



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektoen. učinkovitost in el. inst.

**SONČNA ELEKTRARNA MSE ŠOŠTARKO
V VRHPOLJU PRI KAMNIKU ZA
SAMOOSKRBO Z ELEKTRIČNO ENERGIJO**

Mentor: doc. dr. Drago Papler
Lektorica: Mojca Šoštarko, prof. slov. / univ. dipl. slov.

Kandidat: Miha Šoštarko

Ljubljana, september 2026

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Dragu Paplerju za pomoč in vse nasvete pri pripravi diplomskega dela ter zanimiva, strokovna predavanja pri predmetu učinkovita raba in obnovljivi viri energije.

Še posebej se zahvaljujem lastniku in investitorju objekta z vgrajeno MSE za samooskrbo Martinu Šoštarku, Vrhpolje pri Kamniku 275, Kamnik.

Zahvaljujem se tudi lektorici Mojci Šoštarko, ki je moje diplomsko delo jezikovno in slovnično pregledala.

Hvala družini in prijateljem, ker me podpirajo in spodbujajo na vseh novih poteh.

IZJAVA

Študent Miha Šoštarko izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Draga Paplerja.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole in v institucionalnem oz. nacionalnem repozitoriju (COBISS).

Dne: 27. 8. 2026

Podpis: _____

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava sončno elektrarno MSE Šoštarko, priključeno na elektroenergetsko omrežje po sistemu samooskrbe. V nalogi so predstavljeni osnovni elementi in delovanje sončne elektrarne ter analiza proizvodnje in porabe električne energije na podlagi dejanskih podatkov v petletnem obdobju obratovanja. Na podlagi zbranih podatkov je bila izvedena energetska in finančna analiza sistema. Ugotovljeno je bilo, da elektrarna proizvede več električne energije, kot znaša dejanska poraba gospodinjstva, kar pomeni, da je sistem glede na trenutni profil porabe delno predimenzioniran. Posledično se del proizvedene energije oddaja v elektroenergetsko omrežje brez neposrednega finančnega učinka. Finančna analiza je pokazala, da investicija prinaša pomembne prihranke pri stroških električne energije, pri čemer realna vračilna doba investicije znaša približno 8,65 let. Kljub ugotovljeni delni predimenzioniranosti sistem pomembno prispeva k večji energetski neodvisnosti gospodinjstva, zmanjšanju stroškov električne energije ter večji uporabi obnovljivih virov energije (OVE). Rezultati raziskave potrjujejo, da je sončna elektrarna MSE Šoštarko ekonomsko upravičena investicija, ki poleg finančnih koristi prinaša tudi pomembne okoljske učinke.

KLJUČNE BESEDE

- sončna elektrarna
- samooskrba
- fotovoltaika
- prihranek
- neto meritve

SUMMARY

This diploma thesis examines the MSE Šoštarko solar power plant, which is connected to the electricity distribution network under a self-supply scheme. The thesis presents the basic components and operating principles of the solar power plant, as well as an analysis of electricity generation and consumption based on actual operating data collected over a five-year period.

Based on the collected data, an energy and financial analysis of the system was conducted. The results showed that the power plant generates more electricity than the household actually consumes, indicating that the system is partially oversized with respect to the current consumption profile. Consequently, a portion of the generated electricity is fed into the distribution network without providing a direct financial benefit to the owner.

The financial analysis demonstrated that the investment results in significant savings on electricity costs, with a real payback period of approximately 8.65 years. Despite the identified partial oversizing, the system contributes significantly to greater household energy independence, lower electricity costs, and increased use of renewable energy sources (RES).

The results of the study confirm that the MSE Šoštarko solar power plant is an economically viable investment that, in addition to financial benefits, also provides important environmental advantages.

KEYWORDS

- solar power plant
- self-sufficiency
- photovoltaics
- savings
- net metering

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge.....	1
1.3	Predstavitev okolja	1
1.4	Metode dela	1
2	SONČNA ELEKTRARNA	2
2.1	Opis.....	2
2.2	Sončna elektrarna - delovanje.....	2
2.3	Delovanje in sestava sončne celice	4
2.4	Sončna elektrarna – vrste.....	7
2.4.1	Lokacija namestitve.....	7
2.4.2	Izvedba sončne elektrarne	7
2.5	Osnovni podatki o MSE Šoštko	8
2.5.1	MSE Šoštko – Sklopi mikro fotovoltaične elektrarne	10
2.5.2	Obratovalni podatki MSE Šoštko.....	11
2.5.3	Priključni podatki objekta.....	11
2.5.4	Postopek opisa stikalnih manipulacij MSE Šoštko.....	11
2.5.5	Osnovni elementi MSE Šoštko.....	12
2.5.6	Shemi MSE Šoštko	16
2.6	Namestitev sončne elektrarne MSE Šoštko na streho pomožnega objekta 1 in 2	18
2.7	Priklop samooskrbe - Elektro Ljubljana	20
2.7.1	Pogoji za priklop Elektro Ljubljana – Samooskrba	20
2.7.2	Izvedba priklopa sončne elektrarne MSE Šoštko	20
3	VREDNOTENJE NALOŽBE	23
3.1	Strošek izgradnje elektrarne	23
3.2	Amortizacija.....	23
3.3	Izračun amortizacije	23
3.4	Individualna diskontna stopnja	24
3.5	Stanje obratovanja MSE Šoštko od začetka do danes	24
3.6	Izračun zadostnosti za samooskrbo	30
3.6.1	Preračun samooskrbe el. energije v obdobju 2020-2025.....	33
3.6.2	Povprečen strošek samooskrbe z el. energije v obdobju 2020-2025 ..	34
4	OCENA UČINKOV NALOŽBE.....	36
4.1	Realni denarni tok naložbe do 20. leta.....	36
4.2	Metoda sedanje vrednosti naložbe in interna stopnja donosnosti (ISD)	39
4.2.1	Metoda sedanje vrednosti (SV)	39
4.2.2	Interna stopnja donosnosti (ISD)	42
4.3	Doba vračanja sredstev	46
4.4	Kazalniki naložb	47

4.4.1	Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti	47
4.4.2	Kazalnik donosnosti naložb	47
4.4.3	Kazalnik donosnosti vseh odhodkov	48
4.4.4	Okoljevarstvena izkaznica MSE ŠOŠTARKO.....	48
4.5	Povzetek projekta.....	50
5	ZAKLJUČEK	52
6	VIRI IN LITERATURA.....	53

KAZALO SLIK

Slika 1 Prikaz fotovoltaične celice.....	2
Slika 2: Prikaz fotovoltaičnega generatorja	3
Slika 3: Prikaz AC/DC razsmernika ,oprema in vezave še v izdelavi	3
Slika 4: Shematski prikaz fotovoltaične celice.....	5
Slika 5: Silicijeva sončna celica – zgradba	6
Slika 6: Soglasje MSE Šoštarko	9
Slika 7: Osnovni prikaz sistema instalacije MSE za samooskrbo.....	10
Slika 8: Prikaz sheme (P1.1) priklopa MSE Šoštarko v NN omrežje	12
Slika 9: Fotovoltaični panel A-EXP285 Wp	13
Slika 10: Optimizator P600 SolarEdge.....	13
Slika 11: Optimizator P600 SolarEdge.....	14
Slika 12: Optimizator P600 SolarEdge in razsmernik SolarEdge SE 15K	14
Slika 13: Razsmernik SolarEdge SE 15K	15
Slika 14: Razsmernik SolarEdge SE 15K	15
Slika 15: Seznam modulov MSE Šoštarko	16
Slika 16: Večpolna shema MSE Šoštarko	17
Slika 17: Shema strehe z moduli (tloris), izdelano v ACad programu.....	18
Slika 18: Pogled na namestitvev modulov iz avtodvigala.....	19
Slika 19: R – MSE Šoštarko in Razsmernik SolarEdge SE 15K.....	19
Slika 20: Pomožni objekt 1 MSE Šoštarko.....	21
Slika 21: Pomožni objekt 2 MSE Šoštarko.....	22
Slika 22: Graf - Proizvedena električna energija MSE Šoštarko in sončne ure po letih	25
Slika 23: Klimatološka povprečja 1981-2010, Letališče JP Ljubljana Brnik	26
Slika 24: Letno povprečno trajanje sončnega obsevanja 1981-2010, Slovenija	26
Slika 25: PVGIS elaborat za lokacijo MSE Šoštarko.....	28
Slika 26: Graf - Primerjava PVGIS simulacija in SolarEdge proizvodnja MSE Šoštarko.....	30
Slika 27: Graf - Primerjava energij: prejeta (omrežje), SolarEdge proizvodnja in oddaja energije v MSE Šoštarko	32
Slika 28: Graf - Skupni (realni) denarni tok MSE Šoštarko.....	39
Slika 29: Okoljevarstvena izkaznica MSE Šoštarko 2026	50

KAZALO TABEL

Tabela 1: Material in cena izgradnje elektrarne	23
Tabela 2: Struktura financiranja naložbe	24
Tabela 3: Proizvedena električna energija iz MSE Šoštarko in sončne ure po letih ..	25
Tabela 4: Primerjava PVGIS simulacija in SolarEdge proizvodnja MSE Šoštarko ..	29
Tabela 5: Primerjava energij: prejeta (omrežje), SolarEdge proizvodnja in oddaja energije v MSE Šoštarko	31

Tabela 6: Analiza vseh prispelih računov, MSE Šoštarko, obdobje 2020-2025.....	34
Tabela 7: Vrednotenje naložbe – Izhodiščne vrednosti za skupni denarni tok	36
Tabela 8: Skupni (realni) denarni tok v MSE Šoštarko.....	38
Tabela 9: MSV - Metoda sedanje vrednosti / $r = 4\%$	40
Tabela 10: MSV – Metoda sedanje vrednosti / $r = 4\%$	41
Tabela 11: Diskontiranje $r = X\%$ REALNO DELOVANJE MODULOV,	43
Tabela 12: Diskontiranje $r = 9\%$	44
Tabela 13: Diskontiranje $r = 10\%$	45
Tabela 14: Okoljevarstvena izkaznica MSE Šoštarko 2026	50

POJMOVNIK

samooskrba: Sistem proizvodnje električne energije za pokrivanje lastnih potreb odjemalca. Pri individualni samooskrbi se električna energija proizvaja predvsem za lastno porabo, presežki pa se oddajajo v elektroenergetsko omrežje v skladu z veljavno zakonodajo.

KRATICE IN AKRONIMI

AC	izmenična napetost
BORZEN:	slovenska družba, ki deluje kot operater trga z električno energijo v Sloveniji
DC	enosmerna napetost
ELES:	operater prenosnega elektroenergetskega omrežja v Sloveniji
kVA:	kilovoltamper
MSE:	mala oziroma mikro sončna elektrarna
NN	nizka napetost
OVE:	obnovljivi viri energije
PID	projekt izvedenih del
PV/FV:	fotovoltaika
PZI	projekt za izvedbo
SODO:	sistemski operater distribucijskega omrežja v Sloveniji
SOLAR	fotovoltaični
SPTE:	soproizvodnja toplote in elektrike
Wp:	watt peak, nazivna moč fotonapetostnega modula pri standardnih preskusnih pogojih (STC)

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

V diplomskem delu predstavljamo primer gradnje sončne elektrarne, priključene po sistemu samooskrbe na elektroenergetsko omrežje. Izpostavljen je prikaz neobičajnega postopka izgradnje MSE. Elektrarna je bila izvedena brez predhodne analize in PZI dokumentacije o izgradnji sistema MSE v letu 2020. Z raziskavo želimo ugotoviti, ali se sistem MSE za samooskrbo na obravnavanem primeru v daljšem časovnem obdobju izkaže kot ekonomsko upravičena naložba.

1.2 Cilji naloge

Z diplomsko nalogo želimo ugotoviti, ali se naložba v sistem MSE v njegovi življenjski dobi povrne tako z energetskega kot ekonomskega vidika. Namen raziskave je analizirati dolgoročno ekonomsko upravičenost sistema ter ugotoviti, ali investicija zagotavlja ustrezne finančne prihranke in prispeva k večji energetske samooskrbi gospodinjstva.

1.3 Predstavitev okolja

V diplomskem delu za potrebe gospodinjkega odjema naredimo raziskavo ter analizo MSE, priključene po sistemu samooskrbe. Objekt MSE se nahaja na stanovanjski hiši Šoštarko, Vrhpolje pri Kamniku 275, 1241 Kamnik. Lega objekta ni optimalna, saj se nahaja v dolinskem območju, kjer je osončenost deloma zmanjšana zaradi okoliških gorskih grebenov.

1.4 Metode dela

V prvem delu diplomskega dela smo uporabili opisno metodo, ki zajema opis (delovanje, sestavne dele, osnovne podatke MSE Šoštarko, priključne podatke objekta, postopek opisa stikalnih manipulacij MSE Šoštarko, shemo, namestitev MSE in priklop s pogoji Elektro Ljubljana).

V drugem delu diplomskega dela je uporabljena analitična metoda (vrednotenje naložbe z realnimi petletnimi podatki – finančno stroškovni vidik sistema MSE).

V zadnjem delu je uporabljena metoda sinteze, s katero združimo ugotovitve raziskave in ocenimo energetske ter ekonomske upravičenosti sistema samooskrbe.

2 SONČNA ELEKTRARNA

2.1 Opis

2.2 Sončna elektrarna - delovanje

Sončna elektrarna za svoje delovanje uporablja energijo sončnega sevanja, ki predstavlja enega najpomembnejših obnovljivih virov energije na Zemlji. Količina energije, ki jo Sonce v eni uri odda na Zemljino površje, presega letno porabo energije celotnega človeštva.

Osnovni elementi sončne elektrarne so razdeljeni v dva glavna sklopa.

Prvi sklop sestavljajo fotovoltaični moduli, ki svetlobno energijo sončnega sevanja s pomočjo fotoelektričnega pojava neposredno pretvarjajo v enosmerno (DC) električno napetost in električni tok. Večina fotovoltaičnih modulov je izdelana iz silicijevih sončnih celic, uporabljajo pa se tudi drugi polprevodniški materiali.

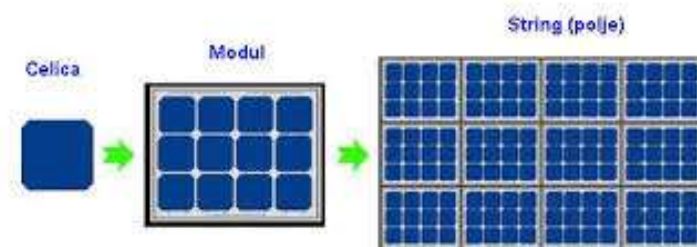
Sončne celice so v osnovi polprevodniške diode z veliko aktivno površino, katerih delovanje temelji na pretvorbi svetlobne energije v električno energijo (Lenardič, 2012).



Slika 1: Prikaz fotovoltaične celice
(DS New Energy, 2026)

Za izdelavo sončnih celic se najpogosteje uporabljajo naslednji materiali: kristalni silicij (mono- in polikristalni), amorfni silicij, kadmijev telurid (CdTe) ter bakrov indijev diselenid (CIS). Trenutno najpogosteje uporabljen material za izdelavo sončnih celic je silicij. Najboljše sončne celice iz kristalnega silicija imajo izkoristek okoli 24 %. Monokristalni moduli nudijo največji izkoristek (15 do 19%) med fotovoltaičnimi moduli, vendar so najdražji. Imajo urejeno kristalno strukturo. Silicij ima v vsej celici

urejeno kristalno mrežo. Polikristalni moduli imajo nižji izkoristek (14 do 18 %), zato so tudi cenejši. Imajo deloma urejeno kristalno strukturo, kar je vidno tudi s prostim očesom. Življenjska doba fotovoltaičnih modulov je več kot 25 let, povprečno pa izgubljajo okoli 0,5 - 1 % moči letno. Fotovoltaični modul je v osnovi električno zaporedna vezava enakih sončnih celic, veliko celic tvori modul, moduli pa tvorijo polje oz. *string*. Omenjeni zapis nam prikazuje Slika 2.



*Slika 2: Prikaz fotovoltaičnega generatorja
(Martinčič, Koprivšek, & Lebar, 2020)*

Drugi sklop tvorijo elektroenergetski elementi, ki proizvedeno električno energijo pretvorijo in prenesejo v posamezne sisteme namena uporabe (samooskrba, prodaja).

