

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko

LOKALNA SOPROIZVODNJA TOPLOTNE IN ELEKTRIČNE ENERGIJE

Seminarska naloga za predmet: **Razdelilna in industrijska omrežja**

Seminarsko nalogo izdelal: **ŽIGA STRELEC**

Izvajalec predmeta: Prof. dr. Grega Bizjak, univ. dipl. inž. el.

Študijsko leto **2017/18**

Povzetek

V tej nalogi je na kratko predstavljena lokalna soproizvodnja električne in toplotne energije. Gre za napravo, ki nam hkrati proizvaja električno in toplotno energijo in nam s tem maksimalno izkorišča primarni vir energije. Predstavljene so osnove soproizvodnje, načini delovanj, uporaba in ekonomičnost takšnih naprav.

Ključne besede: Soproizvodnja, električna energija, toplotna energija, SPTE

Kazalo

1. Uvod.....	4
2. Soproizvodnja toplotne in električne energije.....	5
2.1. Male SPTE.....	7
2.2. Velike SPTE.....	7
3. Ekonomska upravičenost gradnje SPTE	7
4. Stavbe primerne za SPTE.....	9
5. Vrste SPTE	10
5.1. SPTE z batnim motorjem.....	10
5.2. SPTE s plinsko turbino.....	10
5.3. SPTE s parno turbino.....	11
5.4. Ostali tipi SPTE	12
5.4.1. SPTE s Stirlingovim motorjem	12
5.4.2. SPTE na gorivne celice	13
5.4.3. SPTE na organski Rankinov cikel (ORC)	13
5.5. Izkoristki različnih vrst SPTE.....	14
6. Režimi obratovanj.....	15
7. Uporaba SPTE za systemske storitve.....	16
8. Zaključek.....	17
9. Vprašanja.....	18
10. Domača naloga.....	19
11. Viri	22

1. Uvod

Soproizvodnja toplote in električne energije (kratko sproizvodnja, kogeneracija ali SPTE) vključuje proizvodnjo električne energije in izkoriščanje toplote, ki pri tem nastane. Je ekonomičen način sočasnega pridobivanja toplote in električne energije, ki ima manj škodljivih učinkov na okolje kot običajni ločeni načini pridobivanja toplote in električne energije. [1]

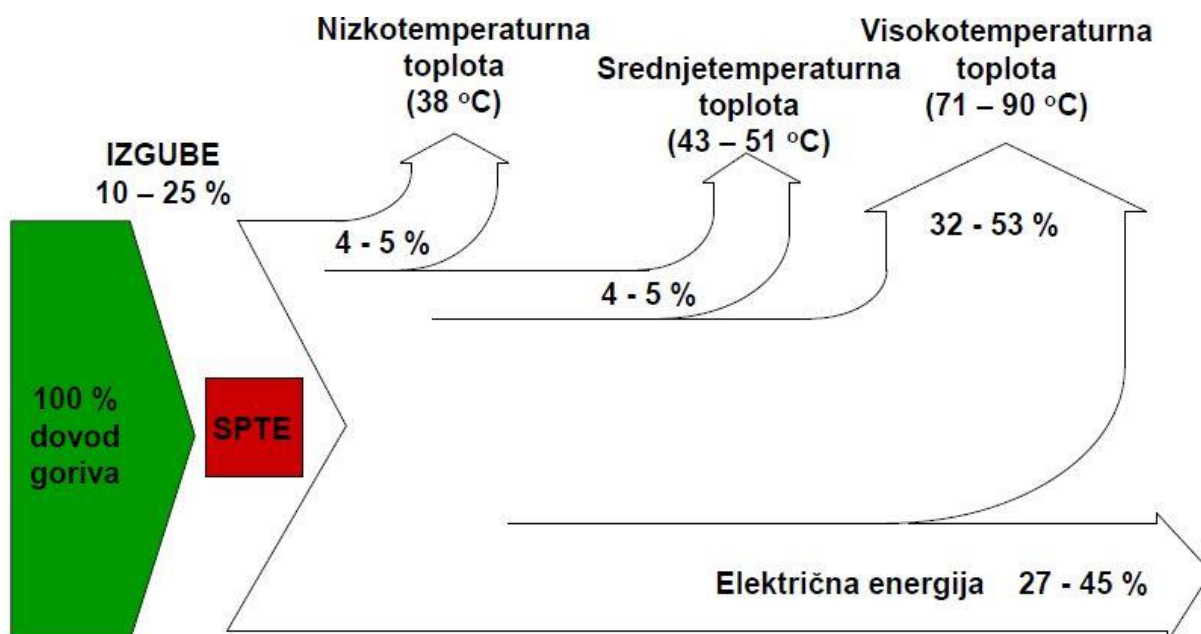
Najbolj značilne sproizvodnje so termoelektrarne-toplarne, katere istočasno proizvajajo električno in toplotno energijo. Toplota se izrablja bodisi za ogrevanje stavb s sistemom daljinskega ogrevanja ali za industrijske procese. Toploto v termoelektrarnah (TE) večinoma zavržejo kot odpadno toploto. Termoelektrarne zaradi tega izkazujejo nizek celotni izkoristek pretvorbe goriva v električno energijo (okrog 40%). Če koristno uporabimo tudi toploto, ki je nujni stranski proizvod proizvodnje električne energije je možno doseči celotni izkoristek pretvorbe celo do več kot 90 %. [3]

V seminarski nalogi sem se predvsem dotaknil lokalnih SPTE, katere so nameščene v večjih objektih in so namenjene za lokalno uporabo. Le te nam omogočajo proizvodnjo električne energije, katero lahko v celoti oddamo v elektrodistribucijsko omrežje ali jo porabimo za lastno rabo. Proizvedeno toplotno energijo uporabimo za ogrevanje ali pripravo sanitarne vode in za razne tehnološke procese v industriji. Največja prednost sproizvodnje je v zanesljivosti oskrbe z energijo in neodvisnosti njene proizvodnje od javnega omrežja. Takšni sistemi so odlična naložba za objekte, kjer je treba ogrevati prostore večjih površin. [2]

