

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
GIMNAZIJA VELENJE  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA  
**ALI JE PREHOD NA ČISTEJŠE  
PRIDOBIVANJE ENERGIJE ZA  
ŠALEŠKO DOLINO RES PRIDOBITEV?**

Tematsko področje: EKONOMIJA

Avtor:  
Mark Šehič, 3. letnik

Mentor:  
mag. Ivan Jovan

Velenje, 2025

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Gimnaziji.

Mentor: mag. Ivan Jovan

Datum predstavitve: marec 2025

## **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD Gimnazija ŠC Velenje, šolsko leto 2024/2025

KG cena energije / ogrevanje Šaleške doline / čistejše pridobivanje energije / vpliv na okolje

AV ŠEHIČ, Mark

SA JOVAN, Ivan

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA Gimnazija ŠC Velenje

LI 2025

## **IN ALI JE PREHOD NA ČISTEJŠE PRIDOBIVANJE ENERGIJE ZA ŠALEŠKO DOLINO RES PRIDOBITEV?**

TD Raziskovalna naloga

OP IX, 50 str., 14 pregl., 4 sl., 6 graf., 29 vir.

IJ SL

II sl / en

AI TEŠ je eden ključnih objektov v Šaleški dolini, saj poleg proizvodnje električne energije proizvaja tudi toplotno energijo za daljinsko ogrevanje doline. Zaprtje TEŠ zato ne bi predstavljalo le velikega koraka za Slovenijo, ampak tudi nepredstavljivo spremembo za Šaleško dolino. Raziskovalna naloga se osredotoča na vprašanje, ali je prehod na čistejše pridobivanje energije res pridobitev. V ta namen je v nalogi predstavljenih in analiziranih pet različnih scenarijev pridobivanja energije, ki so med seboj tudi primerjani predvsem z ekonomskega in okoljskega vidika. Rezultati kažejo, da jedrska elektrarna ponuja najnižje stroške proizvodnje toplotne in električne energije, medtem ko ima sončna elektrarna s toplotnimi črpalkami najnižje letne emisije. Toplarna in TEŠ ostajata najdražji in okolju najmanj prijazni opciji. Scenarij, v katerem bi vsa potrebno električno energijo za ogrevanje Šaleške doline uvažali, se je izkazal za cenejšo

in okolju bolj prijazno možnost od TEŠ in toplotarne, vendar še vedno dražjo in z več emisijami od sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami ter jedrske elektrarne. Na podlagi teh ugotovitev je naloga zaključena s sklepom, da je prehod na čistejše pridobivanje energije za Šaleško dolino resnično pridobitev, vendar zahteva skrbno načrtovanje, upoštevanje vseh dejavnikov in postopno implementacijo.

## **KEY WORDS DOCUMENTATION**

ND Gimnazija ŠC Velenje, school year 2024/2025

CX price of energy / heating of the Šaleška Valley / cleaner energy production / impact on the environment

AU ŠEHIČ, Mark

AA JOVAN, Ivan

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB Gimnazija ŠC Velenje

PY 2025

**TI IS THE TRANSITION TO CLEANER ENERGY PRODUCTION FOR THE ŠALEŠKA VALLEY REALLY A GAIN?**

DT Research work

NO IX, 50 p., 14 tab., 4 fig., 6 graf., 29 ref.

LA SL

AL sl / en

AB TEŠ is one of the key facilities in the Šaleška Valley, as in addition to generating electricity, it also produces thermal energy for district heating in the valley. Thus, the closure of TEŠ would not only represent a significant step for Slovenia but also an unimaginable change for the Šaleška Valley. The research paper focuses on the question of whether the transition to cleaner energy production is truly beneficial. To this end, the

paper presents and analyzes five different energy production scenarios, which are compared primarily from an economic and environmental perspective. The results show that a nuclear power plant offers the lowest production costs for both heat and electricity, while a solar power plant with heat pumps has the lowest annual emissions. The heating plant and TEŠ remain the most expensive and environmentally unfriendly options. The scenario where all the necessary electricity for heating the Šaleška Valley would be imported proved to be a cheaper and more environmentally friendly option than TEŠ and the heating plant but still more expensive and with more emissions than the solar power plant with heat pumps and the nuclear power plant. Based on these findings, the paper concludes that the transition to cleaner energy production for the Šaleška Valley is indeed a gain but requires careful planning, consideration of all factors, and gradual implementation.

## Vsebina

1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV .....	3
2.1 TEŠ .....	3
2.2 Toplarna .....	5
2.3 Sončna elektrarna in toplotne črpalke.....	6
2.4 Jedrska elektrarna (SMR) .....	8
2.5 Vpliv na okolje.....	10
2.6 Uvožena električna energija.....	10
3 MATERIAL IN METODE DELA .....	11
3.1 Material .....	11
3.2 Metode dela.....	11
4 REZULTATI IN DISKUSIJA.....	13
4.1 Letni strošek ogrevanja v Šaleški dolini in letna proizvodna cena energije .....	13
4.1.1 V primeru TEŠ .....	13
4.1.2 V primeru toplarne .....	18
4.1.3 V primeru sončne elektrarne in toplotnih črpalk.....	20
4.1.4 V primeru jedrske elektrarne.....	23
4.1.5 Prikaz podatkov in primerjava .....	26
4.2 Vpliv na okolje in izpusti za ogrevanje Šaleške doline .....	29
4.2.1 V primeru TEŠ-a .....	29
4.2.2 V primeru toplarne .....	32
4.2.3 V primeru sončne elektrarne in toplotnih črpalk.....	34
4.2.4 V primeru jedrske elektrarne.....	35
4.2.5 Prikaz podatkov in primerjava .....	35

4.3 Uvožena električna energija.....	37
4.3.1 Letni strošek ogrevanja v Šaleški dolini z uvoženo električno energijo .....	37
4.3.2 Izpusti za ogrevanje Šaleške doline z uvoženo električno energijo .....	38
4.3.3 Prikaz podatkov in primerjava .....	38
5 ZAKLJUČEK .....	42
6 POVZETEK .....	45
7 SUMMARY .....	46
8 VIRI IN LITERATURA.....	47
8.1 VIRI SLIK .....	50

## KAZALO SLIK

Slika 1: TEŠ (1).....	3
Slika 2: Prikaz območja izgradnje sončne elektrarne na Družmirskem jezeru (2).....	6
Slika 3: Toplotna črpalka za območje Stuttgart-Münster (3) .....	8
Slika 4: Jedrski reaktor SMART (4).....	9

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja TEŠ [1, 2, 3, 4, 5] .....	3
Tabela 2: Cena, kurilna vrednost in poraba goriv TEŠ [3, 6, 7, 8].....	4
Tabela 3: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja toplotne [3, 5, 9] .....	5
Tabela 4: Cena, kurilna vrednost in poraba goriv toplotne [3, 6, 7, 8].....	6
Tabela 5: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja sončne elektrarne in hranilnika [10, 11, 12, 13, 14] .....	7
Tabela 6: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja toplotnih črpalk [3, 12, 15, 16]	8
Tabela 7: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja jedrskega reaktorja [3, 11, 17, 18, 19, 20].....	9
Tabela 8: Emisije in GWP lignita, zemeljskega plina in biomase [8, 21, 22] .....	10

Tabela 9: Emisije elektrarn in toplotne črpalke skozi življenjski cikel [23, 24] .....	10
Tabela 10: Cena in emisije uvožene električne energije [25, 26].....	11
Tabela 11: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.1 .....	27
Tabela 12: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.2 .....	36
Tabela 13: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.1 in poglavja 4.3 .....	39
Tabela 14: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.2 in poglavja 4.3 .....	40

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Graf 1: Primerjava letne proizvodne cene toplotne in električne energije (brez DDV) .	28
Graf 2: Primerjava letnih stroškov ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini.....	29
Graf 3: Primerjava deležev letnih emisij za proizvodnjo električne energije in letnih emisij za ogrevanje Šaleške doline .....	37
Graf 4: Primerjava vseh letnih proizvodnih cen toplotne in električne energije (brez DDV) .....	39
Graf 5: Primerjava vseh letnih stroškov ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini ..	40
Graf 6: Primerjava vseh deležev, ki jih v letnih emisijah predstavljajo letne emisije za ogrevanje Šaleške doline .....	41



## SEZNAM OKRAJŠAV

itd. – in tako dalje

oz. – oziroma

t. i. – tako imenovano

npr. – na primer

CO<sub>2</sub> – ogljikov dioksid

CH<sub>4</sub> – metan

N<sub>2</sub>O – dušikov oksid

kWh – kilovatna ura

MWh – megavatna ura

GWh – gigavatna ura

Nm<sup>3</sup> – normalni kubični meter (enota za zemeljski plin)

GJ – gigadžul

TJ – teradžul

TEŠ – Termoelektrarna Šoštanj, d. o. o.

JEK2 – drugi blok jedrske elektrarne Krško

COP – Coefficient of Performance, koeficient učinkovitosti

SMR – Small and Modular (Medium Sized) Reactor, Mali in srednji (modularni) reaktor

GWP – Global Warming Potential, potencial globalnega segrevanja

CO<sub>2e</sub> – ekvivalent CO<sub>2</sub>

## 1 UVOD

V letu 2024 je bil sprejet zakon, ki določa, da bo TEŠ z letom 2025 deloval kot toplotna. Namen zakona je predvsem zmanjšanje stroškov in emisij ter pridobitev časa za izdelavo načrta, s katerim bo lahko država TEŠ tudi uspešno zaprla. Zaprtje TEŠ ne predstavlja le velik korak za Slovenijo, temveč tudi nepredstavljlivo spremembo za Šaleško dolino. To preoblikovanje državne energetike je del širšega načrta Evropske unije, ki zahteva, da Slovenija opusti pridobivanje premoga iz Premogovnika Velenje in zapre TEŠ. V ta namen se Slovenija osredotoča predvsem na možnost pridobivanja energije iz obnovljivih virov, kot so sončne elektrarne, ter razmišlja o izgradnji JEK2. Kljub obetavnim teorijam pa ostaja vprašanje, ali je prehod na čistejše pridobivanje energije res pridobitev? V raziskovalni nalogi sem se osredotočil prav na to ključno vprašanje in ga poskušal razjasniti.

Namen raziskovalne naloge je izvesti primerjavo med različnimi energetskeimi viri in njihovimi vplivi ter s tem tudi prikazati nekaj možnih scenarijev. Glavna naloga je torej raziskati in analizirati ekonomske in okoljske vplive posameznih energetskih virov.

Glavni cilj raziskovalne naloge je zagotoviti jasno in objektivno sliko o prednostih in slabostih posameznih energetskih virov z ekonomskega in okoljskega vidika. S tem želim predstaviti zanesljive teoretične scenarije, ki bi bili lahko možni v prihodnosti. Prav tako poskušam izboljšati razumevanje in ozaveščenost ljudi o trenutni situaciji z energetiko v Šaleški dolini, saj je pomembno, da se zavedamo, kako velike so spremembe in kaj lahko prinašajo.

## HIPOTEZE

1. Jedrska elektrarna ima nižjo letno proizvodno ceno toplotne energije od TEŠ, toplarne in sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami.
2. Sončna elektrarna ima nižjo letno proizvodno ceno električne energije od TEŠ, toplarne in jedrske elektrarne.
3. Jedrska elektrarna proizvede manj letnih emisij od TEŠ, toplarne in sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami.
4. Uvožena električna energija ima višjo letno proizvodno ceno toplotne energije od TEŠ, toplarne, sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami in jedrske elektrarne.
5. Uvožena električna energija proizvede več letnih emisij za ogrevanje Šaleške doline od TEŠ, toplarne, sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami in jedrske elektrarne.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 TEŠ

Za raziskovanje sem najprej potreboval nabor določenih podatkov o TEŠ. Te sem večinoma pridobil iz Letnega poročila TEŠ 2023. Z namenom, da bi dobil novejše podatke kot iz leta 2023, sem kontaktiral tudi direktorja HSE SAŠA Mitjo Tašlerja, vendar sem dobil odgovor, da podatki za leto 2024 še niso verificirani in jih zato še ne morejo deliti z mano.



Slika 1: TEŠ (1)

Tabela 1: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja TEŠ [1, 2, 3, 4, 5]

	<b>TEŠ</b>
<b>Moč na pragu (blok 6)</b>	542,3 MW
<b>Kapitalski stroški (blok 6)</b>	1,41 milijarde EUR
<b>Življenjska doba (blok 6)</b>	10 let*
<b>Letni stroški dela (2023)</b>	15.716.107 EUR
<b>Letni finančni odhodki (2023)</b>	16.320.479 EUR
<b>Odpisi vrednosti brez oslabitev (2023)</b>	48.110.528 EUR
<b>Letni stroški storitev (2023)</b>	14.256.000 EUR
<b>Omrežnina za priključno moč brez DDV (2025)</b>	23,77 EUR/kW
<b>Povprečna cena emisijskih kuponov v 2024</b>	64,74 EUR/t CO <sub>2</sub>
<b>Letna proizvodnja električne energije (2023)</b>	2.735 GWh
<b>Letna proizvodnja toplotne energije (2023)</b>	305 GWh

\* upoštevano je obdobje od 1. 1. 2015 do 1. 1. 2025

Potem ko sem zbral vse osnovne podatke o TEŠ (glej tabelo 1), ki jih bom potreboval za nadaljnjo raziskovanje, sem v tabelo zbral tudi nekaj podatkov o gorivih, ki jih potrebuje TEŠ za proizvodnjo električne in toplotne energije.

Ker nekaterih podatkov o porabi goriv za proizvodnjo električne in toplotne energije Letno poročilo TEŠ 2023 ni vsebovalo, sem za pridobitev teh podatkov izvedel nekaj izračunov, ki jih lahko najdete v poglavju 4.1.1 (glej enačbe 5, 6, 7, 8, 9).

Pri izračunih za količino zemeljskega plina, ki ga je leta 2023 TEŠ porabil za proizvodnjo električne in toplotne energije (glej poglavje 4.1.1), sem upošteval, da je TEŠ v letu 2023 proizvedel **56 GWh** električne energije iz zemeljskega plina. [3]

Za pridobitev količine biomase, ki je bila leta 2023 porabljena s strani TEŠ za proizvodnjo električne in toplotne energije (glej poglavje 4.1.1), sem upošteval, da je poraba premoga in biomase za proizvodnjo toplotne energije znašala **66.103 t**. [3]

Za izračun letnega stroška ogrevanja Šaleške doline (glej enačbo 16) sem upošteval, da letni stroški obratovanja predstavljajo **17 %** celotne cene toplotne energije, kar pomeni, da vse ostalo predstavlja **83 %**. [27]

Pri letnem strošku ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini (glej enačbo 18) sem upošteval, da TEŠ ogreva **12.000** gospodinjstev. [28]

Tabela 2: Cena, kurilna vrednost in poraba goriv TEŠ [3, 6, 7, 8]

	<b>Premog (lignit)</b>	<b>Zemeljski plin</b>	<b>Biomasa</b>
<b>Cena</b>	6,00 EUR/GJ	46,30 EUR/MWh	76,99 EUR/t
<b>Kurilna vrednost</b>	12,223 MJ/kg	11,528 kWh/Nm <sup>3</sup>	15,6 MJ/kg
<b>Poraba za električno energijo</b>	2.066.442 t*	4.857.738 Nm <sup>3</sup> *	172.738 t*
<b>Poraba za toplotno energijo</b>	759 TJ	10.718.637 Nm <sup>3</sup> *	4.007 t*
<b>Skupna poraba</b>	2.128.538 t	15.576.375 Nm <sup>3</sup>	176.745 t

\* enačbe z izračuni podatkov najdete v poglavju 4.1.1

## 2.2 Toplarna

Poleg podatkov za TEŠ sem potreboval tudi še nekaj podatkov o toplarni (po 1. 1. 2025 TEŠ postane toplotna). Pri raziskovanju sem upošteval, da je toplotna še vedno TEŠ, vendar z manjšo proizvodnjo električne energije, zato so stroški TEŠ enaki stroškom toplotne. Izjema so samo stroški goriva in posledično tudi emisijskih kuponov, kar je posledica manjše proizvodnje električne energije.

Pri izračunih sem upošteval, da toplotna deluje s **42,5 %** moči TEŠ. [9]

Kot lahko vidite v tabeli 3, sem moral podatek za letno količino električne energije posebej izračunati. Izračun lahko najdete v poglavju 4.1.2 (glej enačbo 27).

