub> letno (24).

Dobra stran šestega bloka termoelektrarne Šoštanj pa je, da letno proizvede povprečno 30% električne energije v Sloveniji, kar je veliko. Hkrati ima tudi za tretjino manj izpustov, kot pa prejšnji bloki v TEŠ. Tudi hrup, ki nastaja med delovanjem TEŠ ni večji od 48 dB (24). Seveda pa je med redkimi elektrarnami v Sloveniji, ki ji lahko povečajo oz. zmanjšajo proizvodnjo električne energije glede na povpraševanje.

Težko si predstavljamo Slovenijo brez termoelektrarn. Če bi vse odstranili bi na letni ravni nastala 5055 GWh luknja, ki pa bi jo morali v kratkem času nadomestiti z uvoženo električno energijo. Na dolgi rok pa bi se pojavila potreba po še eni jedrski elektrarni, kot je v Krškem ali pa bi morali kombinirati hidro, vetrne in sončne elektrarne med seboj, da bi zapolnili energetska luknjo. Če pa bi želeli v Sloveniji pridobivati električno energijo samo z termoelektrarnami, bi potrebovali še 3 enake termoelektrarne kot je termoelektrarna Šoštanj. Takšna investicija bi stala 4,2 milijarde evrov, ki pa bi potrebovala še okoli 11.653.200 ton goriva, ki bi bilo v tem primeru lignit. Letno bi tako plačali samo za gorivo še dodatnih 320.463.000€, ki pa bi posledično proizvedlo še dodatnih 10.440.000 ton CO<sub>2</sub> letno (24).

## 5.5 VETRNE ELEKTRARNE

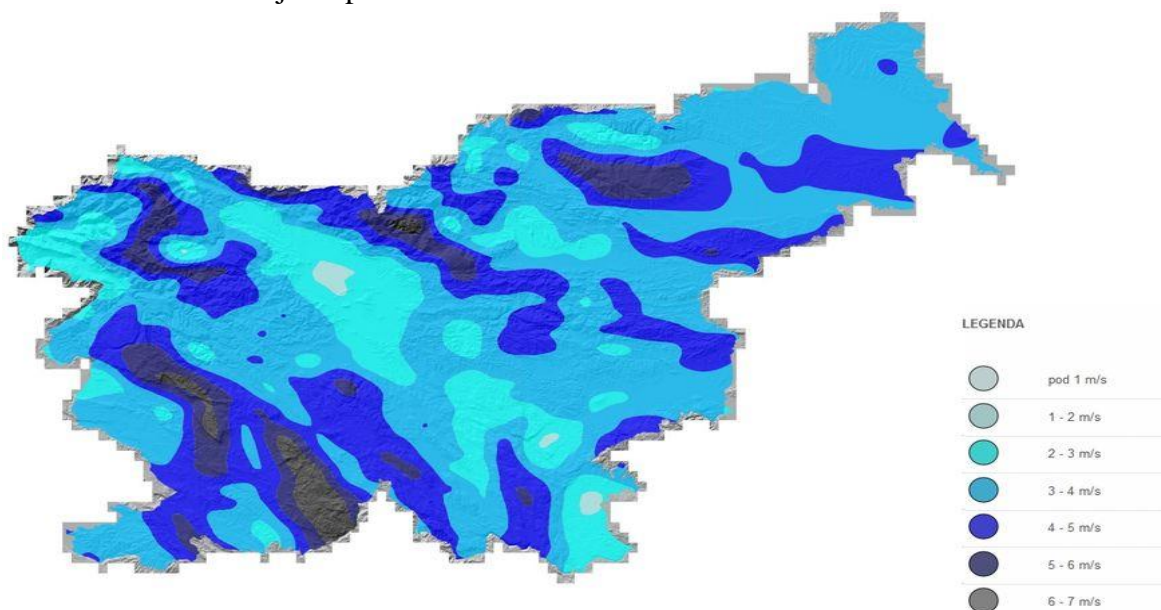
Vetrno energijo so izkoriščali že v davnini. Dolga stoletja so bili vetrni mlinci značilnost številnih pokrajin. Ti so proizvajali energijo za mletje žita in za črpanje vode, za kar jih uporabljajo še danes. Ampak to ni več njihova glavna naloga. Dandanes so vetrnice po večini vetrne elektrarne, ki proizvedejo 25 % svetovne električne energije. Kljub temu, da je vetrna energija ena najčistejših energij, ne more nadomestiti fosilne energije, ampak jo lahko samo dopolnjuje.

