

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

Tomislav Pukšec

Zagreb, 2008.

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Dr. sc. Neven Duić

Tomislav Pukšec

Zagreb, 2008.

## **SAŽETAK**

U svom svakodnevnom radu mliječne farme su veliki potrošači energije: grijanje vode, hlađenje mlijeka, ventilacijski i vakuumski sustavi, rasvjeta, napajanje i pranje, sustavi hranidbe i sl. Farme mliječnih krava su odabrane obzirom da predstavljaju tipično malo i srednje poduzetništvo. Energetske metode i proračuni korišteni u ovom radu mogu se primijeniti i na ostala mala i srednja poduzetništva, naravno uvažavajući njihove specifičnosti. Farmeri obično nemaju vremena ni znanja baviti se aktivno energetske pitanjima na farmi. Upravo zbog toga postoji veliki potencijal uvođenja određenih metoda energetske učinkovitosti.

Cilj rada je prikazati područja gdje su moguće određene energetske uštede. One su ostvarive kroz implementaciju novih rješenja i postupaka ili kroz modernizaciju postojećih.

U radu je dan osnovni prikaz postupaka i opreme koja se koristi na tipičnim mliječnim farmama u Hrvatskoj. Na ovaj osnovni pregled naslanja se treće poglavlje gdje su predstavljene najvažnije metode povećanja energetske učinkovitosti na mliječnoj farmi.

Osnova istraživanja bili su podaci dobiveni energetske auditom na tipičnoj kontinentalnoj farmi u Hrvatskoj. Audit je obavljen na farmi tvrtke Belje D.D. Na temelju audita izračunate su potrošnje energije te emisije stakleničkih plinova.

Na odabranoj farmi predložena je mjera poticanja energetske učinkovitosti u vidu ugradnje sustava za predhlađivanje mlijeka te je izrađena studija isplativosti postrojenja za bioplin. Na temelju izračunatih ušteda određena je i ušteda u emisijama stakleničkih plinova.

Zaključak s predloženim daljnjim planovima djelovanja dan je na samom kraju prije popisa literature.

---

## **SUMMARY**

Today dairy farms are huge consumers of energy in their everyday operations: water heaters, milk coolers, vacuum pumps, lighting, irrigation pumps, fodder dryers, ventilation etc. Dairy farms are taken as an example of a typical SME (small and medium sized enterprise) but the methods and operations used in this research could be applied to all the other SME s concerning energy efficiency and energy management. Usually dairy farmers lack the time, resources and knowledge to effectively address on-farm energy issues. So there is a big opportunity to investigate and bring some new solutions and methods in this field.

The purpose of this final thesis was to see areas where some energy savings are possible. They are possible through implementation of new methods and procedures and through modernization of existing ones.

The basic overview of procedures and equipment that is used on a typical dairy farm is given. Third chapter is leaned on this basic overview with basic methods of increasing energy efficiency on a dairy farm.

The bases of the research were the information gathered through an energy audit conducted on a typical continental dairy farm. Audit was done on a farm owned by Belje D.D. Based on the information received farm s consumption and greenhouse gas emissions were calculated.

On observed farm milk pre-cooling was suggested as an energy efficiency measure and feasibility study for biogas plant was made. Based on the calculated savings, savings in greenhouse emissions were also calculated.

Conclusion with suggested future plans is given at the end of the thesis before the references list.