Tabela 3: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja toplotne [3, 5, 9]

	<b>Toplarna</b>
<b>Moč na pragu</b>	542,3 MW
<b>Kapitalski stroški</b>	324 milijona EUR
<b>Življenjska doba</b>	2,3 leta*
<b>Letni stroški dela</b>	15.716.107 EUR
<b>Letni finančni odhodki</b>	16.320.479 EUR
<b>Odpisi vrednosti brez oslabitev</b>	48.110.528 EUR
<b>Letni stroški storitev</b>	14.256.000 EUR
<b>Povprečna cena emisijskih kuponov v 2024</b>	64,74 EUR/t CO <sub>2</sub>
<b>Letna proizvodnja električne energije</b>	1.162,4 GWh**
<b>Letna proizvodnja toplotne energije</b>	305 GWh

\* upoštevano je obdobje od 1. 1. 2025 do 30. 4. 2027

\*\* enačbo z izračunom podatka najdete v poglavju 4.1.2

Kot lahko vidite v tabeli 4, so cene goriv, kurilne vrednosti in poraba za toplotno energijo prav tako ostali enaki kot pri TEŠ. Spremenijo se samo podatki o porabi goriv za

produkcijo električne energije (manjša proizvodnja električne energije kot pri TEŠ), za katere lahko najdete izračune v poglavju 4.1.2 (glej enačbe 28, 29, 30).

Tabela 4: Cena, kurilna vrednost in poraba goriv toplarne [3, 6, 7, 8]

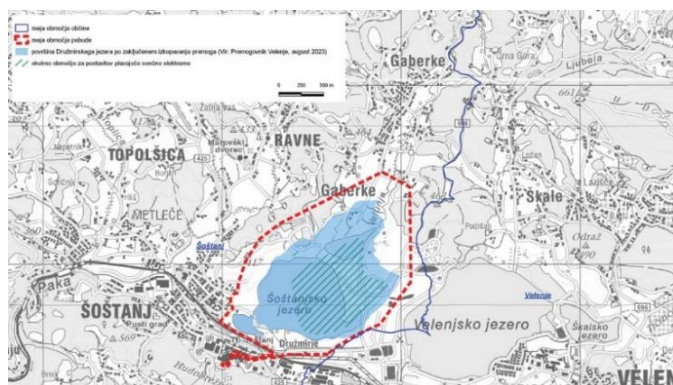
	Premog (lignit)	Zemeljski plin	Biomasa
<b>Cena</b>	6,00 EUR/GJ	46,30 EUR/MWh	76,99 EUR/t
<b>Kurilna vrednost</b>	12,223 MJ/kg	11,528 kWh/Nm <sup>3</sup>	15,6 MJ/kg
<b>Poraba za električno energijo</b>	878.238 t**	2.064.539 Nm <sup>3</sup> **	73.414 t**
<b>Poraba za toplotno energijo</b>	759 TJ	10.718.637 Nm <sup>3</sup> *	4.007 t*

\* enačbe z izračuni podatkov najdete v poglavju 4.1.1

\*\* enačbe z izračuni podatkov najdete v poglavju 4.1.2

## 2.3 Sončna elektrarna in toplotne črpalke

Za raziskavo sem potreboval tudi podatke o sončni elektrarni. Izbral sem si sončno elektrarno, ki je predvidena na Družmirskem jezeru, ter za njo tudi iskal potrebne podatke, ki jih lahko najdete v tabeli 5. Za bolj realno raziskavo sem upošteval, da ima sončna elektrarna zraven tudi baterijski hranilnik.



Slika 2: Prikaz območja izgradnje sončne elektrarne na Družmirskem jezeru (2)

Tabela 5: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja sončne elektrarne in hranilnika [10, 11, 12, 13, 14]

	<b>Sončna elektrarna z baterijskim hranilnikom</b>
<b>Moč sončne elektrarne</b>	140 MW
<b>Moč hranilnika</b>	50 MW
<b>Kapitalski stroški</b>	141,4 milijona EUR
<b>Življenjska doba</b>	20 let
<b>Letni stroški vzdrževanja</b>	
sončne elektrarne	12,50 EUR/kW*
baterijskega hranilnika	750.000 EUR*
<b>Omrežnina za priključno moč brez DDV (2025)</b>	23,77 EUR/kW
<b>Letna proizvodnja električne energije</b>	140 GWh

\* povprečje

Ker sončna elektrarna sama ne more proizvajati toplotne energije, sem pri raziskovanju upošteval tudi tri toplotne črpalke, ki v kombinaciji s sončno elektrarno proizvajajo toplotno energijo za ogrevanje Šaleške doline. Za raziskovanje sem uporabil podatke za večjo toplotno črpalko, ki je bila zgrajena v Nemčiji za ogrevanje območja Stuttgart-Münster (glej tabelo 6). Za lažjo raziskavo sem upošteval, da so za vse tri toplotne črpalke skupaj potrebni enaki stroški kot pri TEŠ.

Pri raziskovanju sem upošteval 3 toplotne črpalke, saj sem upošteval tudi mesečno potrebo po toplotni energiji v Šaleški dolini (v letu 2023). Če bi za raziskovanje določil manj toplotni črpalke, bi bila raziskava pomanjkljiva, saj bi bila potreba po toplotni energiji v zimskih mesecih večja od mesečne proizvodnje ene ali dveh toplotnih črpalke. [3]

Edini podatek, ki sem ga moral v tabeli 6 posebej izračunati, je bil podatek za letni strošek vzdrževanja vseh treh toplotnih črpalke. Ta podatek sem izračunal iz letnega stroška ogrevanja Šaleške doline (glej enačbo 16), pri tem pa sem upošteval, da letni stroški obratovanja predstavljajo **17 %** (glej enačbo 41).





Slika 3: Toplotna črpalka za območje Stuttgart-Münster (3)

Tabela 6: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja toplotnih črpalk [3, 12, 15, 16]

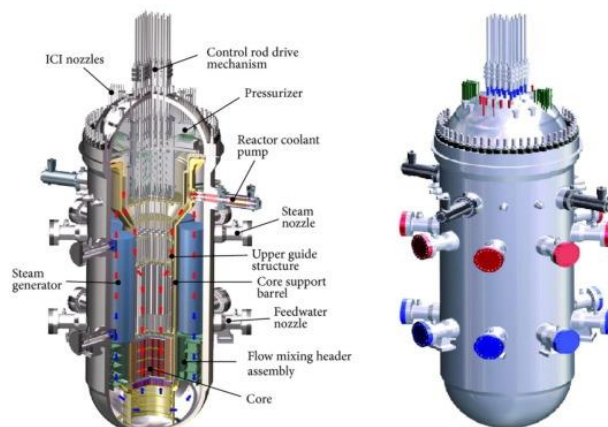
	<b>Toplotna črpalka</b>
<b>Moč toplotne črpalke (toplota)</b>	22 MW*
<b>Koeficient učinkovitosti (COP)</b>	3
<b>Število toplotnih črpalk</b>	3
<b>Kapitalski stroški (ene črpalke)</b>	17 milijonov EUR
<b>Življenjska doba</b>	22,5 let*
<b>Letni stroški za vse črpalke skupaj</b>	3.534.247 EUR**
<b>Omrežnina za priključno moč brez DDV (2025)</b>	23,77 EUR/kW
<b>Letna proizvodnja toplotne energije</b>	305 GWh

\* povprečje

\*\* enačbo z izračunom podatka najdete v poglavju 4.1.3

## 2.4 Jedrska elektrarna (SMR)

Eden od predstavljenih scenarijev je tudi, da TEŠ nadomesti jedrska elektrarna oz. manjši jedrski reaktor. Za to raziskovalno nalogo sem kot primer manjšega jedrskega reaktorja izbral južnokorejski reaktor SMART (system-integrated modular advanced reactor). Zanj sem tudi poiskal potrebne podatke za raziskavo, ki so izpisani v tabeli 7. Izračunati sem moral podatka za kapitalske stroške in letno proizvodnjo električne energije, saj ju na spletu nisem našel. Izračuna lahko najdete v poglavju 4.1.4 (glej enačbi 49, 53).



Slika 4: Jedrski reaktor SMART (4)

Pri izračunu kapitalskih stroškov sem upošteval, da ima jedrska elektrarna kapitalске stroške v višini **9.564 EUR/kW** (kW električne moči). [29]

Tabela 7: Moč, stroški, življenjska doba in proizvodnja jedrskega reaktorja [3, 11, 17, 18, 19, 20]

	<b>SMART (SMR)</b>
<b>Električna moč</b>	107 MW
<b>Toplotna moč</b>	365 MW
<b>Kapitalski stroški</b>	1,03 milijarde EUR**
<b>Življenjska doba</b>	60 let
<b>Površina elektrarne</b>	90.000 m <sup>2</sup>
<b>Letni stroški obratovanja (na kW električne moči)</b>	141,50 EUR/kW*
<b>Omrežnina za priključno moč brez DDV (2025)</b>	23,77 EUR/kW
<b>Stroški razgradnje in odstranjevanja jedrskih odpadkov (na MWh električne energije)</b>	2,00 EUR/MWh
<b>Stroški goriva (na MWh električne energije)</b>	8,80 EUR/MWh*
<b>Cikel polnjenja goriva (meseči)</b>	30
<b>Faktor zmogljivosti elektrarne (NEK 2023)</b>	87,83 %
<b>Letna proizvodnja električne energije</b>	733,6 GWh**
<b>Letna proizvodnja toplotne energije</b>	305 GWh

\* povprečje

\*\* enačbe z izračuni podatkov najdete v poglavju 4.1.4

## 2.5 Vpliv na okolje

Poleg osnovnih podatkov sem za raziskavo potreboval tudi podatke o emisijah. Najprej sem zbral vse podatke o izpustih goriv (glej tabelo 8), nato pa sem zbral še podatke o emisijah elektrarn in toplotnih črpalk skozi življenjski cikel (glej tabelo 9).

Tabela 8: Emisije in GWP lignita, zemeljskega plina in biomase [8, 21, 22]

	<b>Lignit (2022)</b>	<b>Zemeljski plin (2022)</b>	<b>Biomasa (2022)</b>	<b>GWP (AR6)</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	102,67 t/TJ	56,493 t/TJ	0 t/TJ*	1
<b>CH<sub>4</sub></b>	0,01 t/TJ	0,001 t/TJ	0,03 t/TJ	27
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0,0015 t/TJ	0,0001 t/TJ	0,004 t/TJ	273

\* upošteval sem, da biomasa izpolnjuje trajnostna merila in merila za prihranek emisij toplogrednih plinov iz 38. člena Uredbe Komisije (EU) 2018/2066

Tabela 9: Emisije elektrarn in toplotne črpalke skozi življenjski cikel [23, 24]

	<b>Emisije (g CO<sub>2</sub>e/kWh)</b>
<b>Sončna elektrarna</b>	48
<b>Toplotna črpalka</b>	10*
<b>Jedrska elektrarna</b>	12

\* na kWh toplotne energije

## 2.6 Uvožena električna energija

Kot zadnji scenarij ogrevanja Šaleške doline sem določil scenarij, v katerem bi vso potrebno električno energijo za ogrevanje doline uvozili. Za raziskavo sem moral zato pridobiti podatka za ceno in emisije uvožene električne energije, ki jih lahko najdete v tabeli 10.

Tabela 10: Cena in emisije uvožene električne energije [25, 26]

	<b>Uvožena električna energija</b>
<b>Cena</b>	91,20 EUR/MWh*
<b>Emisije</b>	235 g CO <sub>2</sub> e/kWh**

\* povprečna tržna cena avkcij v Sloveniji (2024)

\*\* emisije toplogrednih plinov na kWh električne energije v Sloveniji

## 3 MATERIAL IN METODE DELA

### 3.1 Material

Pri izdelavi raziskovalne naloge sem uporabljal domačo in tujo literaturo, članke in zapise na spletnih straneh. Prav tako sem za pridobitev zanesljivih podatkov izvedel tudi dva intervjuja. Za pomoč pri pridobivanju verodostojnih podatkov preko intervjuja sem prosil dr. Franca Žerdina in župana mestne občine Velenje Petra Dermola, ki sta mi z odgovori na moja vprašanja pomagala priti do boljšega razumevanja podatkov in teme te raziskovalne naloge.

### 3.2 Metode dela

Od sredine leta 2024, ko so se začele zaostrovati razmere v povezavi s TEŠ in je Slovenija začela razmišljati o izgradnji JEK2, imam kot mladi raziskovalec veliko vprašanj, na katera ne najdem odgovorov. Da bi lažje razumel situacijo, sem za raziskavo uporabil podatke s spletnih strani, ki sem jih statistično obdelal in uredil. Prav tako sem izvedel dva intervjuja: z dr. Francom Žerdinom in županom Petrom Dermolom. S tem sem pridobil boljše razumevanje situacije in pridobljene podatke uporabil v raziskovalni nalogi.

Raziskovalno nalogo sem naredil z izvajanjem intervjujev ter uporabo teoretičnega dela, teoretičnega eksperimentiranja, statistične obdelave podatkov, matematičnega modeliranja in napovednih modelov.

Pri matematični in statistični obdelavi podatkov sem uporabil splošno veljavne in preverjene enačbe za:

1. kapitalske stroške (enačba 1, 26, 38, 39, 49, 50)
2. letne stroške obratovanja (enačba 2, 41, 54)
3. letne stroške vzdrževanja (enačba 40)
4. porabo premoga (enačba 4, 5, 28)
5. porabo zemeljskega plina (enačba 6, 7, 29)
6. porabo biomase (enačba 8, 9, 30)
7. letne stroške premoga (enačba 10, 19, 31)
8. letne stroške zemeljskega plina (enačba 11, 20, 32)
9. letne stroške biomase (enačba 12, 21, 33)
10. letne CO<sub>2</sub> emisije premoga (enačba 13, 22, 34)
11. letne CO<sub>2</sub> emisije zemeljskega plina (enačba 14, 23, 35)
12. letne stroške emisijskih kuponov (enačba 15, 24, 36)
13. letni strošek ogrevanja Šaleške doline (enačba 16, 45, 58)
14. letno proizvodno ceno (enačba 17, 25, 37, 46, 48, 59, 61, 99)
15. letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini (enačba 18, 47, 60, 100)
16. letno proizvodnjo električne energije (enačba 27, 53)
17. letne stroške omrežnine za priključno moč (enačba 3, 42, 43, 55)
18. letno porabo električne energije (enačba 44)
19. pretvorbo iz električne moči v toplotno moč (enačba 51, 52)
20. letne stroške razgradnje in odstranjevanja jedrskih odpadkov (enačba 56)
21. letne stroške goriva jedrske elektrarne (enačba 57)
22. letne CH<sub>4</sub> emisije (enačba 62, 63, 64, 82, 83, 84)
23. letne N<sub>2</sub>O emisije (enačba 65, 66, 67, 85, 86, 87)
24. ekvivalent CO<sub>2</sub> (enačba 68, 69, 70, 88, 89, 90)
25. letne emisije (enačba 71, 91, 92, 93, 94, 96)
26. letne CH<sub>4</sub> emisije za ogrevanje Šaleške doline (enačba 72, 73, 74)
27. letne N<sub>2</sub>O emisije za ogrevanje Šaleške doline (enačba 75, 76, 77)
28. ekvivalent CO<sub>2</sub> za ogrevanje Šaleške doline (enačba 78, 79, 80)
29. letne emisije za ogrevanje Šaleške doline (enačba 81, 95, 97, 98, 101)

## 4 REZULTATI IN DISKUSIJA

### 4.1 Letni strošek ogrevanja v Šaleški dolini in letna proizvodna cena energije

#### 4.1.1 V primeru TEŠ

Prvi scenarij pridobivanja električne energije in ogrevanja Šaleške doline, ki ga bom predstavil in raziskoval, je s **TEŠ**. Pri raziskovanju sem upošteval, da ima TEŠ (blok 6) kapitalske stroške v višini **1,41 milijarde EUR** (glej tabelo 1) in življenjsko dobo **10 let** (glej tabelo 1). Iz teh podatkov sem lahko izračunal letne kapitalske stroške (glej enačbo 1).

Letni kapitalski stroški TEŠ (blok 6):

$$1.410.000.000 \text{ EUR} \div 10 \text{ let} = \mathbf{141.000.000 \text{ EUR}} \quad \dots (1)$$

Za izračun letnih stroškov obratovanja TEŠ sem potreboval podatke za letne stroške dela (**15.716.107 EUR**), letne finančne odhodke (**16.320.479 EUR**), odpise vrednosti brez oslabitev (**48.110.528 EUR**) in letne stroške storitev (**14.256.000 EUR**), ki jih lahko najdete v tabeli 1.

Letni stroški obratovanja TEŠ:

$$15.716.107 \text{ EUR} + 16.320.479 \text{ EUR} + 48.110.528 \text{ EUR} + 14.256.000 \text{ EUR} = \mathbf{94.403.114 \text{ EUR}} \quad \dots (2)$$

Poleg letnih stroškov obratovanja sem moral izračunati tudi letni strošek omrežnine za priključno moč pri TEŠ. Upošteval sem, da omrežnina za priključno moč za visoko napetost brez DDV znaša **23,77 EUR/kW** (glej tabelo 1) in da ima TEŠ moč **542,3 MW** (glej tabelo 1).

