

Primena industrijskih amonijačnih toplotnih pumpi u proizvodnji slada

The use of industrial ammonia heat pumps in the production of malt

Mr Dragutin MILJKOVIĆ, dipl. inž., Tehnomag-Teco, Novi Sad,
 Nebojša PEJIĆ, dipl. inž., Sladara Maltinex, Bačka Palanka,
 Mr Zoran STAJIĆ, dipl. inž., Emerson Commercial & Residential Solutions-Vilter, Beograd

Ključne reči: industrijske amonijačne toplotne pumpe; proizvodnja slada; ušteda potrošnje prirodnog gasa; obnovljivi izvori energije; zaštita čovekove okoline

Ovaj rad predstavlja prikaz sveobuhvatnog rešenja koje podrazumeva ugradnju toplotne pumpe u tehnološkom procesu dobijanja slada. Cilj ugradnje toplotne pumpe je pre svega finansijski efekat od uštede prirodnog gasa koji se koristi u procesu sušenja slada. Pored toga, ovo rešenje ima i uticaj na smanjenje efekata staklene bašte koga izaziva sagorevanje fosilnih goriva.

Na osnovu projektnog zadatka dobijenog od strane investitora, data je šema idejnog rešenja na osnovu koje je razrađena detaljna tehnološka šema ugradnje toplotne pumpe. Karakteristično za ovakav tip tehnološkog procesa je da u određenim periodima može da se istovremeno koristi toplota hlađenja (koja predstavlja izvor toplote za toplotnu pumpu) i toplota kondenzacije koja se koristi u tehnološkom procesu za dogrevanje svežeg vazduha U periodu kada je ovo moguće SOR sistema je preko 6.

U ovom slučaju je izabrana amonijačna toplotna pumpa proizvođača SAMIFI. Razmenjivači toplote u rekuperatoru i na otpadnom vazduhu su izabrani tako da zadovoljavaju sve zahteve projektnog zadatka. U krugu hlađenja slada i napojne vode su pločasti razmenjivači. Na osnovu proračuna sistema a prema karakteristikama proizvođača, sračunati su SOR sistema, koji su garantovani od strane izvođača radova Tehnomag-Teco. Na osnovu garantovanih SOR sistema data je analiza očekivanih ušteda prirodnog gasa tj. povrat ulaganja u investiciju toplotne pumpe.

Key words: industrial ammonia heat pumps; malt production; reduction of natural gas consumption; renewable heat sources; environmental protection

This paper shows comprehensive solution of implementation of heat pump in technological process of making malt. Aim of heat pump implementation is, first of all, saving of natural gas use in production process of drying malt. This solution has a positive influence on lowering greenhouse effect caused by fossil fuel combustion as well.

Based on design task we got from investor, scheme of preliminary design is given and, based on it, detailed technological scheme of heat pump installation is made. Characteristic of this type of technological processes is that in certain time period refrigerating effect (heat source for heat pump) and heat of condensation, which is use for fresh air preheating, could be used simultaneously. In this periods COP of systems goes over 6.

In this case ammonia heat pump from producer Samifi is chosen. Heat exchangers in recuperator and on waste air are selected to fulfil all demands from design task. In malt cooling and water supply circuit plate heat exchangers are implemented. Based on system calculation using equipment producers's data, COP of system is calculated and it is guaranteed by contractor Tehnomag Teco. Based on this COP natural gas savings are calculated together with return of investment calculation.

Uvod

Industrijske toplotne pumpe koje se kategoriju kao obnovljivi izvori energije i koje doprinose zaštiti čovekove okoline i smanjenju efekta staklene bašte kroz smanjenje emisije CO₂ u atmosferu, kao i povećanju efikasnosti-smanjenju troškova proizvodnje, sa amonijakom kao prirodnim rashladnim fluidom, predstavljaju tehničko rešenje koje je u izuzetnoj ekspanziji širom sveta. Ukoliko se ove toplotne pumpe koriste u procesima gde je moguće osim efekta grejanja iskoristiti i efekat hlađenja onda njihova efikasnost nema premca.