---

<sup>1</sup> količina CO<sub>2</sub> je drugačna od realne količine, ker na realno količino vpliva več dejavnikov.



### 5.5.1 Primerne lokacije za postavitev vetrne elektrarne



Slika 21: Povprečna letna hitrost vetra v Sloveniji. Merilo: 1 kvadrata na sliki pomeni 2,5 km<sup>2</sup> v naravi (28).

Iz slike 21 je razvidno, da je v Sloveniji malo območij s povprečnimi letnimi hitrostmi od 5 do 7 m/s, ki bi bila primerna za gradnjo sodobnih vetrnic (1). Na inštitutu Jožefa Štefana so izračunali, da je v Sloveniji dovolj vetra, da bi lahko z vetrnimi elektrarnami proizvedli skoraj 800 GWh električne energije, kar je okoli 5 % slovenske električne energije. Slovenija z izjemo Primorske in gorskih grebenov ne spada med države z močnimi in stalnimi vetrovi. V Sloveniji so vetrovi večinoma nestalni ali sunkoviti in posledično manj primerni za gradnjo vetrnic (2).

Okoljevarstvene raziskave so pokazale, da je v Sloveniji 3.052,5 km<sup>2</sup> ozemlja, ki je z vidika varstva ptic močno občutljivo na postavitev vetrnih elektrarn. To predstavlja 15,1 % ozemlja, kjer gradnja vetrnih elektrarn ne pride v poštev zaradi interesa varstva ptic. Poleg tega je v Sloveniji še 2.977,1 km<sup>2</sup> zmerno občutljivih območij, kar je 14,7 % ozemlja države. To pomeni, da je na osnovi razpoložljivih podatkov 70,3 % površine države, kjer konfliktov zaradi interesov varstva ni pričakovati (9).

### 5.5.2 Prednosti in slabosti vetrnih elektrarn

Vetrna elektrarna ima številne prednosti, saj pri proizvodnji električne energije ne proizvaja škodljivih emisij, zemljo pod vetrnicami je še vedno mogoče obdelovati in ker bo veter

