



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Orodjarstvo

## **PAROVODNA OSKRBA INDUSTRIJSKIH OBJEKTOV V LJUBLJANI**

Mentor: mag. Matija Tacer

Lektorica: Lucija Hrženjak, prof. slov. in biol.

Kandidat: Dušan Narat

Ljubljana, november 2018

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, mag. Matiju Tacerju, za usmeritve in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi mentorju, Igorju Turku, univ. dipl. inž. str., iz podjetja Energetika Ljubljana, d. o. o., za nasvete in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici Luciji Hrženjak, ki je moje diplomsko delo jezikovno in slovnično pregledala.

## **IZJAVA**

»Študent Dušan Narat izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Matija Tacerja.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

Proizvodnja in distribucija tehnološke pare v Ljubljani imata za industrijske odjemalce velik pomen. Da odjemalcem zagotovimo čim bolj kakovostno in suho paro, moramo upoštevati pomembne elemente v celotnem procesu. S pravilnim dimenzioniranjem parovoda in nemotenim delovanjem odvajalnikov kondenzata kakovost lahko zagotovimo.

Z lastnimi izkušnjami in z nalogami upravljanja z distribucijskim omrežjem Energetike Ljubljana, d. o. o., bomo predstavili in opisali proizvodnjo pare, distribucijsko omrežje in težavo z zagotavljanjem kakovostne pare za odjemalca Jata Emona pri proizvodnji močnih krmil.

## **KLJUČNE BESEDE**

- parovodno omrežje
- parni kotel
- odvajalniki kondenzata
- kondenzat

## **ABSTRACT**

The generation and distribution of the technological steam is of outstanding importance for the industrial clients. To ensure them the Quality and dry steam, we must consider the significant elements in the entire production process. With the correct dimensioned steam water network and the correct functioning of the condensate draining, we can ensure and maintain the Quality of the steam.

With my working experience on the distribution network of Energetika Ljubljana, d.o.o., i will present and describe you the generation of steam, its distribution and the problems with the quality assurance of the technological steam for our clien Jata Emona.

## **KEYWORDS**

- Steam-water network
- Steam boiler
- Condensate
- Condensate draining devices

## KAZALO

|     |  |                                       |
|-----|--|---------------------------------------|
| 1   | UVOD .....   | 1                                     |
| 1.1 | Predstavitev problema.....                                 | 1                                     |
| 1.2 | Cilji naloge .....   | 1                                     |
| 1.3 | Predstavitev okolja .....                                  | 1                                     |
| 1.4 | Predpostavke in omejitve .....                             | 2                                     |
| 1.5 | Metode dela .....  | 3                                     |
| 2   | SPLOŠNO O PARI.....  | 3                                     |
| 2.1 | Para .....   | 3                                     |
| 2.2 | Kondenzat.....   | 5                                     |
| 2.3 | Parni sistem .....   | 6                                     |
| 2.4 | Uporabniki pare.....                                       | 8                                     |
| 2.5 | Parni kotli .....  | 8                                     |
| 2.6 | Tehnološki proces pridobivanja pare v Energetiki           | <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b> |
| 3   | OPIS SISTEMA Z VIROM PARE TE-TOL IN TOŠ ... ..             | 12                                    |
| 3.1 | Enota TE-TOL .....   | 12                                    |
| 3.2 | Enota TOŠ .....  | 14                                    |
| 3.3 | Opis delovanja kotla 1 in 2 v TE-TOL .....                 | 14                                    |
| 4   | PAROVODNO OMREŽJE IN ODJEMALCI ....                        | <b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b> |
| 4.1 | Parovodno omrežje .....                                    | 17                                    |
| 4.2 | Parovodno omrežje TE-TOL in odjemalci .....                | 17                                    |
| 4.3 | Parovodno omrežje TOŠ in odjemalci .....                   | 20                                    |
| 5   | PREDSTAVITEV PROBLEMA NA PAROVODU .....                    | 21                                    |
| 6   | IZDELAVA PROJEKTA IN TEHNIČNA IZBOLJŠAVA NA PAROVODU ..... | 22                                    |
| 6.1 | Izdelava projekta .....                                    | 22                                    |
| 6.2 | Tehnična izboljšava.....                                   | 25                                    |
| 7   | KLJUČNI ELEMENTI PAROVODA .....                            | 29                                    |
| 7.1 | Postavitev parovoda.....                                   | 29                                    |
| 7.2 | Odvajalniki kondenzata .....                               | 30                                    |
| 7.3 | Zaporni ventili.....                                       | 31                                    |
| 7.4 | Izolacija .....  | 32                                    |
| 8   | DELOVANJE ODVAJALNIKA KONDENZATA GESTRA.....               | 33                                    |
| 9   | ZAKLJUČEK .....  | 35                                    |
| 10  | LITERATURA IN VIRI .....                                   | 36                                    |

## KAZALO SLIK

|   |    |
|---|----|
| Slika 1: Jata Emona Ljubljana .....                   | 2  |
| Slika 2: Agregatna stanje vode .....                  | 4  |
| Slika 3: Najpreprostejši prikaz pare – kuhanje .....  | 4  |
| Slika 4: Izpust kondenzata .....                      | 6  |
| Slika 5: Parni sistem .....                           | 7  |
| Slika 6: Parni kotel v TOŠ .....                      | 10 |
| Slika 7: Zaslona - obratovanja parnega kotla .....    | 12 |
| Slika 8: Parne postaje – TE-TOL .....                 | 14 |
| Slika 9: Parne postaje – TOŠ .....                    | 15 |
| Slika 10: Razvod pare v UKC Ljubljana .....           | 19 |
| Slika 11: Razvod pare in vročevoda TE-TOL / UKC ..... | 20 |
| Slika 12: Prekinitelj parovoda pred Jata Emona .....  | 22 |
| Slika 13: Dovod pare v kondicioner v Jata Emona ..... | 24 |
| Slika 14: Parovodni jašek .....                       | 25 |
| Slika 15: Načrt izboljšave .....                      | 28 |
| Slika 16: Parovod – izvedba drenaže .....             | 29 |
| Slika 17: Odvajalniki kondenzata v jašku .....        | 30 |
| Slika 18: Zaporni ventil Klinger .....                | 31 |
| Slika 19: Izolirana parna cev .....                   | 32 |
| Slika 20: Termostatski odvajalnik BK .....            | 34 |
| Slika 21: Termostatski odvajalnik BK - prerez .....   | 34 |

## KAZALO TABEL

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Tabela 1: Uporabniki pare ..... | 8 |
|---------------------------------|---|

## KRATICE IN AKRONIMI

|         |  |
|---------|--|
| TE-TOL: | Termoelektrarna Toplarna Ljubljana         |
| TOŠ:    | Toplarna Šiška                             |
| MOL:    | Mestna občina Ljubljana                    |
| UKC:    | Univerzitetni klinični center              |
| DN:     | projektantska oznaka: notranji premer cevi |
| BKG:    | parni kotel Glavič                         |

# 1 UVOD

## 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V diplomskem delu obravnavamo in predstavimo parovodno oskrbo industrijskih objektov v Ljubljani. Energetika Ljubljana oskrbuje industrijske objekte iz dveh medsebojno ločenih parovodnih sistemov. Prvo parovodno omrežje se nahaja na območju Most in je vezano na vir Termoelektrarna Toplarna Ljubljana. Drugo parovodno omrežje se nahaja na območju Šiške in je vezano na vir Toplarna Šiška. V delu predstavimo proizvodnjo tehnološke pare in njeno distribucijo ter delovanje in funkcijo ventilov, odvajalnikov kondenzata.

V delu se najbolj posvetimo problematiki zagotavljanja ustreznih parametrov pare za odjemalca Jata Emona oziroma za enoto Močna krmila Ljubljana. Pri proizvodnji močnih krmil se občasno soočajo s preveliko količino kondenzata oziroma s premalo suhe pare. Zaradi tega v proizvodnji prihaja do zastojev in posledično izgub. Energetika Ljubljana je pogodbeno vezana, da odjemalcu oziroma kupcu zagotovi čim bolj kakovostno tehnološko paro.

## 1.2 CILJI NALOGE

Namen diplomskega dela je predstaviti oziroma odpraviti težavo pri odjemalcu tehnološke pare, to je v Jati Emoni. V enoti Jate Emone za proizvodnjo močnih krmil paro uporabljajo pri izdelavi briketov oziroma peletov. V postopku briketiranja potrebujejo čim bolj suho paro, da ne nastanejo zastoji na stroju.

Glavni cilj diplomskega dela je ugotoviti, ali je možno z odstranitvijo nefunkcionalnega parovoda in z vgradnjo dodatnega odvajalnika kondenzata pred toplotno postajo odpraviti težavo prevelike količine kondenzata.

## 1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

1. februarja 2014 sta se združili podjetji Termoelektrarna Toplarna Ljubljana (TE-TOL) in Energetika Ljubljana, h kateri spada tudi Toplarna Šiška (TOŠ). Pred združitvijo je TOŠ delovala predvsem kot podpora pri proizvodnji in distribuciji ogrevane toplote za mesto Ljubljana in proizvodnjo tehnološke pare za območje Šiške. Skupni naziv podjetja je ostal Energetika Ljubljana. Podjetje je proizvajalec električne energije, toplotne energije za ogrevanje in tehnološke pare za okoliška podjetja. Energetika Ljubljana je v 100-odstotni lasti družbe Javni holding Ljubljana in je vključena v skupino javnih podjetij, v kateri so še:

- javno podjetje Vodovod kanalizacija, d. o. o.,
- javno podjetje Ljubljanski potniški promet, d. o. o.,
- javno podjetje Snaga, d. o. o.

Jata Emona, enota Močna krmila, je vodilni oskrbovalec slovenskega trga s krmili za živinorejo. V mešalnici v Ljubljani proizvajajo krmila brez gensko spremenjenih organizmov za vse vrste in kategorije živali. V Ljubljani poteka tudi proizvodnja premiksov in mineralno-vitaminskih dodatkov.



