

Dobivanje topline hlađenjem mlijeka

Dr D. D. Bićanić, dipl. inž., P. v. Duinen, D. v. D. Akker i P. Jansen, Odeljenje za fiziku i meteorologiju Poljoprivrednog fakulteta, Wageningen, Holandija

Autori su izložili način ispitivanja uređaja za hlađenje mleka koji je radio kao toplotna pumpa, obezbeđujući toplu vodu čija je temperatura bila 55—60 °C. Rashladni uređaj sa kompresorom instalisane snage 2,2 kW, imao je tri vrste kondenzatora: kondenzator u bojleru za vodu, zapremine 295 l, zatim protočni sa vodom i vazdušni kondenzator. Svi rezultati ispitivanja prikazani su dijagramima. Vreme ispitivanja je iznosilo oko 100 minuta, koliko traje i hlađenje mleka sa temperature od 37 °C na 4 °C.

Kompletna ispitivanja su vršena na uređajima marke »Hewlett-Packard« 3456 A i 3497.

Uvod

Opća energetska kriza, toliko karakteristična za svjetsku ekonomiju posljednjeg decenija, doprinijela je indirektno ubrzanom razvoju i realizaciji tehničkih projekata namijenjenih uglavnom racionalnijem iskorištenju energetskih rezervi. Mnoštvo tehnoloških instalacija sa povećanim stupnjem iskorištenja, kao i brojni pokušaji iskorištenja alternativne energije (sunce, zemlja, vjetar itd.), živo svjedoče o toj tendenciji. U posljednje vrijeme, poljoprivredno visoko razvijene zemlje (kao npr. zemlje Beneluxa) posvetile su mnogo pažnje i uložile znatna finansijska sredstva u izgradnju i praktičnu upotrebu toplinskih pumpi.

Toplinske pumpe se, između ostalih načina, primjenjuju i u procesu hlađenja mlijeka na stočarskim dobrima. Svrha ovog članka i jeste da

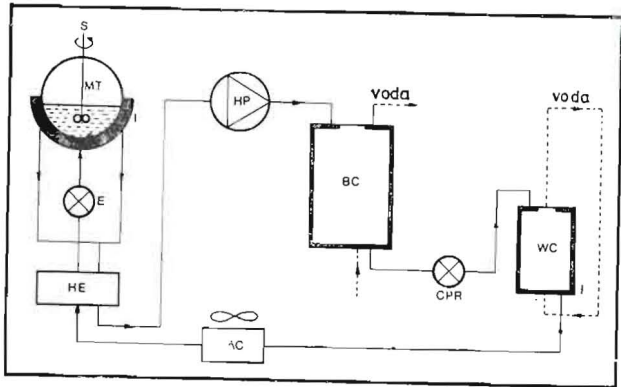
se prikažu relevantni rezultati eksperimenta izvedenog na farmi »De Vijf Roeden« u Duivenu, kod Arnhema, u Holandiji, na kojoj ima 80 krava. Mjerenja su obavljena u travnju 1983, u tipičnim klimatskim uvjetima za ovdašnju geografsku širinu.

Eksperimentalni dio

Frekvencija dolaska (kontejnera) za ubir mlijeka na stočne farme smanjila se u Holandiji posljednjih godina do dva dolaska tjedno. Internacionalna federacija F. I. L. (Federation Internationale des Laiteries) donijela je nedavno niz rigoroznih propisa koji se odnose na proces ohlađivanja i održavanja mlijeka do momenta dolaska kontejnera (nakon muže krava mlijeko treba da se ohladi na 4,0 °C u roku od 2,5 sata, zbog opasnosti kvarenja), što je navelo mnoge poljoprivrednike da nabave rashladne uređaje većeg kapaciteta [1]. Da bi se istovremeno djelomično riješio i sve akutniji problem poskupljenja energije, većina je poljoprivrednika nabavila uz agregat i specijalne kondenzatore, koji u sklopu sa agregatom čine toplotnu pumpu [2].