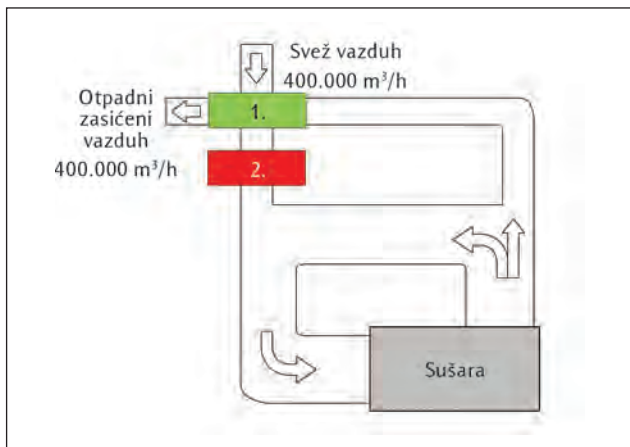
U tom smislu, korporacija iz Francuske SUFFLE koja je najveći evropski pa i svetski proizvođač slada za pivarsku industriju, u nekoliko svojih sladara ugradila je toplotne pumpe radi smanjenja potrošnje prirodnog gasa u procesu sušenja slada. Kao najoptimalnije tehničko rešenje za svoju sladaru Maltinex u Srbiji izabrano je rešenje firme Tehnomag-Teco iz Novog Sada.

O detaljima ovog tehničkog rešenja će biti više reči u ovom radu.

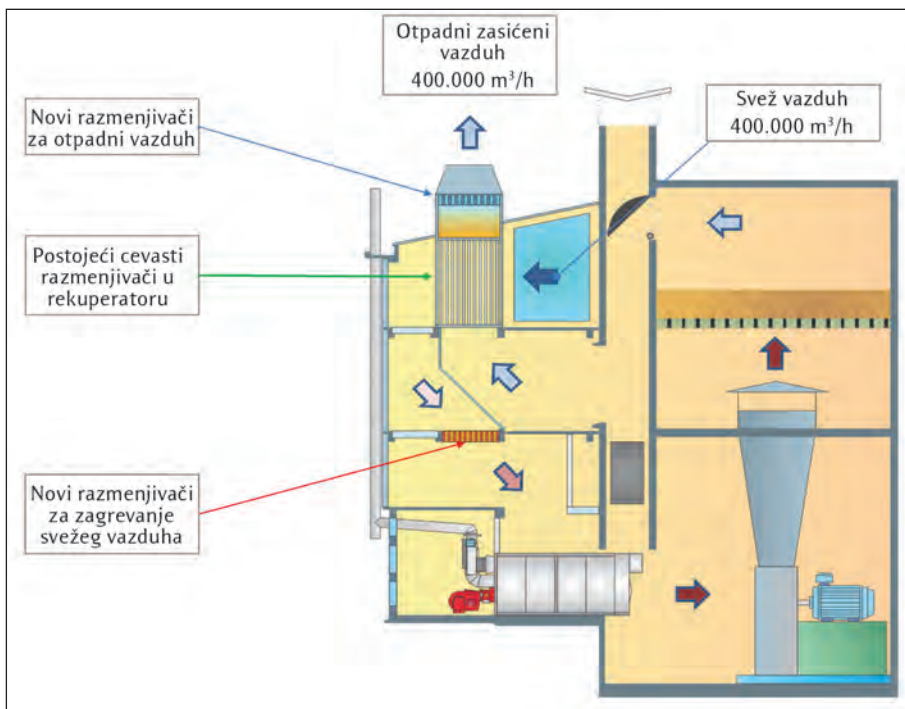
Tokom procesa sušenja slada jedan deo vazduha (u ovom slučaju 400.000 m³/h) se odbacuje, tzv. otpadni vazduh, u cilju smanjenja sadržaja vlage u vazduhu na ulasku u sušaru. U istoj količini se ubacuje svež vazduh, slika 1. Prvo zagrevanje prisisanog vazduha je u cevastim razmenjivačima, gde se sveži vazduh zagreva strujom otpadnog vazduha na slici označenim 1. Ideja je da se dodatno povećanje temperature svežeg vazduha pre ulaska u sušaru izvrši razmenjivačima toplote označenim 2.