Najpomembnejši element v drugem sklopu je razsmernik, ki je najpomembnejši del povezave fotovoltaičnega sistema z javnim elektroenergetskim omrežjem.



*Slika 3: Prikaz AC/DC razsmernika ,oprema in vezave še v izdelavi
(Lastni vir)*

Zaradi stikalnega načina delovanja osnovo razsmernika namreč predstavlja stikalni mostič, zato mora razsmernik ustrezati strogim kriterijem, določenim z veljavnimi standardi. Če fotovoltaični generator deluje normalno, morata biti napetost in frekvenca na izhodu razsmernika znotraj določenih meja, v nočnem času pa mora razsmernik avtomatsko prenehati z delovanjem in preiti v nočni način delovanja in se zjutraj ob normalnem delovanju generatorja ponovno aktivirati. Ob okvarah ali nenormalnem delovanju oziroma v izjemnih okoliščinah se mora razsmernik avtomatsko izklopiti. Ponovni vklop sledi po določenem časovnem intervalu najmanj 20 sekund, pri pretvorniških generatorjih oz. rotirajočih generatorjih pa najmanj 3 minute. Razsmernik je priporočljivo vgraditi v osenčene predele, nad njimi pa namestiti nadstrešek (mehansko ter toplotno zaščiten pred zunanjimi vplivi). Omrežni razsmerniki pretvorijo enosmerno napetost in tok v izmenične veličine ter opravijo sinhronizacijo z javnim nizkonapetostnim (NN) električnim omrežjem. Proizvedeno električno energijo pošiljamo v omrežje investitorja (samooskrba), višek pa v javno električno omrežje (Lenardič, 2012).

2.3 Delovanje in sestava sončne celice

Fotovoltaična celica je osnovni element, s katerim energijo svetlobe pretvarjamo v električno energijo. Najpogostejši osnovni material za izdelavo fotovoltaičnih celic je silicij, uporabljajo pa se tudi drugi materiali. Fotovoltaične celice so v osnovi polprevodniške diode (PN-spoj) z veliko površino. Njihovo delovanje temelji na dejstvu, da lahko energija svetlobe, ki vpada na kristalno mrežo polprevodnika, ob določenih pogojih izbija elektrone, kar v materialu vodi do nastanka dodatnih vrzeli. Energija svetlobe je odvisna od valovne dolžine in od te je odvisno tudi število sproščenih elektronov. Svetloba mora doseči PN-spoj, če želimo doseči delovanje. Površina fotovoltaične celice mora biti čim večja. Zaželeno je, da se svetloba na površini ne odbija, saj to zmanjšuje izkoristek. Zato so celice prekrite z antirefleksno plastjo. Ko svetloba z dovolj veliko energijo v zaporni plasti PN izbije elektron (e), nastajajo pari elektron-vrzel. Zaradi premikanja elektronov in vrzeli nastane električna napetost med priključnima sponkama fotovoltaične celice. Če bi sedaj priključni sponki na sprednji in zadnji strani kratko sklenili, bi nastal električni tok kratkega stika. Če je fotovoltaična celica še naprej izpostavljena svetlobi, se proces izbijanja elektronov nadaljuje, generirani električni tok pa je sorazmeren jakosti sončnega sevanja, ki vpada na fotovoltaično celico.

Naslednja enačba podaja zvezo med valovno dolžino in energijo ($E \lambda$) vpadne svetlobe (Lenardič, 2012).

$$E \lambda = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

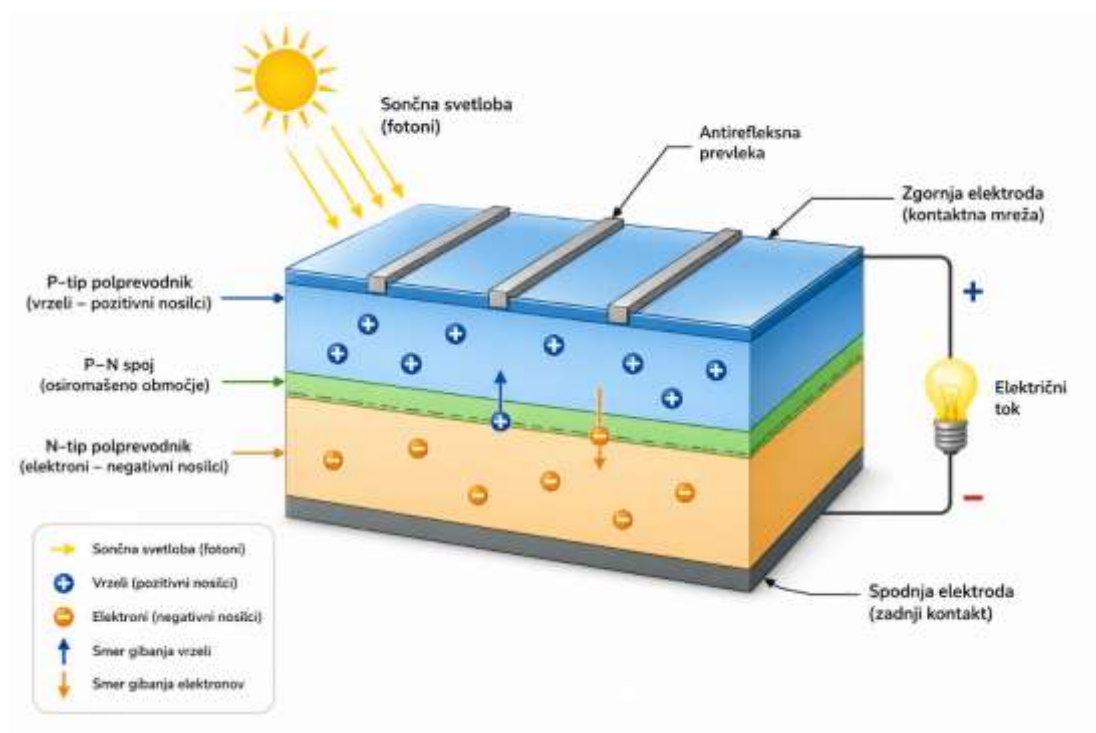
E – energija fotona (J)

h - Planckova konstanta, $6,626\,069\,8 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

c – hitrost svetlobe (m/s)

λ – valovna dolžina elektromagnetnega valovanja (m)

Energija fotona je obratno sorazmerna njegovi valovni dolžini. Fotoni z dovolj veliko energijo lahko v polprevodniškem materialu ustvarijo elektronsko-vrzelni par, kar je osnova delovanja fotonapetostne celice.



Slika 4: Shematski prikaz fotovoltaične celice
(OpenAI, 2026)

Pri izdelavi slike 4 sem dne 26. 6. 2026 uporabil orodje DALL·E (OpenAI) za generiranje slikovnega prikaza na podlagi lastno oblikovanega poziva. Končno različico slike sem pregledal in izbral sam.

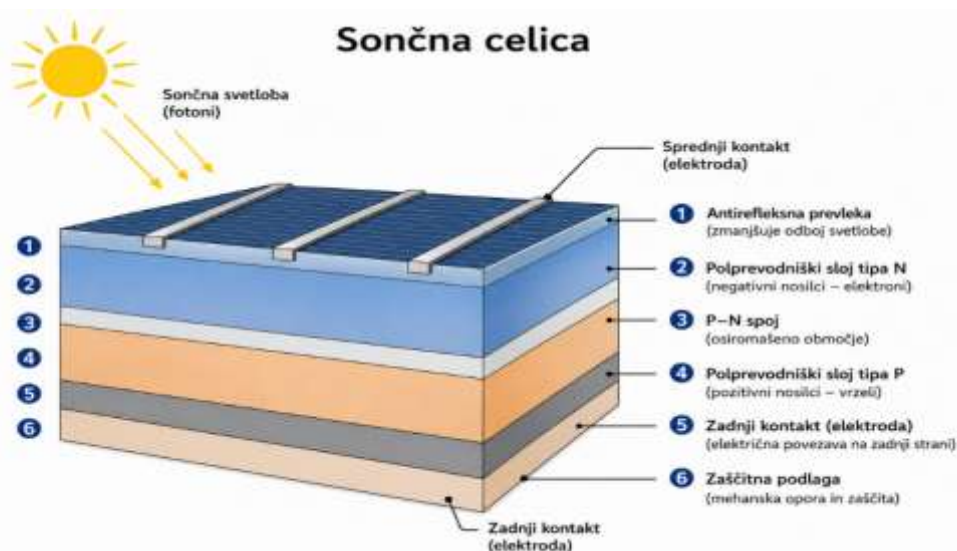
Učinkovitost fotovoltaičnih celic je omejena s številnimi dejavniki. Energija svetlobe z večanjem valovne dolžine svetlobe pada, največja valovna dolžina, pri kateri ima svetloba še dovolj veliko energijo, da lahko izbija elektrone, za silicij znaša $1,15 \mu\text{m}$.

Sevanje z večjo valovno dolžino povzroča le segrevanje celic. Zgornja meja pretvorbe vpadne svetlobe energije na fotovoltaičnih celico znaša približno 23 % (velja za silicijeve eksperimentalne fotovoltaične celice). Pri drugih materialih je lahko izkoristek večji zaradi širšega spektra svetlobe, katere energija še lahko pretvori v elektriko. Lastne izgube fotovoltaične celice nastopajo predvsem zaradi kontaktne mreže, notranje upornosti celice in zaradi refleksije sončnega sevanja na površino celice.

Na kratko smo osnovno opisali delovanje fotovoltaične celice. Če nam je dobro poznana sestava sončne celice, tudi njeno delovanje ne bo več tako zelo zapleteno in težko razumljivo (Lenardič, 2012).

Sončna (fotovoltaična) celica je sestavljena iz šestih osnovnih slojev:

1. Prva "zgornja - zaščitna" plast je steklena plošča, ki ščiti ostale plasti celice pred mehanskimi vplivi;
2. Druga plast je antirefleksna plast, s katero dosežemo manjši odboj svetlobe in tako povečamo izkoristek;
3. Tretjo plast predstavlja kontaktna mreža, ki je narejena iz dobrega prevodnika (njena naloga je, da zbira elektrone);
4. Četrta plast je tako imenovani N-sloj, polprevodnik;
5. Peta plast je P-sloj, drug tip polprevodnika. Oba sloja predstavljata nekakšno zaporno plast, ki je prevodniški elektron oziroma generator napetosti, ki spremeni svetlobo v elektriko;
6. Šesta plast sončne celice je zaščitni kovinski sloj, ki služi kot prevodnik električnega toka (običajno material iz aluminija).



*Slika 5: Silicijeva sončna celica – zgradba
(OpenAI, 2026)*

Pri izdelavi slike 5 sem dne 26. 06. 2026 uporabil orodje DALL·E (OpenAI) za generiranje slikovnega prikaza na podlagi lastno oblikovanega poziva. Končno različico slike sem pregledal in izbral sam.

2.4 Sončna elektrarna – vrste

Sončne elektrarne delimo glede na lokacijo namestitve in izvedbo (Lenardič, 2012).

2.4.1 Lokacija namestitve

- Sončna elektrarna na strehi objekta (hiše, industrijski objekti, šolski objekti),
- Sončna elektrarna na tleh (travniki, industrijska območja, neobdelana zemljišča),
- Sončna elektrarna na strehi parkirišča (*solar carport*),
- Sončna elektrarna na vodi (plavajoče sončne elektrarne) (Lenardič, 2012).

Posebno skupino predstavljajo sledilni sistemi, pri katerih se fotovoltaični moduli samodejno usmerjajo proti Soncu. Poznamo enoosni sledilni sistem, dvoosni sledilni sistem in sledilnike z zrcali in s koncentradorji (Lenardič, 2012).

Sončna elektrarna kot del zgradbe. Fotovoltaični sistemi kot del fasade objekta (fasada), balkoni, prosojni moduli, vgrajeni v fasade, vodoravna senčila in nadstreški (Lenardič, 2012).

2.4.2 Izvedba sončne elektrarne

Omrežna sončna elektrarna (*grid-connected*). Omrežna sončna elektrarna je priključena na električno omrežje, energija se porablja trenutno in presežki gredo v električno omrežje. Elektrarna je visoko učinkovita in cenejša od ostalih ker ni baterij. Slabost omenjene elektrarne je ob izpadu električnega omrežja ker za svoje delovanje potrebuje napetost iz omrežja (Energija Solar, 2026).

Otočna sončna elektrarna (*off-grid*). Otočna sončna elektrarna ni priključena na javno električno omrežje, elektrarna deluje samostojno. Proizvedena električna energija se shranjuje v baterijah. Pretvornik (pretvori) in v sodelovanju z regulatorji potem lahko napaja porabnike. Omenjena elektrarna je popolnoma neodvisna od električnega omrežja in s tem energetsko neodvisna. Otočno elektrarno uporabljajo v vikendih, planinskih kočah, oddaljenih objektih, kampih, na ladjah in območjih, kjer ni električnega omrežja. Slabosti so omejena količina energije, ki zahteva skrbno načrtovanje porabe, in cenovno dražji sistemi zaradi baterij (Energija Solar, 2026).

Hibridna sončna elektrarna je elektrarna, ki je priključena na električno omrežje in ima v sistemu baterije za shranjevanje energije. Elektrarna deluje po principu, da se proizvedena energija porabi najprej v hiši (objektu), presežek energije se shrani v baterijo. Če je baterija polna oziroma ne more sprejeti energije zaradi polnosti, se presežek energije preusmeri v javno omrežje. Ko proizvodnja energije ni mogoča, se najprej uporabi energija iz baterije, potem pa iz omrežja. Prednost omenjene elektrarne je, da imamo ob izpadu javnega omrežja na voljo energijo. Energija je omejena, saj je odvisna od velikosti baterij. Hibridni sistem je dražji zaradi baterij in posebnih razsmernikov. Hibridni sistemi so sedaj zelo uporabni, ker lahko s programiranjem delovanja uravnavamo porabo po cenovnih "blokih" energije iz omrežja (Sonce, 2025).

2.5 Osnovni podatki o MSE Šošarko

Osnovni element fotovoltaične elektrarne je fotovoltaični generator, nameščen na strehi pomožnih objektov 1 in 2. Generator sestavlja 51 fotovoltaičnih modulov, ki so priključeni na en razsmernik.

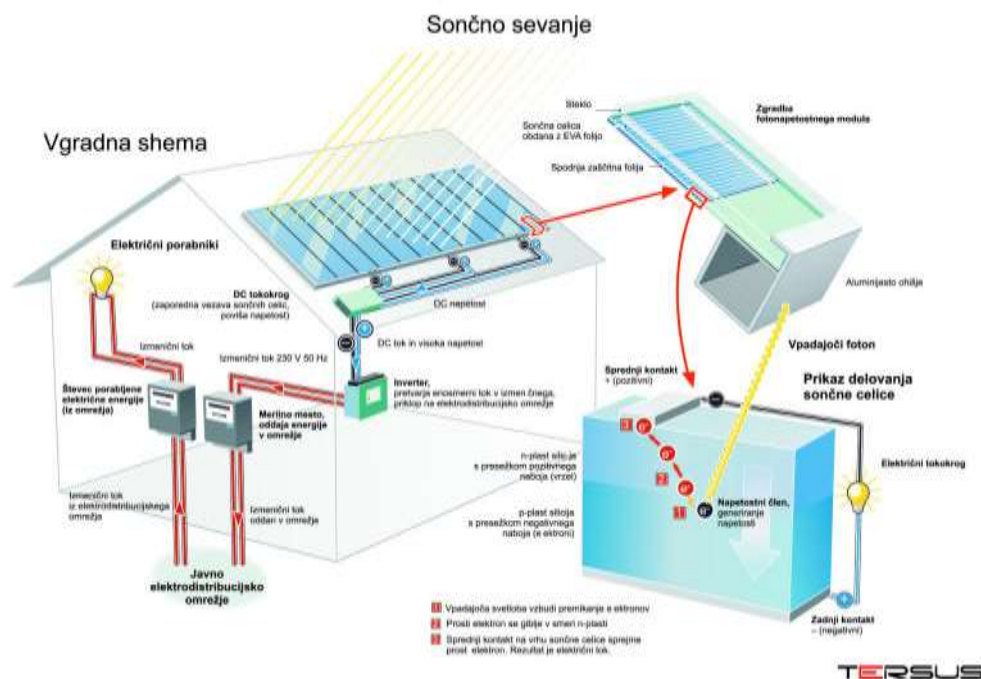
Elektrarna je predvidena za paralelno obratovanje, kar pomeni, da se del proizvedene električne energije porabi za lastne potrebe objekta, presežki energije pa se oddajajo v distribucijsko omrežje.