Za izvođenje eksperimenta opisanog u ovom članku odabrana je toplinska pumpa »Packo Densor«, belgijskog proizvođača »Packo-Brothers« iz Zedelgema, prikazana na slici 1. Mlijeko se sakuplja u sprenniku (MT) Packo RM/DX kapaciteta 6 000 litara, opremljenom mješalicom S. Toplo se mlijeko neposredno nakon muže pot- hlađuje od 37 na 20 °C. Jednostrano djelujući dvostepeni kompresor toplinske dizalice (HP) je »Bitzer BHS 500 S« (svaki cilindar ima volumen od 103 cm³), a za njegov pogon upotrebljava se elektromotor od 2,2. Nakon usisavanja niskotlačnih para freona R12, kompresor ih sabija izo-entropno do visokotlačnih pregrijanih para, uslijed čega dolazi do kondenzacije u bojler-kondenzatoru (BC) »Packo Densor«, kapaciteta 295 litara. U seriji (BC) priključen je dodatni, vodom hlađeni kondenzator (WC). Suvišak energije nastale kondenzacijom (u slučaju da su kapaciteti BC i WC posve iskorišteni) odvodi se zrakom hlađenim kondenzatorom sa dva ventilatora tipa »Müller AD 12« (AC). Temperatura vode u (BC) može doseći maksimalno 55 °C, dok je porast u (WC) nešto viši — tj. do 60 °C.

Sl. 1. Šema toplinske pumpe; MT — spremnik mlijeka, S — mješalica, E — ekspanzioni ventil, HE — izmjenjivač topline, I — izolacijski sloj, HP — kompresor toplinske pumpe, BC — boiler-kondenzator, CPR — regulator pritiska u kondenzatoru, WC — vodom hlađeni kondenzator, AC — zrakom hlađeni kondenzator sa ventilatorom

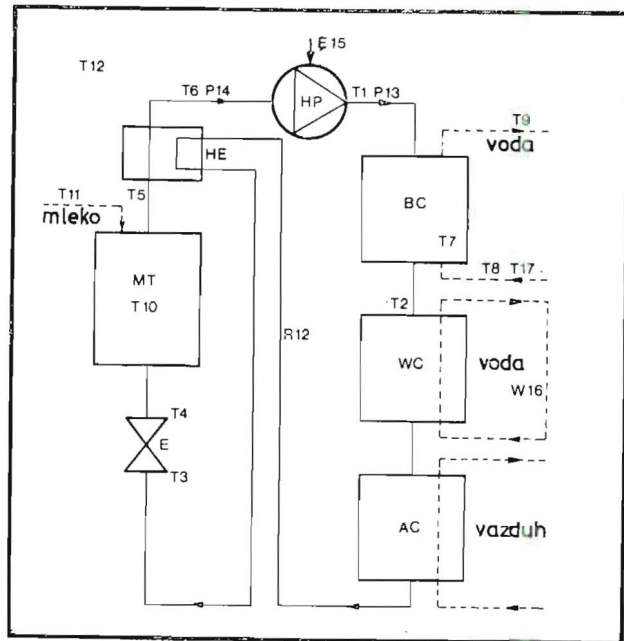


Za dobivanje uvida u rad toplinske dizalice korisno je promatrati vremenske promjene temperature i tlaka na karakterističnim lokacijama. Osim toga je potrebno znati tačnu količinu ubranog mlijeka, ukupnu količinu energije odvedene iz sistema, te iznos električne energije utrošene za pogon svih komponenata toplinske dizalice (u svrhu određivanja stupnja rashladnog učina). Karakteristične mjerne lokacije naznačene su na slici 2, brojevima od 1 do 17 (vidi odgovarajući tekst ispod slike). Sva temperaturna mjerenja izvršena su pomoću termoelemenata od bakarkonstantana koje smo u laboratoriju baždariili (0–90 °C), upotrebljavajući precizne živine termometre. Termoelementi su posebnom pastom pričvršćeni uz cjevovod kojim protiče freon (sa vanjske strane). Tokom baždarenja hladna čvorišta svakog pojedinog termoelementa priključena su na 44422 A 20 — ACQ terminalnu ploču (u kontaktu sa digitalnim voltmetrom »Hewlett-Packard 3456 A« i data-loggerom »Hewlett-Packard 3497«) te su na taj način u međusobnoj termičkoj ravnoteži. Sva topla čvorišta uronjena su u kupku (ulje ili alkohol) željene temperature. Jedan termoelement je uronjen u Dewarovu posudu napunjenu ledom u svrhu kontrole nulte tačke, dajući napon V_R . Na digitalnom voltmetru »Hewlett-Packard 3456 A« registrira se razlika između napona V_T izmjenjenog za pojedini termoelement na temperaturi T , i referentnog napona V_R (s obzirom na temperaturu leda). Reprezentativnu vrijednost ($V_T - V_R$) asociiranu sa određenom temperaturom T izračunali smo zatim kao aritmetičku sredinu svih 17 vrijednosti. Identični postupak ponavlja se naravno u čitavom temperaturnom intervalu 0–90 °C. Baždarenjem smo pronašli slijedeću analitičku ovisnost temperature (°C) i termoelektričkog napona ($V_T - V_R$) (oba u voltima):

$$T = \{ -A + \sqrt{B + C[(D + V_T - V_R)]} \} / E \quad (1)$$

gdje konstante A, B, C, D i E nemaju dimenzije, nego samo numeričku vrijednost:

Sl. 2. Karakteristična mjerna mjesta toplinske pumpe (sve temperature rashladnog sredstva mjere su na stijenci cjevovoda); T1 — temperatura rashladnog sredstva na tlačnoj strani kompresora (°C), T2 — temperatura rashladnog sredstva nakon prolaza kroz isparivač (°C), T4 — temperatura rashladnog sredstva iza ekspanzionog ventila (°C), T5 — temperatura rashladnog sredstva nakon prolaza kroz isparivač (°C), T6 — temperatura rashladnog sredstva na usisnoj strani kompresora (°C), T7 — srednja temperatura vode u boiler-kondenzatoru (°C), T8 — temperatura vode koja utječe u (WC) u stupnjevima (°C), T9 — temperatura tople vode koja istječe iz (WC) (°C); T10 — srednja temperatura mlijeka u spremniku (MT) (°C), T11 — temperatura pothlađenog mlijeka pri ulazu u spremnik (MT) (°C), T12 — temperatura okoline (°C), P13 — apsolutni tlak na tlačnoj strani kompresora toplinske pumpe (bar), P14 — apsolutni tlak na usisnoj strani kompresora toplinske pumpe (bar), E15 — mjerilac stvarne električne snage utrošene radom kompresora (kW), W16 — mjerilo količine toplote za (WC) u kW/sat, E17 — mjerilac količine vode potrošene iz (WC) (m³). Simboli MT, E, HE, HP, BC, WC, R12 i AC definisani su ranije (vidi sl. 1). Puna linija na sl. 2. odnosi se na kružno strujanje rashladne tvari, a isprekidana predočuje strujanje vode u (BC) i (WC) zraka pri (AC) mlijeka (pri MT) i snagu predanu kompresoru (E15)



$$A = 3,862995 \times 10^{-5}, \quad B = 14,92273 \times 10^{-10}, \\ C = 16,9152 \times 10^{-8}, \quad D = 1,359033 \times 10^{-6}, \\ E = 8,4576 \times 10^{-8}.$$

Kao što je već spomenuto u tekstu, sve relevantne temperature (osim jedne) mjerene su termoelementima čiji su koeficijenti upravo navedeni. Za mjerenje temperature u boiler-kondenzatoru (BC) upotrebljena je metalna šipka sa 9 ekvidistantnih termoelemenata »Honeywell« [3]. Na već opisani način (vidi gore) baždarenjem su određeni koeficijenti jednadžbe (1). Označivši konstante u jednadžbi (1) slovima A_1 , B_1 , C_1 , D_1 i E_1 (u svrhu lakšeg razlikovanja s obzirom na drugu vrst termoelemenata), dobija se:

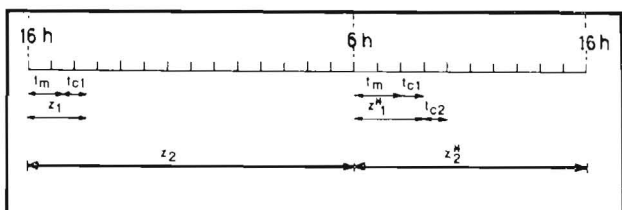
$$A_1 = 3,872954 \times 10^{-5}, \quad B_1 = 14,999772 \times 10^{-3},$$

$$C_1 = 17,373356 \times 10^{-8}, \quad D_1 = 8,735132 \times 10^{-7}$$

$$E_1 = 8,686768 \times 10^{-8}.$$

Za mjerenje odgovarajućih tlakova (vidi sliku 2) u vodovima kojima cirkulira rashladna tvar, upotrebljeni su transduceri »Hottinger-Baldwin«, sa »Sanborn Dual Channel Carrier Amplifier Recorder 321«. Ti su senzori individualno baždareni u intervalu od 0 do 15 bara, sa prirasotom od 1 bara. Za transducer tipa 3203 (0—10 bara) koji se nalazi na usisnoj strani kompresora (vidi sliku 2) proizvedeni električni signal V (u voltima) i tlak P_{in} (bara) povezani su među sobno relacijom:

Sl. 3. Tipični mjerni interval hlađenja mlijeka



plifier Recorder 321«. Ti su senzori individualno baždareni u intervalu od 0 do 15 bara, sa prirasotom od 1 bara. Za transducer tipa 3203 (0—10 bara) koji se nalazi na usisnoj strani kompresora (vidi sliku 2) proizvedeni električni signal V (u voltima) i tlak P_{in} (bara) povezani su među sobno relacijom:

$$P_{in} = \{ [(10^3 V + 5.136)/82.664] + 1 \} \quad (2)$$

Na tlačnoj strani kompresora dobiva se za transducer 130,35 (0—50 bara) slična relacija između P_{out} (bara) i generiranog električnog signala V (volt):

$$P_{out} = \{ [(10^3 V - 1.412)/64.621] + 1 \} \quad (3)$$

Oba senzora priključena su također na digitalni voltmetar HP 3456 A »Hewlett-Packard« koji je integralni dio scanera »Hewlett-Packard HP 3497«.

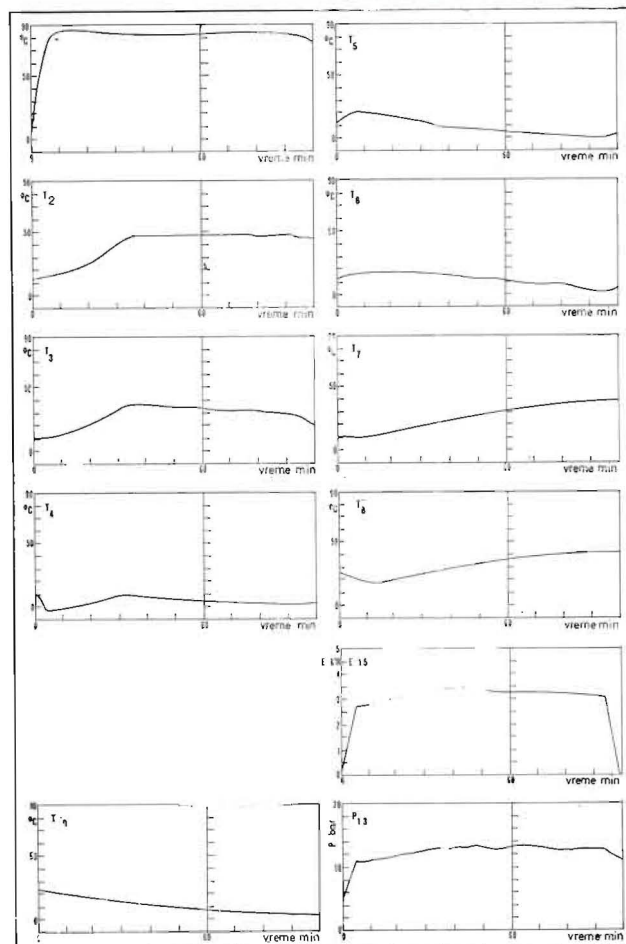
Vremenska ovisnost stvarne snage E (kW) kompresora registrirana je pomoću KEMA d.c. konvertera koji proizvodi proporcionalni signal V (volt). Dvije veličine međusobno su povezane jednadžbom:

$$E = (0,98772 V - 0,004) \quad (4)$$

Pomoću jednadžbi (1) do (4) omogućeno je upotrebom scanera »Hewlett-Packard HP 3497« automatsko mjerenje (kao i crtanje dijagrama) na svim važnim lokacijama toplinske dizalice.

Iznos cjelokupne električne energije koja je utrošena za pogon preostalih komponenata toplinske dizalice mjereno je metrom (integrirajućim) AEG C14G kWh. Takozvani toplinski metar (eng. *heat meter*) SVM 62 (sa kompenzacijom) u seriji sa kondenzatorom (WC) omogućuje eksperimentatoru određivanje toplinske energije dovedene u (WC) kondenzator. Običan hidrometar upotrebljen je za mjerenje ukupne količine odvedene iz boiler-kondenzatora. Za određivanje trenutnog nivoa mlijeka u spremniku korištena je specijalna mjerna šipka posuđena u tu svrhu od NIZO-a (Holandski institut mliječne industrije, Ede).