Sa ovim ciljem, investitor je projektnim zadatkom tražio toplotnu pumpu sa sledećim projektnim parametrima:

- Grejna snaga oko 2 MW.
- Protok vazduha 400.000 m³/h.
- Maksimalna temperatura otpadnog vazduha nakon staklenih razmenjivača 34 °C.



Slika 1. Šema toka vazduha u sušari; 1 – postojeći cevasti razmenjivač u rekuperatoru, 2 – novi razmenjivač



Slika 2. Procesna šema

- Minimalna temperatura otpadnog vazduha nakon staklenih razmenjivača 18 °C.
- Temperatura vode za hlađenje 6–9 °C.
- Temperatura vode na izlasku iz kondenzatora letnji period, prelazni period, zimski period 55/50/45 °C.

Zahtev za razmenjivače toplote:

Razmenjivači za zagrevanje vazduha:

- blok razmenjivača Cu/Al,
- razmak lamela > 5 mm,
- debljina lamela 0,35 mm,
- debljina zida cevi > 0,8 mm, redni raspored.

Razmenjivači za korišćenje otpadne toplote:

- blok razmenjivača prohrom/AlMg,
- razmak lamela 10 mm,
- debljina lamela min. 0,35 mm,
- debljina zida cevi 0,4 mm.

Parametri na osnovu kojih je dimenzionisan ceo sistem su dati na slici 3.

Pošto sušara sladare radi preko cele godine, na osnovu projektnog zadatka su proračunati radni parametri sistema toplotne pumpe za tri perioda: zimski, prelazni i letnji. Na osnovu proračunatog COP sistema data je garancija na kvalitet posla od strane glavnog izvođača radova firme Tehnomag–Teco.

Tehničko rešenje

Šematski prikaz sistema za korišćenje toplote od TP u razmenjivačima (na šemi označeni sa HE1–HE6) dat je na slici 4. Izvori toplote za TP su prikazani kao sekundarni cirkulacioni krugovi. Osnovni izvor toplote koji je stalno na raspolaganju je toplota otpadnog vazduha koja se izmeni u razmenjivačima toplote, na slici označeni sa HE-7. Značajan izvor toplote koji je na raspolaganju u letnjem periodu je toplota dobijena od hlađenja ječma prilikom klijanja u klijalištima a razmenjena u pločastom razmenjivaču na slici označen sa HE-8 Manje značajan izvor toplote koji se takođe koristi je toplota hlađenja vode za močilišta (gde se natapa ječam pre klijanja), ona

se izmeni u pločastom razmenjivaču na slici označenim sa HE-9.

Toplota dobijena na strani kondenzatora toplotne pumpe se predaje svežem vazduhu u razmenjivačima označenim sa HE1–HE6 Sekundarni nosilac toplote sa strane isparivača i kondenzatora TP je 30% rastvor voda-etilenglikol. U cilju dobijanja toplote na kondenzatoru TP, deklarirane za određeni vremenski period, potrebno je imati dovoljno toplotno opterećenje na isparivaču. Ovo se postiže održavanjem temperature smeše na izlazu iz isparivača, promenom broja obrtaja elektromotora cirkulacione pumpe u krugu otpadnog vazduha i cirkulacione pumpe u krugu za hlađenje u klijalištima.