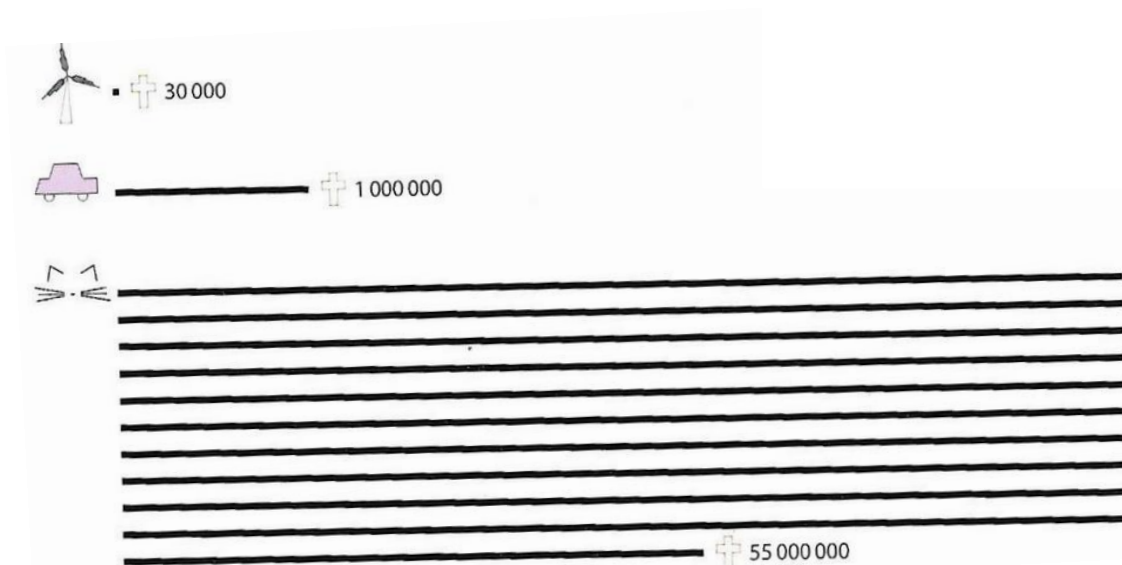
---

vedno pihal je to brezplačni obnovljiv vir energije. Vetrnice imajo tudi minimalne stroške z gorivom in v primerjavi z drugimi elektrarnami manj stroškov pri vzdrževanju. Tudi razgradnja vetrnih elektrarn je mogoča z minimalno škodo za okolje (5). Cena ene kilovatne ure električne energije, proizvedene s pretvarjanjem kinetične energije vetra, je med najnižjimi med vsemi ostalimi načini proizvodnje električne energije. Prihodnost vetrnic pa je usmerjena k zmanjšanju stroškov pri izdelavi, v povečanje njihove učinkovitosti in v gradnjo večjih enot (1).

Res je, da je način pridobivanja električne energije eden najčistejših, ampak imajo vetrnice kljub velikim prednostim tudi slabosti. Največja nasprotovanja vetrnicam so zaradi trkov ptic, grdega videza in hrupa, čeprav živali na podeželju, ki se pasejo v bližini vetrnic, to ne moti (6).

Vetrnice spadajo med zelene vire energije, ker izkoriščajo obnovljiv vir energije. Menim tudi, da predstavljajo prijazen način pridobivanja električne energije do okolja. Ali je res tako?

V Sloveniji in tudi drugod po svetu nekateri nasprotujejo gradnji vetrnih elektrarn zaradi možnosti poginjanja ptic na območjih vetrnic. Kolikšen je resnični vpliv na ptice? Na Danskem, kjer vetrnice proizvedejo tudi do 40 % električne energije letno, obratuje po podatkih iz leta 2017 okoli 6100 vetrnih elektrarn. Zaradi 6100 vetrnic letno pogine približno 30.000 ptic, kar je številčno veliko, a zaradi posamezne vetrnice umre 5 ptic na leto, kar pa ni več tako veliko. Če to primerjamo z danskim prometom, zaradi katerega pogine 1.000.000 ptic letno, kar je več kot 30-krat več, si številke že predstavljamo drugače. Na sliki 22 je prikazano okvirno število poginulih ptic zaradi mačk v Veliki Britaniji (55.000.000), ki pa je približno 1800-krat višje od števila poginulih ptic na Danskem zaradi vetrnic (7).



Slika 22: Število poginulih ptic na leto na Danskem zaradi vetrnic in prometa ter v Veliki Britaniji zaradi mačk (7).

Zaradi hrupa raziskovalci razvijajo nove vetrne turbine, ki so veliko tišje kot starejše. Šumenja pri novejših modelih ne slišimo že na oddaljenosti 200 m, vendar vedno obstajajo izjeme. Čez dan vetrnica ne sme biti glasnejša od 45 dB (decibel), ponoči pa ne več kot 35 dB. Hrup, ki ga povzročajo vetrnice, je posledica vrtnčenja zraka ob listih oziroma lopaticah rotorja in trenja, ki ga povzročajo mehanski elementi vetrnice. Vetrnica pa je bolj slišna pri manjši hitrosti vetra kot pri večji hitrosti, ker je v ozadju manj hrupa, ki ga povzroči pihanje vetra (1).