*Slika 1: Jata Emona Ljubljana*  
(Vir: <http://www.jata-emona.si>)

## 1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Predpostavljamo, da bi z odstranitvijo nefunkcionalnega parovoda izboljšali kakovost pare in zagotavljali bolj suho tehnološko paro za našega odjemalca.

Pri pisanju diplomskega dela ne pričakujemo posebnih težav in omejitev, razen pomanjkanja literature in dostopnih virov. Veliko uporabljene literature v diplomskem delu izhaja iz internega gradiva Energetike Ljubljana in obravnavanega podjetja Jata Emona. Nekateri podatki in viri se nanašajo na tehnologijo proizvodnje in niso javno dostopni, ker so vir izključno za interno uporabo podjetja (dnevniki, tehnološki postopki, prodajni pogoji itd.).



## 1.5 METODE DELA

V teoretičnem delu bomo uporabili opisno metodo. V tem delu bomo predstavili proizvodnjo pare in njeno distribucijo, kondenzat pare, odvjalnike kondenzata, parovodno omrežje in odjemalce ter opisali trenutno stanje parovoda.

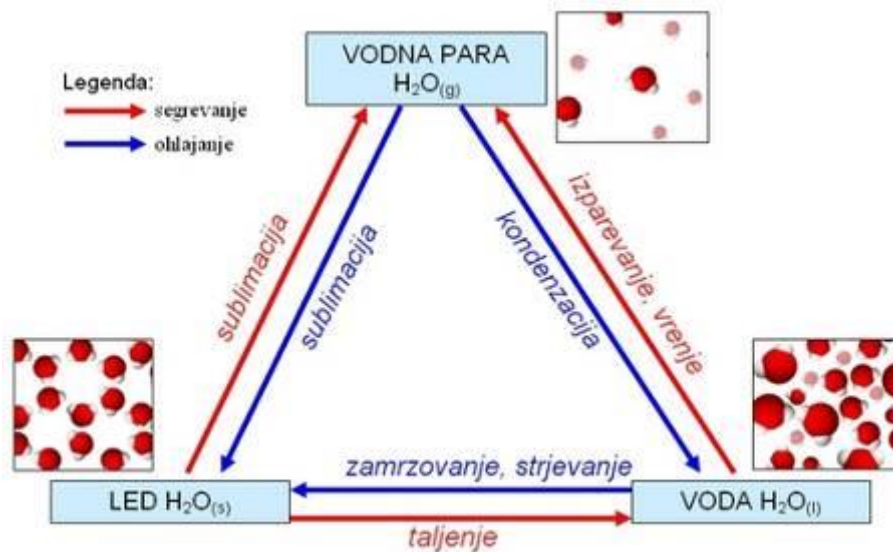
V nadaljevanju diplomskega dela se bomo posluževali induktivno-deduktivne metode, saj bomo uporabili vse svoje praktično znanje upravljanja parovodnega omrežja.

## 2 SPLOŠNO O PARI

### 2.1 PARA

Voda je edina snov na Zemlji, ki je v vseh treh agregatnih stanjih, trdnem (led), tekočem (voda) in plinastem (para). Para je torej plinasto agregatno stanje vode. Najpreprostejši prikaz nastanka vodne pare je kuhanje. Temperaturo vrenja oziroma uparjanja imenujemo vrelišče ali točka uparjanja. Pri tem snov prehaja iz kapljevinastega v plinasto agregatno stanje. Uparjanje je odvisno od tlaka. Pri standardnem zračnem tlaku 1,01325 bara znaša temperatura vrenja oziroma uparjalna temperatura vode 100 °C. Uparjalna temperatura in uparjalni tlak sta odvisna drug od drugega.

Para nastane, ko molekule »zletijo« iz kapljevine. Neka snov se upari takrat, ko imajo njene molekule kinetično energijo, značilno za snov. Kadar neka kapljevina vre, v njej nastanejo mehurčki pare. V tekoči vodi se molekule vode stalno združujejo in ločujejo. Ko se molekule vode segrejejo, se začnejo vezi, ki povezujejo molekule, lomiti hitreje, kot se tvorijo. Sčasoma, ko je na voljo dovolj toplote, se nekatere molekule zlomijo. Te proste molekule tvorijo prozoren plin, ki ga poznamo kot paro ali bolj natančno kot suho paro. Nastanejo le takrat, ko je tlak v njih enak tlaku kapljevine. Kadar so temperature višje od 100 °C, govorimo o visoko pregreti pari. O suhi nasičeni pari govorimo takrat, kadar je para brez vode. Ko pa imamo zmes vode in suhe nasičene pare, je to mokra para.



Slika 2: Agregatna stanje vode  
(Vir: <http://ekemija.osbos.si>)



Slika 3: Najpreprostejši prikaz pare – kuhanje  
(Lastni vir)

## 2.2 KONDENZAT

Kadar prehaja para iz plinastega (uparjenega) v tekoče agregatno stanje, govorimo o podhlajeni pari, ki jo imenujemo tudi prenasičena para. Ker še nima kondenzacijskih kali, jo imenujemo začetek kondenzacije in s tem nastanek kondenzata.

V parovodnih sistemih prihaja tudi do kondenzacije pare, kar je posledica toplotnih izgub oziroma prehoda toplote. Para se distribuira po ceveh. Dokler je temperatura stene cevi višja od temperature nasičene pare, para ob dotiku stene ne kondenzira. Šele ko je temperatura stene nižja, se pojavi kondenzacija. Tak kondenzat se zato nabira na dnu cevi in lahko povzroča težave v zvezi s kakovostjo pare in tudi pri njeni distribuciji. Da ne nastajajo take težave, mora vsako parovodno omrežje imeti urejeno pravilno odvajanje kondenzata. Odvajanje kondenzata se mora vršiti po celotni dolžini parovoda in tudi v parovodnih postajah. Na obravnavanem parovodnem omrežju so zato nameščene kondenzne baterije za odvodnjavanje. Nekatere se nahajajo v jaških, če je parovod podzemni, nekaj je nameščenih na zunanji strani parovoda. Zaradi velike hitrosti pare (od 20 do 30 m/s) in nastalega kondenzata v cevi se lahko zgodi vodni (tlačni) udar. Udar lahko povzroči veliko materialno škodo na omrežju, preboje, vibracije, popuščenja tesnil in skrajšuje življenjsko dobo sistema ter naprav. S pravilnim odvodnjavanjem kondenzata lahko te težave preprečimo in odpravimo ter hkrati odjemalcem zagotovimo kar se da kakovostno dobavo pare za potrebe njihove proizvodnje.

Vroči kondenzat je dragocen vir energije, njegovo zbiranje in vrnitev v sistem za pridobivanje pare zmanjšujeta količino sveže vode in energije v parnih kotlih. Zato je najbolje kondenzat zbirati in vračati v sistem, vendar ga ne moremo vedno zajeti in vrniti prek povratnega sistema kondenzata.



*Slika 4: Izpust kondenzata  
(Lastni vir)*

## 2.3 PARNI SISTEM

Celotni parni sistem naj bi zajemal tri glavne enote:

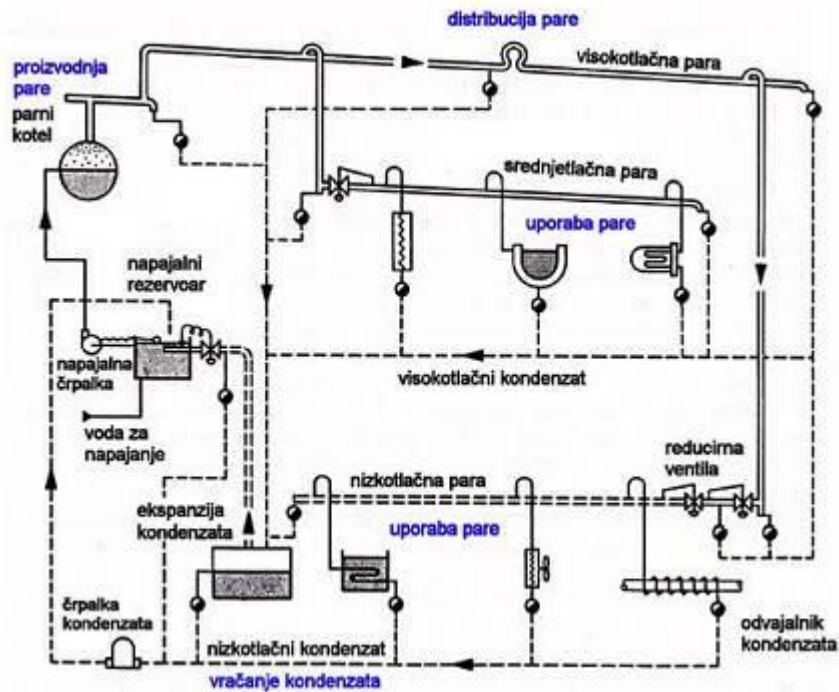
- parni kotel za proizvodnjo pare,
- parovodno omrežje s priključenimi odjemalci,
- pravilno postavljen sistem za odvodnjavanje in vračanje kondenzata.

Polovica energije v industriji je namenjena proizvodnji pare. Parni sistem ne zahteva velikih cevi, saj že manjše dimenzije cevi zadovoljijo zahtevam po visoki toploti. Potrebne niso drage črpalke, je preprostejši in cenejši od visokotemperaturnega vročevodnega sistema. Obstoječi sistem se lahko nadgradi z novejšim, poleg tega ima oprema ob pravilnem in rednem vzdrževanju dolgo življenjsko dobo.

Najpogostejši razlogi za uporabo pare kot vira energije v industriji so:

- vodna para je neškodljiva zdravju;
- paro preprosto transportiramo po parovodih;
- poceni energija, vsebuje veliko toplote in ima dobro toplotno prestopnost;
- majhna količina pare vsebuje veliko količino energije;
- vodo kot vir najdemo povsod in potrebuje malo obdelave, da postane para;

- pri kondenzaciji ima para izredno veliko toplotno prestopnost;
- ker proces poteka pod konstantno temperaturo in pri stalnem tlaku, mu z regulacijo tlaka preprosto dvigujemo temperaturo.