Kontrola rada TP i cirkulacionih pumpi u primarnom krugu isparivača IL200/250 i krugu kondenzatora IL 100/210 vrši se putem PLC-a TP. Kontrola rada celokupnog sistema vrši se sistemskim PLC-om. Obračun predate toplotne energije svežem vazduhu vrši se putem kalorimetra a obračun COP-a vrši se putem sistemskog PLC-a.

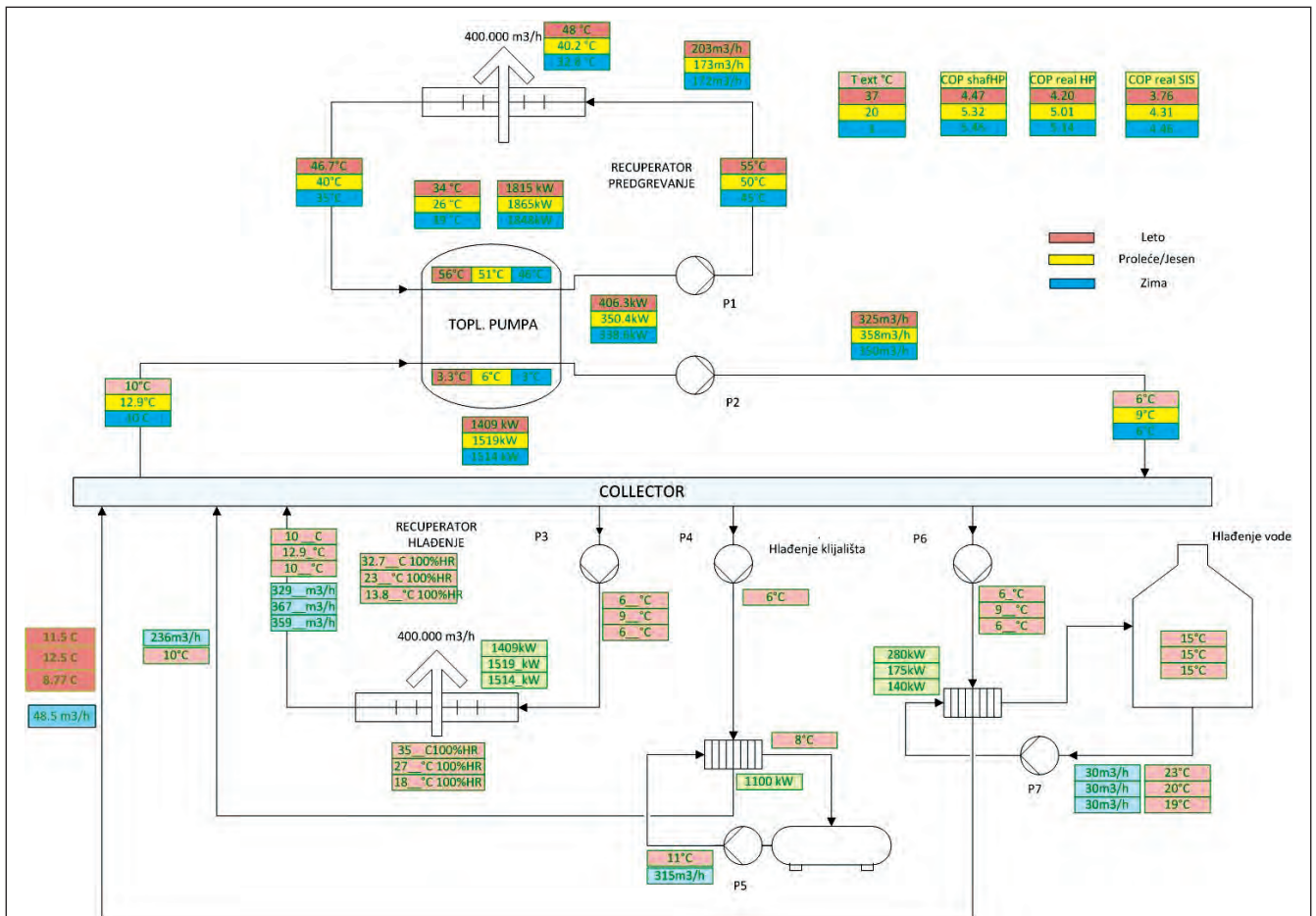
Sama toplotna pumpa je sa amonijakom kao prirodnim rashladnim fluidom proizvedena u kompaniji Samifi-ju u Francuskoj.