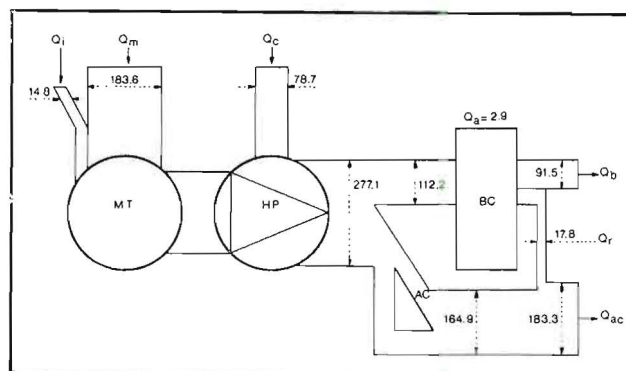
Sl. 4. Vremenska ovisnost veličina koje karakteriziraju rad toplinske pumpe (oznake kao na sl. 2)



Na slici 3. prikazan je jedan tipičan »mjerni interval«. Mjerenje započinje svakodnevno, nakon prvog muženja (oko 16,00 sata). Naredno muženje obavlja se sljedećeg jutra oko 6 sati, iz čega proizlazi da period od 24 sata implicira dva muženja. Na slici 3. simboli t_m , t_c i t_c označuju sukcesivno vremenski period trajanja muženja, čišćenja instrumenata (svaki put nakon muženja) i spremnika za hlađenje (tri puta na tjedan). U sadašnjim uvjetima period držanja mlijeka prije daljeg procesa prerađivanja na većini gospodarstva sveden je na 48 sati. Zbog toga smo razloga i odabrali taj interval

označuju sukcesivno vremenski period trajanja muženja, čišćenja instrumenata (svaki put nakon muženja) i spremnika za hlađenje (tri puta na tjedan). U sadašnjim uvjetima period držanja mlijeka prije daljeg procesa prerađivanja na većini gospodarstva sveden je na 48 sati. Zbog toga smo razloga i odabrali taj interval

Sl. 5. Dijagram raspodjele energetske stavke Q za opisanu toplinsku pumpu (energija u MJ)



kao reprezentativan za određivanje relevantnog stupnja rashladnog učina toplinske dizalice upotrebljene u praksi.

Rezultati

Na slici 4. (vidi sl. 1. i 2. zbog upotrebljenih simbola) prikazana je vremenska ovisnost mjerodavnih temperatura, tlakova i snage tokom prvog rashladnog procesa (nakon prvog mruženja popodne) tipičnog ciklusa od 48 sati. Već slični rezultati postignuti su i za sve preostale periode rashlađivanja; jedina bitnija razlika je izvjesna tendencija ka restrikciji temperaturnih oscilacija, koja ukazuje na postepenu stabilizaciju temperatura, što je mjerni interval duži. Dijagrami na sl. 4. pomoći će nam pri konstrukciji dijagrama energetske raspodjele (vidi sl. 5).

Količina topline Q_m odvedena iz mlijeka tokom rashlađivanja definira se kao:

$$Q_m = V_m \times \Delta \bar{T} \times c_{pm} \quad (J) \quad (5)$$

gdje V_m predstavlja volumen mlijeka u spremniku (u litrama), c_{pm} je specifična toplota mlijeka u temperaturnom intervalu (u našem slučaju c_{pm} ima konstantnu vrijednost od 4×10^3 J/litra $^{\circ}C$), a $\Delta \bar{T}$ je srednja vrijednost temperaturne promjene (od početka do kraja rashladnog ciklusa), tj.:

$$\Delta \bar{T} = \bar{T}_{in} - T \quad (6)$$

U jednadžbi (6) \bar{T}_{in} i T označuju prosječnu temperaturu mlijeka na ulazu u spremnik, odnosno temperaturu mlijeka po završetku ohlađivanja. Unutar tipičnog 48-satnog ciklusa dobivene su sljedeće vrijednosti (četiri puta se obavlja mruženje, dakle četiri procesa ohlađivanja):

$$Q_{m_1} = 541 \times 20,2 \times 4 \times 10^3 = 43,7 \text{ MJ} \quad (1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J})$$

$$Q_{m_2} = 807 \times 20,2 \times 4 \times 10^3 = 65,2 \text{ MJ}$$

Na sličan način dobija se (za drugi dan) $Q_{m_3} = 45,9$ MJ i $Q_{m_4} = 28,8$ MJ. Sumirajući pojedinačne količine energije dobija se ukupan iznos: $Q_m = 184$ MJ, tokom 48-satnog mjernog intervala.