Zadnje zakonodajne spremembe EU zato predvidevajo obvezno preučitev možnosti uporabe sproizvodnje v vseh večjih elektrarnah (izgradnja v bližini večje industrije ali mest s sistemom daljinskega ogrevanja), slovenska zakonodaja pa že predpisuje obvezno izdelavo študije izvedljivosti sproizvodnje ali uporabe obnovljivih virov energije pri izgradnji in prenovi večjih objektov s površino nad 1.000 m². Zaradi najvišjega doseženega izkoristka izrabe vhodnega goriva je tehnologija sproizvodnje najprimernejša tehnologija pri uporabi fosilnih goriv, kot tudi obnovljivih virov. [1]

2. Soproizvodnja toplotne in električne energije

Soproizvodnja toplote in električne energije je sočasna proizvodnja toplote in električne energije pri enem samem procesu. Na ta način je mogoče optimalno izrabiti energijo, ki jo je mogoče pridobiti iz goriva. Sistemi SPTE lahko v električno energijo in uporabno toploto pretvorijo od 70 do 90 % energije goriva. To je več kot pri običajni proizvodnji električne energije, kjer je v klasičnih termoelektrarnah na premog izkoristek okrog 40%. Sistemi SPTE lahko delujejo na vsa fosilna goriva in obnovljive vire energije (npr. premog, biomasa, zemeljski plin, bioplin ali dizelsko gorivo). Njihova zanesljivost je na splošno dobra, s faktorji razpoložljivosti preko 90 %. Na spodnji sliki je diagram energijskih tokov običajne naprave manjše SPTE. [1]



Slika 2.0: Diagram energijskih tokov običajne manjše naprave SPTE [1]

Doseženi visoki izkoristki so veliko večji, kot pri konvencionalnih elektrarnah, kar zmanjšuje količino primarne energije potrebne za pokrivanje potreb po toploti in električni energiji. Z uporabo lokalnega sistema SPTE je mogoče stroške za električno energijo znatno znižati. Poraba goriva (tudi emisije CO₂ če gre za fosilni vir) na sami lokaciji se bo zaradi sistema SPTE sicer povečala, vendar pa se bo posredno zmanjšala raba primarne energije in emisije CO₂. Praviloma mora naprava obratovati približno 5.000 ur letno ali 14 do 16 ur na dan, da je ekonomična, vendar je to odvisno tudi od posameznega sistema, ter tehnološko ekonomskih pogojev v katerih deluje. Običajno je krajšo dobo vračanja, npr. okrog 5 let, mogoče doseči le,

če obstaja znatna raba procesne toplote in tople vode skozi vse leto, npr. za procese v industriji ali v bolnicah, hotelih bazenih in podobno.[1], [4]

Naprave SPTE delimo na različne velikostne razrede:

Mikro SPTE (do 50 kW električne moči):

- Motorji z notranjim izgorevanjem
- Stirlingovi motorji
- Mikro plinske turbine
- Gorivne celice

Majhna SPTE (manj kot 1 MW električne moči):

- Motorji z notranjim izgorevanjem
- Majhne plinske turbine (običajno 500 kW_e)
- Parni motorji in turbine

Velika SPTE (več kot 1 MW električne moči):

- Veliki batni motorji
- Velike plinske turbine
- Velike parne turbine
- Plinsko parne enote



Slika 2.1: Primer SPTE na zemeljski plin [5]

2.1. Male SPTE

Se najpogosteje priključi na obstoječe inštalacije v stavbi, njihov priklop in postavitve pa je smiselno predvideti že pri načrtovanju novih stavb. Majhen sistem ima električno moč do 1 MW in je običajno kompakten zaprt sistem, pogosto s plinskim batnim motorjem, pri čemer so vsi sestavni deli že pripravljene za priklop na centralno ogrevanje in električno omrežje v stavbi. V tem razredu so sedaj na voljo tudi majhne plinske turbine (mikro turbine), veliko pa obeta tudi razvoj gorivnih celic. [1],[2]

2.2. Velike SPTE

So običajno moči nad 1 MW električne moči in zasnovane posebej za posamezen namen uporabe. Pri večjih sistemih za samostojne stavbe (npr. bolnice, hotelski kompleksi), industrijska območja in daljinsko ogrevanje se uporabljajo plinske turbine ali veliki batni motorji, ki delujejo predvsem na zemeljski plin. Kadar je za pridobivanje pare potrebna velika količina toplote, se uporabljajo plinske turbine, vendar pa je njihovo vzdrževanje zahtevnejše in imajo nekoliko nižji električni izkoristek in slabši izkoristek pri delnih obremenitvah kot sistemi SPTE z motorjem z notranjim izgorevanjem. Dosegajo nižje emisije onesnaževanja zraka (predvsem NOx). Daljinsko ogrevanje s sproizvodnjo je še posebej učinkovit način za oskrbo s toploto večjih strnjjenih skupin komercialnih in stanovanjskih objektov. [1],[2]