Izgled i osnovne komponente toplotne pumpe možete videti na sledećim fotografijama:

“Srce” toplotne pumpe predstavlja Vilter vijačni kompresor kompanije Emerson predstavljen na slici 7

Svojom specifičnom konstrukcijom i naprednim karakteristikama (u pogledu stepena sabijanja, radnog pritiska, promenljivog zapreminskog odnosa, uravnoteženih sila...) on predstavlja idealno rešenje za primenu u režimima u kojima rade toplotne pumpe

Razmenjivači toplote na otpadnom vazduhu na slici 9 označeni sa HE7 i razmenjivači u rekuperatoru HE1–HE6 na slici 8 su nemačkog proizvođača Thermofin koji je jedini mogao da ponudi razmenjivače koji u potpunosti ispunjavaju sve zahteve iz projektnog zadatka.



Radni uslovi	Ext1 °C	Ext20 °C	Ext37 °C
Temperatura isparavanja	+3,0 °C	+6,0 °C	+3,3 °C
Temperatura kondenzacije	+46 °C	+51 °C	+56 °C
Ekonomajzer	da	da	da
Broj obrtaja elektromotora	2950 rpm	2750 rpm	3150 rpm
Rashladni kapacitet	1514 kW	1519 kW	1409 kW
Absorbovana snaga	338,6 kW	350,4 kW	406,3 kW
Toplota kondenzacije	1848 kW	1865 kW	1815 kW
Hlađeni fluid	MEG 30%	MEG30%	MEG 30%
Ulazna temperatura	+10 °C	+12,9 °C	+10 °C
Izlazna temperatura	+6 °C	+9 °C	+6 °C
Zapreminski protok	351 m³/h	358 m³/h	327 m³/h
Kapacitet	1514 kW	1519 kW	1409 kW
Grejani fluid	MEG 30%	MEG30%	MEG30%
Ulazna temperatura	+35 °C	+40 °C	+46,7 °C
Izlazna temperatura	+45 °C	+50 °C	+55 °C
Zapreminski protok	172 m³/h	173 m³/h	206 m³/h
Kapacitet	1848 kW	1865 kW	1815 kW