Obstajajo tudi še ostale sporne ugotovitve glede vetrnic, kot so, da vetrne elektrarne potrebujejo ogromno prostora in so lahko zaradi gradnje hudo breme za okolje.

### 5.5.3 Nesreče vetrnic

Pri močnejših vetrovih se lahko začnejo lopatice s turbino vrteti vedno hitreje in lahko lopatice zaradi centrifugalne sile odtrga od turbine. Vetrnice imajo zato vgrajene varnostne mehanizme, ki omejujejo hitrost vrtenja. Vendar varnostni mehanizmi ne delujejo vedno, zato se velikokrat zgodijo nesreče, kot se je na Hrvaškem na otoku Pag, oktobra 2017. Burja je podrla 35 ton težko in 50 m visoko vetrnico. Žrtev ni bilo, škodo pa so ocenili na 600.000 €. Takšnih nesreč je veliko, žrtve so redke, vendar so stroški visoki. Da bi se takšnim nesrečam izognili, moramo graditi vetrnice na lokaciji, kjer veter piha s hitrostjo več kot 5 m/s in hkrati manj kot 15 m/s (33).



Slika 23: Razpad vetrne turbine pri visoki hitrosti (20).

Problem vetrnic je tudi v tem, da če so preblizu, druga drugi jemljejo moč vetra. Zato po mnenju strokovnjakov razmik med vetrnicami ne bi smel biti manjši od 5-kratnika njihovega premera, če ne želimo izgubljati velikega dela moči, kar seveda zavzame veliko prostora (7).

#### 5.5.4 Vetrne elektrarne v Sloveniji

V Sloveniji imamo dve vetrni elektrarni. Prva vetrnica, ki ima 2,2 MW nazivne moči in proizvede do 4,5 GWh letno, stoji blizu Dolenje vasi na Primorskem. Ta vetrnica je znamke Enerkon E70 in deluje samodejno (generator se vrti okoli svoje osi in išče najprimernejši veter) ter je prijaznejša okolju od ostalih vetrnic, ker njen reduktor ne potrebuje olja. Druga vetrnica pa stoji pod Nanosom in proizvede povprečno 1,6 GWh letno. Tako sta skupaj v letu 2017 proizvedli 5,716 GWh. Investitorji so v prvo vetrnico vložili okoli 3.000.000 €, v drugo pa 1.300.000 € in računajo, da se jim bo investicija za prvo vetrnico povrnila v 7 letih. Vetrnici poleg zvoka, ki ga oddajata med svojim delovanjem, ne vplivata pretirano na okolje (36). Iz podatkov iz podpoglavja 5.5.2 sklepam, da zaradi slovenskih vetrnic na leto pogine do 10 ptic, kar je v primerjavi z drugimi državami malo, seveda tudi zaradi majhnega števila vetrnih elektrarn.

Če v Sloveniji ne bi bilo nobene vetrne elektrarne, bi morali na začetku letno uvoziti 6 GWh električne energije več kot sicer, a bi to praznino nadoknadili s hidroelektrarnami na srednji Savi, ki so že v načrtu gradnje.

Če pa bi želeli teoretično oskrbovati Slovenijo z vetrno energijo, bi potrebovali še dodatnih 3421 vetrnic enake moči kot je vetrnica Enercon E70. Takšna investicija bi nas stala okoli 10.263.000.000 €, ki pa bi jo morali po 30 letih obnoviti, saj ima vetrnica življenjsko dobo do 30 let, hkrati pa bi bili popolnoma odvisni od vremena, zato to ni realno izvedljivo.

#### 5.5.5 Domača investicija vetrne elektrarne za štiri člansko družino

---

Cene male vetrne elektrarne se gibljejo 3.000 evrov do 5.000 evrov/kW Poleg same cene pa sem spadajo še stroški dela, postavitve, dovoljenja in soglasja za gradnjo, popravil, materialov in ostalih stvari, ki omogočajo delovanje vetrne elektrarne. Za postavitev vetrne elektrarne potrebujemo tudi več prostora in če ga nimamo, ga je potrebno kupiti, kar nam povzroči dodatne stroške. Nato moramo izkopati luknjo in narediti temelje, kar tudi stane. Za obratovanje in vzdrževanje se letno porabi med 33 do 44 € za kW, za zavarovanje pa okoli 30 € za kW. Povprečna povračilna doba takšne investicije se giblje od 12 do 17 let (10).