3. Ekonomska upravičenost gradnje SPTE

Ekonomska upravičenost sistemov SPTE je močno odvisna predvsem od potrebne toplote kot tudi električne energije, pomembno pa vplivajo tudi cene električne energije in goriva. Za točno dimenzioniranje sistema in s tem določitev njegove končne upravičenosti je ključnega pomena priprava podrobnih profilov rabe toplote in električne energije. Naložba v sistem SPTE je lahko znatna, najhitreje pa se povrne z njegovim zadostnim obsegom obratovanja (neprekinjenim). Sistem v mirovanju namreč ne prinaša nobenih koristi, zato je pomembno, da obratuje čim več časa. To pa pomeni, da je treba kapaciteto sistema ustrezno uskladiti predvsem z osnovnimi toplotnimi, lahko pa tudi električnimi obremenitvami. Sistem sproizvodnje v stavbi je običajno dimenzioniran glede na potrebno toploto, saj ta na splošno predstavlja ključni omejitveni dejavnik. V praksi mora biti sistem sproizvodnje načrtovan z uporabo dnevnih diagramov rabe toplote in električne energije, saj to omogoča natančno določitev dejanske količine toplote in električne energije, ki jih je mogoče dobaviti stavbi. Ustrezna regulacija in nadzor delovanja predstavljata ključni dejavnik pri doseganju ekonomičnosti in dobrega obratovanja sistema. Če

je le mogoče je smiselna vgradnja hranilnika toplote, saj to zgladi diagram proizvodnje toplote prav tako pa lahko znatno vpliva na ekonomiko sistema soproizvodnje, saj ne prihaja do odpadne toplote. Pri sistemu SPTE želimo porabiti čim manj primarnega vira za proizvodnjo toplotne in električne energije oz. primarni vir optimalno izkoristiti. Če pri SPTE zmanjšamo porabo primerne vira od porabe primarnega vira pri ločeni proizvodnji toplotne in električne energije, smo na ta način prihranili tudi denar. Prihranek primarne energije lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$\text{Prihranek primarne energije} = 1 - \left(\frac{1}{\frac{\eta_{SPTE,T}}{\eta_{REF,T}} + \frac{\eta_{SPTE,E}}{\eta_{REF,E}}} \right) \times 100\%$$

$\eta_{SPTE,T}$ – toplotni izkoristek SPTE

$\eta_{SPTE,E}$ – električni izkoristek SPTE

$\eta_{REF,T}$ – referenčna vrednost izkoristka ločene proizvodnje toplote

$\eta_{REF,E}$ – referenčna vrednost izkoristka ločene proizvodnje električne energije

Prihranke zaradi delovanja sistema SPTE je mogoče doseči kadar je vrednost proizvedene električne energije in toplote večja od stroškov investicije in stroškov obratovanja, oz. stroškov porabljenega goriva in vzdrževanja naprave, kar pa je v največji meri odvisno od razmerja cene goriva in električne energije. [1]

Predno se odločimo za izgradnjo SPTE se moramo vprašati nekaj vprašanj. V začetni fazi je najpomembnejše rešiti vprašanja, povezana z dobavo goriva in njegovo dolgoročno ceno. Če dobava goriva ni zagotovljena ali ne pokriva potreb, lahko projekt zaradi dodatnih stroškov priklopa postane neekonomičen. Opraviti je tudi potrebno pogovor z upravljavcem distribucijskega električnega omrežja, saj so lahko možnosti priklopa na omrežje omejene. Stroški so lahko zaradi specifičnosti lokalnega omrežja, precej višji od pričakovanih. Za namestitev sistema SPTE je potreben prostor z dobrim prezračevanjem. Prav tako je treba pozornost posvetiti hrupu in vibracijam, saj bo morda prav zaradi njih treba namestiti sistem izven glavne stavbe, da bi se s tem izognili motnjam. Da bi se izognili hrupu in zadostili vsem emisijskim predpisom je treba primerno poskrbeti tudi za odvod oziroma čiščenje dimnih plinov. Največja past s katero so se soočili številni investitorji, pa verjetno predstavlja priključitev sistema soproizvodnje na ogrevalni sistem in namestitev ustreznih regulacijskih in nadzornih sistemov, ki zagotavljajo, da je sistem SPTE vedno vodilni vir ogrevanja. Potrebno je ustrezno uravnoteženje in povezovanje z obstoječim kotlom ter usklajenost delovanja nadzornega sistema SPTE ter nadzornega sistema centralnega ogrevanja. [1],[4]

4. Stavbe primerne za SPTE

Nekatere stavbe so primerne za sistem SPTE medtem ko druge sploh niso primerne. V nadaljevanju je navedenih nekaj primerov stavb, ki so na podlagi izkušenj primerne za SPTE. Podan je tudi krajši opis zakaj so te stavbe primerne za tak sistem. [1]

Plavalni bazeni: redna raba toplotne energije za ogrevanje bazenov in sanitarne vode. Potreba po električni energiji za napajanje črpalk.

Bolnice: 24-urno delovanje. Visoka potreba po topli sanitarni vodi in toplih prostorih. Velika poraba električne energije, SPTE je lahko tudi rezervni vir napajanja za kritične procese.

Domovi za starejše: Visoka potreba po topli sanitarni vodi in bolj ogrevani prostori.

Rekreacijski centri: Delovanje od zgodaj zjutraj do pozno zvečer. Potreba po topli sanitarni vodi in ogrevanje prostorov.

Hoteli: Dolgo dnevno obratovanje ali 24 urno obratovanje. Visoke potrebe po topli sanitarni vodi in ogrevanje prostorov za udobje strank.