---

## SADRŽAJ

<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>1</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>2</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>4</b>
<b>POPIS OZNAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>IZJAVA</b> .....	<b>6</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>7</b>
1.1 Energetika na farmi mliječnih krava.....	7
1.2 Pregled stanja mljekarske proizvodnje u Hrvatskoj.....	12
<b>2 TEHNOLOGIJA I POSTUPCI KOD PROIZVODNJE MLIJEKA</b> .....	<b>18</b>
2.1 Hlađenje mlijeka.....	18
2.2 Sustav mužnje.....	21
2.3 Sustav zagrijavanja vode i pranja.....	23
2.4 Obrada i transport gnojiva.....	26
2.5 Sustavi hranjenja.....	30
2.6 Menadžment vode.....	34
2.7 Sustav ventilacije.....	35
<b>3 MJERE POVEĆANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA MLIJEČNIM FARMAMA</b> .....	<b>36</b>
3.1 Energetski audit.....	36
3.2 Energetski efikasno hlađenje mlijeka.....	37
3.3 Energetski efikasan sustav ventilacije.....	41
3.4 Energetski efikasan sustav mužnje.....	46
3.5 Energetski efikasno grijanje vode.....	48
3.6 Energetski efikasna rasvjeta.....	50
3.7 Proizvodnja bioplina na mliječnoj farmi.....	54
<b>4 MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA ODABRANOJ FARMI</b> .....	<b>59</b>
4.1 Energetski audit na farmi Popovac.....	59
4.2 Ugradnja sustava predhlađivanja mlijeka.....	73
4.3 Tehno-ekonomski proračun postrojenja za proizvodnju bioplina.....	83
4.4 Prikaz i komentar rezultata.....	92
<b>5 ZAKLJUČAK</b> .....	<b>95</b>
<b>6 LITERATURA</b> .....	<b>97</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1.1. Tipična mliječna farma.....	8
Slika 1.2. Pločasti izmjenjivač.....	10
Slika 1.3. VF Vakuumska pumpa.....	10
Slika 1.4. HVLS (High Volume Low Speed) ventilator.....	11
Slika 1.5. Raspodjela proizvodnje prema kvaliteti isporučenog mlijeka 2007. godine.....	13
Slika 1.6. Kvaliteta isporučenog mlijeka po strukturi proizvođača 2007. godine.....	14
Slika 1.7. Proizvodnja mlijeka po kravi i broj krava u Velikoj Britaniji.....	14
Slika 1.8. Broj grla i proizvodnja po grlu u Hrvatskoj .....	15
Slika 2.1. Prikaz principa hlađenja .....	20
Slika 2.2. DX laktofriz.....	21
Slika 2.3. Aparat za mužnju .....	22
Slika 2.4. Robot za mužnju.....	23
Slika 2.5. Solarno zagrijavanje vode .....	24
Slika 2.6. Direktni grijač vode .....	25
Slika 2.7. Indirektni grijač .....	26
Slika 2.8. Traktorska strugalica .....	27
Slika 2.9. Vakumski sakupljač gnojiva .....	28
Slika 2.10. Automatska električna strugalica .....	29
Slika 2.11. Samostojeća hranilica za telad .....	31
Slika 2.12. Kolica za hranidbu .....	31
Slika 2.13. Prikaz „otvorenog“ hranjenja .....	32
Slika 2.14. Miješalica za spravljanje hrane .....	33
Slika 2.15. Prikaz hranjenja u izmuzištu .....	33
Slika 2.16. LVHS ventilatori .....	35
Slika 3.1. Prikaz segmenta iz općeg dijela energetskog upitnika (audita) .....	36
Slika 3.2. Prikaz segmenta energetskog dijela audita.....	37
Slika 3.3. Princip rada spiralnog kompresora.....	38
Slika 3.4. Prikaz <i>In-line</i> sustava hlađenja.....	39
Slika 3.5. Prikaz pločastog izmjenjivača ugrađenog prije laktofriza .....	40
Slika 3.6. Prikaz HVLS ventilatora .....	42
Slika 3.7. Prikaz HVLS ventilacijskog sustava na mliječnoj farmi.....	43
Slika 3.8. Prikaz raspodjele brzine strujanja zraka kod HVLS sustava.....	44
Slika 3.9. Prikaz varijabilnih frekvencijskih invertera .....	47
Slika 3.10. Prikaz vakuumske pumpe s ugrađenim VFS.....	48
Slika 3.11. Prikaz sustava za povrat otpadne topline .....	49
Slika 3.12. Fluorescentne cijevi.....	51
Slika 3.13. Kompaktna fluorescentna lampa .....	51
Slika 3.14. Prikaz opadanja svjetlosnih karakteristika rasvjetnih tijela s vremenom.....	52
Slika 3.15. Prikaz promjene prinosa mlijeka upotrebom Long Days efekta za devet različitih studija .....	53
Slika 3.16. Ciklus bioplina .....	55
Slika 3.17. Prikaz procesa proizvodnje bioplina .....	57

Slika 4.1. Prikaz izmuzišta s 24 mjesta .....	60
Slika 4.2. Prikaz traktorske mehanizacije.....	62
Slika 4.3. Spremnik za gorivo .....	63
Slika 4.4. DeLaval DX laktofriz kapaciteta 10 000l.....	64
Slika 4.5. Vakumske pumpe na farmi Popovac.....	65
Slika 4.6. Prikaz ventilatora.....	66
Slika 4.7. Vodotoranj.....	67
Slika 4.8. Prikaz energetskih izvora potrošnje .....	72
Slika 4.9. Prikaz energetskih izvora potrošnje (bez dehidratora) .....	72
Slika 4.10. DeLaval BM PR-37 pločasti izmjenjivač.....	79