Sistem je priključen po shemi samooskrbe P1.1. Presežna proizvedena električna energija, ki ni porabljena v objektu, se oddaja v nizkonapetostno (NN) omrežje distributerja električne energije.

Navedeni pogoji so opredeljeni tudi v Soglasju za priključitev št. 1208589-O / 1208589-P za individualno samooskrbo, in sicer v poglavju Elektroenergetski pogoji. Soglasje temelji na določilih uredbe (Ministrstvo za infrastrukturo, 2019).

stran 9 od 53

2.5.1 MSE Šoštarko – Sklopi mikro fotovoltaične elektrarne



Slika 7: Osnovni prikaz sistema instalacije MSE za samooskrbo (Tersus, 2026)

1. Solarni moduli oz. generator na strehi pomožnega objekta 1 in 2;
2. Razsmernik, montiran pod streho pomožnega objekta 1;
3. Ožičenje MSE, ki se deli na:
 - DC stran (vodniki enosmerne napetosti in toka),
 - AC stran (izmenično), ki povezuje ter varuje nize PV (PhotoVoltaic) generatorja z razsmernikom,
 - razsmernik s PMO vozliščem v razdelilnik MSE Šoštarko;
4. Priključna – merilna omarica (PMO), ki se nahaja na fasadi glavnega objekta.
5. Uporabniška nadzorna oprema MSE se nahaja v razdelilniku MSE Šoštarko in ima možnost daljinskega branja podatkov (preko internetne povezave).

2.5.2 Obratovalni podatki MSE Šoštko

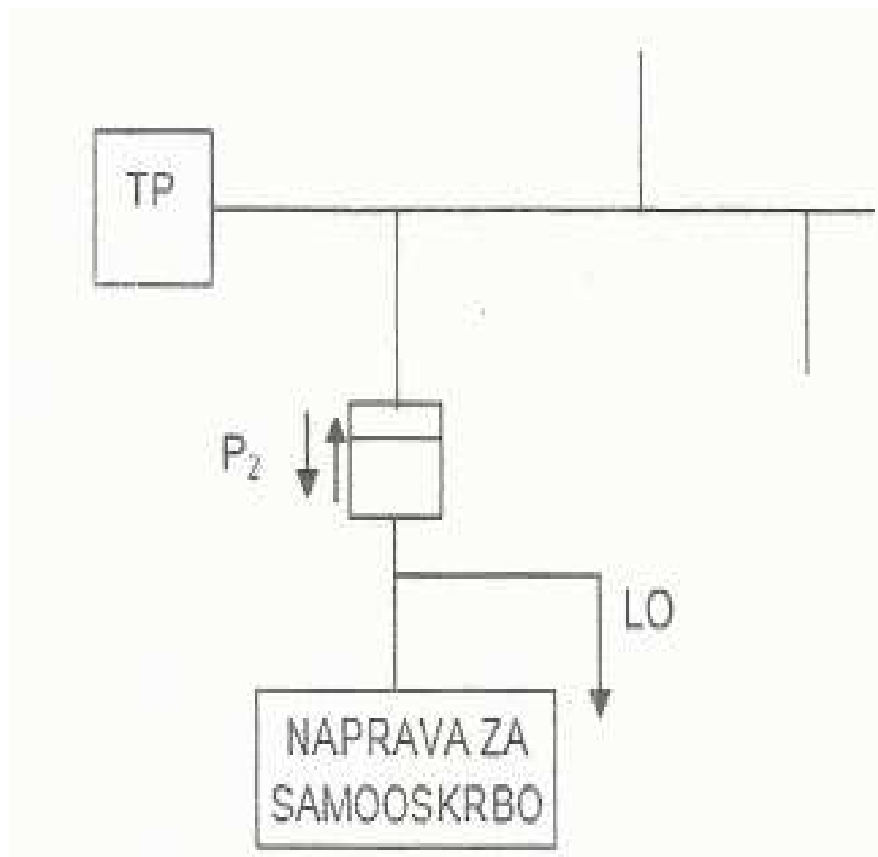
1. Moč fotovoltaičnih modulov: 51 modulov x 285W = 14,5 kWp
2. Priključna moč MSE Šoštko: 14,5 kWp
3. Število generatorjev / razsmernikov: 1, SolarEdge SE15K
4. Število optimizatorjev: 26 optimizatorjev SolarEdge P600-4RM4MRL
5. Jakost omejevalnika toka: 3 x 25 A / Lastni odjem
6. Jakost omejevalnika toka: 3 x 20 A / Proizvodnja
7. Predvidena letna proizvodnja za lastno porabo: 8.000 kWh
8. Predvidena letna proizvodnja za oddajo v distribucijski sistem: 6.000 kWh
9. Inštalirana celotna nazivna navidezna moč elektrarne: 15 kVA
10. Nazivna napetost na odjemalnem mestu: 400 V
11. Način obratovanja: paralelno – delno lastna poraba (samooskrba), višek oddajo v omrežje (brezplačno oz. energija se v letnem obračunu upošteva kot popust pri porabljeni energiji (Pogoj v Pogodbi z dobaviteljem).
12. Elektrarna priključena po vezalni shemi P1.1

2.5.3 Priključni podatki objekta

1. Mesto priključitve: v omarici na fasadi glavnega objekta (Vrhoplje pri Kamniku);
2. Objekt se napaja iz transformatorske postaje: NN izvod, TP VRTNARIJA 20/0.4K-72;
3. Nizkonapetostni izvod transformatorja 3. PROTI SOTESKI.

2.5.4 Postopek opisa stikalnih manipulacij MSE Šoštko

1. Za popoln odklop in priklop elektrarne upravitelj MSE izvede s preklopom stikala »S1«, ki se nahaja v AC polju omarice.
2. Vzdrževalec elektro distribucijskega omrežja izvede odklop MSE od omrežja s pomočjo odklopa servisnega stikala S0, ki je vgrajeno v PMO omarici.
3. MSE je opremljena z optimizatorji moči. Stikalo za izklop razsmernika se nahaja na spodnji strani razsmernika. Z njim izklopimo vse PV module naenkrat.
4. Sončna oz. MSE elektrarna se avtomatsko izklopi v naslednjih primerih:
 - ko mrežna napetost pade izven napetostnih in frekvenčnih toleranc;
 - ko napetost PV generatorja pade pod delovno napetost razsmernika (izklop ob mraku);
 - ko razsmernik zazna okvaro na PV generatorju ali lastnih sklopih.
5. Sončna oz. MSE elektrarna se avtomatsko vklopi, ko so podani pogoji normalnega delovanja.



Slika 8: Prikaz sheme (P1.1) priklopa MSE Šoštarco v NN omrežje
(Lastni vir)

2.5.5 Osnovni elementi MSE Šoštarco

1. Fotovoltaični panel EXE Solar A-EXP 285/156-60,
2. Optimizator SolarEdge P600-4RM4MRL,
3. Razsmernik SolarEdge SE15,
4. Aluminjasta nosilna konstrukcija s pritrdilnimi jeklenimi elementi (kljuka),
5. PV kabli (Radox 6mm²) z uporabo PV konektorjev (Standard MC4).



Slika 9: Fotovoltaični panel A-EXP285 Wp (Exe-Solar, 2026)



Slika 10: Optimizator P600 SolarEdge (Lastni vir)

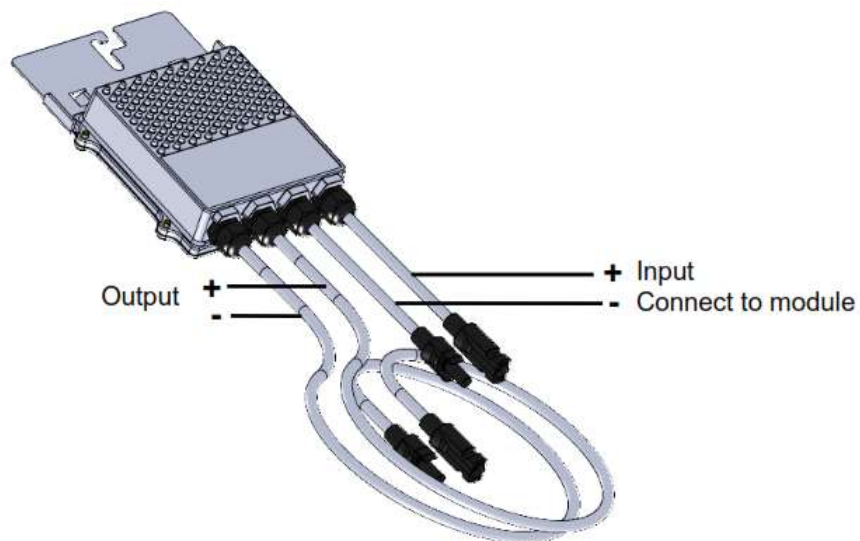


Figure 6: Power optimizer connectors

*Slika 11: Optimizator P600 SolarEdge
(SolarEdge, 2020)*

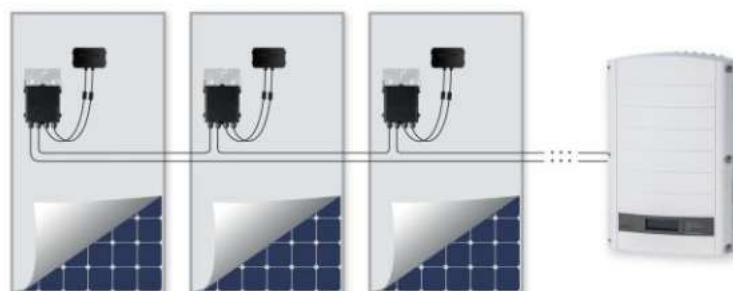


Figure 1: Power Optimizers Connected in Series to SolarEdge Inverter

*Slika 12: Optimizator P600 SolarEdge in razsmernik SolarEdge SE 15K
(SolarEdge, 2020)*