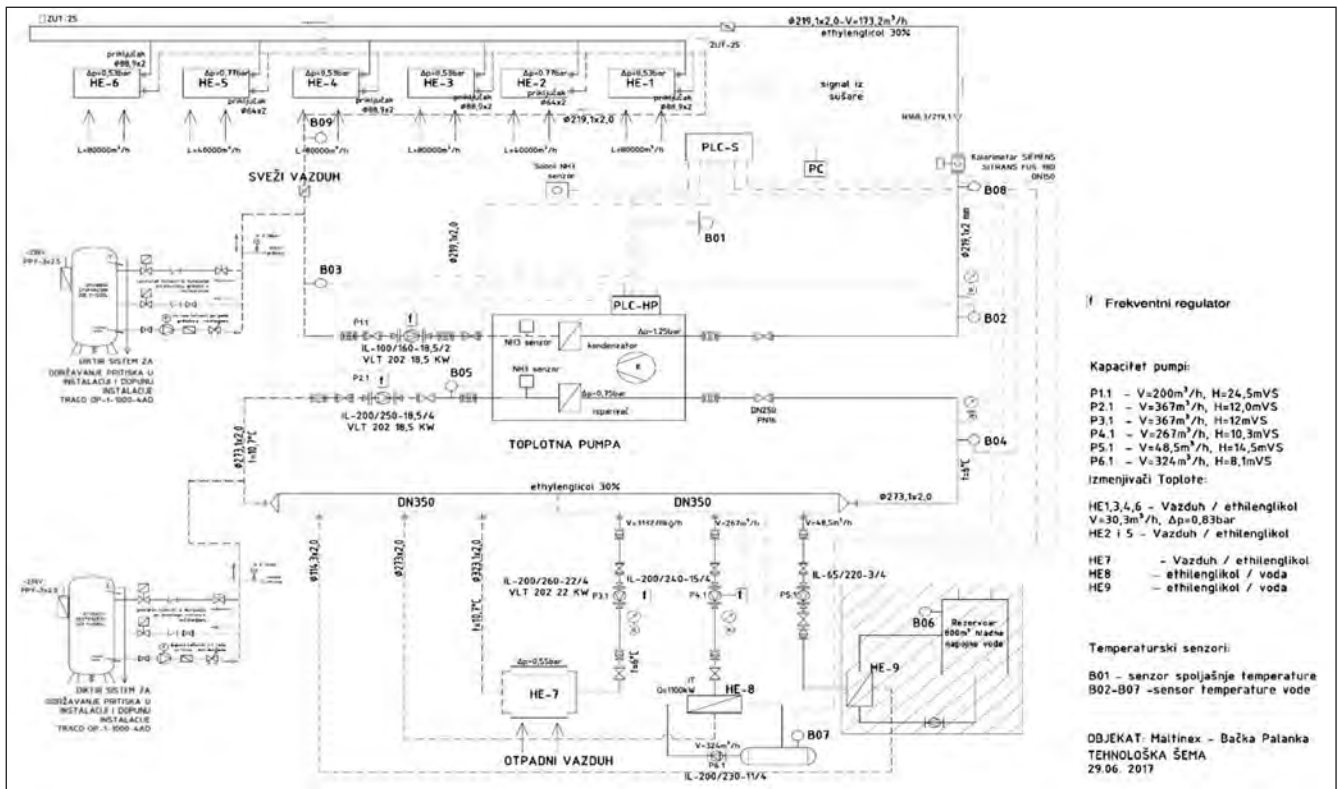
Slika 3. Principijelna šema sa projektnim parametrima

Očekivane uštede na potrošnji prirodnog gasa

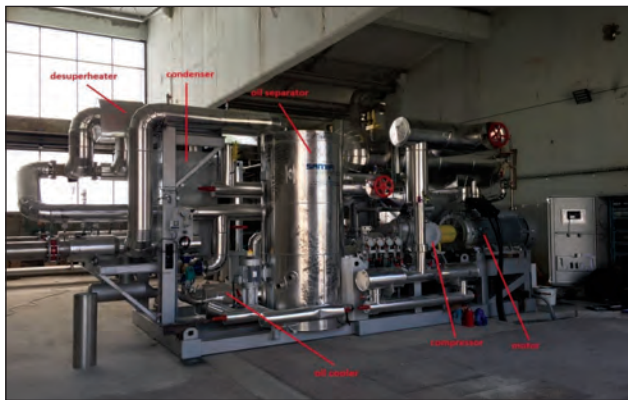
Kao osnova za proračun očekivanih ušteda u potrošnji prirodnog gasa uzeti su sledeći parametri:

1. Proizvedena toplotna i rashladna energija za tri predviđena režima rada toplotne pumpe sa odgovarajućim vrednostima COP:

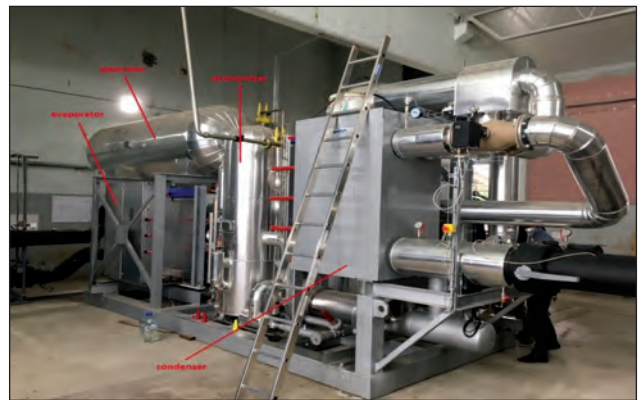
Spoljašnja temperatura	COP na vratilu kompresora	COP toplotne pumpe	COP sistema	COP kombinovani
+37 °C	4,47	4,20	3,76	6,46
+20 °C	5,32	5,01	4,31	5,45
+1 °C	5,46	5,14	4,46	4,82



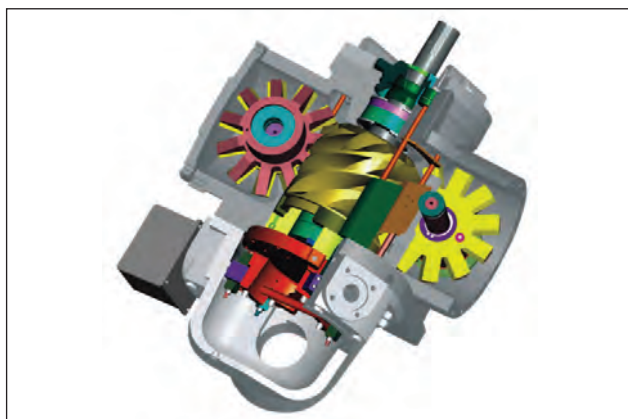
Slika 4. Tehnološka šema



Slika 5. Toplotna pumpa – pogled s predra



Slika 6. Toplotna pumpa – pogled sa zadnje strane

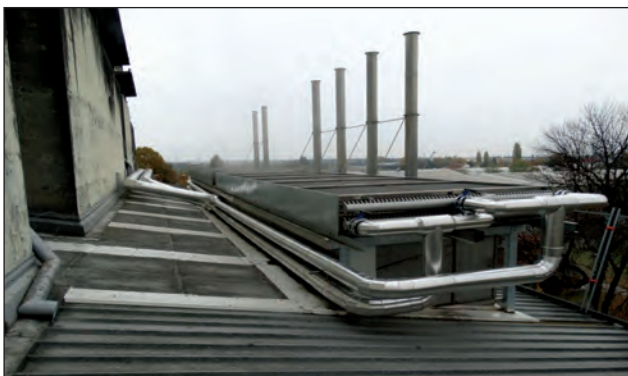


Slika 7. Izgled vijčanog kompresora Vilter. Karakteristike: Potis do 100 bar, usis do 28 bar; radna zapremina 271–5098 m^3/h ; stepen kompresije 2–20; nezavisni zasuni za kapacitet i zapreminski odnos; promenljivi VI od 1,2 do 7,0; kapacitet od 10% do 100%; opcija kućišta od livenog čelika

- COP na vratilu kompresora, prema podacima proizvođača kompresora.
 - COP toplotne pumpe, uzeti su u obzir gubici u elektromotoru i frekventnom regulatoru.
 - COP sistema, odnos toplotne energije isporučene od strane toplotne pumpe i ukupno uložene električne energije (kompresora i cirkulacionih pumpi).
 - COP kombinovani, predstavlja odnos dobijene toplotne i rashladne energije sa ukupno uloženom električnom energijom sistema.
2. Mesečni utrošak energije u sušarama i klijaštima po toni proizvedenog slada
 3. Troškovi održavanja toplotne pumpe na osnovu preporuka proizvođača
 4. Procena kretanja cena električne energije i prirodnog gasa (slika 10)
 5. Ukupni troškovi investicije ugradnje toplotne pumpe, u koju spadaju:
 - a) toplotna pumpa