## POPIS TABLICA

Tablica 1.1. Kretanje broja proizvođača prema količini isporučeneog mlijeka 2003. -2007. 13	
Tablica 1.2. Pregled kretanja cijena mlijeka po zemljama EU (€/100kg) [5] .....	16
Tablica 4.1. Osnovni podaci za farmu Popovac .....	59
Tablica 4.2. Prikaz potrošnje plina na farmi.....	60
Tablica 4.3. Pregled mehanizacije koja se koristi prilikom hranidbe i obrade gnojiva.....	61
Tablica 4.4. Pregled poslova koji se obavljaju traktorski.....	62
Tablica 4.5. Pregled opreme za hlađenje mlijeka.....	64
Tablica 4.6. Pregled rasvjetnih tijela .....	65
Tablica 4.7. Prikaz ventilatora.....	66
Tablica 4.8. Prikaz ventilatora.....	67
Tablica 4.9. Prikaz konverzijskih faktora.....	68
Tablica 4.10. Konverzijski faktori za emisiju CO <sub>2</sub> .....	68
Tablica 4.11. Faktori koji će utjecati na proračun isplativosti sastava predhlađivanja .....	73
Tablica 4.12. Parametri mlijeka i hlađenja .....	74
Tablica 4.13. Parametri bitni za predhlađivač .....	76
Tablica 4.14. Parametri mlijeka u predhlađivaču .....	76
Tablica 4.15. Parametri vode.....	77
Tablica 4.16. Karakteristike odabranog pločastog izmjenjivača.....	78
Tablica 4.17. Usporedba ušteda u radu jednog laktofriza (sa i bez predhlađivanja).....	81
Tablica 4.18. Osnovni parametri o broju krava .....	83
Tablica 4.19. Izračun ukupnog GV-a na godišnjoj bazi.....	83
Tablica 4.20. Izračun organske suhe tvari .....	84
Tablica 4.21. Korekcijski faktor (Max. opterećenje) i potreban volumen fermentatora.....	84
Tablica 4.22. Prikaz rješenja prvog stadija izračuna .....	85
Tablica 4.23. Količina uštedenog metana.....	85
Tablica 4.24. Karakteristike postrojenja.....	85
Tablica 4.25. Proizvodnja bioplina po satu te energetski sadržaj bioplina .....	86
Tablica 4.26. Izračun cijene fermentatora .....	86
Tablica 4.27. Izračun cijene spremnika za gorivo .....	87
Tablica 4.28. Izračun cijene CHPa .....	88
Tablica 4.29. Prikaz troškova postrojenja .....	89
Tablica 4.30. Prikaz dobitaka kod proizvodnje bioplina.....	90
Tablica 4.31. Prikaz dobiti investicije .....	90
Tablica 4.32. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna .....	90
Tablica 4.33. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna .....	91
Tablica 4.34. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna .....	91
Tablica 4.35. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna .....	91
Tablica 4.36. Prikaz potrošnje na farmi Popovac .....	92
Tablica 4.37. Emisija CO <sub>2</sub> temeljena na potrošnji energije na farmi .....	93
Tablica 4.38. Emisija metana i njegov CO <sub>2</sub> EKV .....	93



## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
GV	-	indeks mase stoke (eng. Live stock unit)
GWP	-	potencijal globalnog zatopljenja
CO <sub>2</sub>	t	emisija CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> EKV	t	ekvivalentna emisija CO <sub>2</sub>
Q	kJ	toplina izmijenjena u laktofrizu
m <sub>M</sub>	kg	masa mlijeka koja se hladi u laktofrizu
c <sub>pm</sub>	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet mlijeka
ΔT	K	razlika temperature hlađenja mlijeka u laktofrizu
W	kJ	rad laktofriza
P	kW	snaga laktofriza
t	s	vrijeme koje je laktofriz opterećen dnevno
Φ	kW	toplinski tok odveden mlijeku u predhlađivaču
q <sub>MM</sub>	kg/s	protok mlijeka kroz predhlađivač
ΔT <sub>mp</sub>	K	razlika temperatura mlijeka u predhlađivaču
q <sub>MV</sub>	kg/s	protok vode kroz predhlađivač
c <sub>pv</sub>	kJ/kgK	specifični toplinski kapacitet vode
ΔT <sub>vp</sub>	K	razlika temperature vode u predhlađivaču
Q <sub>p</sub>	kJ	toplina izmijenjena u laktofrizu s predhlađivačem
ΔT <sub>np</sub>	K	razlika tem. mlijeka u laktofrizu nakon predhlađivanja
Ψ	-	korekcijski faktor laktofriza
t	s	vrijeme rada laktofriza sa sustavom predhlađivanja