Slika 5: Parni sistem  
(Vir: <http://lab.fs.uni-lj.si>)

## 2.4 UPORABNIKI PARE

V tabeli 1 so navedeni najpogostejši uporabniki pare.

| Veliki uporabniki         | Srednji uporabniki         | Mali uporabniki        |
|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| Prehrabena industrija     | Ogrevanje in prezračevanje | Elektronska industrija |
| Farmacija                 | Kuhanje                    | Pridelava vrtnin       |
| Rafinerije                | Sterilizacija              | Klimatiziranje         |
| Kemijska industrija       | Hlajenje                   | Vlaženje               |
| Industrija plastičnih mas | Fermentacija               |                        |
| Papirnice                 | Termična obdelava          |                        |
| Tovarne sladkorja         | Čiščenje                   |                        |
| Tekstilna industrija      | Topljenje                  |                        |
| Metalurgija               | Pečenje                    |                        |
| Gumarska industrija       | Sušenje                    |                        |
| Ladjedelništvo            |                            |                        |
| Termoelektrarne           |                            |                        |

*Tabela 1: Uporabniki pare  
(Lastni vir)*

## 2.5 PARNI KOTEL

Parni kotel je srce parnega sistema. Da bi razumeli, kaj je parni kotel, moramo upoštevati načelo delovanja. Namen parnega kotla je proizvodnja pare. Delovna sestava parnega kotla je voda, ki se v kotlu segreje in prehaja v parno stanje. Industrija proizvaja majhne kotle do 20 kg/h in industrijske enote, ki v eni uri proizvedejo do pet tisoč ton pare. Parni kotel je boben, napolnjen z vodo, pod katerim so nameščene cevi, ki so potrebne za vstop vode v zbiralnik.

Parni kotel je sestavljen iz:

- ohišja z izolacijo in s cevmi,
- varnostnega ventila,
- rotacijskega gorilnika,
- podpiha,
- napajalnega rezervoarja (zapolnjuje izgubo vode in deluje kot raztezna posoda) z odplinjevalnikom in
- napajalne črpalke.

Poznamo različne parne kote glede na načine segrevanja vode. Uporabljamo kotle na plinska goriva, trda goriva in električna goriva. Za parne kotle na plin je značilna moč tvorbe nasičene pare. Glavni značilnosti enote sta temperatura in tlak pare. Uporabljamo lahko naravni in utekočinjeni plin. Gorivo gori v gorilniku, nameščenem na pokrovu kotla. Dimni plini povečujejo temperaturo vode, zaradi česar skozi vgrajeni parni separator prehajajo hlapi (para).

Parni kotel lahko uporablja za gorivo premog ali les. Delovanje takšnega kotla temelji na toplotni izmenjavi hladilne tekočine in dimnih plinov. Gorivo ogreva peč, ki je prekrita z vodo. Dimni plini prečkajo toplotni izmenjevalnik in zapustijo enoto. Ko para iz segretega hladila izpari, se vzpostavi para.



Slika 6: Parni kotel v TOŠ  
(Lastni vir)

### Dodatni elementi parne enote

Pri zasnovi parnega kotla niso potrebne samo segrevalna komora in cevi (boben) za kroženje vode in pare. Poleg njih se uporabljajo še naprave, ki povečujejo učinkovitost sistema (zvišujejo temperaturo pare, njen tlak in količino):

- **parni grelnik:** poveča temperaturo pare nad +100 °C. S tem se poveča ekonomičnost in učinkovitost kotla. Temperatura pregrete pare lahko doseže 500 °C. Para se dodatno segreva v ceveh, v katere vstopi po izhlapevanju;
- **separator pare:** odstranjuje vlago iz pare in jo osuši;
- **parni akumulator:** je naprava, ki vzame paro iz sistema, ko jo je preveliko, in jo dodaja v sistem, če je ni dovolj;
- **naprava za pripravo vode:** zmanjšanje količine raztopljenega kisika v vodi (ki preprečuje korozijo) odstrani in raztopi minerale v vodi. Ti ukrepi preprečujejo zamašitev cevi z vodnim kamnom, kar pa poslabša prenos toplote.

Poleg tega se uporabljajo še ventili za odvajanje kondenzata, grelniki zraka in – kar je najpomembnejše – sistem za nadzor. Ta vključuje razna stikala in avtomatske regulatorje za porabo vode ter goriva.



## 2.6 TEHNOLOŠKI PROCES PRIDOBIVANJA PARE V ENERGETIKI

Voda za napajanje kotla gre iz napajalnega rezervoarja prek ene od dveh napajalnih črpalk, ki ji dvigne tlak na približno 150 barov, do regulativnega napajalnega ventila. Pred regulativnim ventilom se del vode odcepi za vbrizgalne hladilnike pare, preostali del pa gre skozi eno ali drugo napajalno glavo v komoro izpod grelnika vode. Od tu gre voda po ceveh v zgornjo komoro, ki ima na vrhu vgrajen odzračevalni vod, ter nazaj do spodnjega zbiralnika.

Iz zbiralnika gre voda prek štirih paketov cevnih kač grelnika vode, kjer se segreje na 270 °C, v boben. Iz bobna, na katerem sta dva vzmetna varnostna ventila s kapaciteto prepustnosti  $2 \times 45$  t/h gre voda po vpadnih ceveh v spodnje komore. Od tu pa po uparjalnih ceveh v parni del bobna. Nasičena para gre iz bobna v parni del konvektivnega pregrevalnika, ki se nahaja nad grelnikom vode. Tu se segreje na 360 °C. Iz tega dela pregrevalnika para vstopa v prvi vbrizgalni hladilnik, kjer se ohladi na 320 do 340 °C.

Iz prvega hladilnika ohlajena para vstopa v prvi del konvektivnega pregrevalnika, ki je nameščen na koncu horizontalnega dela, kjer se para segreje na 400 °C. Iz drugega dela vstopi para v drugi hladilnik, ki paro ohladi na 340 do 380 °C. Iz prve stopnje pregrete pare na približno 360 °C vstopa v zavesni pregrevalnik, ki je postavljen na vrhu gorišča in je v stiku z razžarjenimi dimnimi plini.

V pregrevalniku Schoot se para segreje na 480 °C in vstopi v tretji vbrizgalni hladilnik, ki jo ohladi na 450 do 460 °C. Iz tretjega hladilnika gre v končni pregrevalnik, ki se nahaja na prehodu iz zavesne komore, v drugi del vleka in paro pregreje na končno temperaturo 520 °C.

Iz končnega pregrevalnika gre para v zbirno komoro, v kateri sta dva varnostna ventila s kapaciteto propustnosti  $2 \times 45$  t/h. Iz zbirne komore gre prek glavnega parnega ventila v turbino oziroma delovno reducirno postajo ali prek zagonskega ventila na zagonski reducirki. Iz dna bobna je speljana cev za stalno in občasno kalužo.



Slika 7: Zaslona; obratovanja parnega kotla  
(Lastni vir)

## 3 OPIS SISTEMA Z VIROM PARE TE-TOL IN TOŠ

### 3.1 ENOTA TE-TOL

Energetika Ljubljana s toploto oskrbuje največji daljinski sistem ogrevanja v Sloveniji. TE-TOL in TOŠ sta skupaj soodvisen, tehnološko enovit sistem proizvodnje in distribucije ogrevane toplote in tehnološke pare, ki v Mestni občina Ljubljana zagotavlja zanesljivo, varno in učinkovito oskrbo z energijo. Z namenom dolgoročne varne in zanesljive oskrbe se bo v proizvodnih virih TE-TOL in TEŠ postopoma zamenjal del starejših naprav z novejšimi.

V enoti TE-TOL proizvajajo električno energijo, ogrevano toploto in tehnološko paro. Njene proizvodne zmogljivosti so proizvodnja toplote in tehnološke pare skupaj 350 KW in 124 MW električne energije. »To pomeni, da enota TE-TOL proizvede 90 % potreb po ogrevani toploti v sistemu daljinskega ogrevanja Ljubljane, kar predstavlja približno 50 % potreb po toplotni energiji v sistemu daljinskega ogrevanja Slovenije. Vso električno energijo proizvedejo v soproizvodnji in predstavlja 3 % potreb po električni energiji v Sloveniji.« (Citirano, interna dokumentacija Energetika)

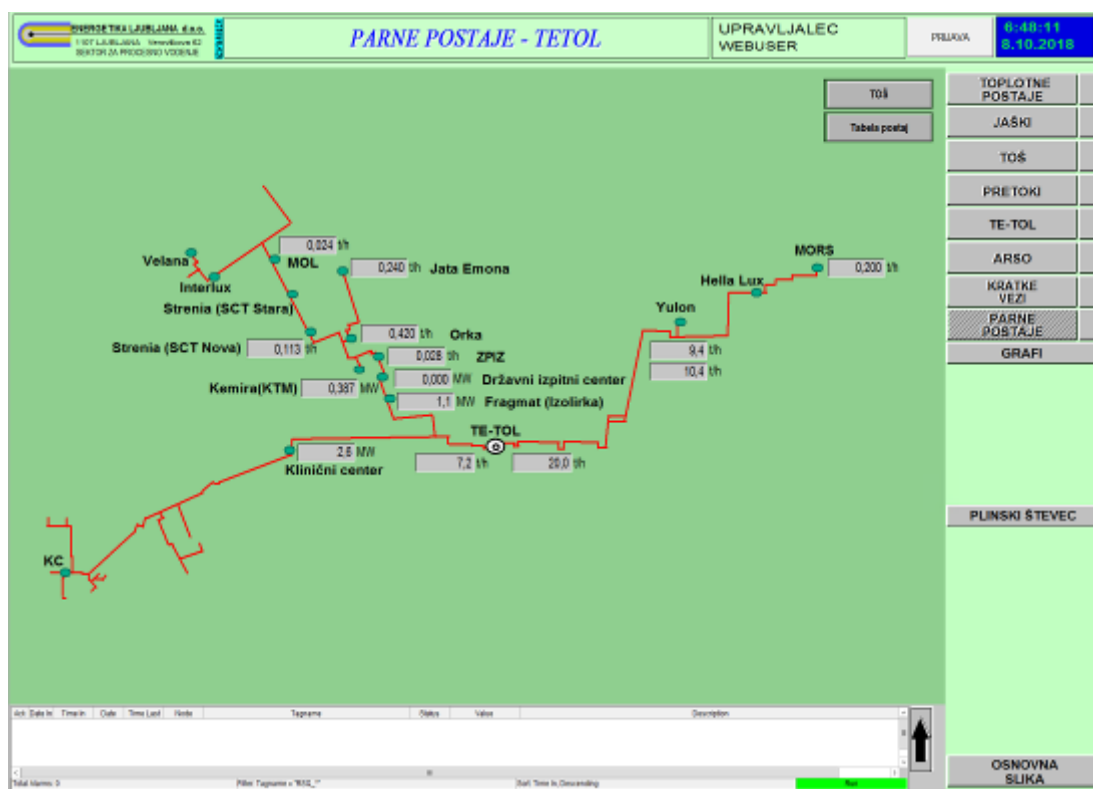
Zaradi velikega energetskega izkoristka je Energetika Ljubljana pridobila status kvalificiranega proizvajalca električne energije.