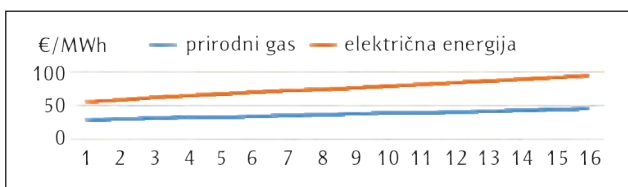


Slika 8. Razmenjivači toplote u rekuperatoru proizvođača Thermofin



Slika 9. Razmenjivači na otpadnom vazduhu proizvođača Thermofin

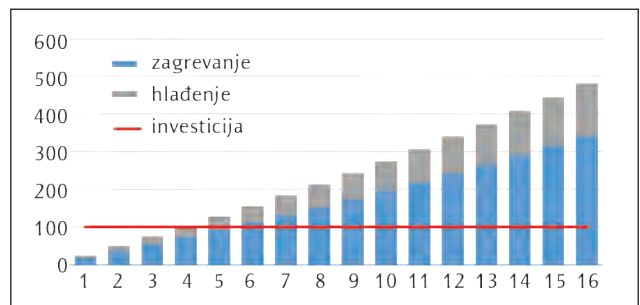
- b) razmenjivači toplote
- c) cirkulacione pumpe i prohromski cevovod
- d) transformator 1000 kVA
- e) automatsko upravljanje sistemom TP
- f) građevinski radovi
- g) elektro radovi
- h) izolacija cevovoda
- i) punjenje sistema 30% etilen-glikolom (50 m³).



Slika 10. Procena kretanja cena električne energije i prirodnog gasa izražena u €/MWh

Zbog poverljivosti podataka o troškovima investitora, proračun perioda povratka investicije prikazan je procentualno, gde je vrednost investicije prikazana crvenom horizontalnom linijom kao 100% (slika 11).

Sa usvojenim režimom rada od 21 sat dnevno i 350 radnih dana godišnje, perioda povratka investicije iznosi nešto manje od 4 godine, što se za industrijska postrojenja ovog tipa smatra veoma isplativim projektom. Ako se izvrši projekcija uštede do kraja radnog veka ovakvog sistema (15 godina), može se zaključiti da će sistem sam sebe višestruko isplati-



Slika 11. Povratak investicije ugradnje toplotne pumpe

ti i zaraditi u budućnosti besplatnu instalaciju nekog novog sistema.

Zaključak

Kroz prikaz ovog rada vidi se da je opravdana primena amonijaknih toplotnih pumpi u industrijskim procesima kao što je u ovom slučaju proces u sladari, gde se vrši ušteta u potrošnji prirodnog gasa. Analizom je pokazano da je takva investicija otplativa za oko 3,8 god. Ako se uzme da je uobičajeni vek eksploatacije postrojenja od 16 god. Onda su finansijski efekti iznenađujući.

U ovom slučaju je primenjena toplotna pumpa sa malim sadržajem amonijaka (240 kg) u odnosu na toplotnu snagu (oko 2 MW) što je veoma značajna karakteristika procesa eksploatacije postrojenja sa stanovišta sigurnosti.

Kada je u pitanju zaštita čovekove okoline primenom amonijakne toplotne pumpe se ostvaruje dvostruki efekat:

- primenjuje se prirodni rashladni fluid, čime se umanjuje uticaj na efekat staklene bašte i degradaciju ozonskog omotača;
- smanjenje uticaja sagorevanja prirodnog gasa što takođe utiče na smanjenje efekta staklene bašte

Literatura

- [1] **Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković**, Grejanje i klimatizacija, Interklima, Vrnjačka Banja
- [2] **Branislav Živković, Zoran Stajić**, Mali termotehnički priručnik; SMEITS 2003, Beograd