Prijelaz topline zračenjem Q_i koji nastaje zbog razlike između temperature okolnog zraka i mlijeka u spremniku možemo u stvari shvatiti kao doprinos energiji već prisutnoj u spremniku mlijeka. Iznos doprinosa Q_i procijenjen je promatranjem porasta temperature mlijeka za vrijeme intervala kada toplinska dizalica nije uključena (npr. preko noći). Unutar 7 sati, porast temperature mlijeka je otprilike $0,4^{\circ}C$, što odgovara energiji od 18 MJ tokom 48-satnog perioda.

Jasno da i energija Q_c za rad kompresora predstavlja doprinos ukupnom energetsom potencijalu mlijeka u spremniku. Našim smo mjerenjima pozitivno utvrdili da porast entalpije kao posljedica rada utrošenog na rad kompresora iznosi otprilike 85% upotrebljene električne energije. Za našu specifičnu seriju mjerenja dobija se:

$$Q_c = 0,85 \times 25,73 \times 3,6 \times 10^5 = 78,7 \text{ MJ} \quad \text{tokom 48 sati.}$$

Sa druge strane, prisutan je i ukupni gubitak energije (tj. ukupna količina energije odvedene iz sistema tokom 48 sati), a koji je dan zbrojem slijedećih komponenta:

I) energija Q_b predana vodi korištenoj iz bojler-kondenzatora,

II) energija Q_a akumulirana u bojler-kondenzatoru (tj. dio energije koji je predan vodi, ali nije iskorišten),

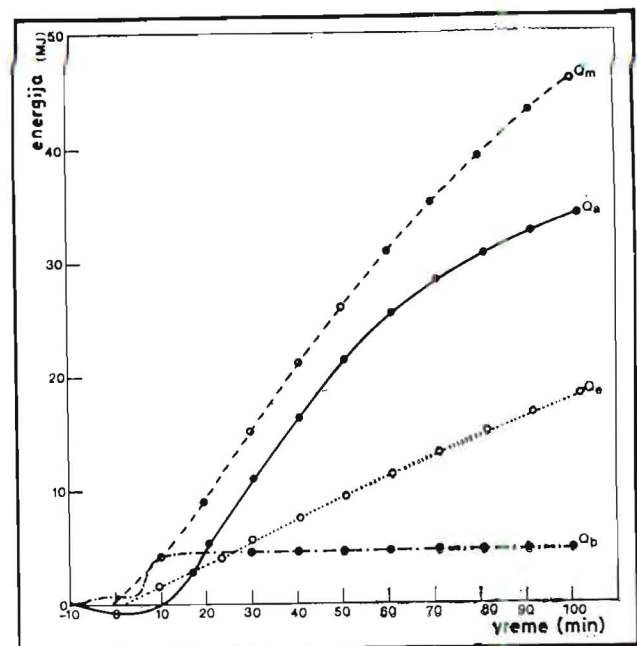
III) prijelaz topline zračenjem Q_r od bojler-kondenzatora (na višoj temperaturi) na okolinu (niža temperatura), te

IV) energija Q_{ac} predana okolnom zraku putem zrakom hlađenog (AC) kondenzatora (vidi sl. 1. i 2).

Relevantne vrijednosti za Q_b dobijaju se određivanjem razlike između prosječne (srednje) temperature vode $\bar{T}_{BC, out}$ koja napušta bojler-kondenzator i prosječne temperature $\bar{T}_{BC, in}$ na ulasku u bojler-kondenzator. Za određeni volumen vode V_w (litara) Q_b se izračunava pomoću sljedeće relacije:

$$Q_b = V_w \times (\bar{T}_{BC, out} - \bar{T}_{BC, in}) \times 4,2 \times 10^3. \quad (7)$$

Sl. 6. Energije Q_a , Q_b , Q_m i Q_c prikazane kao funkcije vremena (rezultati se odnose na prvi dio ciklusa, tj. početna 24 sata)



(Iz praktičnih razloga za specifičnu toplinu vode uzeta je konstantna vrijednost u danom temperaturnom intervalu.) Za mjernu seriju prikazanu na slici 4. Q_b izračunat je u vremenskim intervalima od 15 minuta. Iz podataka se dobija za prvi rashladni proces $Q_{b1} = 8,242$ MJ. Na sličan način izračunali smo Q_{b2} za preostale periode 48-satnog mjernog ciklusa: $Q_{b2} = 22,344$ MJ, $Q_{b3} = 18,746$ MJ te $Q_{b4} = 41,189$ MJ (uključivši jedno čišćenje spremnika mlijeka). Ukupni zbroj svih pojedinačnih Q_b daje kao rezultat 91,5 MJ kroz 48 sati.