V sistemu se uporabljajo štiri vrste goriv: premog, lesna biomasa, zemeljski plin in do pred kratkim še mazut, zdaj pa se namesto njega uporablja ekstra lahko kurilno olje. V TE-TOL je v uporabi premog z izrazito majhno vsebnostjo žvepla. Premog je uvožen iz Indonezije in ima vsebnost žvepla pod 0,2 odstotka ter vsebnost pepela pod tremi odstotki. S tem premogom je zagotovljeno izpolnjevanje zakonskih okoljskih zahtev. Nalogi TE-TOL sta proizvodnja toplote za vročevodni sistem in proizvodnja tehnološke pare za odjemalce v Mostah in Centru.

Glavnina električne in toplotne energije se proizvaja v procesu sproizvodnje v treh premogovnih blokih (v bloku 1, 2 in 3), ki se nahajajo v glavnem pogonskem objektu. Manjši del tehnološke pare in tople vode za potrebe sistema daljinskega ogrevanja se proizvede v vršni kotlovnici, kjer so postavljeni dva parna kotla in dva vročevodna kotla. Ti kotli so namenjeni predvsem pokrivanju morebitnih izpadov premogovne tehnologije.

Posamezni blok sestavljajo visokotlačni parni kotel na prašno kurjavo s pristroji, parna turbina z generatorjem in kondenzatorjem ter toplotna postaja. Visokotlačni parni kotli so namenjeni za proizvodnjo visokotlačne pare 90 barov pri 525 °C. Večji del pare iz turbinskih odjemov se uporablja za segrevanje vode daljinskega ogrevanja v dveh toplotnih postajah in za oskrbo industrijskih uporabnikov v bližini TE-TOL, ki so priključeni na industrijski parovod.

Tehnološka oziroma industrijska para temperature 280 °C in tlaka 8,5 bara se lahko proizvaja v dveh vršnih parnih kotlih na mazut (BKG1, BKG2).



Slika 8: Parne postaje v TE-TOL  
(Vir: Energetika)

### 3.2 ENOTA TOŠ

V enoti TOŠ se sočasno proizvajajo električna energija, para in toplotna energija, za proizvodnjo katere se uporablja voda kot medij za prenos do uporabnikov. Tako dobimo čim boljši izkoristek. Za svojo proizvodnjo uporabljamo dva vira, zemeljski plin (primarno gorivo) in tekoče gorivo (sekundarno gorivo). »Električna energija se proizvaja v sklopu kogeneracije v generatorju, ki je vezan na plinsko turbino. Pri zgorevanju zemeljskega plina v plinski turbini se pridobi velika količina energije. Del te energije se deloma pretvori v mehansko energijo, s katero preko reduktorja vrtimo generator, ki proizvaja električno energijo, le to pa odvedemo v elektro stikališče in nato naprej v omrežje.« (Citirano, interna dokumentacija Energetika)

Preostali del energije pa dovedemo v parni kotel, kjer proizvajamo tehnološko paro. Ves ta postopek izvedemo s pomočjo vročih dimnih plinov. Včasih pa se pokažejo večje potrebe po tehnološki pari, kot jo parni kotel zmora proizvesti v slopu kogeneracije. Takrat si pomagamo tako, da vključimo enega ali dva kotla, ki uporabljata za gorivo zemeljski plin ali tekoče gorivo.

Para se zbira v štirih zbiralnikih pare na dveh tlačnih nivojih zaradi zahtev uporabnikov. Para je do uporabnikov speljana po parovodnem cevovodu. Ker so

zaradi velikih temperaturnih in zato tudi tlačnih izgub omejeni z dolžino parovoda, dovajamo paro samo bližnjim odjemalcem. Proizvodnja pare in električne energije potekata skozi vse leto. Vendar pa zaradi nihanja potreb po pari nastajajo viški pare, ki jih je treba porabiti. »Speljani so na dva izmenjevalca pare – vroča voda. Hladna voda se odvzame iz omrežja in se jo spelje na izmenjevalca, kjer se izvaja prenos toplote s pare na vodo. S pomočjo črpalk se segreto vodo vrne v vročevodno omrežje. Za segrevanje pa se uporabljajo tudi dimni plini, ki prihajajo iz parnega kotla v sklopu kogeneracije.« (Citirano, interna dokumentacija Energetika)

Področja znotraj proizvodnega obrata delimo na več načinov, najosnovnejši način delitve je glede na sklope, ki jih opravlja in nadzoruje določen upravljelec, in sicer:

- vodarna,
- črpališče,
- kotli,
- kogeneracija.



Slika 9: Parne postaje v TOŠ  
(Vir: Energetika)

### 3.3. OPIS DELOVANJA KOTLOV 1 IN 2 V TE-TOL

#### KOTLA 1 in 2

Parna kotla 1 in 2 sta žarilna z naravnim obtokom, podtlakom v kurišču in z membranskimi stenami. Kotel je izdelan za kurjenje s premogovim prahom (rjavi premog). Kotla imata vgrajena tudi oljno kurjavo (25-odstotna moč) za zagon in vzdrževanje plamena v kurišču. Razprševanje goriva je tlačno.

Pod kotloma se nahajajo mlinci (štiri mlinci za en kotel), ki drobijo premog v prah za kurjavo. Zmogljivost v mlinih ob 100-odstotni obremenitvi je 20 t/h drobljenja premoga. Kotla dobiva zrak za izgorevanje iz dveh podpihov z zmogljivostjo 38 m<sup>3</sup>/s. Zrak iz podpihov gre prek luva (grelnik zraka), kjer se segreje na približno 250 °C s temperaturo dimnih plinov kotla prek vleka ventilatorja dimnih plinov z zmogljivostjo 69 m<sup>3</sup>/s. Zrak se nadalje porazdeli med uporabnike. Premog iz kotlovskih zalogovnikov dodelilniki transportirajo do vpadnih jaškov, kjer se premog osuši z dimnimi plini iz povratnega kanala. Iz vpadnega jaška premog pade v mlince po prašnem kanalu do šob, kjer se premogov prah vpihuje v kotel.

Za odvod plinov skrbita dva vleka, ki sesata dimne pline iz ekonomajzerja in jih potiskata naprej prek luva, kjer dimni plini oddajo energijo (segrevajo zrak). Iz luva dimni plini nadaljujejo pot proti vrečastim filtrom, kjer se očistijo mehanskih nečistoč. Kotla se napajata z napajalno vodo s temperaturo približno 170 °C prek napajalnega ventila in ene od dveh napajalnih glav v ekonomajzerju, kjer se voda segreje na približno 300 °C in gre naprej v boben. Na spodnji polovici bobna voda izstopi in potuje po vpadnih ceveh, ki so nameščene na zunanjih straneh kotla, v zbirno komoro pod kotlom. Od tu gre voda prek uparjalnih cevi v boben. Iz zgornje polovice bobna gre para prek pregrevalnikov in hladilnikov v zbiralno komoro in k uporabnikom. Kotla proizvajata suho pregreto paro.

#### TEHNIČNI PODATKI

Količina pare:

- minimalni pretok: 70 t/h (20 kg/s);
- maksimalna obremenitev: 180 t/h (50 kg/s);
- toplotna moč: 137 MW;
  
- koncesijski tlak: 113 barov;
- tlak pregrete pare: 95 barov;
- temperatura pare: 525 °C;
- temperatura napajalne vode: 170 °C.

## 4 PAROVODNO OMREŽJE IN ODJEMALCI

### 4.1 PAROVODNO OMREŽJE

V Ljubljani sta zgrajeni dve medsebojno ločeni parovodni omrežji. Namenjeni sta predvsem za oskrbo industrijskih odjemalcev s tehnološko paro. V zadnjih letih sta se odjem in potreba po tehnološki pari zmanjšala. Industrija se je začela seliti izven parovodnega območja, nekaj odjemalcev je prenehalo s svojim delovanjem, ostali, ki pa so paro uporabljali predvsem za ogrevanje pa so prešli na drugi vir energije.

Prvo parovodno omrežje se nahaja na območju Most in je vezano na vir TE-TEOL. Ta se razprostira v smeri centra za oskrbo bolnišničnega kompleksa ob Zaloški cesti in Zeleni jami ter ob Letališki cesti za oskrbo industrijskih odjemalcev. Drugo parovodno omrežje se nahaja na območju Šiške in je vezano na vir TOŠ, ki oskrbuje industrijske odjemalce ob Vrovškovi. Prvi parovod je bil zgrajen leta 1965 v Mostah in je potekal na relaciji TE-TOL–Splošna bolnišnica Ljubljana (danes UKC). Šest let pozneje, leta 1971, pa je bilo zgrajeno parovodno omrežje tudi v Šiški, ki je s paro oskrbovalo podjetje Lek za tehnološke potrebe. Nadaljnja gradnja parovodnega omrežja je sledila predvsem priključevanju tehnoloških odjemalcev.