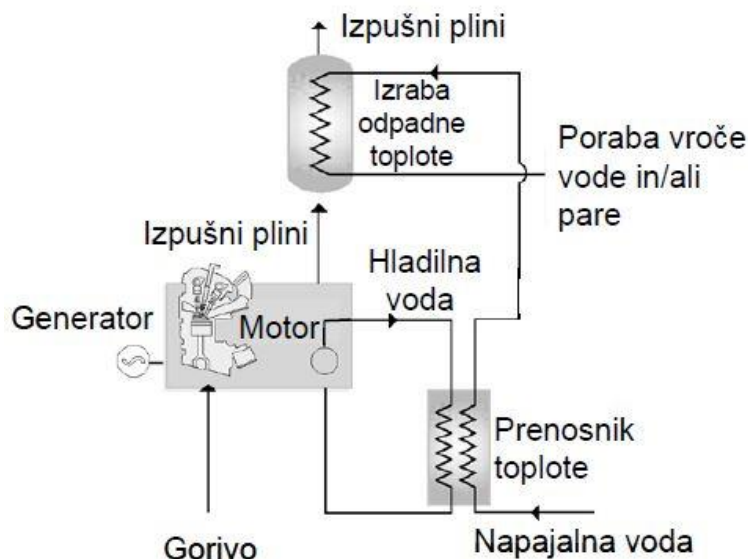
Seveda je soproizvodnja še posebej primerna za industrijo ter povsod tam, kjer je velika potreba po vroči vodi in toploti.

5. Vrste SPTE

Soproizvodnje so lahko različnih vrst glede na način primarnega medija in stroja (načina) s katerim ta medij pretvorijo v električno in toplotno energijo. V nadaljevanju je na kratko opisanih nekaj najpogostejših tipov SPTE.

5.1. SPTE z batnim motorjem

Večina majhnih sistemov soproizvodnje temelji na zaprtih enotah s plinskim batnim motorjem z notranjim izgorevanjem. Motor se uporablja za pogon električnega generatorja, toplota pa se pridobiva iz odpadne toplote izpušnih plinov in hladilnih sistemov motorja. Omenjeni sistemi se pogostokrat uporabljajo v kompaktnih modularnih postavitvah zraven kotlovnice. Batni motorji delujejo na tekoča ali plinska goriva, kot so dizel, zemeljski plin ali bioplin, in so običajno na voljo z močmi od 1 do 4.000 kW električne moči. Motorji z notranjim izgorevanjem imajo večji električni izkoristek kot turbine, vendar pa na splošno proizvajajo toploto na nižjem temperaturnem nivoju in so zaradi tega zelo primerni za uporabo v stavbah. Uporabno razmerje toplota/električna energija je običajno v območju 1:1 pri večjih motorjih, ki dosegajo električne izkoristke preko 40%. Pri mikro motorjih pa je to razmerje toplote in električne moči 2:1. Večina enot lahko obratuje tudi pri delnih obremenitvah, njihov izkoristek pri delni obremenitvi pa je na splošno dober.[1]

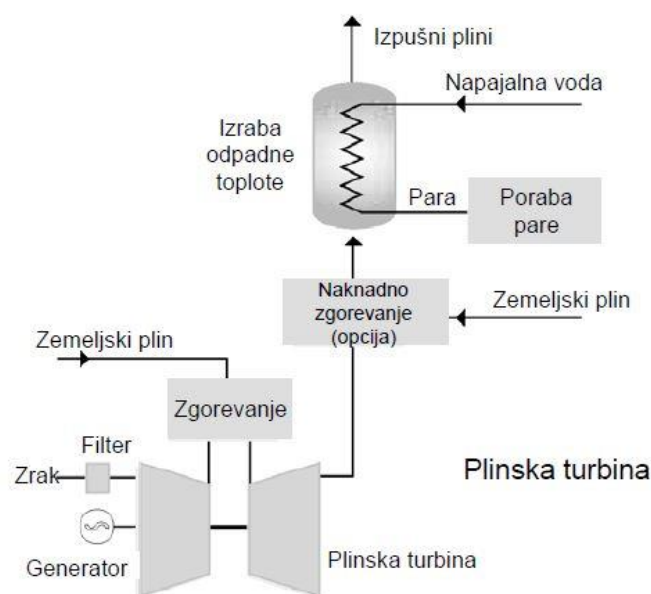


Slika 5.1.1: Izmenjava toplote pri batnem motorju SPTE [1]

5.2. SPTE s plinsko turbino

V zadnjih letih se plinske turbine pogostokrat uporabljajo za pogon velikih sistemov SPTE. Običajno gre za industrijske naprave, vendar pa so na trgu na voljo tudi manjše enote, ki se začnejo pri 400 kW električne moči. Turbine delujejo na plin ali dizelsko gorivo in oddajajo

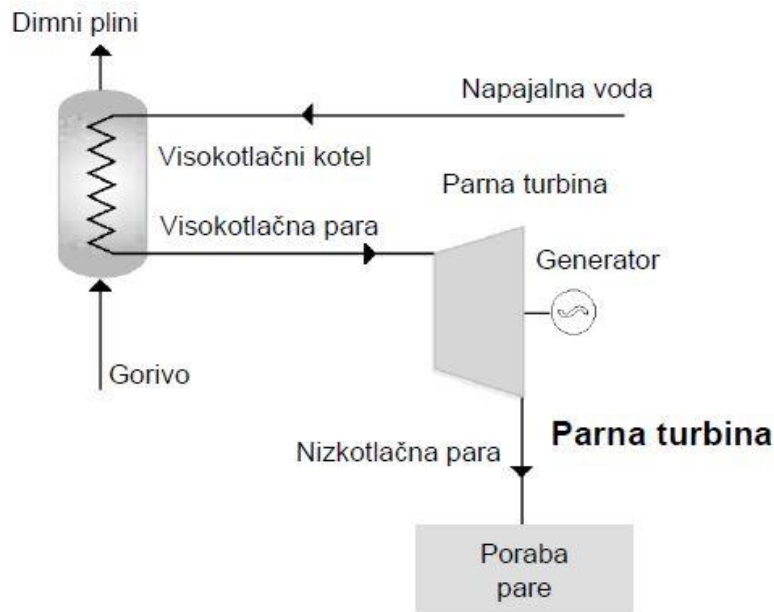
toploto pri višjih temperaturah kot večina motorjev. Temperatura dimnih plinov, odvedenih iz turbine, je od 450 do 550°C, zaradi česar so plinske turbine še posebej primerne za pridobivanje pare. Čeprav njihov izkoristek pri delni obremenitvi ni tako visok kot pri sistemih z motorjem, se uporabljajo tudi v številnih sistemih, namenjenih oskrbi s toploto večjega števila stavb (npr. bolnice). Pomembna prednost turbin so manjše emisije onesnaževanja zraka, predvsem emisij NOx. Od konca devetdesetih let prejšnjega stoletja so na voljo tudi mikro turbine, kjer je razpon moči enot od 30 do približno 350 kW električne moči. Mikro turbine zavzamejo manj prostora kot običajni motorji, nižji pa so tudi stroški vzdrževanja. Električni izkoristki so običajno nižji kot pri motorjih z notranjim izgorevanjem, pri novejših regeneracijskih plinskih turbinah pa se tudi že približujejo 40%. [1]