Predpostavimo, da bi štiričlanska družina za svoje potrebe potrebovala 4 kW vetrno elektrarno. Cena takšne elektrarne je okoli 15.000 €. Predpostavimo tudi, da so stroški izgradnje 5.000 €, kar je že 20.000 € vredna investicija. Če dodamo še letno zavarovanje in povprečne stroške vzdrževanja, je to še dodatnih 274 €, ki pa jih bo štiričlanska družina plačala 30-krat. To pomeni, da bo štiričlanska družina v 30 letih investirala v vetrno elektrarno 28.220 €. Če se ji stroški povrnejo v 17 letih, bo imela družina v preostalih 13 letih približno 8860 € dobička.

---

## 6 ZAKLJUČEK

Elektrarne je težko primerjati med seboj, saj se v marsičem razlikujejo. Kljub temu pa sem ugotovil:

- da ima najmanj izpustov CO<sub>2</sub> hidroelektrarna,
- da sta najmanj nevarni med obratovanjem elektrarn vetrna in jedrska elektrarna, kar pa v primeru nesreč ne drži,
- da za izgradnjo potrebuje najmanj prostora jedrska elektrarna,
- da ima najdaljšo življenjsko dobo hidroelektrarna,
- da ima najnižje investicijske stroške jedrska elektrarna,
- da je najprimernejša za domačo proizvodnjo elektrike za štiričlansko družino sončna elektrarna.

Poleg vsega tega sem raziskal tudi, kakšna bi bila najprimernejša kombinacija elektrarn na obnovljive vire, če bi iz slovenskega omrežja izključili vse termoelektrarne in jedrsko elektrarno Krško. Ob izključitvi teh elektrarn bi morali zapolniti 11022,460 GWh letne proizvodnje. 800 GWh bi nadomestili z vetrnimi elektrarnami, 1134 GWh bi pokrili s hidroelektrarnami, ki se načrtujejo v bližnji prihodnosti, ostalo pa bi pokrili z sončnimi elektrarnami. Takšna investicija bi stala okoli tri in pol krat več, kot pa sta stali gradnji jedrske elektrarne Krško in šestega bloka termoelektrarne Šoštanj.

Na kakšen način bi v Sloveniji še lahko drugače pridobivali električno energijo? Kakšna je prihodnost razvoja električnih avtomobilov? Ostaja vprašanje, kaj bo z našo energetiko čez sto in več let. Ali se bo razvila v trajnostno zeleno energijo ali pa bo izčrpala naš planet? To so vprašanja, ki si jih vsi zastavljamo. Zastavljam si jih tudi sam in upam, da ima energetika v Sloveniji kot tudi v svetu svetlo prihodnost.

---

## 7 POVZETEK

Različne vrste elektrarn proizvajajo električno energijo na različne načine. Proizvodnja elektrike pa posega tudi v okolje. Pri tem najmanj izstopa jedrska elektrarna, čeprav v primeru nesreče povzročijo katastrofalne in nepopravljive posledice za okolje in ljudi. Po anketi, ki sem jo izvedel na 100 poljubno izbranih slovenskih anketirancih, sem ugotovil, da slovensko prebivalstvo živi v prepričanju, da je vetrna energija najboljša za pridobivanje električne energije, kar pa po mojih raziskavah ne drži. Rezultati raziskovalne naloge so pokazali, da je najprimernejša jedrska elektrarna. Drugače pa se rezultati ankete in rezultati mojih raziskav niso preveč razlikovali, kar pomeni, da smo Slovenci kar dobro poučeni o elektrarnah.