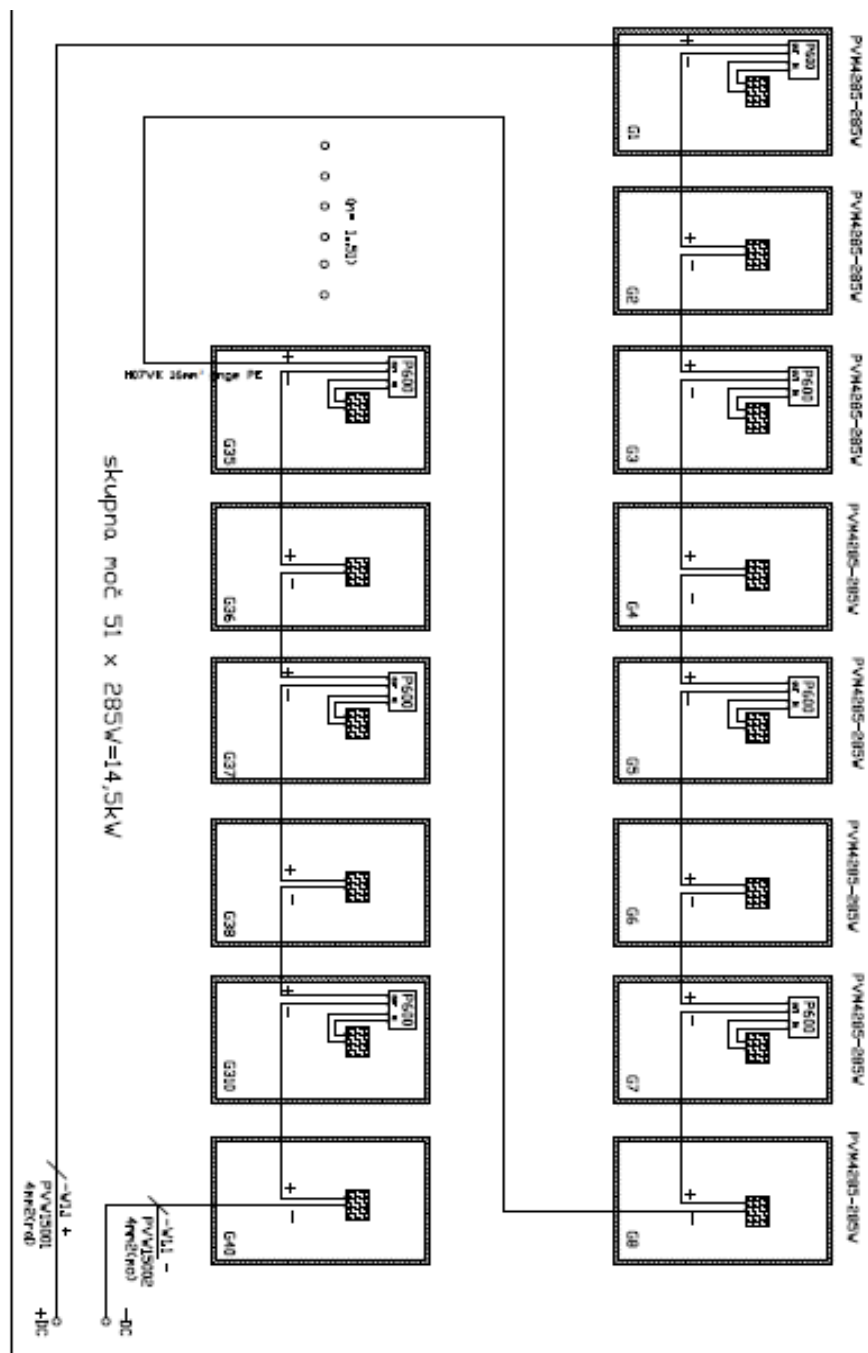


*Slika 13: Razsmernik SolarEdge SE 15K
(Lastni vir)*

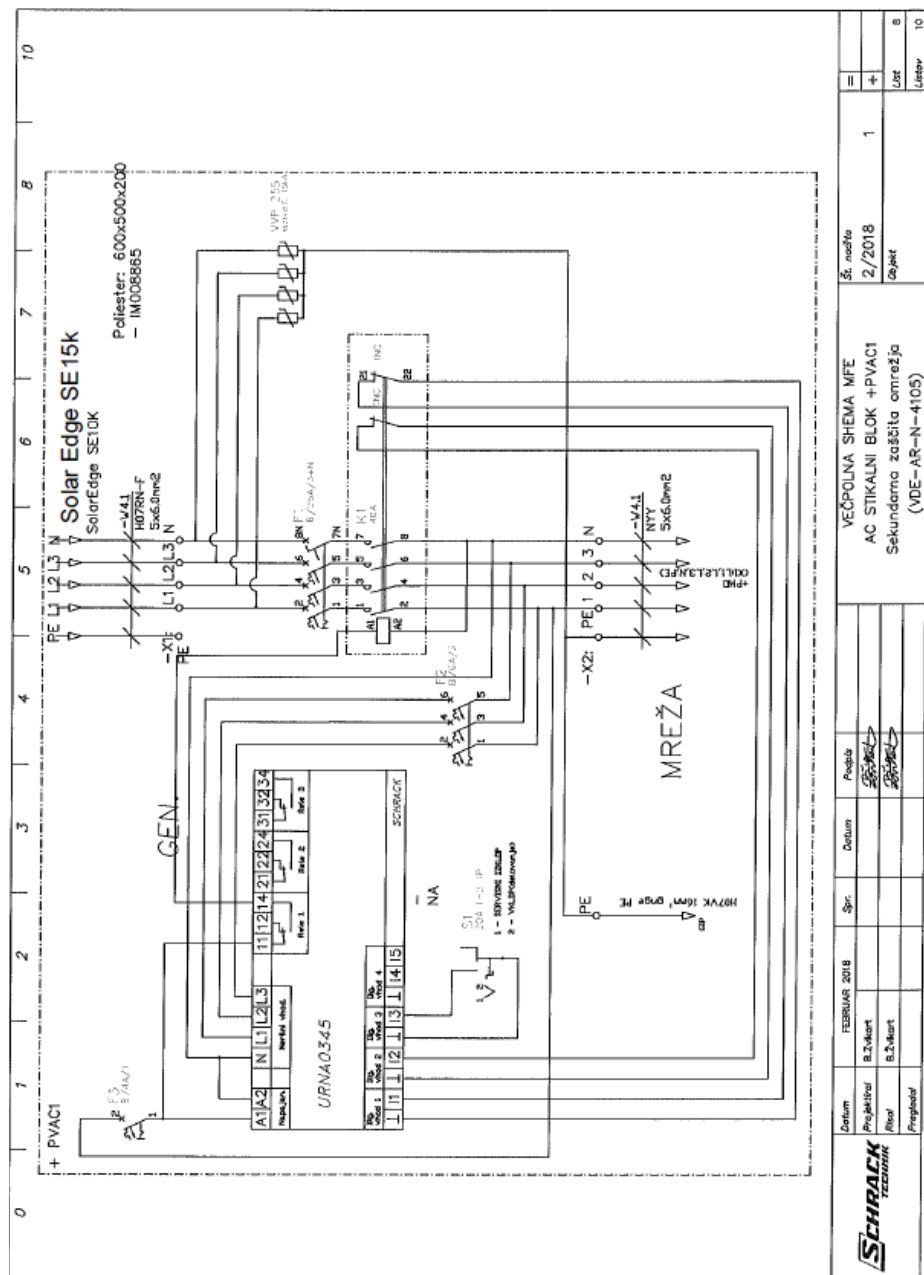


*Slika 14: Razsmernik SolarEdge SE 15K
(Europe-Solarstore, 2026)*

2.5.6 Shemi MSE Šoštarko



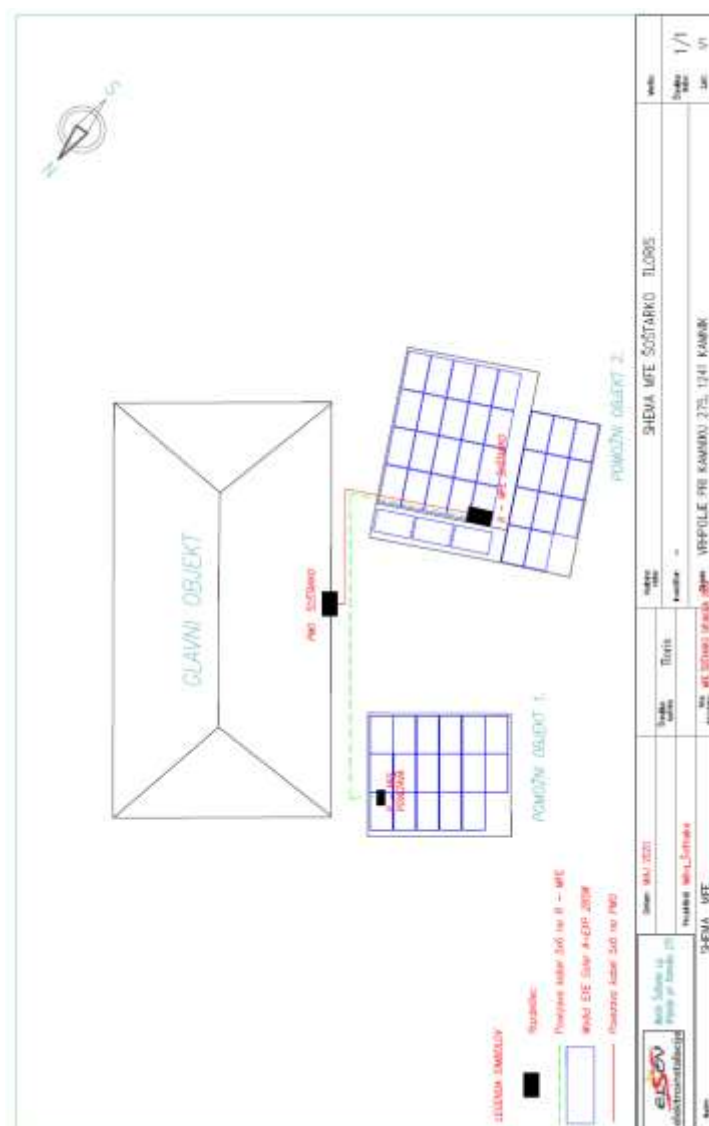
Slika 15: Seznam modulov MSE Šoštarko
(Lastni vir)



*Slika 16: Večpolna shema MSE Šošarko
(Schrack, 2018)*

2.6 Namestitev sončne elektrarne MSE Šoštarko na streho pomožnega objekta 1 in 2

Moduli so nameščeni na strehi pomožnega objekta 1 in 2, tako da je izkoriščena sončna stran oz. orientacija strehe in maksimalno izrabljena razpoložljiva površina strehe. Fotovoltaična elektrarna je nameščena na streho pomožnega objekta 1 in 2 v skupni dolžini 15,5 m in širini 13 m. Streha je enostavna, položne oblike (enokapnica). Streha ima naklon 20-25°. Shema strehe objekta z moduli je prikazana na spodnji sliki.



Slika 17: Shema strehe z moduli (tloris), izdelano v ACad programu
(Lastni vir)



*Slika 18: Pogled na namestitev modulov iz avtodvigala
(Lastni vir)*

Na takšno površino strehe je bilo nameščenih 51 fotovoltaičnih modulov (polikristalni moduli), dimenzije 1650 x 991 x 35 mm, teže 18,8 kg, znamke EXE Solar A-EXP 285Wp. Tako je celotna delovna moč elektrarne = število modulov x moč modula = $51 \times 285\text{W} = 14,5 \text{ kWp}$. Fotovoltaični moduli so na streho pritrjeni z aluminijasto konstrukcijo. Pod streho pomožnega objekta 1 je nameščen razsmernik z razdelilcem MSE Šoštarko.



*Slika 19: R – MSE Šoštarko in Razsmernik SolarEdge SE 15K
(Lastni vir)*

Montaža kompletne električne elektrarne je bila izvedena do 20.4.2020 v lastni režiji. Elektrarna je bila priključena na distribucijski sistem 26.5.2020. Opravljeni so bili tudi vizualni pregled, preizkus in meritve električnih inštalacij, ki so bili zaključeni dne 20.5.2020.

2.7 Priklop samooskrbe - Elektro Ljubljana

Pred pričetkom gradnje sončne elektrarne je potrebno poskrbeti za administrativne postopke, v našem primeru je bil postopek obraten, kakor je v navadi. V obravnavanem primeru je bila najprej izvedena gradnja elektrarne, administrativni postopki pa so bili zaključeni naknadno.

2.7.1 Pogoji za priklop Elektro Ljubljana – Samooskrba

1. Vloga za priključitev in uporabo sistema,
2. Izjava o napravi za samooskrbo,
3. Izjava izvajalca inštalacijskih del,
4. Izjava o ustreznosti priključka,
5. Soglasje za priključitev,
6. Pogodba o priključitvi na distribucijsko omrežje,
7. Pogodba o oskrbi električne energije,
8. Navodila za obratovanje in vzdrževanje,
9. Certifikat o skladnosti 50438 (v slovenskem jeziku),
10. Izjava za smerno zaščito,
11. Smerna zaščita ali stikalo,
12. Merilni list,
13. Pogodba o uporabi sistema,
14. Mow-e,
15. Navodila za pot garmin,
16. Števec.

Plombiranje, označba varovalk, napis pozor MSE (Elektro Ljubljana, 2020).

2.7.2 Izvedba priklopa sončne elektrarne MSE Šošarko

Izvedba priklopa sončne elektrarne MSE Šošarko je potekala v več fazah, ki so zajemale mehansko montažo fotovoltaičnih modulov, izvedbo električnih povezav, priklop razsmernika ter administrativne postopke za priključitev na distribucijsko omrežje Elektro Ljubljana.

Pred priklopom elektrarne je bilo potrebno izvesti več administrativnih in tehničnih postopkov, med katere sodijo:

- pridobitev soglasja za priključitev,
- izdelava potrebne dokumentacije,
- izvedba meritev električnih inštalacij,
- pregled zaščitnih naprav,
- nastavitev smerne zaščite,
- menjava oziroma prilagoditev merilnega mesta,

- podpis pogodbe o samooskrbi in uporabi sistema.

Po zaključeni montaži so bili izvedeni pregledi, meritve in preizkusi delovanja sistema. Sončna elektrarna je bila na distribucijsko omrežje uspešno priključena dne 26.5.2020.

Sistem danes deluje avtomatsko in omogoča daljinski nadzor proizvodnje električne energije preko sistema SolarEdge Monitoring.



*Slika 20: Pomožni objekt 1 MSE Šoštarko
(Lastni vir)*



*Slika 21: Pomožni objekt 2 MSE Šošarko
(Lastni vir)*

3 VREDNOTENJE NALOŽBE

3.1 Strošek izgradnje elektrarne

Elektrarna je bila izdelana v lastni režiji in brez subvencij. V Tabeli 1 so podane cene izgradnje elektrarne. Pri ceni ni upoštevano delo, ki je bilo izvedeno v lastni režiji, in omenjenega stroška ne upoštevamo pod točko Izdelava-Material.

Naziv blaga	CENA (EUR)
Izdelava - Material	9.500,00
Elektro Ljubljana d.d., priključitev	60,66
SKUPAJ	9.560,66

Tabela 1: Material in cena izgradnje elektrarne
(Lastni vir)

3.2 Amortizacija

Strošek amortizacije za življenjsko dobo MSE Šošarko.

Za – življenjska doba (20 let)

Sta – stopnja amortizacije

$$STA = \frac{100\%}{Za} = \frac{100\%}{20} = 5 \%$$

(Papler, 2020)

3.3 Izračun amortizacije

Amortizacija nam pove, koliko se v vsakem letu amortizira investicija glede na življenjsko dobo MSE Šošarko (20 let).

$$A_m = \frac{N_v}{P_p} = \frac{9.560,66 \text{ €} - 0 \text{ €}}{20} = 478,03 \text{ EUR/leto}$$

- P_p – pričakovana življenjska doba
- A_m – amortizacija ali obraba
- N_v – nabavna vrednost naložbe

(Papler, 2020).

Iz izračuna je razvidno, da se MSE Šoštko vsako leto amortizira v višini 478,03 EUR/leto.

3.4 Individualna diskontna stopnja

Individualna diskontna stopnja je ponderirana vrednost obrestnih mer, upošteva strukturo finančnih virov, s katerimi se financira investicija.

vrsta finančnega vira	znesek EUR	delež vira %	realna cena vira (obr. mera) %	ponderirana vrednost (pond. obr. mera)
1	2	3	4	5 = 3 x 4
lastna sredstva	9.560,66	100%	4 %	4 %
kredit lastnih bank	0,00	0 %	0 %	0,00 %
skupaj	9.560,66	100%		4 %

Izračunana individualna diskontna stopnja je 4 %.

*Tabela 2: Struktura financiranja naložbe
(Lastni vir)*

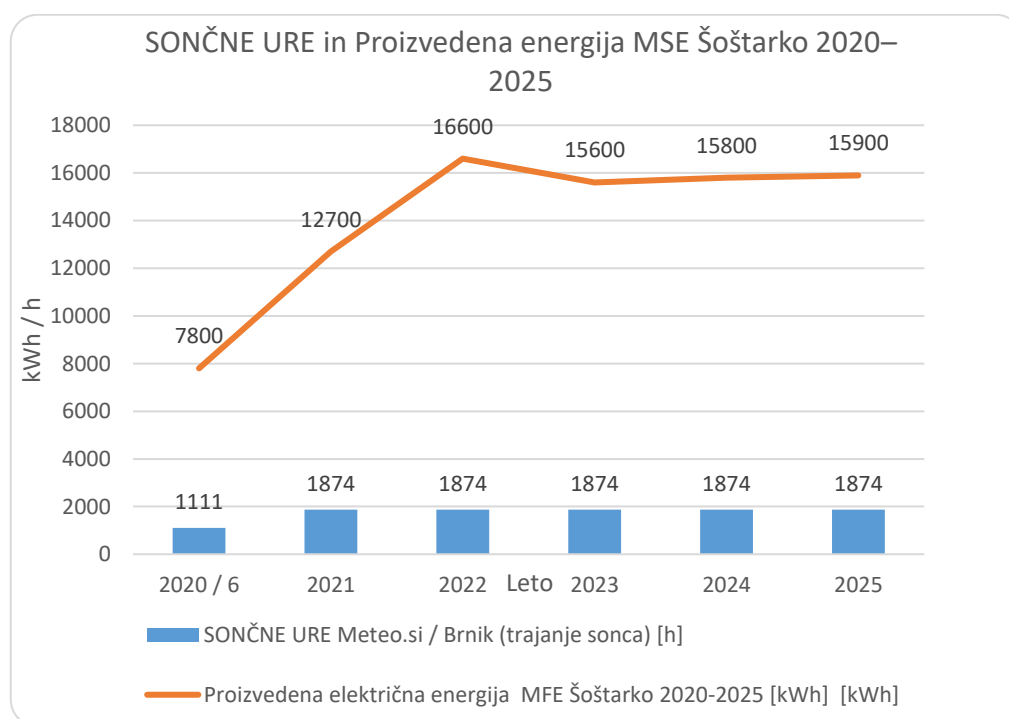
Izračunana individualna diskontna stopnja je 4 %.

3.5 Stanje obratovanja MSE Šoštko od začetka do danes

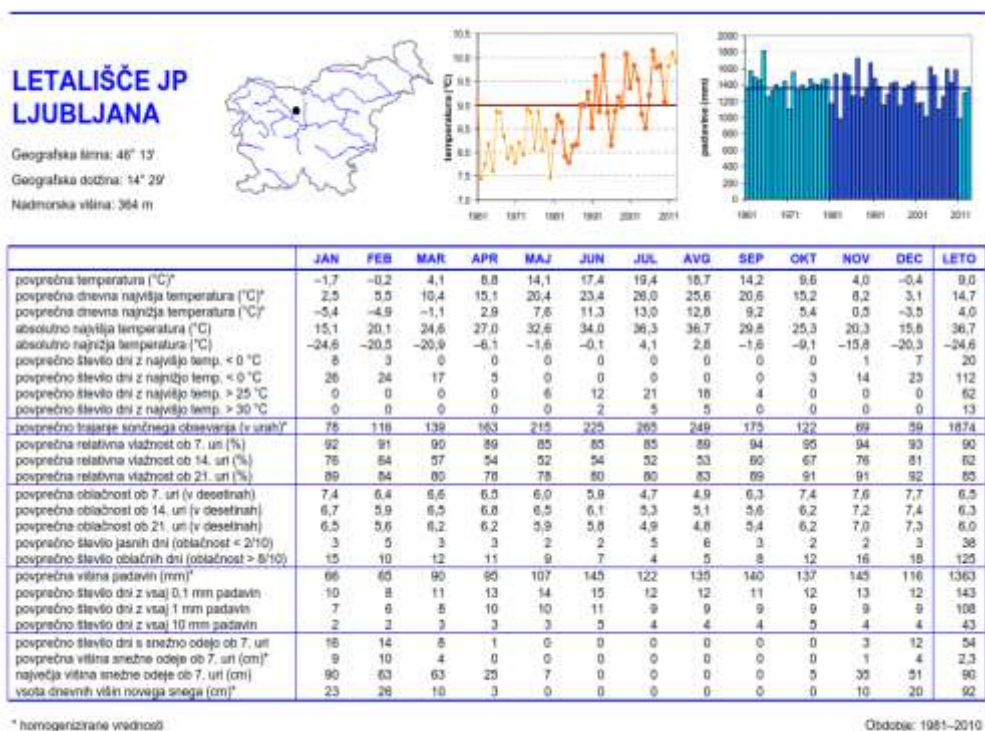
MSE oziroma sončna elektrarna je bila postavljena aprila 2020, konec maja 2020 pa priključena na distribucijsko omrežje. V Tabeli 3 so prikazani podatki o proizvedeni električni energiji v obdobju od julija 2020 do decembra 2025 ter podatki o sončnem obsevanju. Podatek 1.874 sončnih ur predstavlja klimatološko povprečje Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) za območje Letališča Jožeta Pučnika Ljubljana Brnik in ne dejansko izmerjenih sončnih ur posameznega leta. Podatki o sončnem obsevanju so bili pridobljeni iz meritev najbližje glavne meteorološke postaje Brnik.