Slika 5.2.1: SPTE s plinsko turbino in izmenjavo toplote [1]

5.3. SPTE s parno turbino

Parne turbine so dolga leta predstavljale najpogostejšo vrsto tehnologije v velikih sistemih SPTE. Običajno jih povezujemo z velikimi termo elektrarnami, vendar pa se pogostokrat uporabljajo tudi v manjših enotah, ki se začnejo pri 500 kW električne moči ali manj. Celoten izkoristek je običajno zelo velik, tudi do 90 %, električni izkoristek pa nižji (od 10 % do 35 %). Parne turbine delujejo v sistemih na trdna, tekoča in plinasta goriva, tako s fosilnimi, kot tudi obnovljivimi viri energije. Običajno razmerje med toploto in električno energijo parnih turbin je okoli 3,5:1 (pri manjših enotah je razmerje večje do 6:1). [1]



Slika 5.3.1: SPTE s parno turbino in izmenjava toplote [1]

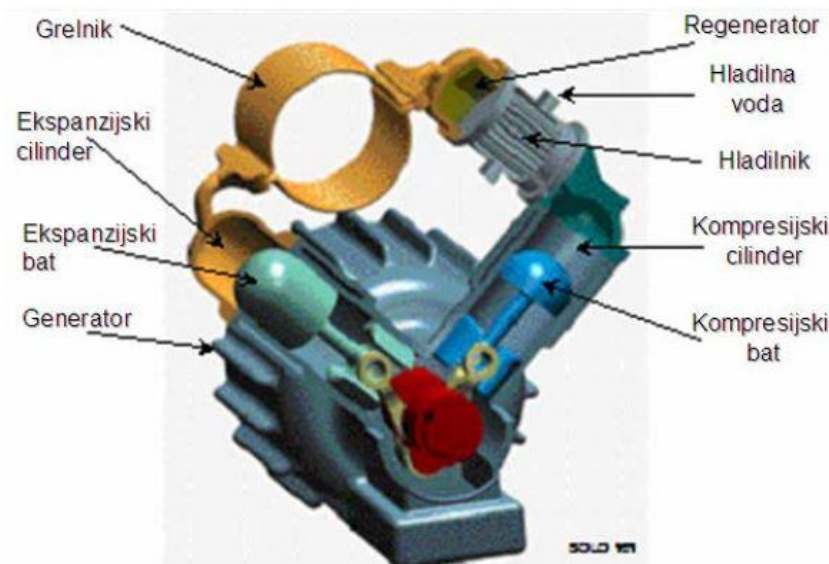
5.4. Ostali tipi SPTE

Zraven že prej omenjenih tipov SPTE poznamo še tri tipe, kateri so bolj redke izvedbe ali pa še prodirajo na trg. Poznamo še:

- SPTE s Stirlingovim motorjem
- SPTE na gorivne celice
- SPTE na biomaso

5.4.1. SPTE s Stirlingovim motorjem

Za zelo majhne sisteme (med 1 in 100kW električne energije) se lahko uporabljajo Stirlingovi motorji. Takšen tip motorja se precej razlikuje od klasičnega batnega motorja. Gre za motor z zunanjim izgorevanjem. Stirlingov motor ima manj gibljivih delov kot klasični motorji. Nima ventilov, ročic, vbrizgavanja goriva ali sistemov prisilnega vžiga. Zaradi tega je tišji od navadnega motorja in ne zahteva pogostega vzdrževanja. Takšen tip motorja najdemo v gospodinjskih SPTE napravah.



Slika 5.4.1: Stirlingov motor [1]