Letni stroški omrežnine za priključno moč pri TEŠ:

$$(542,3 \text{ MW} \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 23,77 \text{ EUR/kW} \div 10 \text{ let} \approx \mathbf{1.289.047 \text{ EUR}} \quad \dots (3)$$

Pri izračunu porabe premoga (lignit) za proizvodnjo električne energije sem najprej potreboval porabo premoga (lignit) za proizvodnjo toplotne energije, ki znaša **759 TJ** (glej tabelo 2) in kurilno vrednost premoga, ki znaša **12,223 MJ/kg** (glej tabelo 2).

Poraba premoga za proizvodnjo toplotne energije v tonah:

$$759.000 \text{ GJ} \div 12,223 \text{ GJ/t} \approx \mathbf{62.096 \text{ t}} \quad \dots (4)$$

Za tem sem potreboval še skupno porabo premoga za proizvodnjo električne in toplotne energije, ki znaša **2.128.538 t** (glej tabelo 2).

Poraba premoga za proizvodnjo električne energije:

$$2.128.538 \text{ t} - 62.096 \text{ t} = \mathbf{2.066.442 \text{ t}} \quad \dots (5)$$

Pri izračunu porabe zemeljskega plina za proizvodnjo električne in toplotne energije sem najprej potreboval podatek za količino električne energije, ki je bila proizvedena iz zemeljskega plina ter znaša **56 GWh** (glej poglavje 2.1) in podatek za kurilno vrednost zemeljskega plina, ki znaša **11,528 kWh/Nm<sup>3</sup>** (glej tabelo 2).

Poraba zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije v Nm<sup>3</sup>:

$$56.000.000 \text{ kWh} \div 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \approx \mathbf{4.857.738 \text{ Nm}^3} \quad \dots (6)$$

Za izračun porabe zemeljskega plina za proizvodnjo toplotne energije sem potreboval še podatek za skupno porabo zemeljskega plina za proizvodnjo električne in toplotne energije, ki znaša **15.576.375 Nm<sup>3</sup>** (glej tabelo 2).

Poraba zemeljskega plina za proizvodnjo toplotne energije:

$$15.576.375 \text{ Nm}^3 - 4.857.738 \text{ Nm}^3 = \mathbf{10.718.637 \text{ Nm}^3} \quad \dots (7)$$

Pri izračunu porabe biomase za proizvodnjo električne in toplotne energije sem najprej potreboval podatek za porabo premoga in biomase za proizvodnjo toplotne energije, ki znaša **66.103 t** (glej poglavje 2.1).

Poraba biomase za proizvodnjo toplotne energije:

$$66.103 \text{ t} - 62.096 \text{ t} = \mathbf{4.007 \text{ t}} \quad \dots (8)$$

Za izračun porabe biomase za proizvodnjo električne energije sem potreboval še podatek za skupno porabo biomase za proizvodnjo električne in toplotne energije, ki znaša **176.745 t** (glej tabelo 2).

Poraba biomase za proizvodnjo električne energije:

$$176.745 \text{ t} - 4.007 \text{ t} = \mathbf{172.738 \text{ t}} \quad \dots (9)$$

Za izračun letnih stroškov goriva sem potreboval podatke za ceno premoga (**6,00 EUR/GJ**), ceno zemeljskega plina (**46,30 EUR/MWh**) in ceno biomase (**76,99 EUR/t**), ki jih lahko najdete v tabeli 2.

Letni stroški premoga za proizvodnjo toplotne energije:

$$(62.096 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t}) \times 6,00 \text{ EUR/GJ} \approx \mathbf{4.553.997 \text{ EUR}} \quad \dots (10)$$

Letni stroški zemeljskega plina za proizvodnjo toplotne energije:

$$(10.718.637 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \div 1.000 \text{ kWh/MWh}) \times 46,30 \text{ EUR/MWh} \approx \mathbf{5.721.034 \text{ EUR}} \quad \dots (11)$$

Letni stroški biomase za proizvodnjo toplotne energije:

$$4.007 \text{ t} \times 76,99 \text{ EUR/t} \approx \mathbf{308.499 \text{ EUR}} \quad \dots (12)$$

Za izračun letnih stroškov emisijskih kuponov sem moral najprej izračunati letne CO<sub>2</sub> emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za CO<sub>2</sub> izpuste lignita (**102,67 t CO<sub>2</sub>/TJ**), CO<sub>2</sub> izpuste zemeljskega plina (**56,493 t CO<sub>2</sub>/TJ**) in CO<sub>2</sub> izpuste biomase (**0 t CO<sub>2</sub>/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8.

Letne CO<sub>2</sub> emisije premoga za proizvodnjo toplotne energije:

$$(62.096 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 102,67 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \mathbf{77.927 \text{ t CO}_2} \quad \dots (13)$$



Letne CO<sub>2</sub> emisije zemeljskega plina za proizvodnjo toplotne energije:

$$(10.718.637 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 56,493 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \approx \mathbf{25.130 \text{ t CO}_2} \quad \dots (14)$$

Ko sem izračunal letne CO<sub>2</sub> emisije goriva, sem za izračun letnih stroškov emisijskih kuponov potreboval še povprečno ceno emisijskih kuponov, ki znaša **64,74 EUR/t CO<sub>2</sub>** (glej tabelo 1).

Letni stroški emisijskih kuponov za proizvodnjo toplotne energije:

$$(77.927 \text{ t CO}_2 + 25.130 \text{ t CO}_2) \times 64,74 \text{ EUR/t CO}_2 \approx \mathbf{6.671.910 \text{ EUR}} \quad \dots (15)$$

Ker nisem imel podatkov za letne stroške obratovanja, ki bi bili potrebni samo za proizvodnjo toplotne energije, sem zato upošteval, da letni stroški obratovanja predstavljajo **17 %** celotne cene toplotne energije, kar pomeni, da vse ostalo predstavlja **83 %** (glej poglavje 2.1).

Letni strošek ogrevanja Šaleške doline:

$$(4.553.997 \text{ EUR} + 5.721.034 \text{ EUR} + 308.499 \text{ EUR} + 6.671.910 \text{ EUR}) \div 0,83 \approx \approx \mathbf{20.789.687 \text{ EUR}} \quad \dots (16)$$

Za izračun letne proizvodne cene toplotne energije, ki jo proizvaja TEŠ, sem moral pridobiti še podatek za količino letno proizvedene toplotne energije (**305 GWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 1.

Letna proizvodna cena toplotne energije iz TEŠ:

$$20.789.687 \text{ EUR} \div (305 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{68,16 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (17)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena toplotne energije iz TEŠ **brez DDV**.

Za izračun letnega stroška ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini sem upošteval, da TEŠ ogreva **12.000** gospodinjstev (glej poglavje 2.1).

Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini:

$$20.789.687 \text{ EUR} \div 12.000 \approx \mathbf{1.733 \text{ EUR}} \quad \dots (18)$$

Da bi lahko kar se da natančno izračunal tudi letno proizvodno ceno električne energije iz TEŠ, sem moral najprej ponoviti nekaj prejšnjih izračunov, le da sem tokrat uporabil podatke samo za proizvodnjo električne energije.

Letni stroški premoga za proizvodnjo električne energije:

$$(2.066.442 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t}) \times 6,00 \text{ EUR/GJ} \approx \mathbf{151.548.723 \text{ EUR}} \quad \dots (19)$$

Letni stroški zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije:

$$(4.857.738 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \div 1.000 \text{ kWh/MWh}) \times 46,30 \text{ EUR/MWh} \approx \mathbf{2.592.800 \text{ EUR}} \quad \dots (20)$$

Letni stroški biomase za proizvodnjo električne energije:

$$172.738 \text{ t} \times 76,99 \text{ EUR/t} \approx \mathbf{13.299.099 \text{ EUR}} \quad \dots (21)$$

Letne CO<sub>2</sub> emisije premoga za proizvodnjo električne energije:

$$(2.066.442 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 102,67 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \mathbf{2.593.251 \text{ t CO}_2} \quad \dots (22)$$

Letne CO<sub>2</sub> emisije zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije:

$$(4.857.738 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 56,493 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \mathbf{11.389 \text{ t CO}_2} \quad \dots (23)$$

Letni stroški emisijskih kuponov za proizvodnjo električne energije:

$$(2.593.251 \text{ t CO}_2 + 11.389 \text{ t CO}_2) \times 64,74 \text{ EUR/t CO}_2 \approx \mathbf{168.624.394 \text{ EUR}} \quad \dots (24)$$

Za izračun letne proizvodne cene električne energije, ki jo proizvaja TEŠ, sem moral pridobiti še podatek za količino letno proizvedene električne energije (**2.735 GWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 1. Upošteval sem tudi spremembo letnega stroška obratovanja TEŠ, tako da sem odštel stroške obratovanja, ki so del pridobivanja toplotne energije.

Letna proizvodna cena električne energije iz TEŠ:

$$(141.000.000 \text{ EUR} + (94.403.114 \text{ EUR} - (20.789.687 \text{ EUR} \times 0,17)) + 1.289.047 \text{ EUR} + 151.548.723 \text{ EUR} + 2.592.800 \text{ EUR} + 13.299.099 \text{ EUR} + 168.624.394 \text{ EUR}) \div (2.735 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{208,13 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (25)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena električne energije iz TEŠ **brez DDV**.

#### 4.1.2 V primeru toplarne

Drugi scenarij pridobivanja električne energije in ogrevanja Šaleške doline, ki ga bom predstavil in raziskoval, je s **toplarno (spremenjeni TEŠ)**. Pri raziskovanju sem upošteval, da ima toplarna kapitalne stroške v višini **324 milijona EUR** (glej tabelo 3) in življenjsko dobo **2,3 leta** (glej tabelo 3). Iz teh podatkov sem lahko izračunal letne kapitalne stroške (glej enačbo 26).

Letni kapitalni stroški toplarne:

$$324.000.000 \text{ EUR} \div 2,3 \text{ leta} \approx \mathbf{140.869.565 \text{ EUR}} \quad \dots (26)$$

Zaradi spremembe delovanja moči na **42,5 %** (glej poglavje 2.2) se spremeni tudi letna proizvodnja električne energije, poraba premoga za električno energijo, poraba zemeljskega plina za električno energijo in poraba biomase za električno energijo. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1.

Letna proizvodnja električne energije v toplarni:

$$2.735 \text{ GWh} \times 0,425 \approx \mathbf{1.162,4 \text{ GWh}} \quad \dots (27)$$

Poraba premoga za proizvodnjo električne energije v toplarni:

$$2.066.442 \text{ t} \times 0,425 \approx \mathbf{878.238 \text{ t}} \quad \dots (28)$$

Poraba zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije v toplarni:

$$4.857.738 \text{ Nm}^3 \times 0,425 \approx \mathbf{2.064.539 \text{ Nm}^3} \quad \dots (29)$$

Poraba biomase za proizvodnjo električne energije v toplotni:

$$172.738 \text{ t} \times 0,425 \approx \mathbf{73.414 \text{ t}} \quad \dots (30)$$

Letni strošek ogrevanja Šaleške doline (glej enačbo 16), letna proizvodna cena toplotne energije iz TEŠ (glej enačbo 17) in letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini (glej enačbo 18) so za toplotno enaki kot pri TEŠ, saj so vsi dejavniki, ki se navezujejo na ceno toplotne energije, enaki pri obeh.

Ker sem upošteval, da je proizvodnja toplotne energije iz toplotne enaka kot iz TEŠ (glej tabelo 3), je tudi poraba premoga (glej enačbo 4), zemeljskega plina (glej enačbo 7) in biomase (glej enačbo 8) za proizvodnjo toplotne energije enaka kot pri TEŠ.

Letnega stroška omrežnine za priključno moč pri toplotni nisem izračunal in uporabil, saj sem upošteval, da je toplotna samo preoblikovanje TEŠ.

Za izračun letnih stroškov goriva sem potreboval podatke za ceno premoga (**6,00 EUR/GJ**), ceno zemeljskega plina (**46,30 EUR/MWh**) in ceno biomase (**76,99 EUR/t**), ki jih lahko najdete v tabeli 4. Prav tako sem za izračune upošteval kurilno vrednost premoga, ki znaša **12,223 MJ/kg** (glej tabelo 4) in kurilno vrednost zemeljskega plina, ki znaša **11,528 kWh/Nm<sup>3</sup>** (glej tabelo 4).

Letni stroški premoga za proizvodnjo električne energije:

$$(878.238 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t}) \times 6,00 \text{ EUR/GJ} \approx \mathbf{64.408.218 \text{ EUR}} \quad \dots (31)$$

Letni stroški zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije:

$$(2.064.539 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \div 1.000 \text{ kWh/MWh}) \times 46,30 \text{ EUR/MWh} \approx \mathbf{1.101.940 \text{ EUR}} \quad \dots (32)$$

Letni stroški biomase za proizvodnjo električne energije:

$$73.414 \text{ t} \times 76,99 \text{ EUR/t} \approx \mathbf{5.652.144 \text{ EUR}} \quad \dots (33)$$

Za izračun letnih stroškov emisijskih kuponov sem moral najprej izračunati letne CO<sub>2</sub> emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem

podatke za CO<sub>2</sub> izpuste lignita (**102,67 t CO<sub>2</sub>/TJ**), CO<sub>2</sub> izpuste zemeljskega plina (**56,493 t CO<sub>2</sub>/TJ**) in CO<sub>2</sub> izpuste biomase (**0 t CO<sub>2</sub>/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8.

Letne CO<sub>2</sub> emisije premoga za proizvodnjo električne energije:

$$(878.238 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 102,67 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \mathbf{1.102.132 \text{ t CO}_2} \quad \dots (34)$$

Letne CO<sub>2</sub> emisije zemeljskega plina za proizvodnjo električne energije:

$$(2.064.539 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 56,493 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \approx \mathbf{4.840 \text{ t CO}_2} \quad \dots (35)$$

Ko sem izračunal letne CO<sub>2</sub> emisije goriva, sem za izračun letnih stroškov emisijskih kuponov potreboval še povprečno ceno emisijskih kuponov, ki znaša **64,74 EUR/t CO<sub>2</sub>** (glej tabelo 3).

Letni stroški emisijskih kuponov za proizvodnjo električne energije:

$$(1.102.132 \text{ t CO}_2 + 4.840 \text{ t CO}_2) \times 64,74 \text{ EUR/t CO}_2 \approx \mathbf{71.665.367 \text{ EUR}} \quad \dots (36)$$

Za izračun letne proizvodne cene električne energije, ki jo proizvaja toplotna, sem upošteval, da so letni stroški obratovanja toplotne enake kot pri TEŠ (glej enačbo 2), le da sem odštél stroške obratovanja, ki so del pridobivanja toplotne energije.

Letna proizvodna cena električne energije iz toplotne:

$$(140.869.565 \text{ EUR} + (94.403.114 \text{ EUR} - (20.789.687 \text{ EUR} \times 0,17)) + 64.408.218 \text{ EUR} + 1.101.940 \text{ EUR} + 5.652.144 \text{ EUR} + 71.665.367 \text{ EUR}) \div (1.162,4 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{322,24 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (37)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena električne energije iz toplotne **brez DDV**.

#### 4.1.3 V primeru sončne elektrarne in toplotnih črpalk

Tretji scenarij pridobivanja električne energije in ogrevanja Šaleške doline, ki ga bom predstavil in raziskoval, je s **sončno elektrarno (z baterijskim hranilnikom) in**

**toplotnimi črpalkami.** Pri raziskovanju sem upošteval, da ima sončna elektrarna z baterijskim hranilnikom kapitalne stroške v višini **141,4 milijona EUR** (glej tabelo 5) in življenjsko dobo **20 let** (glej tabelo 5). Iz teh podatkov sem lahko izračunal letne kapitalne stroške (glej enačbo 38).

Letni kapitalni stroški sončne elektrarne z baterijskim hranilnikom:

$$141.400.000 \text{ EUR} \div 20 \text{ let} = \mathbf{7.070.000 \text{ EUR}} \quad \dots (38)$$

Poleg letnih kapitalnih stroškov sončne elektrarne z baterijskim hranilnikom sem moral izračunati še letne kapitalne stroške treh toplotnih črpalk, ki bi skupaj s sončno elektrarno zagotavljale toplotno energijo za Šaleško dolino. Pri raziskovanju sem upošteval, da ima toplotna črpalka kapitalne stroške v višini **17 milijonov EUR** (glej tabelo 6) in življenjsko dobo **22,5 let** (glej tabelo 6). Iz teh podatkov sem lahko izračunal letne kapitalne stroške (glej enačbo 39).

Letni kapitalni stroški toplotnih črpalk:

$$(3 \times 17.000.000 \text{ EUR}) \div 22,5 \text{ let} \approx \mathbf{2.266.667 \text{ EUR}} \quad \dots (39)$$

Za izračun letnih stroškov vzdrževanja sončne elektrarne sem moral pridobiti podatka za ceno vzdrževanja sončne elektrarne, ki znaša **12,50 EUR/kW** (glej tabelo 5) in moč sončne elektrarne, ki znaša **140 MW** (glej tabelo 5).