LETO	SONČNE URE	Proizvedena električna energija
	Meteo.si / Brnik (trajanje sonca)	MSE Šoštarko 2020-2025
	[h]	[kWh]
2020 / 6	1.111	7.800
2021	1.874	12.700
2022	1.874	16.600
2023	1.874	15.600
2024	1.874	15.800
2025	1.874	15.900
SKUPAJ	10.481	84.400

*Tabela 3: Proizvedena električna energija iz MSE Šoštarko in sončne ure po letih
(Lastni vir in (ARSO Meteo, 2026b))*

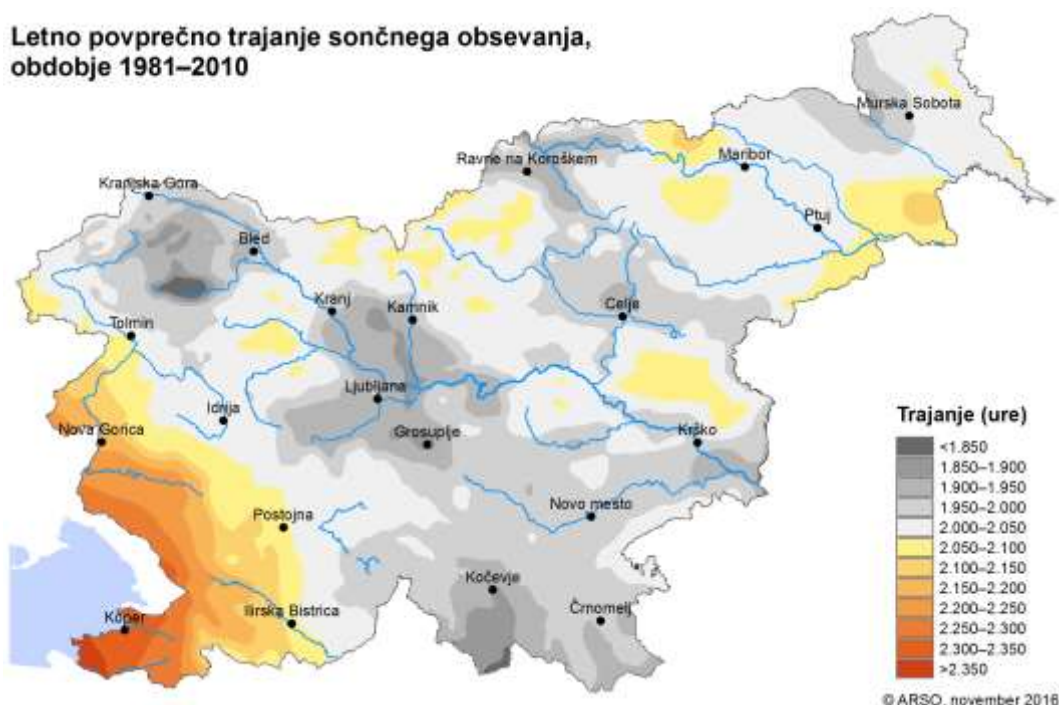


*Slika 22: Graf - Proizvedena električna energija MSE Šoštarko in sončne ure po letih
(Lastni vir in (ARSO Meteo, 2026b))*



Slika 23: Klimatološka povprečja 1981-2010, Letališče JP Ljubljana Brnik (ARSO Meteo, 2026b)

Letno povprečno trajanje sončnega obsevanja, obdobje 1981–2010



Slika 24: Letno povprečno trajanje sončnega obsevanja 1981-2010, Slovenija (ARSO, 2026a)

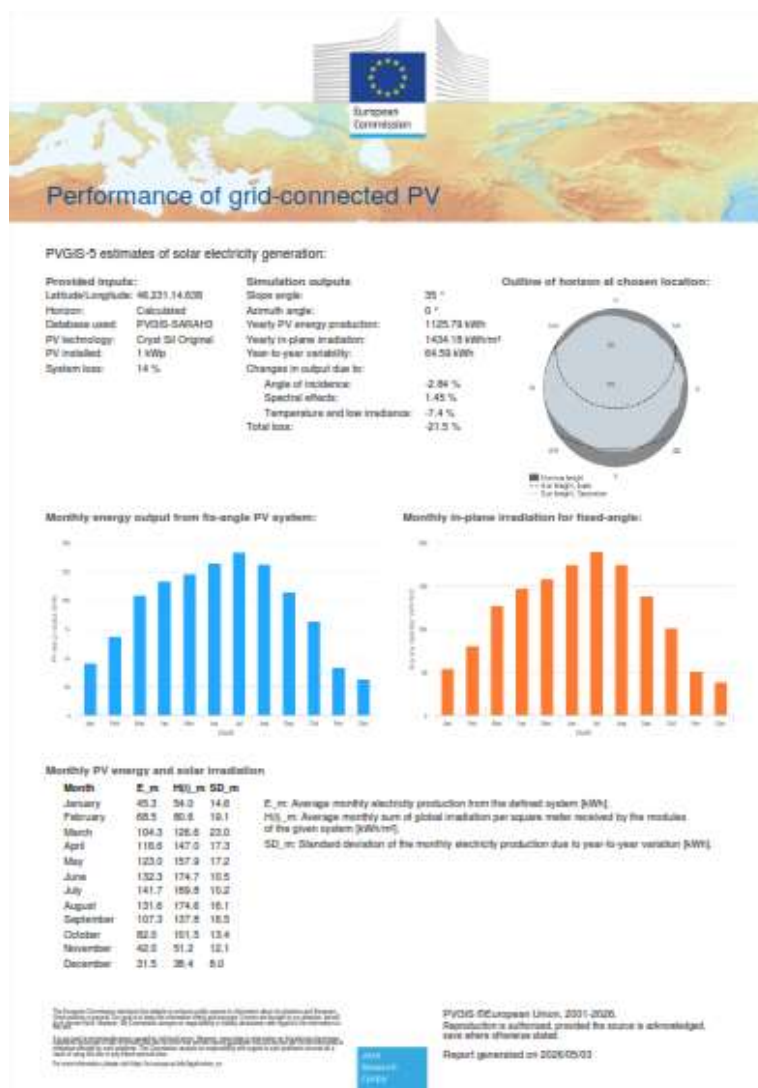
V letu 2020 je sončna elektrarna proizvedla približno 7.800 kWh električne energije. Glede na nazivno moč elektrarne 14,5 kW to pomeni približno 1.111 ur obratovanja z nazivno močjo.

V celotnem obravnavanem obdobju je elektrarna delovala skupno 10.481 ur in proizvedla približno 84.400 kWh električne energije.

Izračun števila ur obratovanja z nazivno močjo predstavlja tako imenovane ekvivalentne polne obratovalne ure, ki omogočajo primerjavo učinkovitosti sončnih elektrarn ne glede na njihovo nazivno moč.

Dobljene vrednosti kažejo, da elektrarna deluje v pričakovanih okvirih za geografsko območje Slovenije.

Vrednost ekvivalentnih polnih ur je skladna s tipičnimi vrednostmi za sončne elektrarne v Sloveniji, ki se gibljejo med 1.000 in 1.200 ur letno.



Slika 25: PVGIS elaborat za lokacijo MSE Šošarko (PVGIS, 2026)

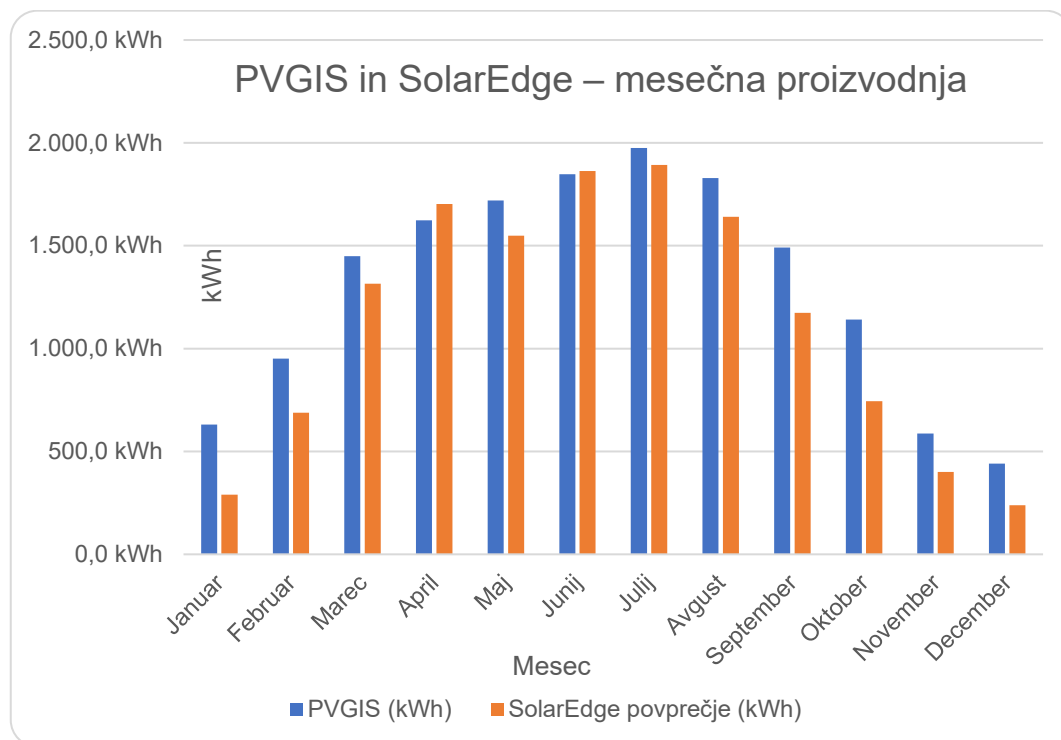
Za preverjanje realnih podatkov proizvodnje je bila izvedena tudi simulacija s pomočjo orodja PVGIS. Simulacija je pokazala, da znaša pričakovana letna proizvodnja električne energije približno 15.688 kWh. Primerjava z dejanskimi podatki, ki znašajo približno 15.500 kWh letno, kaže zelo dobro ujemanje. Odstopanje je minimalno in znaša manj kot 2 %, kar potrjuje pravilno delovanje in ustrezno dimenzioniranje sončne elektrarne. Majhno odstopanje med teoretično in dejansko proizvodnjo je posledica vpliva vremenskih razmer, letnih variacij sončnega obsevanja ter dejanskih izgub v sistemu. Kljub temu rezultati potrjujejo visoko učinkovitost obravnavanega fotovoltaičnega sistema.

PVGIS je evropsko orodje Evropske komisije za oceno proizvodnje sončnih elektrarn in predstavlja referenčni model za primerjavo z realnimi podatki.

Za dodatno preverjanje delovanja sončne elektrarne je bila izvedena primerjava med simulirano proizvodnjo po orodju PVGIS in dejansko proizvodnjo iz sistema SolarEdge. PVGIS za sistem moči 14,5 kWp pri naklonu 34° in azimutu 0° ocenjuje letno proizvodnjo 15.688,67 kWh. Primerjava z dejanskimi podatki pokaže dobro ujemanje, kar potrjuje, da sončna elektrarna deluje skladno s pričakovanji za izbrano lokacijo in tehnično zasnovo sistema, vendar se odstopanje pojavi zaradi dejanskega naklona strehe med 20-25°, ki ni idealno glede na idealni priporočeni naklon 34°, ter vremenskih pogojev, ki se spreminjajo in niso konstantni.

Primerjava PVGIS simulacije in SolarEdge proizvodnje				
PVGIS: 14,5 kWp, naklon 34°, azimut 0°, letna simulirana proizvodnja 15.688,67 kWh.				
Mesec	PVGIS (kWh)	SolarEdge povprečje (kWh)	Razlika (kWh)	Odstopanje (%)
Januar	631,5 kWh	290,0 kWh	-341,5 kWh	-54,1%
Februar	951,6 kWh	688,3 kWh	-263,3 kWh	-27,7%
Marec	1.449,9 kWh	1.315,0 kWh	-134,9 kWh	-9,3%
April	1.623,8 kWh	1.703,3 kWh	79,5 kWh	4,9%
Maj	1.719,3 kWh	1.548,3 kWh	-171,0 kWh	-9,9%
Junij	1.848,0 kWh	1.863,3 kWh	15,3 kWh	0,8%
Julij	1.974,6 kWh	1.893,3 kWh	-81,3 kWh	-4,1%
Avgust	1.829,1 kWh	1.640,0 kWh	-189,1 kWh	-10,3%
September	1.491,5 kWh	1.173,3 kWh	-318,2 kWh	-21,3%
Oktober	1.140,7 kWh	745,0 kWh	-395,7 kWh	-34,7%
November	587,5 kWh	400,0 kWh	-187,5 kWh	-31,9%
December	441,3 kWh	238,3 kWh	-203,0 kWh	-46,0%
LETNO	15.688,8 kWh	13.498,1 kWh	-2.190,7 kWh	-14,0%

Tabela 4: Primerjava PVGIS simulacija in SolarEdge proizvodnja MSE Šoštarke
(Lastni vir)



Slika 26: Graf - Primerjava PVGIS simulacija in SolarEdge proizvodnja MSE Šoštarco
(Lastni vir)

Za oceno vpliva sončnega obsevanja na proizvodnjo sončne elektrarne smo primerjali mesečne sončne ure merilne postaje Brnik (ARSO) s povprečno mesečno proizvodnjo elektrarne MSE Šoštarco iz sistema SolarEdge. Iz primerjave je razvidna izrazita sezonskost: največ sončnih ur in največja proizvodnja sta v poletnih mesecih, najmanj pa v zimskem obdobju. Takšna razporeditev potrjuje pričakovano povezavo med razpoložljivim sončnim obsevanjem in proizvodnjo električne energije iz fotovoltaičnega sistema.

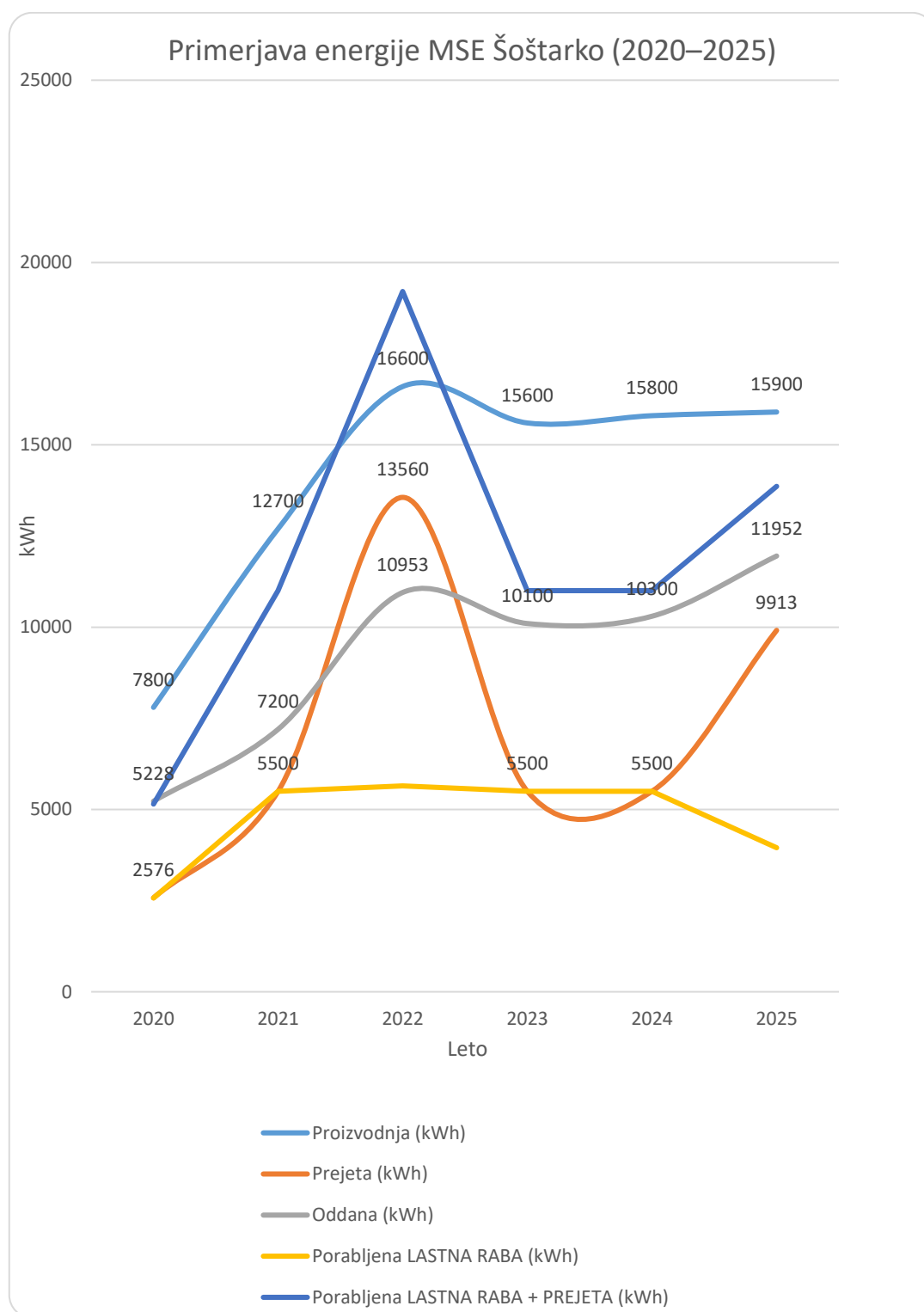
3.6 Izračun zadostnosti za samooskrbo

Za določitev zadostnosti sončne elektrarne za potrebe samooskrbe smo analizirali razmerje med proizvedeno, porabljeno in oddano električno energijo. Analiza temelji na realnih podatkih sistema SolarEdge ter letnih obračunih dobavitelja električne energije.