V najboljših časih je bila dolžina parovodnega omrežja približno 12 km. Skupaj je bilo priključenih 25 parnih postaj s priključno močjo 37 MW in z letno porabo 200 GW/h toplote. Od tega jih je 19 uporabljalo paro za industrijske oz. tehnološke potrebe, šest parnih postaj pa je bilo za namen ogrevanja.

Parovodno omrežje je zgrajeno iz jeklenih cevovodov od najmanjših priključnih parovodov dimenzije DN50 do največjih glavnih oziroma napajalnih parovodov dimenzije DN400. Sestavljajo ga še jaški, ki so izvedeni vzdolž vsega parovodnega omrežja. V jaških so armature oziroma baterije za nenehno odvajanje kondenzata, na prostem so izvedeni tudi izpuhi za praznjenje parovoda.

Parovodno omrežje deluje neprekinjeno 24 ur na dan vse leto, z izjemo kratkotrajnih napovedanih prekinitev na delih omrežja zaradi vzdrževanja oziroma nenapovedanih prekinitev v primeru okvar. Prekinitve so posebej problematične v primeru oskrbe Ljubljanskih mlekarn in Julona (Aquafil SLO), saj ti zahtevajo 24-urno oskrbo vse dni v letu.

Parovodno omrežje Energetike Ljubljana je staro, vendar se ga stalno pregleduje in vzdržuje.

### 4.2 PAROVODNO OMREŽJE TE-TOL IN ODJEMALCI

Parovodno omrežje na območju Most se napaja iz vira TE-TOL. Omrežje za distribucijo pare je na tem območju razdeljeno na vzhodno in zahodno vejo.

**Vzhodna veja** parovodnega omrežja poteka od vira TE-TOL do Letališke ceste, kjer se nahaja eden večjih odjemalcev tehnološke pare, Julon (Aquafil SLO). Julon tehnološko paro uporablja za proizvodnjo tehničnega granulata in najlonske nitke. Pred Julonom se parovod odcepi in nadaljuje v podjetje Hella Saturnus, kjer se potem odcepi za vojašnico Moste in tam konča.

Dimenzija parovoda od TE-TOL do Julona je DN300, do leta 2015 je bila dimenzija DN200. Ker je Julon napovedal nove investicije v svojo proizvodnjo, je to pomenilo tudi večjo potrebo po dobavi tehnološke pare. Z obstoječim parovodom DN200 ni bilo možno zagotavljati pogodbenih količin in parametrov pare.

Gradnja parovoda je potekala ob neprestani oskrbi odjemalca po obstoječem parovodu. Najzahtevnejši odsek pri izgradnji novega parovoda TE-TOL–Julon je predstavljalo prečkanje pod skupno osmimi železniškimi tiri. Ta odsek se je gradil po sistemu mikrotuneliranja oziroma podpiranja mikropredora.

Od Julona naprej je parovod dimenzije DN200 in poteka nadzemno ob ograji podjetja Hella Saturnus in se pred vstopom v halo zreducira na DN150 in konča v toplotni postaji podjetja. Od Helle se parovod nadaljuje v dimenziji DN65 in konča v vojašnici Moste.

Včasih je tudi Hella uporabljala tehnološko paro, vendar je pozneje prešla na drugi vir energije. V vojašnici Moste paro uporabljajo predvsem za kuhanje in pranje.

**Zahodna veja** parovoda poteka od vira TE-TOL in v prvem odseku poteka proti Zeleni jami, drugi odsek pa v smeri centra za oskrbovanje kompleksa univerzitetnega kliničnega centra, ki je s pripadajočimi bolnišnicami tudi najpomembnejši odjemalec pare na tej trasi.

Zahodna veja parovoda poteka deloma nadzemno, večinoma pa podzemno po kolektorju, vzporedno za vročevodnim omrežjem. Parovod je od vira TE-TOL najprej dimenzije DN400, na ulici Vide Pregarčeve, kjer se zahodna veja razdeli na dva odseka, se zmanjša v smeri centra (UKC) na DN200, v smeri Zelene jame pa na DN350.

V smeri centra je edini in strateški odjemalec UKC, ki paro uporablja za sterilizacijo kirurških instrumentov, za kuhanje in pranje, nekaj pa tudi za vlaženje in razvlaževanje prostorov.

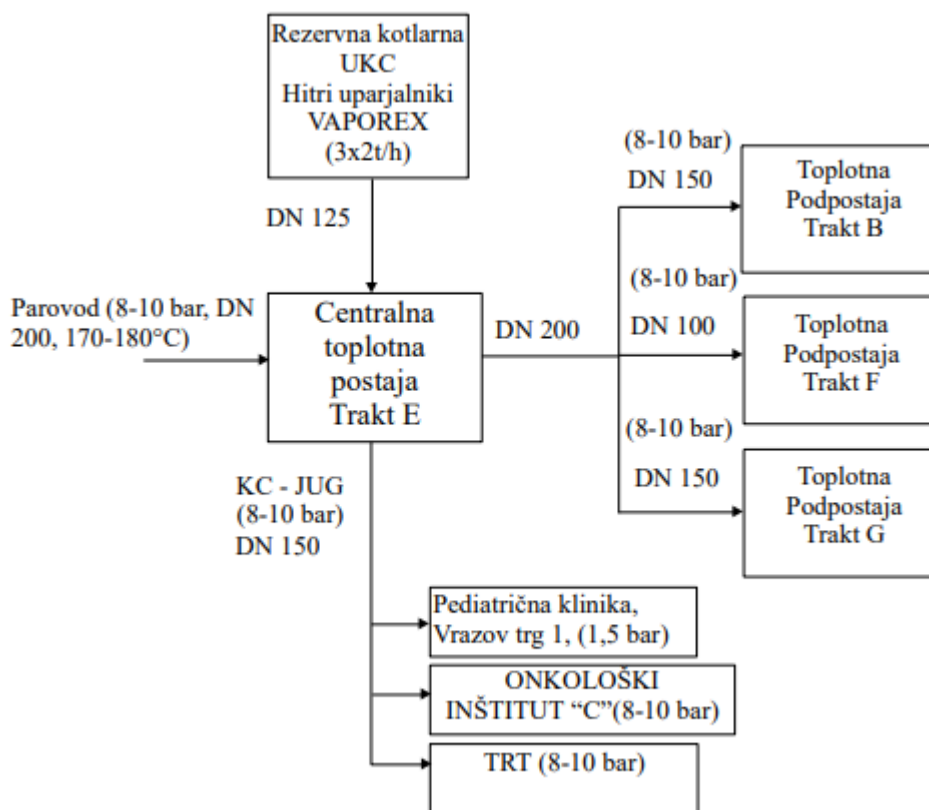
V UKC imajo tudi svojo rezervno kotlarno, ki se uporabi v primeru izpada dobave pare. Kondenzat pare se ne izkorišča in se vodi neposredno v kanalizacijo.

Nekaj dostopnih parametrov v UKC:

- tlak: od 7 do 8,5 bara;



- temperatura: od 175 do 190 °C;
- temperatura kondenzata: od 50 do 60 °C;
- količina kondenzata: 33000 l.



Slika 10: Razvod pare v UKC Ljubljana  
(Vir: <http://www.mz.gov.si>)

Drugi podatki, kot sta količina pare in cena, niso javno dostopni. Enako velja za druge odjemalce pare.

V smeri Zelene jame parovod poteka v večini nadzemno v dimenziji DN350 do podjetja Fragmat. V Fragmatu paro uporabljajo za proizvodnjo stiropornih blokov in gotovih izdelkov iz stiropora. Od Fragmata naprej se parovod zreducira na DN300 in se v parovodnem jašku odcepi na DN65, ki napaja dve toplotni postaji, in sicer Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije in Državni izpitni center. Ta dva odjemalca paro uporabljata izključno za ogrevanje. Parovod se od tu naprej dvigne iz podzemnega dela in se na strehi objekta odcepi v dimenziji DN125 do podjetja Kemira KTM. V podjetju paro uporabljajo za proizvodnjo kemikalij za papirno in tekstilno industrijo ter kemikalij za pripravo in čiščenje tehnoloških vod.

Glavni del parovoda DN300 se na stebrih nadaljuje do podjetja ORKA, kjer se v toplotni postaji odcepi DN125 za podjetje Jata Emona – enota Močna krmila. V podjetju ORKA tehnološko paro uporabljajo za proizvodnjo kemikalij in nekaj za ogrevanje.

Od tod dalje se parovod nadaljuje v dimenziji DN250 po stebrih in se pri vratarnici podjetja spusti pod zemljo. Pri podjetju Strenia (SCT) se parovod dvigne na nadzemni del in odcepi DN125 v novi del delavnice Strenia. Paro uporabljajo izključno za ogrevanje hale za svojo proizvodnjo. Strenia se ukvarja s težko kovinsko proizvodnjo. Izdelujejo kovinske konstrukcije, pluge in roke za bagerje.



*Slika 11: Razvod pare in vročevoda TE-TOL / UKC  
(Vir: lastni vir)*

### 4.3 PAROVODNO OMREŽJE TOŠ IN ODJEMALCI

Tudi parovodno omrežje z virom TOŠ je razdeljeno na vzhodni in zahodni del oziroma vejo.

**Vzhodna veja** parovoda poteka podzemno od vira TOŠ do Ljubljanskih mlekarn na Tolstojevi ulici, ki so tudi edini odjemalec na tej veji. Do Ljubljanskih mlekarn potekata dva vzporedna parovoda, parovod dimenzij DN200 in DN125. Oba uporabljajo za svojo proizvodnjo v živilski industriji, za potrebe nenehne predelave mleka. Parovoda se razlikujeta po dimenziji, različnih temperaturnih in tlačnih parametrih. Ljubljanske mlekarnice so zaenkrat edini odjemalec, ki odvečni kondenzat vrača v Energetiko Ljubljana. Kondenzat se vrača po kondenznem vodu dimenzij DN65, ki ga v podjetju Energetika Ljubljana distribuirajo v vročevodno omrežje.