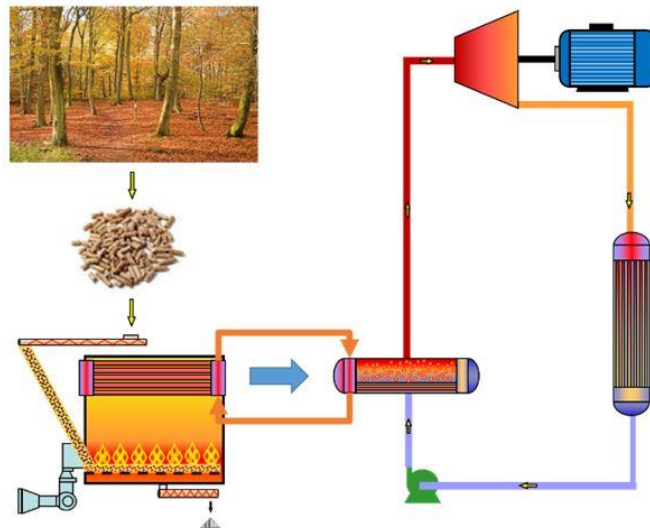
5.4.2. SPTE na gorivne celice

Na področju soproizvodnje najdemo tudi sisteme kateri uporabljajo gorivne celice, vendar še niso pripravljeni za globalno komercialno uporabo. Gorivne celice pretvarjajo kemično energijo vodika in kisika neposredno v električno energijo brez zgorevanja in premikajočih se mehanskih delov. Podobne so baterijam, vendar vodik in kisik nista shranjena v sami gorivni celici, kar omogoča neprekinjeno delovanje vse dokler so prisotne kemikalije. Običajno se kisik dovaja neposredno iz zraka, tako da je treba skladiščiti le gorivo. Skupni izkoristek sistemov soproizvodnje dosega od 85 do 90 %, razmerje med toploto in električno energijo pa je v območju 2:1. Pri novejših sistemih pa se povečuje v korist električne energije. Po celem svetu je bilo nameščenih že več tisoč sistemov z gorivnimi celicami (v bolnicah, domovih za ostarele, hotelih, poslovnih stavbah, šolah), ki so z namenom zagotavljanja dodatne električne energije priključeni na električno omrežje, obenem pa služijo tudi kot rezervni vir energije, ali pa so nameščeni kot neodvisni generatorji in proizvajajo električno energijo na območjih, kjer ni distribucijskega električnega omrežja. Delujejo neslišno in tako zmanjšujejo obremenitev s hrupom, pa tudi onesnaženost zraka.

5.4.3. SPTE na organski Rankinov cikel (ORC)

Organski Rankinov cikel (ORC) je podoben ciklu običajne parne turbine. Razlikuje se le po delovni tekočini, ki poganja turbino. Gre za organsko tekočino z veliko molekulsko maso, ki omogočajo učinkovito izkoriščanje nizkotemperaturnih virov toplote za proizvodnjo električne in toplotne energije. Takšen tip SPTE naprave se običajno uporablja v naslednjih primerih:

- geotermalne naprave z nizko temperaturo medija, do 3 MW električne moči na enoto,
- naprave na lesno v obsegu električne moči od 400 do 2.000 kW,
- naprave za izrabo odpadne toplote v obsegu električne moči od 400 do 1.500 kW,
- solarne naprave (kot vir toplote).



Slika 5.4.2: SPTE na lesno biomaso (shematski prikaz) [6]

5.5. Izkoristki različnih vrst SPTE

Pri različnih izvedbah SPTE naprav imamo različne izkoristke. Spodnja slika 5.4.3 prikazuje električni, toplotni in skupni izkoristek vsake izvedbe. Izkoristki se gibajo znotraj zapisanih vrednosti in so od sistema do sistema različni.

Vrsta sistema	η_{el}	η_{top}	η_{skupni}
Plinski motor	27-49 %	44-52 %	75-90 %
Dizelski motor	35-45 %	40-48 %	60-85 %
Parni motor	12-17 %	50-72 %	75-85 %
Parna turbina	10-35 %	50-72 %	65-90 %
Plinska turbina	15-40 %	40-70 %	65-80 %
Stirlingov motor	10-25 %	60-70 %	70-90 %
Turbina ORC	14-18 %	50-75 %	70-85 %
Gorivne celice	35-60 %	35-45 %	80-90 %

Slika 5.4.3: Izkoristki glede na vrsto SPTE [1]

6. Režimi obratovanj

Glede na uravnavanje električne in toplotne energije poznamo nekaj osnovnih režimov obratovanj SPTE naprav, ki so navedeni v nadaljevanju. [1]

Režim delovanja glede na potrebe po toploti:

Pri tem obratovanju je proizvedena toplotna energija SPTE naprave v vsakem trenutku enaka porabi toplotne energije v sistemu. Če imamo pri tem obratovanju preveč električne energije jo oddamo v omrežje, če pa je imamo premalo pa jo dobavimo iz omrežja.

Režim delovanja glede na potrebe po električni energiji:

Proizvedena električna energija je v vsakem trenutku enaka porabljeni električni energiji. Če imamo pri tej proizvodnji preveč toplote jo oddamo v okolje ali shranimo v hranilniku toplote. Pri premalo toplote pa le to nadoknadimo s kotlom.

Mešani režim delovanja:

Pri tem obratovanju SPTE kombiniramo proizvodnjo toplotne in električne energije. Odločitev o obratovanju se dnevno spreminja in je odvisna od cen goriva, cen električne energije, potrebe po toploti ali električni energiji in podobno.

Samostojen otočni režim:

Tukaj SPTE ni povezana z omrežjem. V vsakem trenutku mora biti sposobna proizvesti dovolj električne in toplotne energije za celoten sistem. Zaradi tega moramo imeti še električne in toplotne rezerve v primeru okvar ali ustavitve. To podraži investicijo.

7. Uporaba SPTE za sistemske storitve

Električna energija spada med eno najpomembnejših dobrin modernega časa, vendar je ni mogoče ekonomsko shranjevati, zaradi česar morata biti proizvodnja in poraba električne energije vedno uravnoteženi. Zaradi vedno večjega števila obnovljivih virov električne energije v elektro energetskega sistemu vse težje zagotavljamo trenutno potrebno električno energijo odjemalcem. Na podlagi tega se vedno bolj uveljavljajo virtualne elektrarne. Virtualna elektrarna predstavlja enega glavnih gradnikov pametnega elektroenergetskega omrežja prihodnosti. Tvori jo napreden računalniški sistem, ki omogoča dobavitelju električne energije učinkovito upravljanje z vedno številčnejšimi in nepredvidljivimi obnovljivimi viri. Na ta način z manjšimi razpršenimi viri ali porabniki lahko vplivamo na potrebe po električni energiji. Principi delovanja virtualne elektrarne so lahko zelo različni, od najpreprostejšega prilagajanja proizvodne enote, vse do tržno ali subvencijsko naravnane prilagajanja odjema [7].