Podatki z dne 30.12.2025.

Leto	Proizvodnja (kWh)	Prejeta (kWh)	Oddana (kWh)	Porabljena LASTNA RABA (kWh)	Porabljena LASTNA RABA + PREJETA (kWh)
2020	7.800	2.576	5.228	2.572	5.148
2021	12.700	5.500	7.200	5.500	11.000
2022	16.600	13.560	10.953	5.647	19.207
2023	15.600	5.500	10.100	5.500	11.000
2024	15.800	5.500	10.300	5.500	11.000
2025	15.900	9.913	11.952	3.948	13.861
	84.400	42.549	55.733	28.667	71.216

*Tabela 5: Primerjava energij: prejeta (omrežje), SolarEdge proizvodnja in oddaja energije v MSE Šoštarke
(Lastni vir)*



Slika 27: Graf - Primerjava energij: prejeta (omrežje), SolarEdge proizvodnja in oddaja energije v MSE Šošarko
(Lastni vir)

3.6.1 Preračun samooskrbe el. energije v obdobju 2020-2025

Rezultati v Tabeli 5 prikazujejo, da elektrarna proizvede več električne energije, kot jo gospodinjstvo trenutno porabi v času proizvodnje. Zaradi tega se velik del energije oddaja v omrežje, kar pomeni, da sistem ni popolnoma optimalno dimenzioniran glede na profil porabe uporabnika.

Iz znanih podatkov, ki smo jih navedli v Tabeli 5, lahko preračunamo, kakšna je lahko povprečna samooskrba sistema, neposredna lastna raba sistema, koliko energije proizvede sistem in koliko energije porabi uporabnik.

$$\text{POVPREČNA SAMOOSKRBA} = \frac{\text{PROIZVODNJA}}{\text{SKUPNA PORABA}} \times 100 (\%)$$

$$\text{POVPREČNA SAMOOSKRBA} = \frac{84400}{71216} \times 100 = 118,5 \%$$

Povprečna samooskrba prikazuje, da je sistem popolnoma samooskrben in hkrati presežno proizvoden.

$$\text{NEPOSREDNA LASTNA RABA} = \frac{\text{PORABA LASTNA RABA}}{\text{SKUPNA PORABA}} \times 100 (\%)$$

$$\text{NEPOSREDNA LASTNA RABA} = \frac{28667}{71216} \times 100 = 40,253 \%$$

Neposredna lastna raba prikazuje, da je sistem velik del energije porabil neposredno v objektu. To je dober rezultat za sistem, vendar bi bilo smiselno dograditi baterijski hranilnik, saj rezultat kaže, da so v sistemu še energijske rezerve.

$$\text{PRESEŽEK ENERGIJE} = \text{PROIZVEDENA ENERGIJA} - \text{PREJETA ENERGIJA} (kWh)$$

$$\text{PRESEŽEK ENERGIJE} = 84400 - 71216 = 13184 kWh$$

Presežek proizvedene energije pomeni, da je sistem proizvedel več energije, kot jo je porabil. Omenjeni preračun je pokazatelj, da je sistem MSE Šošarko delno predimenzioniran oz. da je sistem mogoče nepravilno uporabljen. Potrebno bo razmišljati v hranilniku energije ali pa izvesti optimizacijo porabe objekta.

Kljub oddaji presežkov v omrežje sistem učinkovito zmanjšuje stroške električne energije ter omogoča visoko stopnjo energetske samooskrbe gospodinjstva.

Za ekonomsko analizo sončne elektrarne MSE Šošarko so bili uporabljeni dejanski računi dobavitelja GEN-I za obdobje 2020–2025 (**65 računov**), podatki o proizvodnji iz sistema SolarEdge ter dokumentacija o strošku izgradnje elektrarne. Investicijska vrednost sistema znaša **9.560,66 EUR**, ocenjeni letni prihranek pa **1.240 EUR**. Na podlagi navedenih podatkov znaša enostavna vračilna doba investicije **7,71 let**

(Poglavje 4.2 Doba vračanja sredstev). Računi za leti 2024 in 2025 so bili uporabljeni kot referenčni obdobji, saj prikazujejo stabilizirano obratovanje sistema in učinke letnega obračuna samooskrbe. Analiza računov potrjuje, da kljub visoki stopnji samooskrbe ostajajo stroški omrežnine, dogovorjene moči in fiksnih prispevkov, zato sončna elektrarna stroškov električne energije ne odpravi v celoti, jih pa bistveno zmanjša.

3.6.2 Povprečen strošek samooskrbe z el. energije v obdobju 2020-2025

Tabela 6 prikazuje celotni petletni strošek, ki ga je moral lastnik plačati za električno energijo. Rezultati oz. zneski so bili izluščeni iz prispelih računov GEN-I (2020-2025). V letu 2023 je bil že decembra izdan dobropis v višini 338,50 EUR, ki se je uporabil za plačilo fiksnih stroškov naslednjih prispelih računov. Skupno plačilo stroškov v obdobju (junij 2020 - december 2025) je bilo v višini 1329,82 EUR.

ANALIZA PRISPELIH RAČUNOV MSE ŠOŠTARKO 2020-2025

Leto	Št. računov	Znesek računov z DDV (EUR)
2020	7	115,59
2021	11	243,76
2022	12	438,80
2023	11	121,58
2024	12	159,03
2025	12	251,06
Skupaj	65	1.329,82

Tabela 6: Analiza vseh prispelih računov, MSE Šoštarko, obdobje 2020-2025
(Lastni vir)

Analiza računov nam je pokazala, da znaša povprečni strošek energije 0,0186 EUR/kWh.

$$\text{POVPREČNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{\text{RAČUNI 2020-2025}}{\text{SKUPNA PORABA}} \text{ (EUR/kWh)}$$

$$\text{POVPREČNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{1.329,82 \text{ EUR}}{71.216 \text{ kWh}} = 0,0186 \text{ EUR/kWh}$$

$$\text{LETNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{\text{RAČUNI 2020-2025}}{\text{LETO}} \text{ (EUR/kWh)}$$

$$\text{LETNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{1.329,82 \text{ EUR}}{5 \text{ let}} = 265,96 \text{ EUR/kWh}$$

Letni povprečni strošek energije MSE Šoštarko = **265,97 EUR/leto**.

$$\text{MESEČNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{\text{LETNI STROŠEK ENERGIJE}}{\text{MESECI}} = \text{(EUR/kWh)}$$

$$\text{MESEČNI STROŠEK ENERGIJE} = \frac{265,96 \text{ EUR}}{12 \text{ meseci}} = 22,16 \text{ EUR/mesec}$$

Mesečni povprečni strošek MSE Šošarko = **22,16 EUR / mesec**.

Iz prikazanih podatkov v Tabeli 5 lahko razberemo, da znašata prejeta in lastna raba proizvedene električne energije 7.1216 kWh. Iz izbranih podatkov lahko izračunamo znesek, ki smo ga delno sicer prihranili pri proizvodnji električne energije, ki bi jo sicer morali v celoti prejeti iz omrežja in za katero znaša cena po pogodbi za oskrbo za enotno tarifo (ET) 0,098 EUR/kWh (brez DDV).

Cena za celotno porabljeno energijo: 71216 kWh x 0,098 EUR/kWh = 6979,168 + 1.535,42 DDV = 8.514,58 EUR. Cena za omrežnino, ki bi jo prevzeli iz elektroenergetskega omrežja, znaša z DDV 3.210,17 EUR. Skupni znesek pri prejeti energiji in omrežnini, zabeleženi na števci električne energije, znaša z DDV 11.724,76 EUR.

Iz Tabele 5 razberemo, da znaša na merilnem mestu prevzeta večletna poraba električne energije 42.549 kWh, kar bi gledano na ceno električne energije po pogodbi pomenilo skupni strošek 4.169,80 EUR + 917,36 DDV, skupaj 5.087,16 EUR. Cena za omrežnino, ki bi jo prevzeli iz elektroenergetskega omrežja, znaša z DDV 1.917,96 EUR. Skupni znesek pri prejeti energiji in omrežnini, zabeleženi na števci električne energije, znaša z DDV 7.005,12 EUR.

Tabela 5 prikazuje primerjavo med proizvedeno električno energijo, predano v elektroenergetsko omrežje, porabljeno električno energijo in električno energijo, prevzeto iz elektroenergetskega omrežja.

Imamo tudi podatek, da je bil znesek vseh prejetih računov v obdobju 2020-2025 v višini 1.329,82 EUR z DDV-jem. Podatek proizvedene celotne energije: 84.400 kWh. Če izračunamo proizvedeno energijo v petih letih 84.400 kWh x 0,098 EUR/kWh = 8.271,20 EUR + 1.819,66 EUR DDV-ja = 10.090,86 EUR z DDV.

Razlika med proizvedeno energijo, prejetimi računi v letih 2020-2025 in obračunano omrežnino oddane proizvedene energije je 10.090,86 EUR – 1.329,82 EUR -2.512,25 EUR = 5.956,23 EUR z DDV. Če omenjeni znesek razdelimo na dobo 5 let, je prikazani znesek 1.191,25 EUR z DDV privarčevani znesek na letnem časovnem obdobju.

Na podlagi pridobljenih rezultatov smo za nadaljnje ekonomske izračune upoštevali ocenjeni letni prihranek v višini **1.300 EUR**, ki predstavlja idealiziran letni donos sistema samooskrbe (Lastni vir).

4 OCENA UČINKOV NALOŽBE

V oceni naložbe upoštevamo vse donose, ki so v našem primeru odhodki, prihranki in lastna sredstva. To seveda velja za celotno življenjsko dobo projekta. Pri tem je pomembno, da je skupna vsota donosov ter odhodkov vedno pozitivna, saj se v nasprotnem primeru investicija ekonomsko ne splača. Za življenjsko dobo projekta sem upošteval dobo 20 let. V izračunu sem predvidel, da bi gospodinjstvo brez elektrarne za samooskrbo letno plačevalo 1.300 EUR za porabo električne energije. Ta znesek sem upošteval kot prihranek. Kot odhodek sem upošteval strošek izgradnje elektrarne, ocenjeni znesek zavarovanja, doplačilo za električno energijo zaradi večje porabe od proizvedene ter strošek nakupa razsmernika, ki ga je potrebno zamenjati po 10 letih. V Tabeli 7 in Sliki 11 je prikazan skupni denarni tok.

4.1 Realni denarni tok naložbe do 20. leta

Doba vračanja naložbe je čas, ko vsota neto prilivov iz realnega denarnega toka pokrije naložbena sredstva (Papler, 2020).

Naziv blaga	CENA
Izdelava - Material	9.500,00 EUR
Elektro Ljubljana d.d., priključitev	60,66 EUR
SKUPAJ IZDELAVA	9.560,66 EUR
Zavarovanje LETNI STROŠEK	60,00 EUR
Razsmernik (10 let)	1.350,00 EUR

*Tabela 7: Vrednotenje naložbe – Izhodiščne vrednosti za skupni denarni tok
(Lastni vir)*

SKUPNI DENARNI TOK MSE ŠOŠTARKO

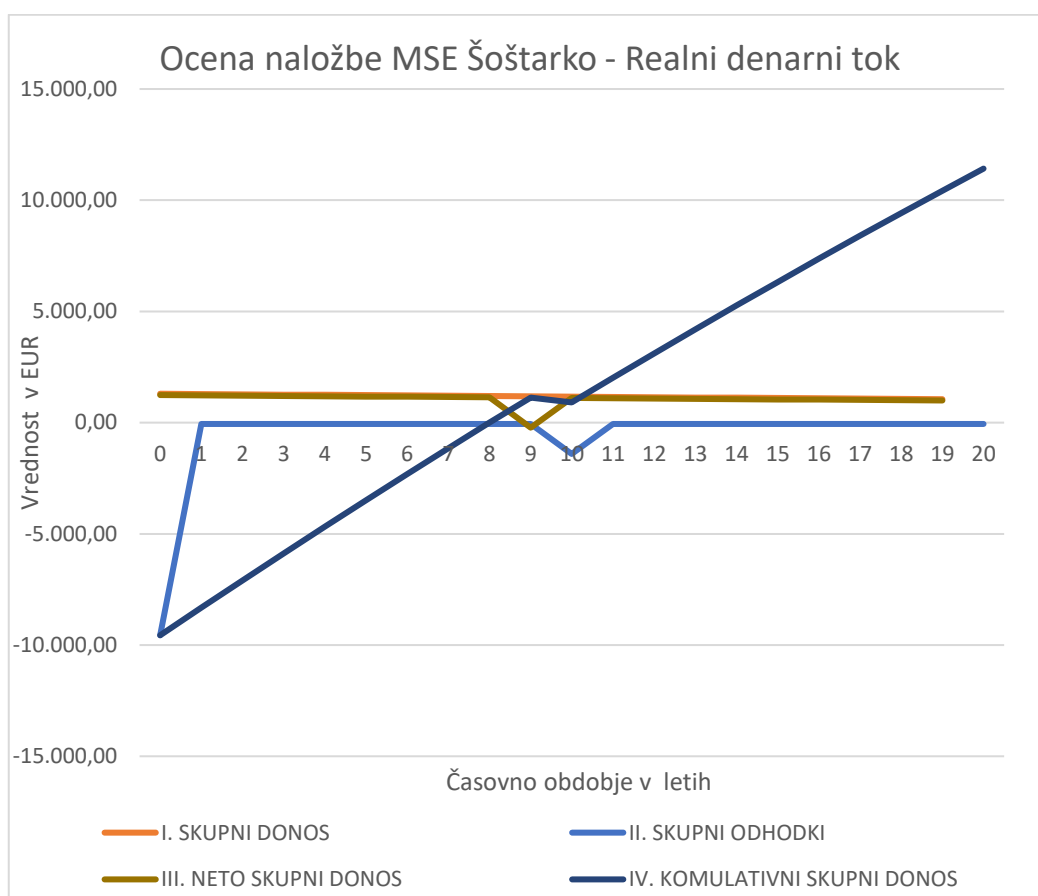
Obdobje 20 let

	Skupaj	0	1	2	3	4
Moč modulov - Efektivna (-1% letno)			1	0,99	0,98	0,97
Leto		2020	2021	2022	2023	2024
I. SKUPNI DONOS	23.530,00	0,00	1.300,00	1.287,00	1.274,00	1.261,00
Prihranek s samooskrbo	23.530,00	0,00	1.300,00	1.287,00	1.274,00	1.261,00
Nepovratna sredstva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II. SKUPNI ODHODKI	12.110,00	-9.560,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00
Izgradnja elektrarne	9.500,00	9.500,00 €	0	0	0	0
Strošek zavarovanja (ocena)	1.260,00	60	60	60	60	60
Zamenjava razsmernika	1.350,00	0	0	0	0	0
Doplačilo za električno energijo / NI PODATKA		0	0	0	0	0
III. NETO SKUPNI DONOS	11.420,00	-9.560,00	1.240,00	1.227,00	1.214,00	1.201,00
IV. KOMULATIVNI SKUPNI DONOS		-9.560,00	8.320,00	7.093,00	5.879,00	4.678,00

	5	6	7	8	9	10	11	12
Moč modulov - Efektivna	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9	0,89
Leto	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
I. SKUPNI DONOS	1.248,00	1.235,00	1.222,00	1.209,00	1.196,00	1.183,00	1.170,00	1.157,00
Prihranek s samooskrbo	1.248,00	1.235,00	1.222,00	1.209,00	1.196,00	1.183,00	1.170,00	1.157,00
Nepovratna sredstva	0	0	0	0	0	0	0	0
II. SKUPNI ODHODKI	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-1.410,00	-60,00	-60,00
Izgradnja elektrarne	0	0	0	0	0	0	0	0
Strošek zavarovanja (ocena)	60	60	60	60	60	60	60	60
Zamenjava razsmernika	0	0	0	0	0	1.350,00	0	0,00
Doplačilo za električno energijo / NI PODATKA	0	0	0	0	0	0	0	0
III. NETO SKUPNI DONOS	1.188,00	1.175,00	1.162,00	1.149,00	1.136,00	-227,00	1.110,00	1.097,00
IV. KOMULATIVNI SKUPNI DONOS	-3.490,00	-2.315,00	-1.153,00	-4,00	1.132,00	905,00	2.015,00	3.112,00

	13	14	15	16	17	18	19	20
Moč modulov - Efektivna	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81
Leto	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
I. SKUPNI DONOS	<i>1.144,00</i>	<i>1.131,00</i>	<i>1.118,00</i>	<i>1.105,00</i>	<i>1.092,00</i>	<i>1.079,00</i>	<i>1.066,00</i>	<i>1.053,00</i>
Prihranek s samooskrbo	1.144,00	1.131,00	1.118,00	1.105,00	1.092,00	1.079,00	1.066,00	1.053,00
Nepovratna sredstva	0	0	0	0	0	0	0	0
II. SKUPNI ODHODKI	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00
Izgradnja elektrarne	0	0	0	0	0	0	0	0
Strošek zavarovanja (ocena)	60	60	60	60	60	60	60	60
Zamenjava razsmernika	0	0	0	0	0	0	0	0
Doplačilo za električno energijo / NI PODATKA	0	0	0	0	0	0	0	0
III. NETO SKUPNI DONOS	1.084,00	1.071,00	1.058,00	1.045,00	1.032,00	1.019,00	1.006,00	993,00
IV. KOMULATIVNI SKUPNI DONOS	4.196,00	5.267,00	6.325,00	7.370,00	8.402,00	9.421,00	10.427,00	11.420,00

*Tabela 8: Skupni (realni) denarni tok v MSE Šoštarke
(Lastni vir)*



Slika 28: Graf - Skupni (realni) denarni tok MSE Šošarko
(Lastni vir)

Izračun kaže, da se lastniku naložba povrne v slabih 8 letih (7,71 letih), vendar tukaj ni bilo upoštevano, da bo mogoče treba zamenjati razsmernik. Če upoštevamo še omenjeni strošek, se naložba povrne v približno 9 letih (8,65 letih). Prelomnico naložbe prikazuje graf Skupni denarni tok MSE Šošarko.