Letni stroški vzdrževanja sončne elektrarne:

$$(140 \text{ MW} \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 12,50 \text{ EUR/kW} \approx \mathbf{1.750.000 \text{ EUR}} \quad \dots (40)$$

Za letni strošek vzdrževanja baterijskega hranilnika sem upošteval, da znaša **750.000 EUR** (glej tabelo 5). Letne stroške obratovanja toplotnih črpalk sem upošteval enake kot stroške obratovanja, ki so del pridobivanja toplotne energije iz TEŠ (glej poglavje 4.1.1).

Letni stroški obratovanja toplotnih črpalk:

$$20.789.687 \text{ EUR} \times 0,17 \approx \mathbf{3.534.247 \text{ EUR}} \quad \dots (41)$$

Poleg letnih stroškov obratovanja in vzdrževanja sem moral izračunati tudi letni strošek omrežnine za priključno moč pri sončni elektrarni, baterijskem hranilniku in toplotnih črpalkah. Upošteval sem, da omrežnina za priključno moč za visoko napetost brez DDV znaša **23,77 EUR/kW** (glej tabeli 5, 6). Pri izračunih letnih stroškov omrežnine za priključno moč sem upošteval, da ima baterijski hranilnik moč **50 MW** (glej tabelo 5) in da ima toplotna črpalka moč **22 MW** (glej tabelo 6).

Letni stroški omrežnine za priključno moč pri sončni elektrarni z baterijskim hranilnikom:

$$(((140 \text{ MW} + 50 \text{ MW}) \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 23,77 \text{ EUR/kW}) \div 20 \text{ let} = \\ = \mathbf{225.815 \text{ EUR}} \quad \dots (42)$$

Letni stroški omrežnine za priključno moč pri toplotnih črpalkah:

$$(((3 \times 22 \text{ MW}) \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 23,77 \text{ EUR/kW}) \div 22,5 \text{ let} \approx \mathbf{69.725 \text{ EUR}} \quad \dots (43)$$

Upošteval sem, da sončna elektrarna letno proizvede **140 GWh** (glej tabelo 5) električne energije, kar bi moralo biti dovolj električne energije za potrebe toplotnih črpalk, saj je njihov **koeficient zmogljivosti 3** (glej tabelo 6). To pomeni, da za vsako enoto električne energije lahko proizvedejo 3 enote toplotne energije. Za ogrevanja Šaleške doline morajo toplotne črpalke proizvesti **305 GWh** (glej tabelo 6) toplotne energije.

Letna poraba električne energije za toplotne črpalke:

$$305 \text{ GWh} \div 3 \approx \mathbf{101,7 \text{ GWh}} \quad \dots (44)$$

Po končanem zbiranju podatkov lahko tudi za tretji scenarij izračunam letni strošek ogrevanja Šaleške doline, letno proizvodno ceno toplotne energije, letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini in letno proizvodno ceno električne energije.

Letni strošek ogrevanja Šaleške doline:

$$((7.070.000 \text{ EUR} + 1.750.000 \text{ EUR} + 750.000 \text{ EUR} + 225.815 \text{ EUR}) \times (101,7 \text{ GWh} \div 140 \text{ GWh})) + 2.266.667 \text{ EUR} + 3.534.247 \text{ EUR} + 69.725 \text{ EUR} = 12.986.599 \text{ EUR} \quad \dots (45)$$

Za izračun letne proizvodne cene toplotne energije, ki jo proizvaja TEŠ, sem moral pridobiti še podatek za količino letno proizvedene toplotne energije (**305 GWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 1.

Letna proizvodna cena toplotne energije iz toplotnih črpalk:

$$12.986.599 \text{ EUR} \div (305 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{42,58 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (46)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena toplotne energije **brez DDV**.

Za izračun letnega stroška ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini sem upošteval **12.000** gospodinjstev.

Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini:

$$12.986.599 \text{ EUR} \div 12.000 \approx \mathbf{1.082 \text{ EUR}} \quad \dots (47)$$

Letna proizvodna cena električne energije iz sončne elektrarne:

$$(7.070.000 \text{ EUR} + 1.750.000 \text{ EUR} + 750.000 \text{ EUR} + 225.815 \text{ EUR}) \div (140 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{69,97 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (48)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena električne energije **brez DDV**.

#### 4.1.4 V primeru jedrske elektrarne

Četrty scenarij pridobivanja električne energije in ogrevanja Šaleške doline, ki ga bom predstavil in raziskoval, je z **jedrsko elektrarno** (manjši jedrski reaktor). Za raziskovanje sem izbral manjši jedrski reaktor **SMART** (glej tabelo 7), ki ima električno moč **107 MW** (glej tabelo 7). Pri raziskovanju sem upošteval, da ima jedrska elektrarna kapitalne stroške v višini **9.564 EUR/kW** električne moči (glej poglavje 2.4) in življenjsko dobo



**60 let** (glej tabelo 7). Iz teh podatkov sem lahko izračunal letne kapitalske stroške (glej enačbo 50).

Kapitalski stroški jedrske elektrarne:

$$(107 \text{ MW} \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 9.564 \text{ EUR/kW} = \mathbf{1.023.348.000 \text{ EUR}} \quad \dots (49)$$

Letni kapitalski stroški jedrske elektrarne:

$$1.023.348.000 \text{ EUR} \div 60 \text{ let} = \mathbf{17.055.800 \text{ EUR}} \quad \dots (50)$$

Za izračun letne proizvodnje električne energije v jedrski elektrarni sem potreboval še podatke za toplotno moč jedrske elektrarne (**365 MW**), faktor zmogljivosti elektrarne (**87,83 %**) in letno proizvodnjo toplotne energije (**305 GWh**), ki jih lahko najdete v tabeli 7. Prav tako sem upošteval, da ima leto **8.760 ur**.

Količnik pretvorbe iz električne moči v toplotno moč:

$$365 \text{ MW} \div 107 \text{ MW} \approx \mathbf{3,4} \quad \dots (51)$$

Toplotna moč jedrske elektrarne:

$$(305 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \div (8.760 \text{ h} \times 0,8783) \div 1 \text{ h} \approx \mathbf{39,6 \text{ MW}} \quad \dots (52)$$

Letna proizvodnja električne energije v jedrski elektrarni:

$$(107 \text{ MW} - (39,6 \text{ MW} \div 3,4)) \times (8.760 \text{ h} \times 0,8783) \approx \mathbf{733.637 \text{ MWh}} \quad \dots (53)$$

Za izračun letnih stroškov obratovanja jedrske elektrarne sem moral pridobiti podatek za letne stroške obratovanja jedrske elektrarne, ki znašajo **141,50 EUR/kW** električne moči (glej tabelo 7).

Letni stroški obratovanja jedrske elektrarne:

$$141,50 \text{ EUR/kW} \times (107 \text{ MW} \times 1.000 \text{ kW/MW}) = \mathbf{15.140.500 \text{ EUR}} \quad \dots (54)$$

Poleg letnih stroškov obratovanja sem moral izračunati tudi letni strošek omrežnine za priključno moč pri jedrski elektrarni. Upošteval sem, da omrežnina za priključno moč za visoko napetost brez DDV znaša **23,77 EUR/kW** (glej tabelo 7).

Letni stroški omrežnine za priključno moč pri jedrski elektrarni:

$$(107 \text{ MW} \times 1.000 \text{ kW/MW}) \times 23,77 \text{ EUR/kW} \div 60 \text{ let} \approx \mathbf{42.390 \text{ EUR}} \quad \dots (55)$$

Za izračun letnih stroškov razgradnje in odstranjevanja jedrskih odpadkov sem moral pridobiti podatek za ceno razgradnje in odstranjevanja jedrskih odpadkov, ki znaša **2,00 EUR/MWh** električne energije (glej tabelo 7).

Letni stroški razgradnje in odstranjevanja jedrskih odpadkov:

$$2,00 \text{ EUR/MWh} \times (107 \text{ MW} \times (8.760 \text{ h} \times 0,8783)) \approx \mathbf{1.646.496 \text{ EUR}} \quad \dots (56)$$

Za izračun letnih stroškov goriva jedrske elektrarne sem moral pridobiti podatek za ceno goriva jedrske elektrarne, ki znaša **8,80 EUR/MWh** električne energije (glej tabelo 7).

Letni stroški goriva jedrske elektrarne:

$$8,80 \text{ EUR/MWh} \times (107 \text{ MW} \times (8.760 \text{ h} \times 0,8783)) \approx \mathbf{7.244.584 \text{ EUR}} \quad \dots (57)$$

Po končanem zbiranju podatkov lahko tudi za četrti scenarij izračunam letni strošek ogrevanja Šaleške doline, letno proizvodno ceno toplotne energije, letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini in letno proizvodno ceno električne energije.

Letni strošek ogrevanja Šaleške doline:

$$(15.140.500 \text{ EUR} + 1.646.496 \text{ EUR} + 7.244.584 \text{ EUR} + 42.390 \text{ EUR}) \times ((39,6 \text{ MW} \div \div 3,4) \div 107 \text{ MW}) \approx \mathbf{2.620.476 \text{ EUR}} \quad \dots (58)$$

Letna proizvodna cena toplotne energije iz jedrske elektrarne:

$$2.615.862 \text{ EUR} \div (305 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{8,58 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (59)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena toplotne energije **brez DDV**.

Za izračun letnega stroška ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini sem upošteval **12.000** gospodinjstev.

Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini:

$$2.620.476 \text{ EUR} \div 12.000 \approx \mathbf{218 \text{ EUR}} \quad \dots (60)$$

Letna proizvodna cena električne energije iz jedrske elektrarne:

$$(17.055.800 \text{ EUR} + 15.140.500 \text{ EUR} + 1.646.496 \text{ EUR} + 7.244.584 \text{ EUR} - 2.620.476 \text{ EUR}) \div 733.637 \text{ MWh} \approx \mathbf{52,43 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (61)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena električne energije **brez DDV**.

#### 4.1.5 Prikaz podatkov in primerjava

Po pregledu in primerjavi vseh podatkov za letno proizvodno ceno toplotne energije, za letno proizvodno ceno električne energije in za letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini (glej tabelo 11) lahko ugotovimo, da ima jedrska elektrarna daleč najnižjo letno proizvodno ceno toplotne energije in posledično tudi letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini. Sledi ji sončna elektrarna in toplotne črpalke, TEŠ in toplarna pa imata enako letno proizvodno ceno toplotne energije in letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini. Pri letni proizvodni ceni električne energije pa razlika med jedrsko elektrarno ter sončno elektrarno in toplotnimi črpalkami ni tako velika, čeprav ima tudi v tem primeru jedrska elektrarna najnižjo ceno. Po drugi strani pa imata tako TEŠ kot toplarna veliko višjo letno proizvodno ceno električne energije, vendar je med njima velika razlika, saj ima toplarna skoraj tako visoko ceno kot vsi ostali primeri skupaj.

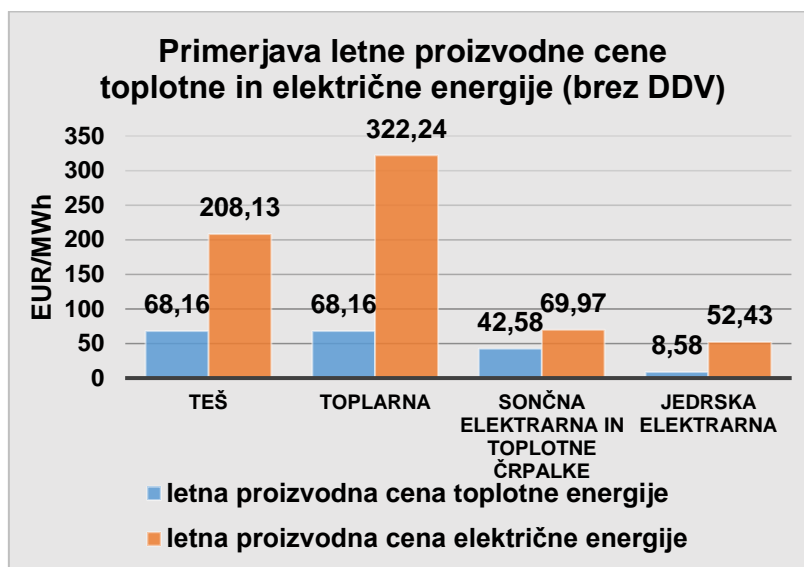
Tabela 11: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.1

	<b>Letna proizvodna cena toplotne energije* (EUR/MWh)</b>	<b>Letna proizvodna cena električne energije* (EUR/MWh)</b>	<b>Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini* (EUR)</b>
<b>TEŠ</b>	68,16	208,13	1.733
<b>Toplarna</b>	68,16	322,24	1.733
<b>Sončna elektrarna in toplotne črpalke</b>	42,58	69,97	1.082
<b>Jedrska elektrarna</b>	8,58	52,43	218

\* vrednosti so navedene brez DDV

Vzrok, da ima toplarna tako visoko letno proizvodno ceno električne energije, je v zelo visokih letnih kapitalstkih stroških, ki za tako nizko proizvodnjo električne in toplotne energije niso sprejemljivi.

Čeprav ima TEŠ znatno nižjo letno proizvodno ceno električne energije od toplarne, je ta še vedno izjemno visoka v primerjavi z ostalimi alternativami, kot sta jedrska elektrarna ter sončna elektrarna in toplotne črpalke. Razlog za velike razlike je zopet v letnih kapitalstkih stroških in pa tudi v dodatnih stroških, ki jih v ostalih primerih ni potrebno plačati, kot so letni stroški emisijskih kuponov, visoki stroški goriva in visoki stroški obratovanja.



Graf 1: Primerjava letne proizvodne cene toplotne in električne energije (brez DDV)

Na letne stroške ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini neposredno vpliva tudi višina letne proizvodne cene toplotne energije. Čeprav v izračunih za letno proizvodno ceno toplotne energije nisem upošteval letnih kapitalskih stroškov, ki so imeli zelo velik vpliv pri letni proizvodni ceni električne energije, imata TEŠ in toplarna še vedno krepko višje tudi letne stroške ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini. To je večinoma posledica letnih stroškov emisijskih kuponov in pa višjih stroškov goriva, ki jih morata plačati TEŠ in toplarna. Razlog, zakaj imajo tudi sončna elektrarna in toplotne črpalke tako visoke letne stroške ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini, je predvsem v tem, da za razliko od jedrske elektrarne, ki neposredno poleg električne proizvaja tudi toplotno energijo, toplotne črpalke potrebujejo za proizvodnjo toplotne energije tudi električno energijo, ki jo dobijo od sončne elektrarne kar pa posledično zviša tudi stroške.



Graf 2: Primerjava letnih stroškov ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini

## 4.2 Vpliv na okolje in izpusti za ogrevanje Šaleške doline

### 4.2.1 V primeru TEŠ-a

Za izračun letnih emisij TEŠ sem moral najprej izračunati letne CH<sub>4</sub> emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za CH<sub>4</sub> izpuste lignita (**0,01 t/TJ**), CH<sub>4</sub> izpuste zemeljskega plina (**0,001 t/TJ**) in CH<sub>4</sub> izpuste biomase (**0,03 t/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1.

Letne CH<sub>4</sub> emisije premoga:

$$(2.128.538 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,01 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{260,17 \text{ t CH}_4} \quad \dots (62)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije zemeljskega plina:

$$(15.576.375 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,001 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{0,65 \text{ t CH}_4} \quad \dots (63)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije biomase:

$$(176.745 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,03 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{82,72 \text{ t CH}_4} \quad \dots (64)$$

Poleg letnih emisij CH<sub>4</sub> sem za izračun letnih emisij TEŠ moral izračunati še letne N<sub>2</sub>O emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem

podatke za N<sub>2</sub>O izpuste lignita (**0,0015 t/TJ**), N<sub>2</sub>O izpuste zemeljskega plina (**0,0001 t/TJ**) in N<sub>2</sub>O izpuste biomase (**0,004 t/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1.

Letne N<sub>2</sub>O emisije premoga:

$$(2.128.538 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,0015 \text{ t N}_2\text{O/TJ} \approx \mathbf{39,03 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (65)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije zemeljskega plina:

$$(15.576.375 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,0001 \text{ t N}_2\text{O/TJ} \approx \mathbf{0,07 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (66)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije biomase:

$$(176.745 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,004 \text{ t N}_2\text{O/TJ} \approx \mathbf{11,03 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (67)$$

Po izračunu letnih CH<sub>4</sub> in letnih N<sub>2</sub>O emisij sem za izračun letnih emisij TEŠ moral izračunati še ekvivalent CO<sub>2</sub> vseh goriv (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za GWP izpustov CO<sub>2</sub> (**1**), CH<sub>4</sub> (**27**) in N<sub>2</sub>O (**273**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1.