**Zahodna veja** parovoda poteka ob Verovškovi ulici od vira TOŠ do Leka in Sektor Betona. Parovod poteka podzemno v dimenziji DN150. V parnem jašku se odcepi parovod DN80 v smeri poslovnega objekta Leka (PIC). V poslovnem delu Leka paro uporabljajo za hlajenje pisarniških in jedilniških prostorov. Od jaška se parovod nadaljuje v dimenziji DN150 za potrebe proizvodnje podjetja Lek. Na tej veji je zato Lek največji strateški odjemalec tehnološke pare; uporablja jo za svoje tehnološke procese na področju farmacije. Proizvodnja je poslovna skrivnost in konkretni podatki niso javnosti dosegljivi. Tudi v podjetju Lek se že pripravljajo, da bodo odvečni kondenzat vračali v vročevodno omrežje oziroma Energetiki Ljubljana.

Na tej trasi parovoda je priključen še en odjemalec tehnološke pare, podjetje Beton Sektor. Dimenzija parovoda je DN65, v podjetju pa paro uporabljajo izključno za pripravo betona v zimskih razmerah.

## 5 PREDSTAVITEV PROBLEMA NA PAROVODU

Strateški odjemalec tehnološke pare Jata Emona – enota Močna krmila Ljubljana se občasno sooča s preveliko količino kondenzata v svoji proizvodnji. Ker je Energetika Ljubljana pogodbeno zavezana, da odjemalcu zagotavlja in dobavlja tehnološko paro ustreznih parametrov, smo se problemu na parovodu temeljito posvetili.

Jata Emona – enota Močna krmila Ljubljana je vodilni oskrbovalec slovenskega trga s krmili za živinorejo. Pri proizvodnji peletov močnih krmil uporabljajo tehnološko paro za kondicioniranje moke. To pomeni, da umetno uravnavajo vlažnost moke pri proizvodnji peletov.

Proizvodnja poteka tako, da v cev, v kateri se nahajajo vrteče lopatice, injicirajo čisto paro s tlakom 4 bare, tekoče aditive in moko. Takšna zmes se v cevi zmeša in nato ekspandira skozi matrico, v kateri noži odrezujejo pelete. Težava nastane, če je para preveč mokra oziroma če ima preveliko količino kondenzata. Takrat se mešanica zabije v matrici stroja. Posledično zaradi tega prihaja do zastojev v proizvodnji in izgub.

Do največjih težav prihaja v začetkih delovnega tedna, ker ob koncu tedna ni velikega odjema tehnološke pare. Na isti parovod DN125, na katerega je priključena enota Jate Emone Močna krmila, so bili priključeni še drugi odjemalci tehnološke pare. Ti so se v zadnjih letih odklopili s parovoda ali so prenehali s svojo dejavnostjo. Zaradi tega je obstoječi parovod postal predimenzioniran za druge odjemalce. Zaradi zmanjšane odjema pare in prevelike dimenzije parovoda nastaja velika količina neizkoriščene tehnološke pare. Ker se nakopičena para v parovodu ne izkorišča in kondenzira v cevi, nastaja ogromna količina kondenzata. Med odjemalci tehnološke pare je tudi Jata Emona. Na parovodu so že nameščeni odvajalniki kondenzata,

vendar ne morejo odvesti tolikšne količine kondenzata, poleg tega je tudi nevaren za parovod.

Preveč kondenzata povzroča hrup v parovodu, vibracije, velika tlačna nihanja, preboje na krivinah, popuščanje tesnil na ventilih, skrajno negativno vpliva na delovanje in življenjsko dobo celotnega sistema ter priključenih naprav.



Slika 12: Prekinitev parovoda pred Jato Emono  
(Lastni vir)

## 6 IZDELAVA PROJEKTA IN TEHNIČNA IZBOLJŠAVA PAROVODA TE-TOL–JATA EMONA

### 6.1 IZDELAVA PROJEKTA

Po pregledu in opazovanju dejanskega stanja na parovodu smo se s tehnologi iz Jate Emone dogovorili za dograditev dodatnega odvajalnika kondenzata pred toplotno postajo podjetja. Predstavniki podjetja Jata Emona so prodajno-marketingški službi Energetike Ljubljana predstavili problem na trasi.

Projektne službi sta se v sodelovanju z distribucijsko službo dogovorili o tehnični izboljšavi in izdelavi projekta.

Pri izdelavi projekta se na terenu naredi posnetek obstoječega stanja in proučijo težave na trasi. Pridobiti je treba čim več potrebnih podatkov in izmer. Obvesti se

geodetsko službo, da opravi meritve na objektu, in vse spremembe na parovodu vnese v sistem. Po vseh uskladitvah in pridobljenih vseh potrebnih podatkih sledita izdelava in nato potrditev projekta.

Izdelava projektnega načrta obsega:

- investitorja,
- objekt,
- vrsto projektne dokumentacije,
- številko projekta,
- številko načrta in
- montažno dokumentacijo.

Tehnično poročilo zajema uvod in opis stanja.

### **Uvod**

Izdelali smo montažno dokumentacijo prekinitve obstoječega parovoda DN125, ki poteka na območju enote Jate Emone Močna krmila. Parovod je del parnega omrežja javnega podjetja Energetika Ljubljana.

### **Opis stanja na parovodu**

Obstoječi parovod DN125 poteka vidno nizko nad tlemi na betonskih temeljih znotraj ograje območja Emone krmil do mesta, kjer je izveden priključni parovod za parno postajo. Za odcepom se parovod dvigne visoko na betonski steber, prečka interno cesto in se zaključi v sosednjem objektu. Na parovod DN125 je na celotni trasi položen še interni parovod dimenzije DN65.



*Slika 13: Dovod pare v kondicioner v Jati Emoni  
(Lastni vir)*

Po potrditvi projekta je treba izbrati izvajalca strojnih del in mu projekt predstaviti na terenu. Zaradi zaustavitve parovoda na zahodni veji in prekinitve parovoda DN125 smo se odločili, da na tej trasi istočasno uredimo izvedbo ponikovalnice na dveh jaških za odvajanje kondenzata. Ravno tako je treba izdelati načrt montažne dokumentacije za izvedbo ponikovalnice za odvod kondenzata na parovodu DN125 in DN300.

#### **Opis stanja na jaških**

V obstoječih jaških JA 9051 in JA 9047 je nameščena kondenzna baterija DN20, ki bo v sklopu interventnih del obnovljena. Odvod kondenzata in izpust sta speljana v ponikovalnico znotraj jaškov, kar je neugodno z vidika varnosti in zdravja pri delu pri vzdrževalnih delih.



Slika 14: Parovodni jašek  
(Lastni vir)

### Opis posega

Za izboljšanje opisanega stanja smo predvideli vgradnjo dodatne ponikovalnice v neposredni bližini obstoječega jaška (steni naj se dotikata). Ponikovalnica bo izvedena iz betonskih cevi premera 80 cm, globina nove ponikovalnice naj bo vsaj dva metra in naj sega vsaj en meter pod nivo izpusta kondenzata iz jaška. Spodnji del ponikovalnice naj bo napolnjen s kamnitimi krogli granulacije 40–60 mm.

Zemeljska dela je treba izvajati pazljivo, saj v neposredni bližini potekajo obstoječi komunalni vodi. Izkope je treba izvajati z razpiranjem. Način določi izvajalec glede na razpoložljivo tehnologijo.

Gradbena dela in ureditev gradbišča naj se izvajajo v skladu z Uredbo o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih. (Ur. l. RS, št. 83/2005) in Navodili za varno delo pri intervencijah na vročevodih in plinovodih.

## 6.2 TEHNIČNA IZBOLJŠAVA

Glede na to, da nekateri proizvodni procesi zahtevajo neprekinjeno obratovanje, je zaustavitev parovoda lahko zelo moteča za odjemalce. Zato je potrebna dobra uskladitev z vsemi deležniki, treba se je prilagoditi njihovim potrebam po dobavi pare. Popolna prekinitev dobave pare namreč lahko povzroči veliko materialno škodo na njihovih proizvodnih napravah, lahko ogrozi celo zdravje ljudi. Za izvedbo zaustavitve proizvodnega omrežja se izdelajo podrobna operativna navodila za vse deležnike v tej verigi, od vira oziroma proizvodnje pare, to je TE-TOL, oskrbe s toploto oziroma omrežja do ključnih odjemalcev. V navodilih so podrobno opisane vse naloge in aktivnosti z opredeljenim terminskim načrtom in ključnimi osebami, navedeni podatki

za medsebojno komunikacijo in obveščanje. Ključni odjemalci se v času zaustavitve priključijo na lastni začasni vir proizvodnje pare.

Sektor za oskrbo s toploto v primeru zaustavitve obratovanja vodi vso komunikacijo med odjemalci in proizvodnjo ter izvede manipulacije in prevezave na omrežju. Ko se zapre glavni ventil v TE-TOL, je treba začeti s praznjenjem in odvodnjavanjem na parovodu.

Po ohladitvi proizvodnega sistema je izbrani izvajalec strojnih del lahko začel z delom. Predvideno je bilo, da se za odcepom za Jato Emono obstoječi parovod DN125 prekine in zaključi z bombiranim pokrovom (detajl A-A). Med nepomično podporo in priključnim parovodom za Jato Emono se vgradi nova kondenzna baterija DN25 in izpust kondenzata DN50 (detajl odvodnjavanje). Na mestu odvodnjavanja se vgradi zbiralec kondenzata dimenzije DN80 in dolžine 250 mm. Prekinitiv parovoda se izvede med priključkom za Jato Emono in prvo naslednjo drsno podporo.

Po prekinitvi parovoda DN125 je bilo treba na obstoječih dveh drsni podporah privariti sani na drsno ploščo tako, da bo prekinjeni parovod še naprej služil kot podkonstrukcija za interni parovod, ki ostaja v delovanju.