Energija akumulirana u bojler-kondenzatoru može se odrediti iz njegovog volumena (V_{BC} je 295 litara) i iznosa promjene prosječne temperature vode ΔT_{BC} . U našoj mjernoj seriji ΔT_{BC} iznosi $2,3^\circ\text{C}$, kroz 48 sati, tako da je $Q_a = 2,85$ MJ.

Iznos energije Q_r moguće je odrediti uz uvjet da eksperimentator poznaje vrijednost pada temperature vode u bojler-kondenzatoru u periodu nekorištenja. U našem slučaju taj temperaturni gradijent iznosi $0,3^\circ\text{C}$ po satu. Uz pretpostavku da je taj faktor konstantan tokom mjernog intervala (48 sati), dobivamo sa V_w od 295 litara: $Q_r = 17,8$ MJ.

Preostaje još da se nešto kaže o količini energije Q_{ac} koja je predana okolini preko kondenzatora (AC). Iz bilance energije $Q_{in} = Q_m + Q_i + Q_c$ i $Q_{out} = Q_a + Q_b + Q_r + Q_{ac}$ može se procijeniti Q_{ac} ako je $Q_{in} = Q_{out}$. Supstitucijom izračunatih vrijednosti Q dobija se za Q_{ac} iznos od 164,907 MJ tokom 48 sati (vidi također sl. 5).

Vremenska zavisnost Q_m , Q_a i Q_b tokom prvog rashladnog procesa prikazana je na slici 6. Ukupna količina električne energije (dakle ne samo kompresor) toplinske dizalice Q_e također je unesena u isti dijagram. Sve četiri veličine Q_m , Q_a , Q_b i Q_e izračunate su u desetminutnim intervalima pomoću slijedećih relacija:

$$Q_m = V_m \times \Delta T \text{ (pad temperature nakon 10 minuta)} \times 4 \times 10^3 \quad (8a)$$

$$Q_a = V_{BC} \times \Delta T_{BC} \text{ (u intervalu od 10 minuta)} \times 4,2 \times 10^3 \quad (8b)$$

$$Q_b = V_w \times (T_{BC_{out}} - T_{BC_{in}}) \times 4,2 \times 10^3 \quad (8c)$$

te konačno:

$$Q_e = (1/3) \times \{Q_e \text{ (momentat } t) + Q_e \text{ (} t + 5 \text{ minuta)} + Q_e \text{ (} t + 10 \text{ minuta)}\} \quad (8d)$$

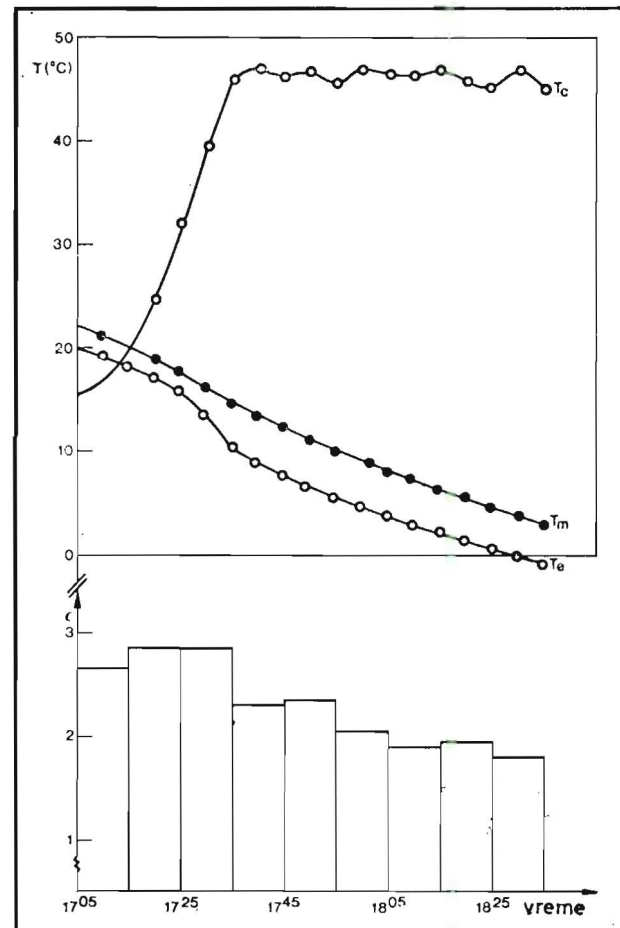
upotrebljavajući $V_m = 541$ litar i $V_{BC} = 295$ litara.