Ekvivalent CO<sub>2</sub> premoga:

$$((77.927 \text{ t CO}_2 + 2.593.251 \text{ t CO}_2) \times 1) + (260,17 \text{ t CH}_4 \times 27) + (39,03 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{2.688.858 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (68)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> zemeljskega plina:

$$((25.130 \text{ t CO}_2 + 11.389 \text{ t CO}_2) \times 1) + (0,65 \text{ t CH}_4 \times 27) + (0,07 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{36.556 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (69)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> biomase:

$$(0 \text{ t CO}_2 \times 1) + (82,72 \text{ t CH}_4 \times 27) + (11,03 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{5.245 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (70)$$

Da bi lahko kar se da natančno izračunal letne emisije sem upošteval ekvivalent CO<sub>2</sub> emisij skozi življenjski cikel elektrarne, ki sem ga pri TEŠ določil tako, da sem upošteval, da emisije zaradi goriva predstavljajo **99 %** emisij skozi življenjski cikel elektrarne, izgradnja in razgradnja (skupaj z reciklažo delov) pa predstavljata **1 %** emisij skozi življenjski cikel elektrarne.

Letne emisije TEŠ:

$$(2.688.858 \text{ t CO}_2\text{e} + 36.556 \text{ t CO}_2\text{e} + 5.245 \text{ t CO}_2\text{e}) \div 0,99 \approx \mathbf{2.758.241 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (71)$$

Za izračun letnih emisij TEŠ za ogrevanje Šaleške doline, sem moral najprej ponoviti nekaj prejšnjih izračunov, le da sem tokrat uporabil podatke samo za proizvodnjo toplotne energije. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1.

Letne CH<sub>4</sub> emisije premoga za ogrevanje Šaleške doline:

$$(62.096 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,01 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{7,59 \text{ t CH}_4} \quad \dots (72)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije zemeljskega plina za ogrevanje Šaleške doline:

$$(10.718.637 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,001 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{0,45 \text{ t CH}_4} \quad \dots (73)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije biomase za ogrevanje Šaleške doline:

$$(4.007 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,03 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{1,88 \text{ t CH}_4} \quad \dots (74)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije premoga za ogrevanje Šaleške doline:

$$(62.096 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,0015 \text{ t N}_2\text{O}/\text{TJ} \approx \mathbf{1,14 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (75)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije zemeljskega plina za ogrevanje Šaleške doline:

$$(10.718.637 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,0001 \text{ t N}_2\text{O}/\text{TJ} \approx \mathbf{0,05 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (76)$$



Letne N<sub>2</sub>O emisije biomase za ogrevanje Šaleške doline:

$$(4.007 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,004 \text{ t N}_2\text{O/TJ} \approx \mathbf{0,25 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (77)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> premoga za ogrevanje Šaleške doline:

$$(77.927 \text{ t CO}_2 \times 1) + (7,59 \text{ t CH}_4 \times 27) + (1,14 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{78.443 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (78)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> zemeljskega plina za ogrevanje Šaleške doline:

$$(25.130 \text{ t CO}_2 \times 1) + (0,45 \text{ t CH}_4 \times 27) + (0,05 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{25.156 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (79)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> biomase za ogrevanje Šaleške doline:

$$(0 \text{ t CO}_2 \times 1) + (1,88 \text{ t CH}_4 \times 27) + (0,25 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{119 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (80)$$

Tudi pri letnih emisijah TEŠ za ogrevanje Šaleške doline bom upošteval, da emisije zaradi goriva predstavljajo **99 %** emisij skozi življenjski cikel elektrarne, izgradnja in razgradnja (skupaj z reciklažo delov) pa predstavljata **1 %** emisij skozi življenjski cikel elektrarne.

Letne emisije TEŠ za ogrevanje Šaleške doline:

$$(78.443 \text{ t CO}_2\text{e} + 25.156 \text{ t CO}_2\text{e} + 119 \text{ t CO}_2\text{e}) \div 0,99 \approx \mathbf{104.766 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (81)$$

#### 4.2.2 V primeru toplotarne

Za izračun letnih emisij toplotarne sem moral najprej izračunati letne CH<sub>4</sub> emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za CH<sub>4</sub> izpuste lignita (**0,01 t/TJ**), CH<sub>4</sub> izpuste zemeljskega plina (**0,001 t/TJ**) in CH<sub>4</sub> izpuste biomase (**0,03 t/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Prav tako sem za izračune upošteval kurilno vrednost premoga, ki znaša **12,223 MJ/kg** (glej tabelo 4), kurilno vrednost zemeljskega plina, ki znaša **11,528 kWh/Nm<sup>3</sup>** (glej tabelo 4) in kurilno vrednost biomase, ki znaša **15,6 GJ/t** (glej tabelo 4). Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.2.

Letne CH<sub>4</sub> emisije premoga:

$$(878.238 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,01 \text{ t CH}_4\text{/TJ} \approx \mathbf{107,35 \text{ t CH}_4} \quad \dots (82)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije zemeljskega plina:

$$(2.064.539 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,001 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \approx \mathbf{0,09 \text{ t CH}_4} \quad \dots (83)$$

Letne CH<sub>4</sub> emisije biomase:

$$(73.414 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,03 \text{ t CH}_4/\text{TJ} \approx \mathbf{34,36 \text{ t CH}_4} \quad \dots (84)$$

Poleg letnih emisij CH<sub>4</sub> sem za izračun letnih emisij toplotne moral izračunati še letne N<sub>2</sub>O emisije, ki jih povzroča gorivo (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za N<sub>2</sub>O izpuste lignita (**0,0015 t/TJ**), N<sub>2</sub>O izpuste zemeljskega plina (**0,0001 t/TJ**) in N<sub>2</sub>O izpuste biomase (**0,004 t/TJ**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.2.

Letne N<sub>2</sub>O emisije premoga:

$$(878.238 \text{ t} \times 12,223 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,0015 \text{ t N}_2\text{O}/\text{TJ} \approx \mathbf{16,1 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (85)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije zemeljskega plina:

$$(2.064.539 \text{ Nm}^3 \times 11,528 \text{ kWh/Nm}^3 \times 0,0000036 \text{ TJ/kWh}) \times 0,0001 \text{ t N}_2\text{O}/\text{TJ} \approx \approx \mathbf{0,01 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (86)$$

Letne N<sub>2</sub>O emisije biomase:

$$(73.414 \text{ t} \times 15,6 \text{ GJ/t} \div 1.000 \text{ GJ/TJ}) \times 0,004 \text{ t N}_2\text{O}/\text{TJ} \approx \mathbf{4,58 \text{ t N}_2\text{O}} \quad \dots (87)$$

Po izračunu letnih CH<sub>4</sub> in letnih N<sub>2</sub>O emisij sem za izračun letnih emisij toplotne moral izračunati še ekvivalent CO<sub>2</sub> vseh goriv (premog, zemeljski plin in biomasa). Potreboval sem podatke za GWP izpustov CO<sub>2</sub> (**1**), CH<sub>4</sub> (**27**) in N<sub>2</sub>O (**273**), ki jih lahko najdete v tabeli 8. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.1 in poglavju 4.1.2.

Ekvivalent CO<sub>2</sub> premoga:

$$((77.927 \text{ t CO}_2 + 1.102.132 \text{ t CO}_2) \times 1) + (107,35 \text{ t CH}_4 \times 27) + (16,1 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \approx \mathbf{1.187.353 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (88)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> zemeljskega plina:

$$((25.130 \text{ t CO}_2 + 4.840 \text{ t CO}_2) \times 1) + (0,09 \text{ t CH}_4 \times 27) + (0,01 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \approx \mathbf{29.975 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (89)$$

Ekvivalent CO<sub>2</sub> biomase:

$$(0 \text{ t CO}_2 \times 1) + (34,36 \text{ t CH}_4 \times 27) + (4,58 \text{ t N}_2\text{O} \times 273) \approx \mathbf{2.178 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (90)$$

Da bi lahko kar se da natančno izračunal letne emisije sem upošteval ekvivalent CO<sub>2</sub> emisij skozi življenjski cikel toplotne, ki sem ga pri toplotni določil tako, da sem upošteval, da emisije zaradi goriva predstavljajo **99 %** emisij skozi življenjski cikel toplotne, izgradnja in razgradnja (skupaj z reciklažo delov) pa predstavljata **1 %** emisij skozi življenjski cikel toplotne.

Letne emisije toplotne:

$$(1.187.353 \text{ t CO}_2\text{e} + 29.975 \text{ t CO}_2\text{e} + 2.178 \text{ t CO}_2\text{e}) \div 0,99 \approx \mathbf{1.231.824 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (91)$$

Letne emisije ogrevanja Šaleške doline (glej enačbo 81) so za toplotno enake kot pri TEŠ, saj so vsi dejavniki, ki se navezujejo na emisije toplotne energije, enaki pri obeh.

Ker sem upošteval, da so letne emisije ogrevanja Šaleške doline iz toplotne enaka kot iz TEŠ, so tudi vse enačbe, ki se navezujejo na to, enake (glej enačbe 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80).

#### 4.2.3 V primeru sončne elektrarne in toplotnih črpalk

Za izračun letnih emisij sončne elektrarne in toplotnih črpalk sem potreboval podatka za emisije skozi življenjski cikel sončne elektrarne (**48 g CO<sub>2</sub>e/kWh**) in emisije skozi življenjski cikel toplotne črpalke (**10 g CO<sub>2</sub>e/kWh**), ki ju lahko najdete v tabeli 9. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.3.

Letne emisije sončne elektrarne:

$$48 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times 140 \text{ GWh} = \mathbf{6.720 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (92)$$

Letne emisije toplotnih črpalk:

$$10 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times 305 \text{ GWh} = \mathbf{3.050 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (93)$$

Letne emisije sončne elektrarne in toplotnih črpalk:

$$6.720 \text{ t CO}_2\text{e} + 3.051 \text{ t CO}_2\text{e} = \mathbf{9.771 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (94)$$

Letne emisije sončne elektrarne in toplotnih črpalk za ogrevanje Šaleške doline:

$$3.050 \text{ t CO}_2\text{e} + (48 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times 101,7 \text{ GWh}) \approx \mathbf{7.932 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (95)$$

#### 4.2.4 V primeru jedrske elektrarne

Za izračun letnih emisij jedrske elektrarne sem potreboval podatek za emisije skozi življenjski cikel jedrske elektrarne (**12 g CO<sub>2</sub>e/kWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 9. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.4.

Letne emisije jedrske elektrarne:

$$12 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times (107 \text{ MW} \times (8.760 \text{ h} \times 0,8783) \div 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{9.879 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (96)$$

Letne emisije jedrske elektrarne za ogrevanje Šaleške doline:

$$12 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times ((39,6 \text{ MW} \div 3,4) \times (8.760 \text{ h} \times 0,8783) \div 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{1.075 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (97)$$

#### 4.2.5 Prikaz podatkov in primerjava

Po pregledu in primerjavi vseh podatkov za letne emisije in za letne emisije za ogrevanje Šaleške doline (glej tabelo 12) lahko ugotovimo, da imajo sončna elektrarna in toplotne črpalke najnižje letne emisije, vendar pa ima jedrska elektrarna daleč najnižje letne emisije za ogrevanje Šaleške doline. Po letnih emisijah, sončni elektrarni in toplotnim črpalkam, torej sledi jedrska elektrarna, nato toplarna in na koncu z največjimi emisijami še TEŠ, ki ima večje letne emisije kot vi ostali skupaj. Pri letnih emisijah za ogrevanje Šaleške doline pa jedrski elektrarni sledijo sončna elektrarna in toplotne črpalke, nato pa

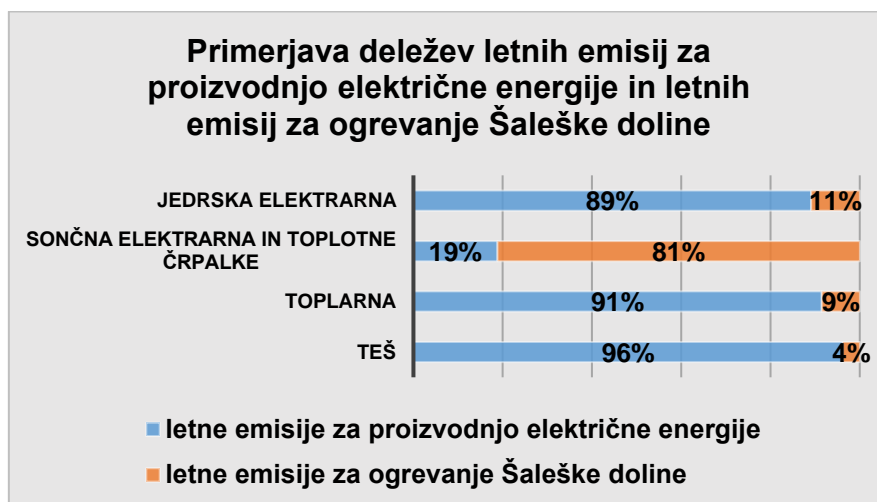
še toplarna in TEŠ, ki pa imata v tem primeru enake in pa tudi mnogokrat večje emisije od ostalih primerov.

Tabela 12: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.2

	<b>Letne emisije (t CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Letne emisije za ogrevanje Šaleške doline (t CO<sub>2</sub>e)</b>
<b>TEŠ</b>	2.758.241	104.766
<b>Toplarna</b>	1.231.824	104.766
<b>Sončna elektrarna in toplotne črpalke</b>	9.771	7.932
<b>Jedrska elektrarna</b>	9.879	1.075

Vzrok, da imata TEŠ in toplarna tako visoke letne emisije in letne emisije za ogrevanje Šaleške doline, je v veliki porabi goriva (premog, zemeljski plin, biomasa), ki pa proizvaja tudi veliko izpustov emisij. Razlika med njima je samo v količini porabljenega goriva, saj toplarna zaradi manjše proizvodnje električne energije porabi manj goriva in zato tudi proizvede manj izpustov.

Čeprav imajo sončna elektrarna in toplotne črpalke manj letnih emisij kot jedrska elektrarna, ima jedrska elektrarna veliko nižje letne emisije za ogrevanje Šaleške doline. To je predvsem zato, ker jedrska elektrarna neposredno poleg električne proizvaja tudi toplotno energijo, toplotne črpalke pa potrebujejo za proizvodnjo toplotne energije tudi električno energijo, ki jo dobijo od sončne elektrarne, kar pa posledično zviša tudi emisije.



Graf 3: Primerjava deležev letnih emisij za proizvodnjo električne energije in letnih emisij za ogrevanje Šaleške doline

### 4.3 Uvožena električna energija

#### 4.3.1 Letni strošek ogrevanja v Šaleški dolini z uvoženo električno energijo

Kot dodatek k nalogi sem želel prikazati tudi scenarij, v katerem bi vso potrebno električno energijo za ogrevanje Šaleške doline uvažali. Poleg uvožene električne energije sem upošteval tudi tri toplotne črpalke, ki bi proizvajale toplotno energijo iz uvožene električne energije. Za toplotne črpalke bom upošteval enake podatke kot v poglavju 4.1.3, ko sem predstavil scenarij s kombinacijo sončne elektrarne in toplotnih črpalk.

Za izračun letnega stroška ogrevanja Šaleške doline z uvoženo električno energijo sem potreboval podatek za ceno uvožene električne energije (**91,20 EUR/MWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 10. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.3.

Letni strošek ogrevanja Šaleške doline z uvoženo električno energijo:

$$2.266.667 \text{ EUR} + 3.534.247 \text{ EUR} + 69.725 \text{ EUR} + (91,20 \text{ EUR/MWh} \times (101,7 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh})) = \mathbf{15.145.679 \text{ EUR}} \quad \dots (98)$$

Letna proizvodna cena toplotne energije za uvoženo električno energijo:

$$15.145.679 \text{ EUR} \div (305 \text{ GWh} \times 1.000 \text{ MWh/GWh}) \approx \mathbf{49,66 \text{ EUR/MWh}} \quad \dots (99)$$

Upoštevati morate, da je navedena letna proizvodna cena toplotne energije **brez DDV**.

Za izračun letnega stroška ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini sem upošteval **12.000** gospodinjstev.

Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini:

$$15.145.679 \text{ EUR} \div 12.000 \approx \mathbf{1.262 \text{ EUR}} \quad \dots (100)$$

#### 4.3.2 Izpusti za ogrevanje Šaleške doline z uvoženo električno energijo

Za izračun izpustov za ogrevanje Šaleške doline z uvoženo električno energijo sem potreboval podatek za emisije uvožene električne energije (**235 g CO<sub>2</sub>e/kWh**), ki ga lahko najdete v tabeli 10. Vse dodatne podatke lahko najdete v poglavju 4.1.3 in poglavju 4.2.3.