Razvod smo izdelali iz jeklenih cevi DIN2448 iz materiala St.35:S.

Cevi je treba očistiti in jih protikorozijsko zaščititi z dvema slojema temeljne barve primerne za visoke temperature do 300 °C. Zaporne armature oziroma ventili so ventili Klinger dimenzije DN25 oziroma DN50. Kondenzna kategorija je Gestra DN25 PN16.

Po končanem varjenju na parovodu je bilo treba vse zware rentgensko preslikati, da po ponovnem zagonu parovoda ne bi bilo puščanja na sistemu. Po končanih delih je bilo treba cevovod izolirati z izolacijo debeline 100 mm z dvoslojnim prekrivanjem. Vso izolacijo moramo oploščiti z jekleno pocinkano pločevino, ki mora biti izvedena vodotesno.

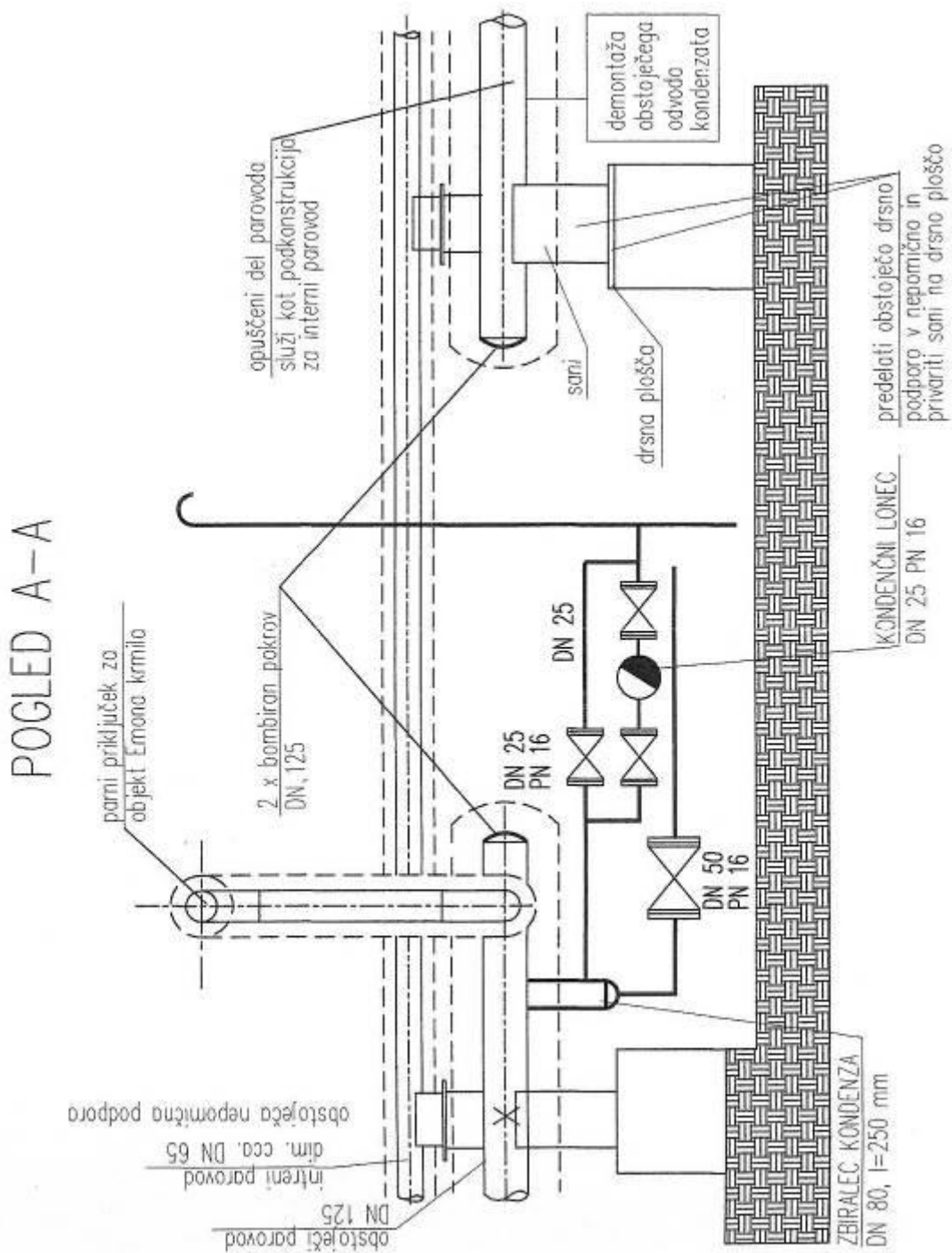
Po zaustavitvi parovodnega omrežja je pomembna izvedba zagona parovoda. Zagon se mora izvajati skrbno in počasi, predvsem daljših parovodov in tistih, ki niso delovali daljše časovno obdobje. Glavni parni ventil je treba odpirati izredno počasi in občasno odvodnjavati na obvodih kondenznih baterij ob neprestani komunikaciji med ekipami na baterijah oziroma jaških parovodov. Nestrokovno in prehitro polnjenje parovoda ima lahko nepopravljive posledice tako za parovod kot tudi za sodelavce na kondenznih baterijah.

Po končanem zagonu parovoda in odvodnjavanju je sistem vzpostavljen za polno obratovanje. Preveriti je treba vse parne postaje in vse kondenzne baterije, ali delujejo pravilno. Predvsem je pomembno, da pravilno delujejo oddajalniki kondenzata. V odvajalniku kondenzata se lahko zataknejo nečistoče in odvajalnik ne bo deloval pravilno oziroma sploh ne bo deloval. Po rekonstrukciji parovoda in vgraditvi novega



odvajalnika kondenzata pred toplotno postajo Jate Emone se je stanje v njeni proizvodnji bistveno izboljšalo.

S tem posegom na parovodu našim odjemalcem spet dobavljamo in zagotavljamo bolj suho in kakovostno paro ustreznih parametrov. Dokazali smo, kako pomembno je odvajanje kondenzata na parovodnem omrežju.



Slika 15: Načrt izboljšave  
(Vir: Energetika – interno)

## 7 KLJUČNI ELEMENTI PAROVODA

Če se vrnemo na problem, ki ga obravnavamo v nalogi, ugotovimo, kaj so ključni elementi parovoda in zakaj so tako pomembni za zagotavljanje kakovostne tehnološke pare. Ti elementi so pravilna postavitev parovoda, kakovostna in pravilna izolacija, odvjalniki kondenzata in zaporne armature.

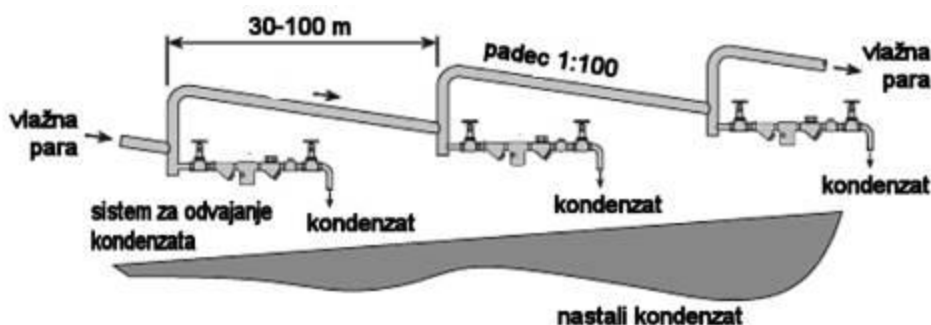
### 7.1 POSTAVITEV PAROVODA

Pri konstruiranju in postavitvi parovoda je pomembno, ko je mogoče, da je postavljen s padcem 1 : 100 v smeri pretoka pare. Padec oziroma nagibanje zagotovi, da gravitacija in pretok pare pomagata pri pomikanju kondenzata proti odtočnim mestom (lovilnim žepom). Upoštevati je treba, da pri zaustavitvi parovodnega sistema, ko se pretok pare ustavi in se para začne ohlajati, nastaja kondenzat, ki se zaradi naklona parovoda zbira v lovilnih žepih. Odtočna mesta morajo biti nameščena na najnižjih možnih točkah. Količina kondenzata, ki nastaja ob zagonih in zaustavitvah parovoda, zahteva, da so odtočna mesta na vsakih 30 do 100 metrov parovoda, enako velja za odvodnjavanje.

Pri dimenzioniranju parovoda je treba upoštevati tudi raztezke, ki nastanejo pri segrevanju parovoda. Zlasti so ti opazni pri dolgih sistemih, kot je naše parovodno omrežje. Parovod se med obratovanjem segreva in giblje, zato moramo postaviti tudi fiksne in drsne podpome točke.

Vsi priključki morajo biti nameščeni na vrhu glavnega parovoda, saj le tako lahko pobirajo suho in čisto paro. Če so priključki vzeti s strani ali – še slabše – s spodnjega dela parovoda, lahko pobirajo samo kondenzat in s tem dobimo nekakovostno paro.

Primer: 30 metrov dolg parovod obratuje pod tlakom 4 bare. Para segreje parovod z 10 na 152 °C. Pri tem se parovod iz nizkolegiriranega ogljikovega jekla dolžine 30 metrov raztegne za 63,5 mm.



Slika 16: Parovod, izvedba drenaže  
(Vir: <http://lab.fs.uni-lj.si>)

## 7.2. ODVAJALNIK KONDENZATA

Odvajalnik kondenzata je najbolj pomemben del v parnem sistemu. Osnovna naloga odvajalnika kondenzata je, da izpusti kondenzat iz parovoda in hkrati prepreči odtok pare iz sistema. Odvajalnik kondenzata mora zadostiti naslednjim zahtevam:

- za čas zagona parovoda mora odvajalnik odzračiti parovod in istočasno spustiti relativno veliko količino kondenzata;
- za čas normalnega delovanja parovoda mora odvajalnik konstantno odvodnjavati relativno majhno količino kondenzata;
- za čas zaustavljanja parovoda mora odvajalnik izprazniti nastali kondenzat in odzračiti parovod.