Ni dovolj, da iščemo nove načine pridobivanja električne energije in tako komaj dohajamo prehitro rast porabe elektrike. Če bo šlo tako naprej, se bomo začeli vrteti v začaranem krogu. Zato je potrebno, da naredimo več za varčevanje električne energije. Skupaj lahko dosežemo veliko, saj malo ni dovolj. Zato vas pozivam, da naredite pri varčevanju velik korak in pozovete k temu tudi svoje sorodnike in znance, ker bo drugače poraba električne energije rasla v nedogled. Proizvodnja elektrike ne bo mogla dohajati povpraševanja, saj so določena goriva, surovine in materiali, ki so potrebni za delovanje elektrarne, omejeni. To pomeni, da jih bo nekega dne zmanjkalo in bo naš planet obsojen na propad, česar si nihče ne želi.

## 8 ZAHVALA

Najprej bi se rad iskreno zahvalil svojemu mentorju gospodu Igorju Košaku, ki me je budno spremljal pri mojih raziskavah in mi dajal koristne nasvete ter popravke. Zahvalil bi se rad tudi gospe Janji Frangeš, gospe Sanji Jazbinšek Sever in gospe Alenki Gomivnik, ki so mi lektorirale raziskovalno nalogo. Na koncu bi se rad še zahvalil svojim staršem, bratu in sestrama, ki so mi pri raziskovalni nalogi stali ob strani.

---

## 9 VIRI IN LITERATURA

- (1) Medved, S., Arkar, C. 2009. Energija in okolje. Obnovljivi viri energije. Zdravstvena fakulteta, Ljubljana.
- (2) Bernot, N. 2018. Delo in energija. Delo in energija za gospodarski in kulturni razvoj Slovenije. Chiara B. D. O. O., Ljubljana.
- (3) Murphy, G. 2011. Izumi. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- (4) Kušček, S. Podreka, E. 1991. Energija. Velika izobraževalna slikanica. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- (5) Neubauer, N. 2009. Bogastva Zemlje. Mogočne sile narave. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- (6) Graham, I. 2000. Energija prihodnosti. Energija vetra. Tehnična založba Slovenije, Ljubljana.
- (7) MacKay, D. J. C. 2013. Trajnostna energija-brez razgretega ozračja. Energetika.NET, Ljubljana.
- (8) Graham, I. 2000. Energija prihodnosti. Vodna energija. Tehnična založba Slovenije, Ljubljana.
- (9) Bordan, D., Jančar, T., Mihelič, T. Karta občutljivih območij za ptice za umeščanja vetrnih elektrarn v Sloveniji.  
[ptice.si/.../201210\\_bordjan\\_jancar\\_karta\\_obcutljivih\\_obmocij\\_za\\_ptice\\_za\\_ve.pdf](http://ptice.si/.../201210_bordjan_jancar_karta_obcutljivih_obmocij_za_ptice_za_ve.pdf)  
(1. 2. 2019).
- (10) Vetrne elektrarne  
<http://www.vetrneelektrarne.si/stroski-in-cene/> (2. 2. 2019).
- (11) Vrtačnik, J. 2001. Ekološka sanacija TEŠ. 1987-2000. ERICo, Velenje.
- (12) Graham, I. 2000. Energija prihodnosti. Fosilna goriva. Tehnična založba Slovenije, Ljubljana.
- (13) Miklav, M. Idejna zasnova vzpostavitve proizvodnega postopka reciklaže sončnih elektrarn pri podjetju BISOL Group.



---

[http://www.vsvo.si/images/pdf/2014010625\\_Viki\\_Miklav%C5%BEina\\_Idejna\\_zasnova\\_v\\_zpostavitve\\_proizvodnega\\_postopka\\_recikla%C5%BEe\\_son%C4%8Dnih\\_elektrarn\\_pri\\_podjetju\\_BISOL\\_Group..pd](http://www.vsvo.si/images/pdf/2014010625_Viki_Miklav%C5%BEina_Idejna_zasnova_v_zpostavitve_proizvodnega_postopka_recikla%C5%BEe_son%C4%8Dnih_elektrarn_pri_podjetju_BISOL_Group..pd) (31. 1. 2019).