Letne emisije za ogrevanje Šaleške doline z uvoženo električno energijo:

$$3.050 \text{ t CO}_2\text{e} + (235 \text{ t CO}_2\text{e/GWh} \times 101,7 \text{ GWh}) \approx \mathbf{26.950 \text{ t CO}_2\text{e}} \quad \dots (101)$$

#### 4.3.3 Prikaz podatkov in primerjava

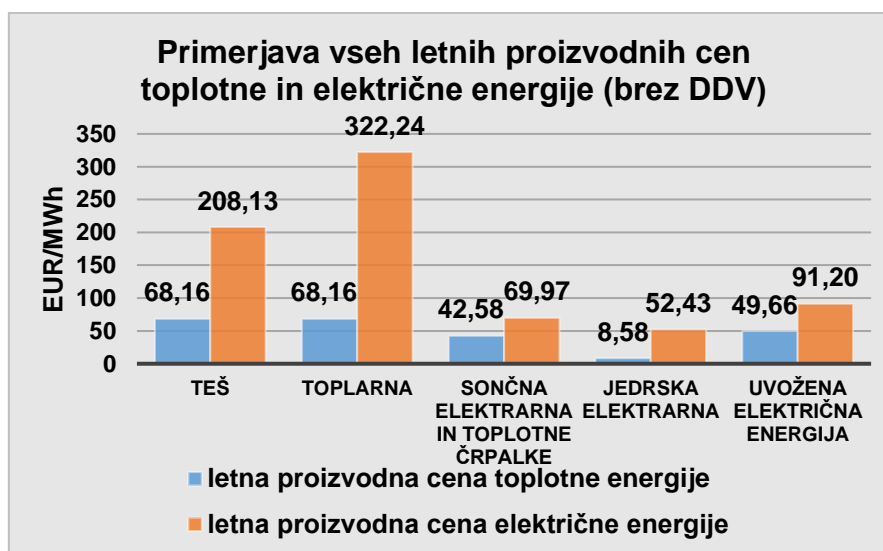
Po pregledu in primerjavi podatkov za uvoženo električno energijo skupaj z ostalimi podatki za letno proizvodno ceno toplotne energije, za letno proizvodno ceno električne energije in za letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini (glej tabelo 13) lahko ugotovimo, da so vse cene in stroški za uvoženo električno energijo nižji kot za TEŠ in toplarno, vendar višji kot za sončno elektrarno in toplotne črpalke ter jedrsko elektrarno.

Tabela 13: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.1 in poglavja 4.3

	<b>Letna proizvodna cena toplotne energije* (EUR/MWh)</b>	<b>Letna proizvodna cena električne energije* (EUR/MWh)</b>	<b>Letni strošek ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini* (EUR)</b>
<b>TEŠ</b>	68,16	208,13	1.733
<b>Toplarna</b>	68,16	322,24	1.733
<b>Sončna elektrarna in toplotne črpalke</b>	42,58	69,97	1.082
<b>Jedrska elektrarna</b>	8,58	52,43	218
<b>Uvožena električna energija</b>	49,66	91,20	1.262

\* vrednosti so navedene brez DDV

Čeprav ima uvožena električna energija nižjo letno proizvodno ceno toplotne in električne energije od TEŠ in toplarne, se lahko v primeru spremembe cene električne energije na trgu zelo hitro spremenijo tudi letne proizvodne cene toplotne in električne energije za uvoženo električno energijo.



Graf 4: Primerjava vseh letnih proizvodnih cen toplotne in električne energije (brez DDV)



Na letne stroške ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini neposredno vpliva tudi višina letne proizvodne cene toplotne energije, ki je za uvoženo električno energijo višja kot za sončno elektrarno in toplotne črpalke ter veliko višja kot za jedrsko elektrarno. Zaradi tega so tudi letni stroški ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini za uvoženo električno energijo višji kot za sončno elektrarno in toplotne črpalke ter veliko višji kot za jedrsko elektrarno. Kljub temu ima uvožena električna energija veliko nižje letne stroške ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini kot TEŠ ali toplarna, katerih stroški so za skoraj 500 EUR višji od stroškov uvožene električne energije.



Graf 5: Primerjava vseh letnih stroškov ogrevanja na gospodinjstvo v Šaleški dolini

Po pregledu in primerjavi podatkov za uvoženo električno energijo, skupaj z ostalimi podatki za letne emisije in za letne emisije za ogrevanje Šaleške doline (glej tabelo 14) lahko ugotovimo, da so vse emisije za uvoženo električno energijo nižje kot za TEŠ in toplarno, vendar višje kot za sončno elektrarno in toplotne črpalke ter jedrsko elektrarno.

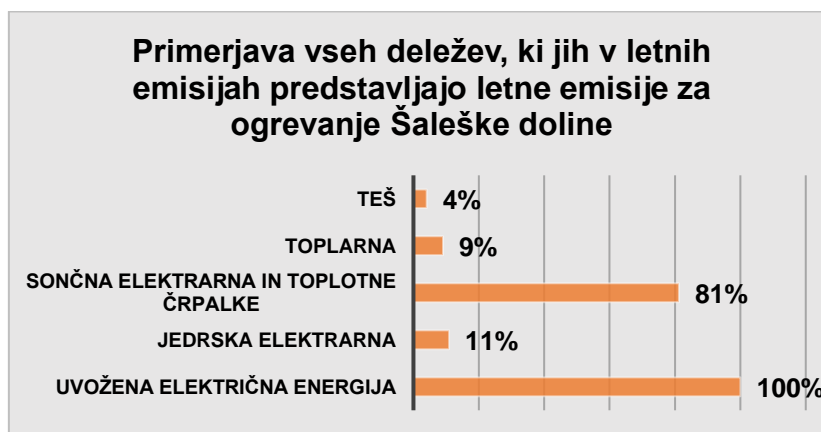
Tabela 14: Prikaz in primerjava podatkov poglavja 4.2 in poglavja 4.3

	Letne emisije (t CO <sub>2</sub> e)	Letne emisije za ogrevanje Šaleške doline (t CO <sub>2</sub> e)
<b>TEŠ</b>	2.758.241	104.766
<b>Toplarna</b>	1.231.824	104.766
<b>Sončna elektrarna in toplotne črpalke</b>	9.771	7.932
<b>Jedrska elektrarna</b>	9.879	1.075

<b>Uvožena električna energija</b>	26.950	26.950
------------------------------------	--------	--------

Čeprav ima uvožena električna energija nižje letne emisije in letne emisije za ogrevanje Šaleške doline, se moramo zavedati, da sem kot podatek za emisijski faktor CO<sub>2</sub> za uvoženo električno energijo uporabil podatek za emisijski faktor CO<sub>2</sub> električne energije v Sloveniji. V primeru, da bi upošteval kateri drugi emisijski faktor CO<sub>2</sub>, bi bila vidna tudi razlika v letnih emisijah in letnih emisijah za ogrevanje Šaleške doline.

Kot lahko vidite v grafu 6 letne emisije za ogrevanje Šaleške doline v letih emisijah predstavljajo najmanjši pri TEŠ, sledi mu toplotna, nato jedrska elektrarna, zatem sončna elektrarna in toplotne črpalke ter na koncu uvožena električna energija, ki vse emisije proizvede v namen proizvodnje toplotne energije. Iz podatkov lahko razberemo, da poleg podatka za uvoženo električno energijo izstopa tudi podatke za sončno elektrarno in toplotne črpalke, saj več kot polovico letnih emisij proizvedejo v namen proizvodnje toplotne energije, medtem ko vsi ostali večino letnih emisij proizvedejo v namen proizvodnje električne energije.



Graf 6: Primerjava vseh deležev, ki jih v letnih emisijah predstavljajo letne emisije za ogrevanje Šaleške doline

## 5 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sem prikazal in primerjal različne scenarije pridobivanja električne in toplotne energije v Šaleški dolini ter izpostavil njihov ekonomski in okoljski vidik. Pri primerjavi različnih virov energije, vključno s Termoelektrarno Šoštanj (TEŠ), toplarno, sončno elektrarno v kombinaciji s toplotnimi črpalkami ter jedrsko elektrarno, sem ugotovil, da ima vsaka možnost svoje prednosti in slabosti.

Sončna elektrarna in toplotne črpalke so se izkazale kot dobra rešitev za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in nižjo letno proizvodno ceno toplotne energije. Vendar pa njihova odvisnost od vremenskih pogojev in začetni kapitalni stroški predstavljajo pomembne izzive. Jedrska elektrarna se je izkazala kot najbolj ekonomična in okoljsko trajnostna rešitev, z najnižjo letno proizvodno ceno električne energije in najnižjimi emisijami za ogrevanje Šaleške doline. Vendar pa so visoki začetni kapitalni stroški in dolgoročne čakalne dobe za izgradnjo pomembni dejavniki, ki jih je treba upoštevati. TEŠ in toplarna še vedno predstavljata pomemben vir energije, vendar z visoko letno proizvodno ceno in visokimi emisijami CO<sub>2</sub>, kar postavlja pod vprašaj njihovo trajnost na dolgi rok.

Vse končne ugotovitve sem tudi primerjal s scenarijem, v katerem bi vso potrebno električno energijo za ogrevanje Šaleške doline uvažali. Uvažanje električne energije se je izkazalo za cenejšo možnost od TEŠ in toplarne, vendar še vedno dražjo od sončne elektrarne in toplotnih črpalk ter jedrske elektrarne. Prav tako moramo upoštevati, da uvoz električne energije prinaša svoja tveganja zaradi nihanja cen na trgu in odvisnosti od zunanjih virov.

Na podlagi teh ugotovitev lahko sklepam, da je prehod na čistejše pridobivanje energije za Šaleško dolino resnično pridobitev, vendar zahteva skrbno načrtovanje, upoštevanje vseh dejavnikov in postopno implementacijo.

Šaleška dolina ima s preходом na čistejše pridobivanje energije priložnost postati vzorčni primer trajnostnega razvoja z uporabo čistih virov energije, ki bodo zagotovili stabilno in okolju prijazno energetska oskrbo za prihodnje generacije.

HIPOTEZA 1: Jedrska elektrarna ima nižjo letno proizvodno ceno toplotne energije od TEŠ, toplarne in sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami.

Ta hipoteza je POTRJENA. Letna proizvodna cena toplotne energije za jedrsko elektrarno je 8,58 EUR/MWh, kar je nižje od cene pri TEŠ (68,16 EUR/MWh), toplarni (68,16 EUR/MWh) in sončni elektrarni s toplotnimi črpalkami (42,58 EUR/MWh). Podatke najdete v tabeli 11.

HIPOTEZA 2: Sončna elektrarna ima nižjo letno proizvodno ceno električne energije od TEŠ, toplarne in jedrske elektrarne.

Ta hipoteza je OVRŽENA. Letna proizvodna cena električne energije iz sončne elektrarne je 69,97 EUR/MWh, kar je nižje od cene pri TEŠ (207,65 EUR/MWh) in toplarni (322,24 EUR/MWh), vendar višje od cene pri jedrski elektrarni (52,44 EUR/MWh). Podatke lahko najdete v tabeli 11.

HIPOTEZA 3: Jedrska elektrarna proizvede manj letnih emisij od TEŠ, toplarne in sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami.

Ta hipoteza je OVRŽENA. Letne emisije jedrske elektrarne znašajo 9.879 t CO<sub>2e</sub>, kar je manj od emisij TEŠ (2.758.241 t CO<sub>2e</sub>) in toplarne (1.231.824 t CO<sub>2e</sub>), vendar več od sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami (9.771 t CO<sub>2e</sub>). Podatke lahko najdete v tabeli 12.

HIPOTEZA 4: Uvožena električna energija ima višjo letno proizvodno ceno toplotne energije od TEŠ, toplarne, sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami in jedrske elektrarne.

Ta hipoteza je OVRŽENA. Letna proizvodna cena toplotne energije za uvoženo električno energijo znaša 49,66 EUR/MWh, kar je višje od cene pri sončni elektrarni s toplotnimi črpalkami (42,58 EUR/MWh) ter jedrski elektrarni (8,58 EUR/MWh), vendar nižje od cene pri TEŠ (68,16 EUR/MWh) in toplarni (68,16 EUR/MWh). Podatke lahko najdete v tabeli 13.

**HIPOTEZA 5:** Uvožena električna energija proizvede več letnih emisij za ogrevanje Šaleške doline od TEŠ, toplarne, sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami in jedrske elektrarne.

Ta hipoteza je **OVRŽENA**. Letne emisije za ogrevanje Šaleške doline z uvoženo električno energijo znašajo 26.950 t CO<sub>2</sub>e, kar je več od emisij sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami (7.932 t CO<sub>2</sub>e) in jedrske elektrarne (1.075 t CO<sub>2</sub>e), vendar manj od emisij TEŠ (104.766 t CO<sub>2</sub>e) in toplarne (104.766 t CO<sub>2</sub>e). Podatke lahko najdete v tabeli 14.

## 6 POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem analiziral ekonomske in okoljske vplive prehoda na čistejše pridobivanje energije v Šaleški dolini. Primerjal sem različne energetske vire: TEŠ, toplarna, sončna elektrarna s toplotnimi črpalkami ter jedrska elektrarna. Rezultati kažejo, da jedrska elektrarna ponuja najnižje stroške proizvodnje toplotne in električne energije, medtem ko ima sončna elektrarna s toplotnimi črpalkami najnižje letne emisije. Toplarna in TEŠ ostajata najdražji in okolju najmanj prijazni opciji.

Vse končne ugotovitve sem tudi primerjal s scenarijem, v katerem bi vso potrebno električno energijo za ogrevanje Šaleške doline uvažali, kar pa se je izkazalo za cenejšo in okolju bolj prijazno možnost od TEŠ in toplarne, vendar še vedno dražjo in z več emisijami od sončne elektrarne s toplotnimi črpalkami ter jedrske elektrarne. Upoštevati moramo tudi, da je uvoz elektrike zelo odvisen od cen na trgu.

Čeprav prehod na obnovljive vire energije zahteva velike začetne investicije, prinaša dolgoročne koristi za gospodarstvo in okolje. Ključnega pomena bo uravnotežena energetska strategija, ki bo omogočila zanesljivo oskrbo z energijo ob minimalnem vplivu na okolje.

## 7 SUMMARY

In my research paper, I analyzed the economic and environmental impacts of transitioning to cleaner energy production in the Šaleška Valley. I compared various energy sources: TEŠ, a heating plant, a solar power plant with heat pumps, and a nuclear power plant. The results show that the nuclear power plant offers the lowest production costs for heat and electricity, while the solar power plant with heat pumps has the lowest annual emissions. The heating plant and TEŠ remain the most expensive and least environmentally friendly options.

I also compared all final conclusions with a scenario where all the required electricity for heating the Šaleška Valley would be imported, which proved to be a cheaper and more environmentally friendly option than TEŠ and the heating plant. However, it was still more expensive and had higher emissions compared to the solar power plant with heat pumps and the nuclear power plant. We must also consider that the import of electricity is highly dependent on market prices.

Although transitioning to renewable energy sources requires significant initial investments, it brings long-term benefits for the economy and the environment. A balanced energy strategy will be crucial in ensuring a reliable energy supply with minimal environmental impact.