Veličine Q_m , Q_a , Q_b i Q_e proizvoljno su odabrane tako da imaju nulte vrijednosti deset minuta prije početka rashladnog procesa. Vrijedno je spomenuti da nismo zapazili neku bitnu razliku u vremenskoj ovisnosti Q_m , Q_a , Q_b i Q_e između gore prikazanih vrijednosti za prvi rashladni proces i podataka sakupljenih tokom pre-

ostala tri procesa. Manja promjena zapaža se jedino kod energije Q_b (lokalna potreba za toplom vodom) koja direktno utječe na Q_a .

Na koncu, osvrnimo se i na problem stupnja rashladnog učina ϵ (ne treba ga miješati sa COP, engl. koeficijentom iskorištenja) koji je definiran kao kvocijent energije odvedene iz mli-

Sl. 7. Vremenska ovisnost temperature mlijeka T_m , temperature kondenzacije T_c , temperature isparivanja T_e i stupnja rashladnog učina ϵ . Rezultati se odnose na prvi (od ukupno četiri) rashladni period



jeka i sveukupne električne energije utrošene za rad toplinske dizalice:

$$\epsilon = Q_m / Q_c \quad (9)$$

(ϵ implicira dakle energiju koja se troši na pogon mješalice, ventilatora, svih instrumenata i kompresora). Iz gore navedenog može se zaključiti da je ϵ također vremenski ovisan parametar, budući da se temperatura isparivanja i temperatura kondenziranja neprekidno mijenjaju tokom rashladnog procesa. Za naš mjerni sustav odredili smo koeficijent ϵ za prvi od četiri faze procesa hlađenja na taj način, što smo izračunali Q_m i Q_c iz mjernih podataka u vremenskim intervalima od 10 minuta. Na slici 7. je prikazana vremenska ovisnost temperature isparivanja T_e , temperature kondenzacije T_c , te konačno promjena temperature mlijeka T_m u spremniku. Na toj slici se vidi da ϵ ima maksimalnu vrijed-

nost kratko vrijeme nakon početka procesa; nakon toga ε opada sa vremenom. Temperature T_m i T_e pokazuju jednaku tendenciju kao ε , dok T_c oscilira oko vrijednosti od 45°C u danom slučaju. Ako se isti dijagram pokuša konstruirati za preostala tri perioda hlađenja, opaža se uglavnom ista tendencija temperaturnih profila, iako sa nešto smanjenim stupnjem oscilacija.

Zaključak

Stupanj rashladnog učina toplinske dizalice ε (kao uostalom i COP) varira tokom rashladnog procesa. Za apsolutnu vrijednost koeficijenta ε od posebnog je značenja doba godine tokom kojeg se želi rekuperirati toplinska energija (izvjesno doba godine utječe na proizvodnju mlijeka, V_m , i potražnju, V_w) te razlike temperatura T_c — T_e između isparivača i kondenzatora, posebno tokom prvog dijela rashladnog ciklusa. Ispravno di-

menzioniranje sezonske potrebe za toplom vodom spram količine raspoložive vode koja se može ugrijati do određene temperature neophodno je pri izboru kapaciteta toplinske dizalice za primjenu u gospodarstvu. Sa opisanom toplinskom dizalicom koja kombinira prednosti (WC) i (BC) moguće je po jednoj litri ohlađenog mlijeka dobiti otprilike 0,65 litre tople vode na temperaturi od 55 do 60°C [4].

Literatura

- [1] PETIT, K. L. i VAN DER BIEST, W.: *Energie besparing, warmterekuperatie bij het melkkoelen*, R. Mathieu, V. E. B. (1982)
- [2] DUINEN VAN DER, P.: Magistarska radnja, Poljoprivredni fakultet, Wageningen (1982).
- [3] VERHEIJ, C. P., BOUMAN S. i DE VRIES, J.: *Rapport NIZO R 114* (1980).
- [4] BRUINS, W. J.: *Proefstation voor Rundveehouderij*, Rapport 37 (1983).