(14) Podrobno o finančnih izračunih postavitve majhne sončne elektrarne na vaši strehi  
<https://www.sol-navitas.si/podrobno-o-financnih-izracunih-postavitve-majhne-soncne-elektrarne-na-vasi-strehi/> ( 30. 1. 2019).

(15) Myers, N. 1991. Gaia modri planet. Atlas za današnje upravljalce jutrišnjega sveta. Mladinska knjiga, Ljubljana.

(16) Remont Jedrske elektrarne Krško

<https://www.24ur.com/novice/slovenija/nuklearna-elektrarna-krsko-zaustavljena-in-izkljucena-iz-omrezja-100-milijonov-evrov-za-remont.html> (27. 1. 2019).

(17) Jedrska elektrarna Krško

<https://www.nek.si/sl/o-jedrski-tehnologiji/delovanje-nek> (26. 1. 2019).

(18) Guillot, R. 1973. Enciklopedija. Za otroke. Mladinska knjiga, Ljubljana.

(19) Turbine

<http://www.hydro-electricity.eu/domov/> (9. 2. 2019).

(20) Predin, A. Vetrne elektrarne v Sloveniji?

[https://www.gzs.si/pripone/1\\_%20A.%20Predin.pdf](https://www.gzs.si/pripone/1_%20A.%20Predin.pdf) (2. 2. 2019).

(21) PV modul

[www.alibaba.com](http://www.alibaba.com) (6. 2. 2019).

(22) Uranova ruda

<https://www.quora.com/What-will-happen-if-a-person-goes-near-uranium> (7. 2. 2019).

(23) Nastanek premoga

<http://www.educa.fmf.unilj.si/izodel/sola/2002/di/kandare/7razred/KEMIJA/SNOV/NAFTA/premog.html> (3. 2. 2019).

(24) Termo elektrarna Šoštanj

<http://www.te-sostanj.si/si/> (3. 2. 2019).

(25) Električni krog

<http://e-va.e-um.eu/index.php> (10. 2. 2019).

(26) Poraba elektrike

<https://pxweb.stat.si/pxweb/dialog/statfile2.asp> (16. 1. 2019).

(27) Proizvodnja elektrike

<https://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (21. 1. 2019).

(28) Švab, N. Vetrne elektrarne.

<https://www.24ur.com/cas-za-zemljo/vetrne-elektrarne.html> (1. 2. 2019).

(29) Hidroelektrarna Vuzenica

<http://www.dem.si/sl-si/Default.aspx> (9. 2. 2019).

(30) Obsevanje v Sloveniji

<http://pv.fe.uni-lj.si/SEvSLO.aspx> (5. 2. 2019).

(31) Esvet

<https://www.esvet.si/vodna-energija/prednosti-slabosti-vodne-energije> (22. 1. 2019).

(32) Mavsar, S. 1997. Ključ za nuklearko. Knjiga, ki odkriva doslej še neznane dileme in podrobnosti o gradnji JE Krško. Opus, Krško.

(33) Nesreča vetrne elektrarne

<https://www.24ur.com/novice/svet/viharna-burja-na-pagu-zrusila-35-ton-tezko-in-50-metrov-visoko-vetrnico.html> (2.2 2019).

(34) Nesreče hidroelektrarn

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_hydroelectric\\_power\\_station\\_failures](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_hydroelectric_power_station_failures) (26.1. 2019).

(35) HE Zlatoličje

<http://www.dem.si/sl-si/Elektrarne-in-proizvodnja/Elektrarne/HE-Zlatolicje> (16.1. 2019).

(36) Tavčar, M. Poglejte v notranjost prve slovenske vetrnice.

<https://siol.net/novice/novice/poglejte-v-notranjost-prve-slovenske-vetrnice-291270> (31.3. 2019).