Kogeneracijske naprave (SPTE) lahko uporabljamo kot dodatne vire električne energije, predvsem v času ko je potrebno takojšnje povečanje električne energije v omrežju (v času konic). Našo napravo zaženemo, ko to od nas zahteva sistemski operater. Prednost SPTE naprav je ta, da se hitro zaženejo in delujejo na polni moči. So hitro odzivne in se z lahkoto prilagajajo potrebam v omrežju. Tako nudimo sistemskemu operaterju omrežja sistemske storitve in zato dobimo plačano po naprej dogovorjeni ceni. Kjer imamo kogeneracijo samo kot rezervni vir napajanja na ta način še dodatno zaslužimo in naredimo investicijo bolj ekonomsko upravičeno.

Pri virtualnih elektrarnah poznamo še prilagajanje odjema pri čemer vklopimo ali izklopimo določeni porabnik glede na zahteve sistema operaterja. Takšni sistemi se uporabljajo predvsem v industriji vendar že potekajo projekti s katerimi se testira aktivna vključitev gospodinskih odjemalcev v elektro energetskega sistem.

8. Zaključek

Kot je razvidno so sistemi SPTE dobra investicija za večje objekte. Pogoje je, da pred odločitvijo za ta sistem preučimo vse dejavnike, kateri vplivajo na izkoriščenost SPTE naprave. Le s pametno izbiro in dobrim načrtovanjem lahko maksimalno izkoristimo napravo in s tem dosežemo željene prihranke.

Prednosti SPTE sistemov so predvsem nižji stroški oskrbe z energijo, prihranki primarnega vira energije (do 30%), manjši izpusti CO₂ in izboljšana zanesljivost sistema. Vendar zraven prednosti takšnih sistemov obstajajo tudi slabosti na katere moramo paziti če želimo, da je naš sistem ekonomičen. Naši prihranki se zmanjšajo, če se toplota ne izkorišča. Naš sistem mora obratovati čim več časa saj so od tega odvisni prihranki. Prihranki se lahko tudi dinamično spreminjajo od odvisnosti cen energentov.

Menim, da bodo v prihodnosti enote SPTE vedno bolj prodirale tudi na manjše objekte. Problem, ki ga vidim pri tem je predvsem povezan s stroški obratovanja in rednim vzdrževanjem. Trenutno se vse nagiba k IOT tehnologiji zaradi tega menim, da bo to tudi vplivalo na lažjo uporabo in razširjenost SPTE sistemov.

9. Vprašanja

1. Kaj pomeni kratica SPTE in kako še drugače imenujemo takšne naprave?

O: Kratica SPTE pomeni Soproizvodnja Toplotne in Električne energije. Takšne naprave drugače še imenujemo: kogeneracija ali krajše soproizvodnja.

2. Naštej tri prednosti SPTE.

O: boljši izkoristek primarnega energenta, zmanjšanje izpustov CO₂ (zaradi manjše porabe primarnega energenta), nižji stroški oskrbe z energijo (za investitorja)

3. Naštej tri slabosti SPTE.

O: velika začetna investicija, prihranki so odvisni od časa obratovanja naprave, prihranki se dinamično spreminjajo odvisno od cen energentov.

4. Naštej nekaj primernih ustanov (zgradb), kjer je smiselna uporaba SPTE.

O: Bolnice, trgovski centri, šole, domovi za starejše, hoteli.

5. V čem je glavna razlika med SPTE z običajno parno turbino in SPTE z organskim Rankinovim ciklom?

O: Organski Rankinov cikel (ORC) je podoben ciklu običajne parne turbine. Razlikuje se le po delovni tekočini, ki poganja turbino. Gre za organsko tekočino z veliko molekulsko maso, ki omogočajo učinkovito izkoriščanje nizkotemperaturnih virov toplote za proizvodnjo električne in toplotne energije.

10. Domača naloga

Pripravite prvo oceno izvedljivosti soproizvodnje z orodjem SmartCHP –spin your CHP, ki je online dostopno na naslednji povezavi:

<http://www.code2-project.eu/smartchp-beta-version/>

Vhodni podatki:

- Letna poraba toplote: 14.500 MWh/leto
- Letna poraba električne energije: 13.400 MWh/leto
- Cena električne energije: 75 €/MWh
- Cena zemeljskega plina: 61 €/MWh

Preveri ekonomičnost projekta soproizvodnje:

- brez podpore
- z upoštevanjem obratovalne podpore v višini 30 EUR/MWh

Lahko se poigrate s svojimi podatki in opazujete spreminjanje rezultatov glede na spreminjanje vhodnih podatkov.

Navodila za pomoč pri reševanju naloge

Spletno orodje SmartCHP – spin your CHP omogoča prvo hitro oceno izvedljivosti in donosnosti vgradnje soproizvodnje toplote in električne energije. Orodje omogoča določitev ustrezne velikosti in donosnosti primerne proizvodne naprave SPTE na podlagi vnosa minimalnega nabora vhodnih podatkov: obseg rabe električne energije in toplote, profil rabe toplote aktualnega objekta (stavbe, podjetje, pisarne itd.), cene energije in višino podpor. Glavna prednost orodja je enostavna analiza občutljivosti na spremembe vseh glavnih parametrov projekta z uporabo drsnikov in gumbov ter pregledni grafični prikaz rezultatov. Pri tem ne smemo pozabiti, da gre samo za hitro grobo oceno, ali je projekt soproizvodnje donosen ali ne. Če so končni rezultati pozitivni se je smiselno posvetovati s strokovnjakom glede izvedbe podrobnejše študije izvedljivosti. Orodje SmartCHP je prednostno namenjeno oceni in načrtovanju manjših proizvodnih naprav soproizvodnje, za večje in bolj kompleksne proizvodne pa je potrebno uporabiti bolj zmogljiva orodja.