4.2 Metoda sedanje vrednosti naložbe in interna stopnja donosnosti (ISD)

4.2.1 Metoda sedanje vrednosti (SV)

V metodi sedanje vrednosti naložbe izračunamo sedanjo vrednost projekta oziroma koliko so vredni prihranki danes. Pogoji, da je **SV** (sedanja vrednost) investicije smiselna, mora zadostiti pogoju $SV > 0$. Diskontna stopnja je določena vnaprej oz. je v višini, kakršno bi dobili na banki (preračunano pri 4 % - diskontni stopnji).

METODA SEDANJE VREDNOSTI IDEALNO DELOVANJE MODULOV

SV

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Sd - So)}{(1+r)^i} \quad r = 4\% \quad 1,04$$

Diskontna stopnja $r = \text{npr. } 3\%$	Diskontni faktor
$(1+r)^i$	$\frac{1}{(1+r)^n}$

Časovna obdobja - i	Leto	Skupaj donosi Sd Letni idealni donos 1300€	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 4\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 4\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 4\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 4\%$
0	2020	0	9.560,66	1	1	0	9.560,66
1	2021	1.300	60	1,04	0,96	1.250,00	57,69
2	2022	1.300	60	1,08	0,92	1.201,92	55,47
3	2023	1.300	60	1,12	0,89	1.155,70	53,34
4	2024	1.300	60	1,17	0,85	1.111,25	51,29
5	2025	1.300	60	1,22	0,82	1.068,51	49,32
6	2026	1.300	60	1,27	0,79	1.027,41	47,42
7	2027	1.300	60	1,32	0,76	987,89	45,60
8	2028	1.300	60	1,37	0,73	949,90	43,84
9	2029	1.300	60	1,42	0,70	913,36	42,16
10	2030	1.300	1.410	1,48	0,68	878,23	952,55
11	2031	1.300	60	1,54	0,65	844,46	38,97
12	2032	1.300	60	1,60	0,62	811,98	37,48
13	2033	1.300	60	1,67	0,60	780,75	36,03
14	2034	1.300	60	1,73	0,58	750,72	34,65
15	2035	1.300	60	1,80	0,56	721,84	33,32
16	2036	1.300	60	1,87	0,53	694,08	32,03
17	2037	1.300	60	1,95	0,51	667,39	30,80
18	2038	1.300	60	2,03	0,49	641,72	29,62
19	2039	1.300	60	2,11	0,47	617,04	28,48
20	2040	1.300	60	2,19	0,46	593,30	27,38
Skupaj		26.000,00	12.110,66	NSDp=Sd-So=		17.667,42	11.288,09
SV		Sd-So= 13.889,34		NSDp =		6.379,33	

*Tabela 9: MSV - Metoda sedanje vrednosti / $r = 4\%$
IDEALNO DELOVANJE MODULOV
(Lastni vir)*

SV = Sd-So > 0 Pri Idealnem delovanju modulov - metodi je projekt spremenljiv, če izpolnjuje pogoj: SV > 0.

METODA SEDANJE VREDNOSTI REALNO DELOVANJE MODULOV

SV

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Sd - So)}{(1+r)^i} \quad r = 4\% \quad 1,04$$

Diskontna stopnja r = npr. 3 %	Diskontni faktor
$(1+r)^i$	$\frac{1}{(1+r)^n}$

Časovna obdobja - i	Leto	Skupaj donosi Sd (-1% letno) // Letni idealni donos 1300€	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja r = 4 % (1+r) ⁱ	Diskontni faktor r = 4 % 1/(1+r) ⁱ	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju r = 4 %	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju r = 4 %
0	2020	0	9.560,66	1	1	0	9.560,66
1	2021	1.300	60	1,04	0,96	1.250,00	57,69
2	2022	1.287	60	1,08	0,92	1.189,90	55,47
3	2023	1.274	60	1,12	0,89	1.132,70	53,34
4	2024	1.261	60	1,17	0,85	1.078,24	51,29
5	2025	1.249	60	1,22	0,82	1.026,40	49,32
6	2026	1.236	60	1,27	0,79	977,06	47,42
7	2027	1.224	60	1,32	0,76	930,08	45,60
8	2028	1.212	60	1,37	0,73	885,37	43,84
9	2029	1.200	60	1,42	0,70	842,80	42,16
10	2030	1.188	1.410	1,48	0,68	802,28	952,55
11	2031	1.176	60	1,54	0,65	763,71	38,97
12	2032	1.164	60	1,60	0,62	726,99	37,48
13	2033	1.152	60	1,67	0,60	692,04	36,03
14	2034	1.141	60	1,73	0,58	658,77	34,65
15	2035	1.129	60	1,80	0,56	627,10	33,32
16	2036	1.118	60	1,87	0,53	596,95	32,03
17	2037	1.107	60	1,95	0,51	568,25	30,80
18	2038	1.096	60	2,03	0,49	540,93	29,62
19	2039	1.085	60	2,11	0,47	514,92	28,48
20	2040	1.074	60	2,19	0,46	490,17	27,38
Skupaj		23.672,10	12.110,66	NSDp=Sd-So=		16.294,67	11.288,09
SV		Sd-So= 11.561,44		NSDp =		5.006,58	

*Tabela 10: MSV – Metoda sedanje vrednosti / r = 4 %
REALNO DELOVANJE MODULOV
(Lastni vir)*

Metoda sedanje vrednosti (realno delovanje modulov)

$$SV = S_d - S_o > 0 \quad SV = 16.294,67 > 11.288,09 \text{ EUR} \quad SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(S_d - S_o)}{(1+r)^i}$$

SV = 5.006,58 EUR

Kjer je:

- SV – sedanja vrednost projekta,
- S_d – skupni donos,
- S_o – skupni odhodki,
- r – diskontna stopnja, določena vnaprej,
- n – število obdobj v življenjski dobi projekta,
- i – tekoči indeks časovnih obdobj.

Pri idealnem in realnem delovanju modulov smo dokazali da je projekt spremenljiv. Pri tej metodi je projekt spremenljiv, če izpolnjuje pogoj: $SV > 0$.

Iz Tabele 10 izhaja, da celotni odhodki pomenijo naložbo in stroške obratovanja, donosi pa prihodke od proizvodnje in omrežnine. Pogoj $SV > 0$ je izpolnjen, kar pomeni, da je vsota donosov večja od vsote dohodkov, torej njena sedanja vrednost (realno delovanje modulov) znaša 5.006,58 EUR in pomeni, da je naložba spremenljiva.

4.2.2 Interna stopnja donosnosti (ISD)

Pomembni kazalnik učinkovitosti projekta je tudi kazalnik interne stopnje donosnosti. **ISD** je tista diskontna stopnja donosnosti, pri kateri je sedanja vrednost projekta enaka nič, izenačijo pa se vsi donosi in odhodki projekta v celotni življenjski dobi. Pri tej metodi je diskontna stopnja nepoznana, opredeljena pa je kot tista diskontna stopnja, ki zagotavlja izpolnjevanje naslednjega pogoja:

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{(Sd - So)^i}{(1+r)^i}$$

$$r_0 = \mathbf{9,4153}$$

$$\mathbf{1,094153}$$

Diskontna stopnja r = npr. 3 %	Diskontni faktor
$(1+r)^i$	$\frac{1}{(1+r)^i}$

Časovna obdobja - i	Leto	Skupaj donosi Sd (-1% na lero)	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja r = ? % (1+r) ⁱ	Diskontni faktor r = ? % 1/(1+r) ⁱ	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju r = ? %	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju r = ? %
0	2020	0	9.560,66	1	1	0	9.560,66
1	2021	1.287	60	1,09	0,91	1.176,25	54,84
2	2022	1.274	60	1,20	0,84	1.064,18	50,12
3	2023	1.261	60	1,31	0,76	962,68	45,81
4	2024	1.248	60	1,43	0,70	870,77	41,86
5	2025	1.235	60	1,57	0,64	787,55	38,26
6	2026	1.222	60	1,72	0,58	712,20	34,97
7	2027	1.209	60	1,88	0,53	643,99	31,96
8	2028	1.196	60	2,05	0,49	582,25	29,21
9	2029	1.183	60	2,25	0,44	526,36	26,70
10	2030	1.170	1.410	2,46	0,41	475,78	573,37
11	2031	1.157	60	2,69	0,37	430,01	22,30
12	2032	1.144	60	2,94	0,34	388,59	20,38
13	2033	1.131	60	3,22	0,31	351,11	18,63
14	2034	1.118	60	3,52	0,28	317,21	17,02
15	2035	1.105	60	3,86	0,26	286,54	15,56
16	2036	1.092	60	4,22	0,24	258,81	14,22
17	2037	1.079	60	4,62	0,22	233,72	13,00
18	2038	1.066	60	5,05	0,20	211,03	11,88
19	2039	1.053	60	5,53	0,18	190,52	10,86
20	2040	1.040	60	6,05	0,17	171,98	9,92
Skupaj		23.270,00	12.110,66			10.641,52	10.641,52
SV		Sd-So= 11.159,34				NSDn=Sd- So= 0,00	

*Tabela 11: Diskontiranje r = X % REALNO DELOVANJE MODULOV,
da bo vrednosti naložbe MSE enaka 0.
(Lastni vir)*

DISKONTNA STOPNJA PROJEKTA PRI 9%

Časovna obdobja - i	Leto	Skupaj donosi Sd (-1% na lero)	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 9\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 9\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 9\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 9,0\%$
0	2020	0	9.560,66	1	1	0	9.560,66
1	2021	1.287	60	1,09	0,92	1.180,73	55,05
2	2022	1.274	60	1,19	0,84	1.072,30	50,50
3	2023	1.261	60	1,30	0,77	973,72	46,33
4	2024	1.248	60	1,41	0,71	884,11	42,51
5	2025	1.235	60	1,54	0,65	802,67	39,00
6	2026	1.222	60	1,68	0,60	728,64	35,78
7	2027	1.209	60	1,83	0,55	661,36	32,82
8	2028	1.196	60	1,99	0,50	600,23	30,11
9	2029	1.183	60	2,17	0,46	544,69	27,63
10	2030	1.170	1.410	2,37	0,42	494,22	595,60
11	2031	1.157	60	2,58	0,39	448,38	23,25
12	2032	1.144	60	2,81	0,36	406,73	21,33
13	2033	1.131	60	3,07	0,33	368,91	19,57
14	2034	1.118	60	3,34	0,30	334,56	17,95
15	2035	1.105	60	3,64	0,27	303,36	16,47
16	2036	1.092	60	3,97	0,25	275,04	15,11
17	2037	1.079	60	4,33	0,23	249,33	13,86
18	2038	1.066	60	4,72	0,21	225,99	12,72
19	2039	1.053	60	5,14	0,19	204,80	11,67
20	2040	1.040	60	5,60	0,18	185,57	10,71
Skupaj		23.270,00	12.110,66			10.945,34	10.678,63
SV		Sd-So= 11.159,34				NSDp=Sd-So= 266,71	

Tabela 12: Diskontiranje $r = 9\%$
REALNO DELOVANJE MODULOV
(Lastni vir)

DISKONTNA STOPNJA PROJEKTA PRI 10%

Časovna obdobja - i	Leto	Skupaj donosi Sd (-1% na lero)	Skupaj odhodki So	Diskontna stopnja $r = 10\%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 10\%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r = 10\%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 10\%$
0	2020	0	9.560,66	1	1	0	9.560,66
1	2021	1.287	60	1,10	0,91	1.170,00	54,55
2	2022	1.274	60	1,21	0,83	1.052,89	49,59
3	2023	1.261	60	1,33	0,75	947,41	45,08
4	2024	1.248	60	1,46	0,68	852,40	40,98
5	2025	1.235	60	1,61	0,62	766,84	37,26
6	2026	1.222	60	1,77	0,56	689,79	33,87
7	2027	1.209	60	1,95	0,51	620,41	30,79
8	2028	1.196	60	2,14	0,47	557,94	27,99
9	2029	1.183	60	2,36	0,42	501,71	25,45
10	2030	1.170	1.410	2,59	0,39	451,09	543,62
11	2031	1.157	60	2,85	0,35	405,52	21,03
12	2032	1.144	60	3,14	0,32	364,51	19,12
13	2033	1.131	60	3,45	0,29	327,61	17,38
14	2034	1.118	60	3,80	0,26	294,40	15,80
15	2035	1.105	60	4,18	0,24	264,53	14,36
16	2036	1.092	60	4,59	0,22	237,65	13,06
17	2037	1.079	60	5,05	0,20	213,47	11,87
18	2038	1.066	60	5,56	0,18	191,73	10,79
19	2039	1.053	60	6,12	0,16	172,17	9,81
20	2040	1.040	60	6,73	0,15	154,59	8,92
Skupaj		23.270,00	12.110,66			10.236,67	10.591,96
SV		Sd-So= 11.159,34				NSDn=Sd- So=	-355,29

Tabela 13: Diskontiranje $r = 10\%$
REALNO DELOVANJE MODULOV
(Lastni vir)

Pri diskontni stopnji **9%** je neto sedanja vrednost **266,71 EUR**, pri diskontni stopnji **10%** je neto sedanja vrednost **-355,29 EUR**.

$$ISD = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} = 9 + (10 - 9) \cdot \frac{266,71}{266,71 - (-355,29)} = 9,43 \%$$

(Papler, 2020)

Izračun interne stopnje donosnosti nam kaže, da se investicija izplača. Predstavlja dejansko donosnost investicije v obravnavanem obdobju. Interna stopnja donosnosti je **9,43 %**.

ISD – interna stopnja donosa

r_p – diskontna stopnja, kjer je NSD pozitiven (NSD_p)

r_n – diskontna stopnja, kjer je NSD negativen (NSD_n)

NSD – neto skupni donos (Sd-So)

Interna stopnja donosnosti je **9,43 %**. Ta pokazatelj zagotavlja, da je naložba še spremenljiva, kajti skupni donosi so še vedno višji od skupnih odhodkov. Vsako večje znižanje prodaje bi privedlo do vprašanja odločitve za investicijo v projekt.