## 8 VIRI IN LITERATURA

[1] Blok 6, pridobljeno 23. 11. 2024 s:

<https://www.te-sostanj.si/proizvodnja/blok-6/>

[2] Razkrivamo: to je končna cena projekta Teš 6, pridobljeno 23. 11. 2024 s:

<https://necenzurirano.si/clanek/novice/razkrivamo-to-je-koncna-cena-projekta-tes-6-752767>

[3] Letno poročilo TEŠ 2023, pridobljeno 23. 11. 2024 s:

[https://www.te-sostanj.si/wp-content/uploads/2024/09/TEŠ\\_anuall\\_report\\_2023\\_slo\\_koncna.pdf](https://www.te-sostanj.si/wp-content/uploads/2024/09/TEŠ_anuall_report_2023_slo_koncna.pdf)

[4] Proizvodnja el. en. in poraba premoga, pridobljeno 23. 11. 2024 s:

<https://www.te-sostanj.si/proizvodnja/proizvodnja-ee-in-poraba-premoga/>

[5] Sklep o povprečni ceni emisijskih kuponov v letu 2024, pridobljeno 23. 11. 2024 s:

[https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/Sklep\\_o\\_povprecni\\_ceni\\_emisijskih\\_kuponov\\_v\\_letu\\_2024\\_p.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Okolje/Podnebne-spremembe/Sklep_o_povprecni_ceni_emisijskih_kuponov_v_letu_2024_p.pdf)

[6] Letno poročilo Premogovnik Velenje 2023, pridobljeno 30. 11. 2024 s:

[https://www.rlv.si/wp-content/uploads/2024/08/LP-PV-2023\\_KONCNO\\_revidirano.pdf](https://www.rlv.si/wp-content/uploads/2024/08/LP-PV-2023_KONCNO_revidirano.pdf)

[7] Napoved položaja proizvodnih naprav OVE in SPTE, pridobljeno 30. 11. 2024 s:

<https://www.agen-rs.si/ove-spte-napoved-polozaja>

[8] Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji za leto 2024, pridobljeno 30. 11. 2024 s:

<https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Podnebje/Za-ARSO/Znacilne-neto-kaloricne-vrednosti-in-emisijski-faktorji-za-let-2024.pdf>

[9] Teš po novem zagotavlja predvsem toploto Šaleški dolini, pridobljeno 30. 11. 2024 s:

<https://www.rtvsllo.si/gospodarstvo/tes-po-novem-zagotavlja-predvsem-toploto-saleski-dolini/732097>



[10] NRS bags US\$145 million for 140MW/50MW New Mexico solar-plus-storage site, pridobljeno 14. 12. 2024 s:

<https://www.pv-tech.org/nrs-bags-us145-million-for-140mw-new-mexico-pv-site/>

[11] Lazard LCOE, pridobljeno 14. 12. 2024 s:

<https://www.lazard.com/media/xemfey0k/lazards-lcoeplus-june-2024-vf.pdf>

[12] Akt o določitvi tarifnih postavk za omrežnine elektrooperaterjev, pridobljeno 14. 12. 2024 s:

<https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ANJP82>

[13] PSE Družmirje, pridobljeno 14. 12. 2024 s:

<https://www.hse.si/sl/projekti/plavajoca-soncna-elektrarna-druzmirje/>

[14] 50MW Battery Storage Cost: An In-depth Analysis, pridobljeno 14. 12. 2024 s:

[https://www.ritarpower.com/industry\\_information/50MW-Battery-Storage-Cost-An-In-depth-Analysis\\_286.html](https://www.ritarpower.com/industry_information/50MW-Battery-Storage-Cost-An-In-depth-Analysis_286.html)

[15] Large-scale heat pump, pridobljeno 21. 12. 2024 s:

[https://www.enbw.com/company/the-group/energy-production/new-buildings-and-major-projects/kraftwerk\\_stuttgart\\_muenster/grosswaermepumpe.html](https://www.enbw.com/company/the-group/energy-production/new-buildings-and-major-projects/kraftwerk_stuttgart_muenster/grosswaermepumpe.html)

[16] Odgovori strokovnjakov na najpogostejša vprašanja o toplotnih črpalkah, pridobljeno 21. 12. 2024 s:

<https://www.svezinabivanja.si/ogrevanje/odgovori-strokovnjakov-na-najpogostejsa-vprasanja-o-toplotnih-crpankah>

[17] Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, pridobljeno 27. 12. 2024 s:

[https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_Booklet\\_2022.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Booklet_2022.pdf)

[18] Pregled tehnologij SMR reaktorjev, pridobljeno 27. 12. 2024 s:

[https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/12/CC-2024-145-TS-TR-2024-026-Pregled\\_tehnologij\\_SMR\\_reaktorjev\\_rev3.pdf.pdf](https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/12/CC-2024-145-TS-TR-2024-026-Pregled_tehnologij_SMR_reaktorjev_rev3.pdf.pdf)

[19] Independent Review of Economic Analysis Input Data of the JEK2 Project, pridobljeno 27. 12. 2024 s:

[https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/10/20241015-EY-report\\_Independent-Review-of-economic-analysis-input-data\\_vf.pdf](https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/10/20241015-EY-report_Independent-Review-of-economic-analysis-input-data_vf.pdf)

[20] Proizvodnja in vzdrževanje, pridobljeno 27. 12. 2024 s:

<https://www.nek.si/obratovanje/proizvodnja-in-vzdrzevanje#proizvodnja-elektricne-energije>

[21] Slovenia's National Inventory Document 2024, pridobljeno 11. 1. 2025 s:

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/SVN%20NID%202024.pdf>

[22] IPCC Global Warming Potential Values, pridobljeno 11. 1. 2025 s:

<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf>

[23] Technology-specific Cost and Performance Parameters, pridobljeno 11. 1. 2025 s:

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)

[24] Carbon Reduction, pridobljeno 18. 1. 2025 s:

<https://epvs.co.uk/wp-content/uploads/Carbon-Reduction-001.pdf>

[25] Adex group, pridobljeno 18. 1. 2025 s:

<https://www.bsp-southpool.com/domov.html>

[26] Izpusti CO<sub>2</sub>/TGP na enoto električne energije in daljinske toplote, pridobljeno 18. 1. 2025 s:

<https://ceu.ijs.si/izpusti-co2-tgp-na-enoto-elektricne-energije/>

[27] TOPLOTNA ENERGIJA, KI JO ZAGOTAVLJA TEŠ, NI ODPADNI PRODUKT, pridobljeno 25. 1. 2025 s:

<https://www.te-sostanj.si/toplotna-energija-ki-jo-zagotavlja-tes-ni-odpadni-produkt/>

[28] Predlog Zakona o interventnih ukrepih za zagotavljanje toplote za prebivalstvo v Šaleški dolini, pridobljeno 25. 1. 2025 s:

[https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Novice/VG\\_1810.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOPE/Novice/VG_1810.pdf)

[29] TS-TR-2024-026-Pregled tehnologij SMR reaktorjev, pridobljeno 25. 1. 2025 s:

[https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/12/CC-2024-145-TS-TR-2024-026-Pregled\\_tehnologij\\_SMR\\_reaktorjev\\_rev3.pdf.pdf](https://jek2.si/wp-content/uploads/2024/12/CC-2024-145-TS-TR-2024-026-Pregled_tehnologij_SMR_reaktorjev_rev3.pdf.pdf)

## 8.1 VIRI SLIK

- (1) <https://www.te-sostanj.si/podjetje/o-podjetju/>
- (2) <https://www.hse.si/sl/projekti/plavajoca-soncna-elektrarna-druzmirje/>
- (3) <https://www.energieforschung.de/en/project/neu-grosswaermepumpen-in-deutschen-fernwaermenetzen>
- (4) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306454918302305>

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorju, prof. Ivanu Jovanu, za pomoč in podporo pri izdelavi raziskovalne naloge.

Prav tako se zahvaljujem prof. Sonji Lubej za lektoriranje raziskovalne naloge ter dr. Francu Žerdinu in županu Petru Dermolu za sodelovanje v intervjujih.

Zahvaljujem se družini, ki me je ves čas podpirala pri izvedbi te raziskovalne naloge.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi pri izdelavi raziskovalne naloge kakorkoli pomagali.

## **PRILOGA A**

### **Intervju z dr. Francem Žerdinom**

#### **1. Kakšno je vaše mnenje glede zapiranja TEŠ?**

Vlada in Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo se nista dovolj zgodaj angažiralo, da bi pri Evropski komisiji izposlovali olajšave pri ceni kuponov CO<sub>2</sub>, kot so to storile druge države (Poljska, Nemčija, Romunija). Po sklepu vlade iz leta 2022 želi vlada zasledovati cilj, da bo do leta 2030 Slovenija postala vodilna evropska zelena destinacija in bo dajala zgled drugim državam v EU in širše. Izničenje toplogrednih plinov bo vlada najlažje uresničila z zaprtjem Premogovnika Velenje. Z ukinitvijo tega energetskega vira se predvideva več variant kurjenja alternativnih goriv, kot so biomasa, uvožen premog, odpadki, vendar o tem še ni nič odločeno. Ne verjamem v dobronamernost zakona, saj menim, da so v ozadju interesi trgovcev z električno energijo, ki bodo začeli na veliko uvažati električno energijo, ker je izpad, ki ga bo povzročil TEŠ z zaustavitvijo pridobivanja elektrike, drugače nenadomestljiv. Slovenija nima alternative in alternativa je samo uvažanje električne energije.

#### **2. Kako se načrtuje nadomestiti TEŠ?**

Na to vprašanje ne znam odgovoriti, ker tudi na ravni države na to vprašanje ne znajo dati odgovora. Sklepam po tem, ker vlada nima izdelane in v državnem zboru potrjene dolgoročne energetske politike v Sloveniji. Sonce, veter, voda in drugi obnovljivi viri energije izpada energije TEŠ ne morejo nadomestiti. Izpad lahko nadomesti samo uvoz energije, pri čemer pa moramo upoštevati dve pravili, ki bosta na ceno bistveno vplivali. Prvo pravilo je, da elektroenergetski sistem države Slovenije mora v vsakem trenutku zagotoviti porabnikom točno toliko energije, kolikor je ti v danem trenutku potrebujejo. Drugo pravilo je, da porabniki električne energije lahko v danem trenutku porabijo samo toliko energije, kot je je na razpolago. Če kateri od pogojev ni izpolnjen, potem imamo energetski mrk, ki pa lahko traja dan, dva ali več, odvisno, kaj se dogaja na trgu z električno energijo. V primeru višje sile, kot so naravne katastrofe ali vojne, lahko to povzroči še dodatni izpad, ki lahko razmere na trgu tako močno zakomplicira, da energije ne bo mogoče kupiti, saj je tudi na trgu ne bo dovolj. Po mojem mnenju bo cena električne

energije za uporabnike v Sloveniji naraščala, čeprav nekateri načrtovalci pravijo, da bo padala. TEŠ lahko nadomesti morebitna izgradnja JEK2, vendar bi v vsakem primeru, tudi če bi jo danes naročili, dobili šele čez dobrih 20 let.

### 3. Kateri energent bi se uporabljal v primeru toplarne?

Dokler bo TEŠ posloval kot toplarna, bo energent velenjski lignit, saj tudi kotli TEŠ niso prilagojeni za druga goriva. Pod posebnimi pogoji, se lahko dodaja uvoženi premog ali pa biomaso, vendar ima TEŠ pri biomasi zelo velike težave, ker se biomasa lepi na obod kotla. Pri uvoženem premogu pa je druga težava, saj lokalni skupnosti Velenja in Šoštanja nista za uvoz premoga v Šaleško dolino, ker ta uvoz samo še dodatno onesnažuje okolico in je cenovno bistveni dražji kot velenjski lignit. Ni nam jasno, zakaj bi Slovenija našla denar za uvoženi premog, za proizvodnjo Premogovnika Velenje pa ga ne more najti.

### 4. Kako se bodo ogrevali občani, ko TEŠ ne bo več mogel obratovati kot toplarna?

Komunalno podjetje Velenje trenutno razvija kar nekaj idej na to temo, vendar je malo prezgodaj, da bi jaz danes v intervjuju o tem razlagal, ker ne poznam dovolj dobro, katere tri sisteme razdeljujejo, saj ne sodelujem v tej delovni skupini in verjetno tudi niso tako daleč dodelani, da bi bili predstavljeni na seji sveta ali v nekih strokovnih krogih. Na odgovor na to vprašanje bomo morali še počakati. Prebivalci Šaleške doline se bomo morali naučiti s toplotno energijo racionalno ravnati. Mislim predvsem na izgradnjo izolacij na objektih in dodelan režim ogrevanja stanovanj in drugih objektov. Morali se bomo navaditi na prostore, ki bodo ogrevani nekje do 23 stopinj. Tukaj imamo prebivalci veliko težav, saj je bila do sedaj toplotna energija poceni in nas noben ukrep ni silil v racionalizacijo na tem področju. Potrebno se bo na spremenjeni režim ogrevanja temeljito pripraviti, saj imamo lahko tukaj dokaj velike prihranke. Veliki prihranki so lahko tudi na cevovodih, kjer imamo zdaj kar velike izgube, zato jih Komunalno podjetje tudi obnavlja. Za to je potreben čas in veliko sredstev.

5. Koliko električne energije je v povprečju potrebne za ogrevanje Šaleške doline?

TEŠ za daljinsko ogrevanje Šaleške doline potrebuje približno 3 % proizvedene energije. TEŠ ni grajen kot toplotna, ampak kot termoelektrarna. TEŠ ne more obratovati samo kot toplotna, ampak mora obvezno obratovati tudi kot elektrarna v velikosti vsaj 300 do 400 MWh, če hoče proizvajati tudi toplotno energijo za daljinsko ogrevanje. Energetski vir bo premog, ki ga bo potrebno dobiti. Do leta 2033 je predvideno, da naj bi ga TEŠ pridobil iz Premogovnika Velenje, računajo potem najbrž, čeprav tega ni v zakonu, na uvoženo energijo ali pa na neke druge energetske vire. Poudarjam, da je TEŠ grajen na velenjski lignit in ne na biomaso, odpadke ali kaj drugega.

6. Kakšno je vaše mnenje glede uporabe sončne elektrarne kot brezogljeno alternativo TEŠ?

Sončna elektrarna v nobenem primeru ni alternativa TEŠ, še posebej ne v Sloveniji. Problem načrtov elektroenergetskega sistema na obnovljive vire energije, kot sta sonce in veter, je ta, da je sistem kronično nestabilen. Ker sta veter in sonce zgolj občasna in nestanovitna vira energije, katere se ne da po ekonomsko razumni ceni shraniti z namenom izravnavanja proizvodnje in porabe elektrike, je v ta namen potrebno obvezno imeti na razpolago druge bolj fleksibilne vire energije, kot so premog, plin, jedrska energija in podobno.

7. Kako ocenjujete energetsko učinkovitost TEŠ v primerjavi s sončno elektrarno ali toplotno?

To bi ocenjeval zelo subjektivno, vendar lahko povem, kaj se dogaja v drugih državah. Danska in Portugalska, ki imata velik delež elektrike iz vetrnih elektrarn, cca. 70 %, morata zaradi zagotavljanja energetske stabilnosti manjko elektrike proizvajati iz hidro energije, premoga, plina ali biomase. Švica, ki je najbližje idealu nizkoogljične proizvodnje elektrike, ima 66,6 % električne energije iz obnovljivih virov energije. Večino, skoraj 60 %, je to iz hidro energije, preostanek pa pridobivajo iz jedrske energije, saj potrebujejo neko »oporo,« s katero zagotavljajo neko stabilnost. Podoben primer je tudi Švedska. Nemčija se je odločila, da bo zaprla vse jedrske elektrarne in je lansko leto

zadnje tri tudi zaprla. Nemčija si je predstavljala, da bo lahko manjko te električne energije nadomestila s sončnimi celicami in vetrno energijo. Seveda jim to ni uspelo, saj so z vetrnimi in sončnimi elektrarnami uspeli pokriti 40 % svojih potreb, 43 % pa še vedno dobivajo iz premoga in plina. Razliko so do lanskega leta pokrivala še delujoče jedrske elektrarne. Nemčija zdaj na veliko podpira ponovno površinske kope premoga, ker enostavno veliko uvaža plina in ker drugih virov nima na razpolago. Možen je samo še uvoz. Zaradi takšne politike je Nemčija v zelo velikih težavah. Bojim se, da bomo v tako velikih težavah od naslednjega leta naprej tudi v Sloveniji.

8. Kateri so po vašem mnenju največji okoljski vplivi TEŠ, sončne elektrarne in toplotarne?

Največji vpliv TEŠ je zagotovo CO<sub>2</sub>. Pri proizvodnji 4000 GWh, ki jih lahko proizvede blok 6, je proizvodnja CO<sub>2</sub> 4,2 milijona ton, proizvodnja SO<sub>2</sub> je približno 920 ton, proizvodnja NO<sub>x</sub> je 2760 ton, proizvodnja prahu pa je 64 ton. Za to proizvodnjo porabi 3,3 milijona ton lignita. Ti parametri za blok 6 so izjemno dobri. Mi smo sicer imeli ideje, da bi pri bloku 6 prigradili tudi napravo za zajemanje CO<sub>2</sub>, kar je še vedno možno, vendar je zaradi življenjske dobe prevelik finančni vložek. Proizvodnja električne energije iz sončne elektrarne je okolju prijazna, ne povzroča hrupa, potrebno je minimalno vzdrževanje, dokaj nizki obratovalni stroški. Omogoča tudi oskrbo odročnih področij in naprav z električno energijo, kot so otoki. Slabosti pa so: poraba energije za proizvodnjo sončnih celic in modulov je prav tako prisotna, težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različne obsevanosti lokacij, energijo je potrebno shraniti v posebnih baterijah, ponoči in ob deževnem vremenu je proizvodnja nizka, cena električne energije, pridobljene iz sončne energije, je precej dražja od električne energije iz tradicionalnih virov, ker je omejitev proizvodnje iz sončnih elektrarn v Sloveniji zelo velika, negotova je prihodnost razgradnje sončnih celic. Dobra stran je, da se proizvodna cena elementov sončne elektrarne iz leta v leto zmanjšuje, kar je posledica porasta in optimizirane masovne proizvodnje.



9. Kakšne so vaše ocene glede trajnosti sončne elektrarne?

Če je pred nekaj leti še veljalo, da sončna elektrarna proizvede približno toliko energije, kot se je je porabilo za njeno proizvodnjo, torej če vzamemo en panel, ta proizvede približno toliko energije kot 100 l nafte. Vlaganje v sončne elektrarne se dokaj hitro povrne. Do nedavnega smo bili nekje na 7 letih, danes pa smo že zelo blizu 3 letom, če so vremenske prilike vsaj za silo ugodne.