Na spodnji sliki 10.1 vidimo prvo in osnovno stran programa. Zgoraj označeno z zeleno barvo imamo več zavihkov. Slika 10.1 prikazuje prvi zavihek. Tukaj vnesemo podatke o rabi električne energije in koristne toplote ter vrsto objekta (pisarne, šole, poslovne stavbe, športni centri, bolnice hoteli, podjetja). Na podlagi vnesenih podatkov orodje poda glavne parametre predlagane ustrezne proizvodne naprave SPTE: električno in toplotno moč, obratovalne ure in investicijske stroške.

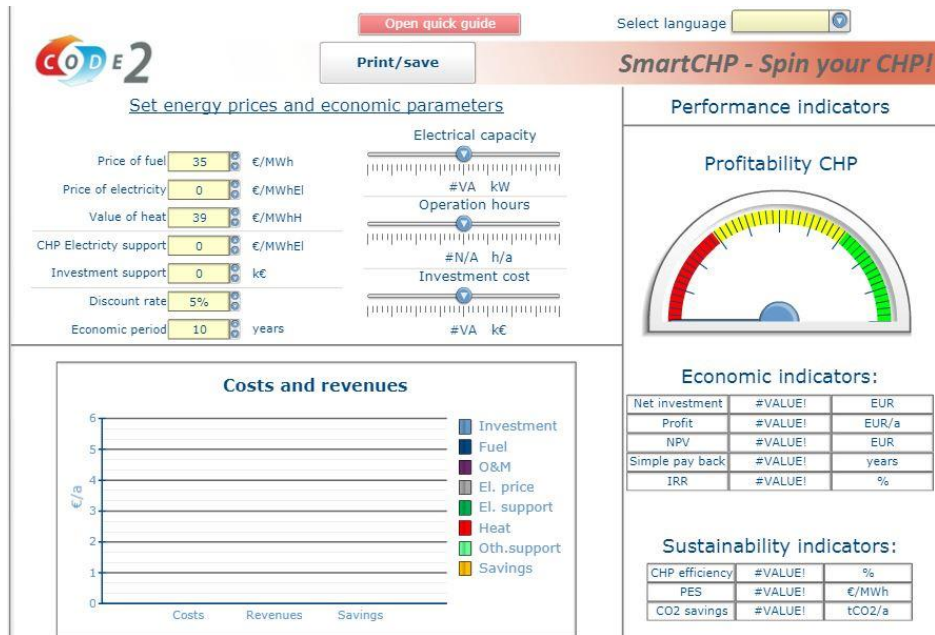
V drugem zavihku kar prikazuje slika 10.2 vnesemo naslednje parametre:

- Cena goriva za SPTE
 - Vrednost električne energije SPTE: vrednost električne energije, ki jo SPTE nadomešča (nabavna cena z omrežnino) ali prodajna cena, če se vsa električna energija prodaja v omrežje.
 - Vrednost toplote SPTE - avtomatsko določena na podlagi cene goriva za SPTE in 90% izkoristka pretvorbe
 - Podpora električni energiji SPTE: prejeta dodatna podpora proizvedeni električni energiji (€/MWh).
 - Investicijska podpora: prejeta dodatna investicijska podpora za izvedbo projekta SPTE.
 - Parametri za ekonomsko vrednotenje projekta: diskontna stopnja in ekonomska doba projekta
- Ko vnesemo vse parametre dobimo v tretjem zavihku rezultate.

The screenshot shows the SmartCHP web application interface. At the top, there is a navigation bar with tabs: "Understand CHP and start Smart", "Set energy prices and spin", "Results page", and "Disclai...". The main content area includes a logo for "CODE 2" and a heading "SmartCHP - Spin your CHP!". Below this, there is a paragraph explaining CHP (Co-generation or Combined Heat and Power) and its benefits. A diagram illustrates the energy flow: a "Power plant" provides "Electricity" to a "Boiler", which then provides "Heat" to "Industry, services, households", and finally "Electricity & Heat" to a "CHP" unit. The interface also features two input sections: "Set your energy demand" with fields for Electricity (MWh/a), Heat (MWh/a), and Thermal profile (#N/A); and "CHP unit parameters" with a table for Electrical capacity, Heat capacity, Operation hours, and Investment cost.

CHP unit parameters		
Electrical capacity	#N/A	kW electric
Heat capacity	#N/A	kW heat
Operation hours	#N/A	h/a
Investment cost	#N/A	k€

Slika 10.1: Spletno orodje SmartCHP – spin your CHP [8]



Slika 10.2: Spletno orodje SmartCHP – spin your CHP [8]

11. Viri

[1] Interno gradivo SPTE European energy manager

[2] ECE Dosegljivo:

<https://www.ece.si/dom/ustvarjanje-energije/spte/>

[Dostopano: 3.5.2018]

[3] Soproizvodnja, Dosegljivo:

https://sl.wikipedia.org/wiki/Soproizvodnja_toplote_in_elektri%C4%8Dne_energije

[Dostopano: 3.5.2018]

[4] Energen, Dosegljivo:

http://www.energen.si/soproizvodnja/kaj_je_soproizvodnja_/

[Dostopano: 4.5.2018]

[5] Lontech, Dosegljivo:

http://www.lontech.si/spte_zemeljski_plin

[Dostopano: 15.5.2018]

[6] Esco, Dosegljivo:

<http://www.esco.rs/images/ORC.png>

[Dostopano: 15.5.2018]

[7] Virtualna elektrarna-realnost ali utopija, P.Nemček, Ljubljana 2011 Dosegljivo:

http://www.cigre-cired.si/Images/files/documents/10_konferenca_Ljubljana_2011/2011-CIGRESKC5-12.pdf

[Dostopano: 18.5.2018]

[8] Smart CHP tool CODE 2, Dosegljivo:

<http://www.code2-project.eu/smartchp-beta-version/>

[Dostopano: 17.5.2018]