Uporabljamo različne vrste odvajalnikov kondenzata, razdelimo jih glede na princip delovanja, in sicer poznamo:

- termostatski odvajalnik (deluje na principu različnih temperatur medijev),
- mehanski odvajalnik (deluje na principu razlike gostot medijev) in
- termodinamični odvajalnik (deluje na principu dinamike fluidov).



Slika 17: Odvajalniki kondenzata v jašku  
(Lastni vir)

### 7.3. ZAPORNI VENTILI

Ventili so namenjeni upravljanju tokov raznih medijev. Glede na uporabo jih lahko razdelimo v dve veliki skupini:

- ventili za regulacijo: z dušenjem reguliramo masni tok, ki se pretaka skozi ventil;
- zaporni ventili: namenjeni so za izolacijo oziroma ločitev od sistema, vklop/izklop naprave. Uporabljamo jih samo v dveh stanjih: odprto – zaprto in z njimi ne dušimo tokov, ker niso namenjeni temu.

V Energetiki Ljubljana za potrebe parovoda uporabljamo batne ventile Klinger, ki so preizkušeni in certificirani, testirajo se pod najtežjimi pogoji in so prestali tudi požarni test.



*Slika 18: Zaporni ventil Klinger  
(Vir: <http://www.trimad.si>)*

## 7.4. IZOLACIJA

Izolacija parovodne cevi bi morala pri segrevanju zmanjšati toplotne izgube pare in izpolnjevati zahtevo, da temperatura na zunanji površini izolacije ne presega dovoljene temperaturne vrednosti. Materiali, ki se uporabljajo kot toplotni izolatorji, morajo imeti naslednje lastnosti: slaba toplotna prevodnost, požarna odpornost, odpornost na tlak, vzdržljivost idr. Dobra izolacija parovoda preprečuje izgube na omrežju in da ne prihaja do kondenziranja v cevovodu ter posledično do nastanka kondenzata, ki predstavlja težavo na omrežju.

Večje toplotne cevi in parovode, kjer temperatura preseže 50 °C, toplotno izoliramo s stekleno ali kameno volno oziroma s trdimi cevaki iz steklene volne na različnih predivih. Debelina mora biti najmanj enaka premeru cevi. Cevi, ki so izolirane s kameno oziroma stekleno volno, zaščitimo z aluminijasto pločevino.



*Slika 19: Izolirana parna cev  
(Lastni vir)*

## 8. DELOVANJE ODVAJALNIKA KONDENZATA GESTRA

### Termostatski odvajalnik kondenzata BK

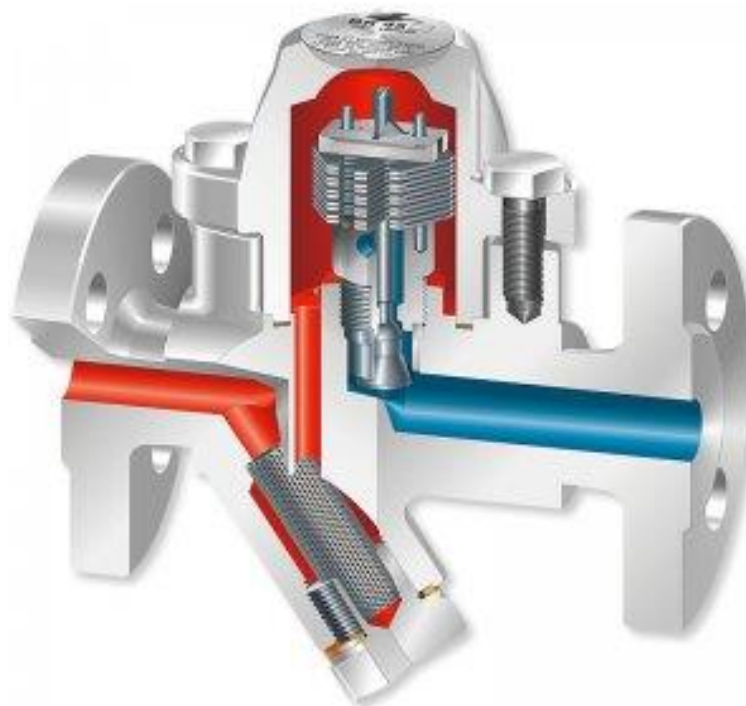
Termostatski odvajalnik kondenzata BK ni občutljiv na zmrzal, odporen je na korozijo in zahteva malo vzdrževanja. Regulira pretok medija z zelo odzivnim termostatskim regulatorjem. Posebno oblikovane bimetalne plošče, razporejene ena nad drugo, se razširijo, ko se temperatura medija poveča, in začnejo se premikati stopenjske šobe. Pretočna odprtina se zapre. V hladnem stanju je regulator popolnoma odprt. Zato je odvajalnik Gestra iz serije BK odličen pri zagonu parovodnega omrežja.

Postopek odpiranja in zapiranja nadzirata šoba in temperaturni senzor, ki je sestavljen iz dveh plošč iz nerjavečega jekla. Ko se sistem zažene in nastane hladni kondenzat in zrak, plošče iz nerjavečega jekla ležijo ravno. Delovni tlak deluje v smeri odpiranja, tako da se ventil popolnoma odpira. Ker se temperatura kondenzata poveča, bimetalne plošče odklonijo in potegnejo stopničasto šobo v smeri zapiranja. Ker temperatura kondenzata narašča, plošče iz nerjavečega jekla zvijejo in potegnejo stopničasto šobo v smeri zapiranja. Pri tem toplotnem procesu delujeta obratovni tlak in tlak, ki nastane v komori fazne šobe zaradi termodinamičnega procesa.

Tik pod temperaturo nasičenja se bimetalne plošče odklonijo do te mere, da je odprtina skoraj zaprta. Takoj pod temperaturo nasičenja (vrelišče) se plošče iz nerjavečega jekla zvijejo do te mere, da je odprtina skoraj popolnoma zaprta. Tlak v šobni komori se zato spusti in kondenzat v celoti izgine. Odprtina se zapre. Vendar temperaturna deformacija plošč iz nerjavečega jekla ne zadostuje za generiranje potrebne sile, ki bi nasprotovala sili ventila, ki deluje na šobno iglo v smeri odpiranja skozi celotno območje delovanja. Zato je stolpec teh plošč sestavljen iz vzmeti, prilagojeno sili ventila, ki se spreminja pod pritiskom. Na ta način so toplotne in vzmetne lastnosti usklajene tako, da so temperature odpiranja in zapiranja vedno le nekaj stopinj pod vreliščem.



Slika 20:  
Termostatski odvajalnik BK  
(Vir: [http:// www.gestra.com](http://www.gestra.com))



Slika 21:  
Termostatski odvajalnik BK (prerez)  
(Vir: [http:// www.gestra.com](http://www.gestra.com))



## 9 ZAKLJUČEK

Proizvodnja in distribucija tehnološke pare sta za Energetiko Ljubljana in njene odjemalce zelo pomembni. Da jim lahko zagotavljamo najbolj kakovostno paro, moramo poznati celotni proces proizvodnje pare, kar je ključno za zagotavljanje kakovostne pare.

Naš odjemalec, Jata Emona, se je pred sanacijo parovoda soočal s preveliko količino kondenzata v procesu proizvodnje, po sanaciji pa smo prišli do naslednjih pomembnih ugotovitev:

- tlak in temperatura v parni postaji Jate Emone sta bila pred posegom na parovodu:  $p = 7,9$  bara,  $T = 166$  °C, po opravljeni rekonstrukciji parovoda pa:  $p = 8,5$  bara,  $T = 178$  °C;
- z vgraditvijo dodatnega odvajalnika kondenzata se je kakovost pare izboljšala;
- tedensko izvajanje kontrole parovodnega omrežja in odvajalnikov kondenzata.

Z diplomskim delom smo ugotovili, da bomo morali kljub smernicam, ki jih upoštevajo projektanti pri projektiranju parovodnega omrežja in odvajalnikov kondenzata, v prihodnje povečati število odvajalnikov kondenzata, saj bomo le tako odjemalcem zagotavljali kakovostno paro.

## 10 LITERATURA IN VIRI

### Knjige

- Arhiv TE-TOL, *Dnevnik obratovanja*. Ljubljana
- Energetika Ljubljana, 1997. *Parovodno omrežje*. Interna dokumentacija
- Energetika Ljubljana, 1998. *Kogeneracija*. Interna dokumentacija
- Energetika Ljubljana, 2013a. *Parni kotel PK1*. Interna dokumentacija
- Filip Čorlukić, dipl. Fizičar, 1975. *Merjenje protoka fluida*: ATM Zagreb
- Horst Herr, 1997. *Nauk o toploti*, Ljubljana: Tehniška založba Slovenije
- Peter Hvastja, 2011. *Daljinsko ogrevanje in soproizvodnja v Ljubljani*. Ljubljana: JP Energetika Ljubljana, d.o.o.
- Spirax Sarco, 2014. *Steam & Condensate Loop Book*, FNAC: USA
- Vjekoslav Knežević, 1990. *Priručnik za kondenzat*. Rijeka

### Spletne strani

- Delovanje odvajalnika kondenzata Gestra, 2018 – Pridobljeno 8.6.2018 iz naslova <https://www.gestra.com/products/valves/a1-steam-traps/thermostatic-steam-traps-bk.html>
- Razširjeni energetske pregled UKC Ljubljana, 2014 – Pridobljeno 17.8.2018 iz naslova [http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/Javni\\_pozivi/Javni\\_poziv\\_promotorjem/02\\_REPi/REP\\_Hospital\\_Fakulteta\\_za\\_strojninstvo\\_2016.pdf](http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/Javni_pozivi/Javni_poziv_promotorjem/02_REPi/REP_Hospital_Fakulteta_za_strojninstvo_2016.pdf)
- Zaporni ventili Klinger, 2018 – Pridobljeno 8.6.2018 iz naslova <http://www.trimad.si/image/data/29.12./1KLINGER%20KVN%20CEL%20KATALOG.pdf>