4.3 Doba vračanja sredstev

Dobo vračanja vloženih sredstev izračunamo z enačbo, ki nam da pomembno informacijo o tem, kako hitro bo investicija povrnjena.

$EVS = t$ – odplačilna doba v letih,

N – naložba (vložena sredstva),

$d = Sd - So$ – povprečni letni donos.

Idealno vračanje sredstev (enostavna vračilna doba):

$$EVS = t = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So} = \frac{9.560,66}{1240,00} = 7,71 \text{ let}$$

Realno vračanje sredstev v obdobju 10 let (realna vračilna doba ob upoštevanju zamenjave razsmernika in dodatnih stroškov):

$$EVS = t = \frac{N}{d} = \frac{N}{Sd - So} = \frac{9.560,66}{1240,00 - 135,00} = 8,65 \text{ let}$$

Sd = skupni letni predvideni donos (prihranki, zavarovanje),

So = skupni odhodki (razsmernik, znesek razsmernika, razdeljen na obdobje 10 let = 1.350 EUR / 10 let = 135 EUR/leto).

Izračunan EVS nam poda informacijo o tem, v kolikšnem času se naložba povrne. Enostavna vračilna doba znaša 7,71 let, medtem ko realna vračilna doba ob upoštevanju zamenjave razsmernika in dodatnih stroškov znaša približno 8,65 let.

4.4 Kazalniki naložb

Naslednji pomembni kazalniki učinkovitosti projekta so tudi kazalniki ekonomičnosti, rentabilnosti investicijskih naložb in rentabilnosti vlaganj. Priporočajo se za ceno projektov. "Ti kazalniki so, glede na diskontno stopnjo, različni, običajno pa jih izračunavamo za diskontno stopnjo, uporabljeno pri izračunu neto sedanje vrednosti projekta." (Papler, 2020)

Izračuni pri idealnem delovanju modulov, pri 4 % diskontni stopnji.

4.4.1 Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti

$$E = \frac{S_d}{S_o} \qquad E = \frac{17.667,42}{11.288,09} = 1,57 \%$$

E - kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti,

S_d - skupni donosi projekta,

S_o - skupni odhodki projekta.

(Papler, 2020)

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti (E) je razmerje med donosom naložbe in odhodki. V našem primeru naložbe ta kazalnik znaša 1,57 %.

4.4.2 Kazalnik donosnosti naložb

$$D = \frac{S_d - S_o}{N} \cdot 100(\%) \qquad D = \frac{17.667,42 - 11.288,09}{9.560,66} * 100 = 66,72 \%$$

D - kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb,

N – naložba (vložena sredstva),

S_d - skupni donosi projekta,

S_o - skupni odhodki projekta.

(Papler, 2020)

Kazalnik donosnosti naložbe je izračunan pri 4 % diskontni stopnji.

Donosnost naložbe je kriterij, ki pokaže donos (rentabilnost) v odstotku od investiranja kapitala.

4.4.3 Kazalnik donosnosti vseh odhodkov

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \cdot 100(\%) \qquad Do = \frac{17.667,42 - 11.288,09}{11.288,09} * 100 = 56,51 \%$$

Do - kazalnik donosnosti vseh odhodkov

Sd - skupni donosi projekta

So - skupni odhodki projekta

(Papler, 2020)

Kazalnik donosnosti vseh odhodkov je izračunan pri 4 % diskontni stopnji (idealno delovanje modulov).

Kazalnik donosnosti vseh odhodkov upošteva nabavo in vse stroške v življenjski dobi sončne elektrarne. Pove nam donos vseh vloženih sredstev od investicije kapitala do stroškov letnega vzdrževanja v življenjski dobi sončne elektrarne.

Glavne ugotovitve metod:

1. MSE Šoštko za samooskrbo, zgrajena leta 2020, ima letni obračun električne energije (*net-metering*) pri 9 % diskontni stopnji, interno stopnjo donosnosti ISD znaša 9,42 %, kar je 5,42% odstotne točke več od 4% diskontne stopnje.
2. Enostavna vračilna doba znaša 7,71 let, medtem ko realna vračilna doba ob upoštevanju zamenjave razsmernika in dodatnih stroškov znaša približno 8,65 let.
3. Donosnost naložbe je 66,72 %, donosnost vseh sredstev pa 56,51%.
4. Vlaganje v sončno elektrarno MSE Šoštko je ekonomsko upravičeno in dolgoročno finančno smiselno.

4.4.4 Okoljevarstvena izkaznica MSE ŠOŠTKO

Okoljevarstvena izkaznica prikazuje okoljske koristi delovanja sončne elektrarne MSE Šoštko na podlagi proizvedene električne energije v obdobju obratovanja. Podatki so povzeti iz sistema SolarEdge Monitoring in predstavljajo informativne okoljske kazalnike, ki omogočajo lažjo predstavitev vpliva elektrarne na zmanjšanje obremenjevanja okolja. Prikazani okoljski kazalniki so izračunani po metodologiji sistema SolarEdge Monitoring, ki proizvedeno električno energijo pretvarja v primerljive okoljske kazalnike na podlagi standardiziranih pretvorbenih faktorjev.

Slika 29 prikazuje skupni prihranek emisij CO₂, ekvivalent zasajenih dreves ter ekvivalent prevožene razdalje z električnim vozilom (SolarEdge Monitoring, 2026).

Prihranek emisij CO₂ predstavlja ocenjeno količino ogljikovega dioksida, ki bi nastala pri proizvodnji enake količine električne energije iz konvencionalnih virov. V primeru MSE Šošarko znaša ocenjeni prihranek približno 32.000 kg oziroma 32 ton CO₂.

Kazalnik ekvivalent zasajenih dreves prikazuje število dreves, ki bi morala v svoji življenjski dobi absorbirati enako količino ogljikovega dioksida, kot ga je sončna elektrarna prihranila z uporabo obnovljivega vira energije. Po podatkih sistema SolarEdge navedeni prihranek ustreza približno 956 drevesom.

Kazalnik ekvivalent vožnje z električnim vozilom prikazuje razdaljo, ki bi jo bilo mogoče prevoziti z električnim vozilom ob uporabi proizvedene električne energije iz sončne elektrarne. V obravnavanem primeru proizvedena energija ustreza približno 231.000 kilometrom vožnje z električnim vozilom.

Okoljevarstvena izkaznica tako ne predstavlja zgolj finančnih učinkov investicije, temveč tudi njen prispevek k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov, večji uporabi obnovljivih virov energije, zmanjševanju odvisnosti od fosilnih goriv ter spodbujanju trajnostnega razvoja.

Na podlagi doseženih rezultatov lahko sistem MSE Šošarko ocenimo kot uspešen primer trajnostne energetske samooskrbe gospodinjstva, ki poleg ekonomskih koristi prinaša tudi pomembne okoljske učinke.

Za preverjanje podatkov okoljevarstvene izkaznice smo izvedli naslednja primerjalna izračuna. Iz rezultatov je razvidno, da en ekvivalent drevesa predstavlja približno 33,5 kg vezanega CO₂, medtem ko proizvedena električna energija ustreza povprečni porabi električnega vozila - približno 0,365 kWh/km.

Izvedena primerjalna izračuna potrjujeta smiselnost prikazanih okoljskih kazalnikov:

- povprečna količina vezanega CO₂ na ekvivalent drevesa znaša:

$$\frac{32.000 \text{ kg CO}_2}{956 \text{ dreves}} = 33,5 \text{ kg CO}_2/\text{drevo}$$

- povprečna poraba električnega vozila glede na prikazano prevoženo razdaljo znaša:

$$\frac{84.400 \text{ kWh}}{231.000 \text{ km}} = 0,365 \text{ kWh/km}$$

Environmental Benefits ⓘ



Slika 29: Okoljevarstvena izkaznica MSE Šoštarco 2026
(SolarEdge Monitoring, 2026)

Glavni okoljski učinki delovanja sončne elektrarne so:

- zmanjšanje emisij CO₂,
- spodbujanje uporabe obnovljivih virov energije,
- zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv,
- prispevek k trajnostnemu razvoju in zeleni preobrazbi energetskega sistema.

Okoljski kazalnik	Vrednost
Prihranek emisij CO ₂	32.000 kg / 32 ton
Ekvivalent zasajenih dreves	956 dreves
Ekvivalent vožnje z električnim vozilom	231.000 km

Tabela 14: Okoljevarstvena izkaznica MSE Šoštarco 2026
(Lastni vir)

Rezultati okoljevarstvene izkaznice potrjujejo, da sončna elektrarna MSE Šoštarco poleg ekonomskih učinkov pomembno prispeva tudi k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov in povečanju deleža obnovljivih virov energije. Prikazani okoljski kazalniki predstavljajo informativne vrednosti, izračunane po metodologiji sistema SolarEdge Monitoring, in niso rezultat neposrednih meritev.

4.5 Povzetek projekta

V diplomskem delu smo analizirali delovanje sončne elektrarne MSE Šoštarco na podlagi realnih obratovalnih in finančnih podatkov.

Ugotovili smo, da elektrarna proizvede zadostno količino električne energije za pokritje potreb gospodinjstva, kar pomeni, da sistem zagotavlja visoko stopnjo samooskrbe. Finančna analiza je pokazala, da se investicija povrne v približno 7,71 letih, kar potrjuje ekonomsko upravičenost projekta.

Kljub pozitivnim rezultatom pa analiza pokaže, da je elektrarna glede na dejansko porabo predimenzionirana. Posledično se del proizvedene energije ne izkoristi optimalno in se oddaja v omrežje brez neposrednega finančnega učinka.

Na podlagi ugotovitev lahko zaključimo, da bi bila optimalna rešitev bolj natančna dimenzioniranost sistema ali povečanje lastne porabe energije. V prihodnje bi bilo smiselno razmisliti o vključitvi baterijskih hranilnikov ali dodatnih porabnikov, kot je električno vozilo.

Kljub temu investicija ostaja upravičena, saj dolgoročno prinaša finančne prihranke in prispeva k večji energetski neodvisnosti ter uporabi obnovljivih virov energije. Proizvodnja v poletnih mesecih je skoraj vsa za oddajo v omrežje oz. lastna poraba je v poletnih mesecih skoraj nična, ker je hiša v tem času skoraj prazna, saj lastnik v poletnih mesecih živi na morju, zato se lastna poraba zmanjša na minimum. Mogoče se bo v prihodnjih letih letna lastna poraba povečala, ko bodo v istem objektu živeli moji ali bratovi otroci s svojo družino.

5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu sem na podlagi realnega in praktičnega primera prikazal, da je sončna elektrarna MSE Šoštarko ekonomsko upravičena in smiselna investicija za individualni objekt s sistemom samooskrbe z električno energijo. Na podlagi dejanske porabe in proizvodnje električne energije je bilo mogoče izračunati stopnjo samooskrbe, višino prihrankov, donosnost investicije ter vračilno dobo sistema. Ob upoštevanju stroškov izgradnje elektrarne, predvidene življenjske dobe razsmernika (10 let) ter morebitnih dodatnih stroškov električne energije znaša enostavna vračilna doba investicije 7,71 let, medtem ko realna vračilna doba ob upoštevanju zamenjave razsmernika in drugih dodatnih stroškov znaša približno 8,65 let. Splošna ocena investicije je pozitivna, saj sistem dolgoročno pomembno zmanjšuje stroške električne energije. To predstavlja dodatno finančno razbremenitev gospodinjstva, predvsem v obdobju po upokojitvi lastnika objekta, ko imajo stroški energije lahko večji vpliv na kakovost življenja. Zaradi nižjih stroškov električne energije lahko gospodinjstvo razpoložljiva sredstva nameni za druge življenjske potrebe. Analiza sistema je tudi pokazala, da je sončna elektrarna glede na trenutni profil porabe delno predimenzionirana, saj se del proizvedene električne energije oddaja v elektroenergetsko omrežje. To pomeni, da sistem proizvede več električne energije, kot je gospodinjstvo trenutno porabi. Kljub temu takšna zasnova omogoča dodatne možnosti za prihodnji razvoj in optimizacijo rabe električne energije. Med možnimi rešitvami za učinkovitejšo izrabo proizvedene energije so uporaba električnega vozila, vgradnja baterijskega hranilnika električne energije, optimizacija časovne porabe večjih porabnikov ter nadgradnja sistema upravljanja z energijo. Na podlagi izvedene analize lahko potrdimo postavljeno hipotezo, da je naložba v sončno elektrarno MSE Šoštarko ekonomsko upravičena, saj se investicija povrne v približno osmih letih, hkrati pa zagotavlja dolgoročne finančne in okoljske koristi. Na podlagi izvedene raziskave lahko zaključimo, da sončna elektrarna MSE Šoštarko predstavlja uspešen primer uporabe obnovljivih virov energije ter pomembno prispeva k večji energetske neodvisnosti, zmanjšanju stroškov električne energije in trajnostnemu razvoju gospodinjstva.

6 VIRI IN LITERATURA

- ARSO. (2026a). *Letno povprečno trajanje sončnega obsevanja v Sloveniji (1981–2010)*. Pridobljeno 30. 4. 2026 iz https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/solar-radiation/mean-bright-sunshine-duration_year_81-10.png
- ARSO Meteo. (2026b). *Klimatološka povprečja 1981–2010*. Pridobljeno 30. 4. 2026 iz https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals_81_10/
- DS New Energy. (2026). *Sončna celica tipa MBB 12BB P Mono PERC*. Pridobljeno 15. 5. 2026 iz <https://si.dsnsolar.com/solar-cells/p-type/mbb-12bb-p-type-mono-perc-solar-cell.html>
- Elektro Ljubljana. (2020). Soglasje za priključitev 1208589-O / 1208589-P MSE Šoštarke. Ljubljana: Elektro Ljubljana, d. d.
- Energija Solar. (2026). *Vrste sončnih elektrarn*. Pridobljeno 15. 5. 2026 iz <https://www.energija-solar.si/38/vrste-soncnih-elektrarn>
- Europe-Solarstore. (2026). *SolarEdge SE15K - SetApp*. Pridobljeno 20. 5. 2026 iz <https://www.europe-solarstore.com/solaredge-se15k-setapp.html>
- Exe-Solar. (2026). *X-Line POLI 60 Polycrystalline 60 cells*. Pridobljeno 3. 6. 2026 iz https://www.pvxchange.com/mediafiles/pvxchange/attachments/EXE%20EX%20P%20156-60_EN.pdf
- Lenardič, D. (2012). *Fotonapetostni sistemi Priročnik, 2. razširjena in dopolnjena izdaja*. Ljubljana: Agencija Poti.
- Martinčič, V., Koprivšek, M., & Lebar, B. (2020). *Zaščita enosmernih tokokrogov v fotovoltaičnih elektrarnah*. Pridobljeno 15. 5. 2026 iz https://www.eti.si/images/userfiles/sl-SI/documents/media/zascita_enosmernih_tokogrogov.pdf
- Ministrstvo za infrastrukturo. (2019). *Uredba o spremembah Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije*. Pridobljeno iz Uradni list RS, št. 197/20: <http://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2019-01-0700>
- OpenAI. (2026). DALL·E [Orodje umetne inteligence za ustvarjanje slik]. Pridobljeno 26. 6. 2026 iz <https://chatgpt.com/>
- Papler, D. (2020). Enačbe [interno gradivo pri predmetu]. Ljubljana: ICES.
- PVGIS. (2026). *Photovoltaic geographical information system*. Pridobljeno 30. 4. 2026 iz https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Schrack. (2018). Večpolna shema MFE / AC STIKALNI BLOK + PVAC1 [Tehnična dokumentacija].
- SolarEdge. (2020). Pridobljeno 3. 6. 2026 iz SolarEdge Power Optimizers Installation Guide Version 1.2. MAN-01-00112-1.2 / Navodilo za namestitev Optimizatorjev SolarEdge: https://gridalternatives.org/sites/default/files/se_power_optimizers_installation_guide.pdf
- SolarEdge Monitoring. (2026). *SolarEdge Monitoring Platform (2026) – okoljevarstvena izkaznica MSE Šoštarke*. Pridobljeno 15. 5. 2026
- Sonce. (2025). *Kako deluje hibridna sončna elektrarna*. Pridobljeno 16. 5. 2026 iz <https://sonce.com/o-nas/pogosta-vprasanja/kako-deluje-soncna-elektrarna/>
- Tersus. (2026). *Net Metering*. Pridobljeno 20. 5. 2026 iz <https://tersus.si/sistem-net-metering>