10. Kaj se bo zgodilo, ko bodo sončne celice že zastarele oz. jih bo potrebno zamenjati?

Življenjska doba sončnih celic je približno 20 do 30 let. V tem obdobju se bo zgodil izjemno velik napredek tudi na tem področju. Res pa je, da nimamo rešenega problema razgradnje sončnih celic skozi sestavne dele, ki so v sončnih celicah. Na tem so v zadnjih letih sicer Nemci veliko naredili, vendar to še ni svetovno utečena rešitev. Velik problem so tudi naravne katastrofe, kot sta toča in zelo močan veter, saj lahko naredijo zelo veliko škode.

11. Kakšen vpliv bi imelo prekomerno uvažanje elektrike?

Uporabniki bomo to občutili predvsem skozi ceno. Cena se bo dvigala, kar pa je zopet v nasprotju s tem, kar trdi država. Tisti, ki se vsaj približno spoznamo na to, pa pravimo, da bo cena naraščala. Naraščala pa bo tudi zato, ker pravijo, da se bo poraba električne energije do leta 2050 podvojila, ker bodo zraven prišli še električni avtomobili in drugi veliki porabniki.

12. Kakšno je vaše mnenje glede izgradnje JEK2?

Jaz če bi šel zdaj na referendum, bi glasoval negativno. Ne bi glasoval za tako velik blok, kot je bil JEK2 predviden. Nad 1000 MW je povsem brez smisla blok graditi, ker ni izvedljivo ne iz cenovnega vidika, ne iz varnostnega vidika in ne iz okoljskega vidika. Jaz nisem pristaš gradnje velikih jedrskih objektov, čeprav je jedrska energija ena najbolj čistih, pravijo tudi varnih zaradi novih tehnologij in od vremena neodvisnih virov energije. Premik k jedrski energiji, ki ga vidim in bi ga tudi podprl, je z inovacijami in na novo razvitimi naprednimi tehnologijami jedrskih elektrarn, ki blažijo številne varnostne

pomislike, ki so prisotni pri teh tradicionalno velikih jedrskih blokih. Gre predvsem za to, da se zelo uspešno razvijajo manjši modularni reaktorji in pa mikro reaktorji. To je v velikosti od 200 do maksimalno 500 MW. Ti reaktorji zagotovijo sprejemljivo ceno energijo z manj goriva, so cenejši ter jih je lažje zgraditi kot običajno velike jedrske reaktorje. Zato jaz nisem za tako velik blok, kot je bil v načrtu.

13. Kakšne so vaše ocene glede energetske učinkovitosti JEK2 in njenega vpliva na okolje?

Tu govorimo o štirih dejavnikih. Prvič: javno mnenje še vedno ni naklonjeno gradnji jedrske elektrarne. Za mlajše, ki so se rodili po letu 1990, je zadeva mogoče celo bolj sprejemljiva kot za nas starejše, ki smo doživeli Černobil in njegove posledice, vendar je to tako zahtevno vprašanje, da je na referendumu ljudi o tem spraševati, ali so za jedrsko energijo ali proti, neodgovorno dejanje. Ljudje o teh zadevah vedo veliko premalo, da bi lahko odločali. O tem morata odločati stroka in politika. Drugič: gre za velike investicijske vloške. Ti vložki obsegajo od 15 do 25 milijard evrov, ki jih Slovenija nima in jih tudi druge države nimajo. Imajo jih Kitajci, Američani in še kdo drug. Slovenija bi z takim vložkom zadolžila državljane Slovenije za kar nekaj generacij ljudi. Tretjič: znanje, kadri, oprema, to je problem. Mi sicer imamo kar nekaj zelo dobrih strokovnjakov, ki so se učili na bloku 1 jedrske elektrarne in so tudi svetovno priznani strokovnjaki, vendar da bi zelo močno širili mrežo jedrske elektrarne, trenutno nimamo dovolj strokovnjakov za te zadeve. Četrtič: nimamo rešenega vprašanja odlaganja odpadkov. V Sloveniji sploh nimamo tega problema rešenega. Rešujemo ga že 20 let, pa se to še vedno iz leta v leto odlaša, imamo pa tako srednje reaktivne in nizko reaktivno jedrske odpadke, ki se trenutno skladiščijo v Krškem. Pri jedrskih elektrarnah imamo tudi zelo dolge čakalne vrste od naročila do izgradnje. Trenutno je pač »bum« za jedrske elektrarne v svetu zaradi zelo velikega povpraševanja. Največ v Južni Koreji, na Kitajskem, Ameriki, Rusiji pa tudi v Evropski uniji, ki prav tako nima nekih alternativ na področju proizvodnje električne energije.

## **PRILOGA B**

### **Intervju z županom Petrom Dermolom**

#### **1. Kakšno je vaše mnenje glede zapiranja TEŠ?**

Če govorimo o TEŠ kot premogovnega objekta, potem je dejstvo, da je elektrarno potrebno v nekem doglednem roku zapreti predvsem zaradi premoga, ki je okategoriziran kot okoljsko nevzdržen energent. Moje mnenje je, da kljub temu dejstvu TEŠ ne bi zapirali, se pravi, da kurimo premog predvsem zaradi vidika energetske samooskrbe v slovenskem prostoru, saj TEŠ zagotavlja okoli 25 % proizvedene električne energije in s tem bi ogrozili delovanje elektroenergetskega sistema. Moje glavno mnenje je, da bi TEŠ moral še vedno biti v obratovanju, vsaj za tiste izredne situacije tudi po letu 2033 oz. do izgradnje nadomestnih energetske kapacitete v slovenskem prostoru. V vsakem primeru pa ostane, kot je danes, kjer se predvideva, da bi TEŠ oz. Premogovnik Velenje zaprli leta 2033. To je potrebno izvesti na postopen način, torej s postopnim ukinjanjem premogovništva, ampak, kot rečeno, še vedno bi v vsakem primeru deloval na način, da bi premogovnik bil sposoben izkopavati premog v količinah, ki so za izredne razmere nujno potrebne. V nasprotnem primeru bomo pač uvozno preveč odvisni. Najdražja je tista energija, ki je ni. Vse to bo vplivalo tudi na ekonomiko v naši državi, če bomo pretirano odvisni od uvoza.

#### **2. Kakšni so načrti za prihodnost energetike v Velenju?**

Če govorimo o toplotni energiji, je pripravljen akcijski načrt zelene preobrazbe daljinskega ogrevanja. To pomeni, da bi do leta 2030 ali pa do leta 2033, odvisno od vseh postopkov, prenehali s premogom ogrevati našo dolino in bi premog nadomestili z drugim virom, ki je okolju bolj prijazen. Te tri faze so sestavljene iz obnove toplovodnega sistema, kjer moramo do leta 2027 oz. najkasneje do 2028 obnoviti približno 8 km toplovodnega omrežja, s čimer bi zmanjšali izgube v samem omrežju in omogočili istočasno z obnovo toplotnih postaj oz. podpostaj tudi priključitev novih virov proizvodnje toplotne energije, ki delujejo na nižji temperaturi, kot deluje TEŠ. To je prva faza. Vzporedno s to fazo se iščejo nadomestni viri, ki so razdeljeni na dva sklopa. Prvi sklop, ki ga je mogoče enostavneje realizirati, je sklop, da bomo za letni režim, torej za toplejše mesece, poiskali

eno izmed rešitev za proizvodnjo in dobavo toplotne energije za obdobje od aprila do septembra oz. oktobra, odvisno od zunanjih temperatur. Ti potencialni viri so v tem trenutku: toplotna črpalka ali več toplotnih črpalk v seriji z sončno elektrarno in pa potencialno tudi sončna toplarna. To sta dve kombinaciji, ki jih zdaj analiziramo in po analizah se bomo tudi odločili, na kak način bomo pristopili k temu. Drugi sklop pa je namenjen oskrbi v zimskem času v hladnejših mesecih, kjer pa bo še vedno potrebno izvajati nek termodinamični proces, to pomeni, da bomo s toplotno obdelavo bodisi biomase, odpadkov ali pa katerih koli drugih produktov zagotavljali toploto ljudem tudi za to zimsko obdobje. Po izračunih, ki jih imamo, bi potrebovali samo v Velenju približno 50 MW takšne energije. Za kateri vir ogrevanja se bomo odločili, bodo o tem odločali tudi ljudje, saj bomo o tem povprašali vse naše občane, kateri vir bi bil za njih sprejemljiv iz okoljskih, ekonomskih in družbenih vidikov. Tretja faza pa je energetska sanacija javnih objektov, ki je potrebna tudi zaradi zmanjšanja vstopne temperature v posamezni objekt, kar pomeni, da lahko tudi uvozimo sistemsko temperaturo oz. temperaturo znotraj toplovodnega omrežja z nižjo vrednostjo, s čimer pozitivno vplivamo na porabo toplotne energije in to pozitivno vpliva tudi na same stroške pri končnih uporabnikih. Tisti uporabniki, ki imajo energetska sanacijo svojega objekta, lahko že danes svojo vstopno temperaturo znižajo, manj energije dovajajo v sam objekt in manj energije tudi porabljajo in to tudi pozitivno vpliva tudi na strošek toplotnega ogrevanja.

### 3. Kako bo preoblikovanje TEŠ v toplarno vplivalo na lokalno gospodarstvo?

To preoblikovanje TEŠ v toplarno ne bi smelo puščati nikakršnih negativnih posledic, saj naj bi TEŠ tudi po 1. 1. 2025 obratoval na enak način kot danes, ker elektrarna ne more proizvajati samo toplotne energije, ampak tudi električno energijo. Če blok 6 obratuje na minimalni moči, ki je okoli 245 MW, to pomeni, da je od teh 245 MW približno ena tretjina namenjena za toplotno oskrbo, dve tretjini pa še vedno za električno energijo. Na področje gospodarstva bi lahko vplivalo z vidika oskrbe s toplotno energijo, predvsem na področju cene toplotne energije. Glede na to, da je zdaj z zakonom cena fiksirana, bi po tem zakonu morali končni uporabniki tudi na področju gospodarskih subjektov plačevati toplotno energijo enako kot danes. Nevarnost je, da bi država ali Evropa prepoznala, da ta zakon s fiksirano ceno toplotne energije predstavlja prepovedano državno pomoč

podjetjem, in bi se to v pravnem smislu tudi izkazalo. To bi pomenilo velike težave tudi za lokalno gospodarstvo, ki bi moralo plačevati drugo ceno toplotnega ogrevanja, kar pomeni, da bi se tudi stroški postopnega zapiranja Premogovnika Velenje in TEŠ prenašali v ceno toplotnega ogrevanja, ki bi se znala zelo dvigniti. To so tveganja, ki danes še niso čisto razjasnjena.

#### 4. Kateri so največji vplivi TEŠ na okolje?

Teh vplivov ni več toliko, kot jih je bilo nekoč, saj je tudi Velenje med najčistejšimi mesti v Sloveniji, vendar dejstvo ostaja, da v ozračje spušča nezaželene emisije CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> in prahu. Globalno TEŠ nima večjega vpliva, vendar je ta delež v Sloveniji nekoliko večji. Največja težava je vsekakor CO<sub>2</sub>.

#### 5. Ali se bodo s preходом iz TEŠ na toplotno spremenili tudi vplivi na okolje? Kako?

Ker bo sistem obratovanja enak kot do sedaj, ne bo dodatnih negativnih vplivov. Manjši vplivi bi bili samo v primeru, da se količina električne energije iz TEŠ ne bi več potrebovala v tako velikem obsegu, kot do danes, kar bi pomenilo, da bi elektrarna delovala samo za namen toplotne, torej da bi delovala na minimalni moči in bi porabili tudi manj premoga. To je edini pozitiven učinek, ki bi se lahko zgodil. Osebnostno dvomim, da bo elektrarna namenjena proizvodnji elektrike in toplotne energije na minimalni moči, kar pomeni, da se ne bo ničesar spremenilo glede na preteklo stanje.

#### 6. Kolikšna je verjetnost postavitve sončne elektrarne na Družmirskem jezeru?

Po mojem mnenju ta postavitev ne bo tako enostavna, kot nekateri načrtujejo. Res je, da gre za jezero, ki je v državni lasti, ampak mislim, da bo morala tudi javnost svoje povedati, ali se strinja s tem projektom ali ne, in predvsem, kaj imajo lokalne skupnosti od tega projekta. Če javnost k temu projektu ne bo dala soglasja, potem je moje mnenje, da tudi te elektrarne ne bo. Če pa bo javnosti predstavljen projekt in če bo javnost ugotovila, da imamo nekaj pozitivnega od tega, potem bi tudi javnost lahko dala soglasje k temu in takrat bi projekt tudi zaživel. Sem pa danes v teh razmerah bolj negativno naklonjen temu projektu kot pa pozitivno.

## 7. Kateri so največji vplivi sončne elektrarne na okolje?

Vprašanje je, na kakšen način se bodo sončne elektrarne razgrajevale. Sam tega odgovora, da bi ga podal kot strokovno relevantnega, nimam. Drugi vpliv, s katerim pa se tudi mi soočamo za namen toplotnega ogrevanja, je, da sončne elektrarne zasedejo nek prostor v našem okolju. To pomeni, da je potrebno izbirati lokacijo, kjer ne predstavljajo neke družbene ovire in ne ogrožajo nekih normalnih namembnosti neke dejavnosti v določenem območju. Želeli so postaviti sončno elektrarno tudi na Velenjsko in Škalsko jezero, čemur sem se jaz uprl predvsem zaradi izvajanja ribiške dejavnosti na Škalskem jezeru in zaradi ogrožanja razvijanja turizma na Velenjskem jezeru. Naklonjen sem izgradnji sončnih elektrarn na degradiranih površinah, ki so danes pod pridobivalnim prostorom Premogovnika Velenje, določen del zemljišč tudi nameniti proizvodnji električne energije iz sončnih elektrarn, predvsem v takšnih količinah, kot je potrebujemo za oskrbo s toplotno energijo. Da bi to bil projekt, ki bi bil namenjen lokalni skupnosti, da bi vsi skupaj nekaj imeli od tega.

## 8. Kakšne so vaše ocene glede uvažanja električne energije v prihodnosti?

Če se ne motim, so zadnje projekcije, da približno 30 % električne energije vseeno uvozimo. Z zaprtjem TEŠ se bo ta uvozna odvisnost še povečala in bo glede na energetska politiko, ki jo imamo danes, predvsem v hladnejših dneh, blizu 50 %, če ne bo država pristopila k nekim alternativnim virom zagotavljanja proizvodnje električne energije. Zanašati se samo na sončno energijo je sicer lahko ena izmed rešitev oz. je lahko to neka ideja, ki pa ne predstavlja rešitve, ker največ energije še vedno porabimo v zimskem obdobju, ko sonce ni dovolj, zato sta tudi TEŠ in JEK nujno potrebna za zagotavljanje rezervne proizvodnje električne energije, ki v najhladnejših dneh zagotavlja potrebno energijo. Če bo takšna politika, kot je zdaj, bo uvozna odvisnost vedno večja, če se ne bo na ravni države karkoli spremenilo.

#### 9. Kaj menite o projektu izgradnje JEK2? Kakšna so tveganja in posledice?

Če gledamo iz družbenega vidika, je JEK2 nujno potreben, zato bi jaz osebno ta projekt tudi podprl. Če pa gledamo iz ekonomskega vidika, je to drugo vprašanje. Po vseh ocenah, ki so danes na razpolago, bi za po moči podobno velik objekt, kot je danes blok 6 oz. TEŠ, potrebovali veliko več sredstev, kar pomeni, da bi morali veliko več sredstev vložiti v izgradnjo JEK2, da bi dobili takšno količino energije, kot jo proizvaja TEŠ. Največja tveganja danes so, da bo to ekonomsko nevzdržno in da bo cena proizvedene električne energije iz nove nuklearke tako visoka, da si je ne bomo mogli privoščiti. Na mestu bi bilo, da bi ta projekt v obliki dokumentacije vseeno peljali naprej in bi se čez nekaj let odločali, ali JEK2 zgraditi ali ne, ali staviti na manjše reaktorje, ali pa se bo pojavil drug alternativni in ekonomsko bolj vzdržen projekt, ki bo reševal vprašanje energetske samozadostnosti v Sloveniji. V nasprotnem primeru bo proizvodnja električne energije iz TEŠ še vedno tista, ki bo najprimernejša, okoljsko sicer najbolj oporečna, ampak iz ekonomskega in družbenega vidika sem prepričan, da bolj konkurenčna kot nova nuklearka.

#### 10. Kateri so največji vplivi JEK2 na okolje?

Pri normalnem obratovanju ni večjih okoljskih vplivov, so pa jedrski odpadki, ki se shranjujejo po mojem mnenju po dobrem in varnem sistemu. Prav tako po svetu ne poznamo veliko primerov, da bi prišlo do t. i. jedrskih katastrof. Če ni izrednih razmer in vojnih stanj, potem večjih vplivov na okolje po moji oceni ni. Če pa pride do nekih izrednih razmer, dogodkov ali pa do vojnega napada, pa so tukaj lahko zelo veliki negativni vplivi.