## **IZJAVA**

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Fakultetu strojarstva i brodogradnje te koristeći se navedenom literaturom. Ovaj diplomski rad izrađen je u sklopu Intelligent Energy Europe projekta GERONIMO.*

*Zahvaljujem se mentoru Dr.sc. Nevenu Duiću na savjetima i pruženoj pomoći tokom izrade ovog rada. Posebna zahvala kolegama Goranu Krajačiću, Marku Banu i Luki Perkoviću na svojoj pruženoj pomoći i savjetima.*

*Zahvaljujem se gosp. Zoranu Bašiću iz Hrvatske mljekarske udruge na pruženoj pomoći i savjetima tokom izrade ovog diplomskog rada. Isto tako velika zahvala gosp. Vitomiru Penaviću i Tomislavu Rajiću iz tvrtke Belje na velikoj pomoći i susretljivosti.*

*I na kraju, zahvalio bih se svojim roditeljima, mami Terezi i tati Andriji, te sestri Marini na njihovom razumijevanju i beskrajnoj podršci. Posebna zahvala djevojci Dunji što je zajedno sa mnom dočekala ovaj rad.*

*Tomislav Pukšec*

# **1 UVOD**

## **1.1 Energetika na farmi mliječnih krava**

U današnje vrijeme kada smo svjedoci stalnog porasta cijena energije, energetska učinkovitost i eventualne investicije u određene oblike obnovljivih izvora energije nam se sve više nameću kao važan čimbenik kod razmatranja budućih investicija na farmi. Ovakav pristup znači da za istu količinu proizvedenog mlijeka trošimo manje energije, a samim time i manje novca. Isto tako treba promatrati i ekološki aspekt obzirom da će manja potrošnja energije značiti manji utjecaj na okoliš te manje emisije CO<sub>2</sub> [1-7]. U ovom diplomskom radu nećemo se baviti ovom ekološkom koliko tehno-ekonomskom stranom ulaganja u energetske učinkovitu proizvodnju mlijeka.

Približavanjem EU hrvatski proizvođači mlijeka suočavati će se sa sve većom konkurencijom i pitanje tko može proizvesti što jeftiniju litru mlijeka, postat će sve važnije. Pošto u konačnu cijenu mlijeka ulaze svi troškovi proizvodnje, pa tako i energije, njihovo smanjivanje postaje presudno. U zemljama EU ovo pitanje je prepoznato te se ovom problemu pristupa vrlo ozbiljno te su određeni rezultati vidljivi. Osim na razini EU energetske pitanjima ma mliječnim farmama se uvelike bave mnogi instituti, sveučilišta i privatne ESCO kompanije prvenstveno iz SAD-a, Novog Zelanda, Australije i Kanade [8].

Proizvodnja mlijeka je jedna od najzahtjevnijih poljoprivrednih djelatnosti gledajući s aspekta potrebe i potrošnje energije. Tako nešto ne čudi obzirom da na prosječnoj mliječnoj farmi (sl. 1.1) imamo mnoštvo potrošača, prvenstveno električne energije: pumpe, motori, kompresori, ventilatori, rasvjetna tijela i slično. Njihovom što boljom optimizacijom i homogenizacijom u funkcionalnu cjelinu postizemo veću učinkovitost. Energetski učinkovita farma se može smatrati ona čija godišnja potrošnja po kravi ne prelazi 550 kWh [9] [10]. Naravno u Hrvatskoj mala obiteljska gospodarstva kojima proizvodnja mlijeka nije jedina poljoprivredna djelatnost ne mogu se uspoređivati s ovim zadanim uvjetom. Treba uzeti u obzir činjenicu da takva gospodarstva obično ne koriste svu adekvatnu opremu, za razliku od većih, novijih farma s relativno novom i učinkovitom opremom.

Takve nove farme uvelike se približavaju ovim zadanim kriterijima potrošnje te slijede europske trendove.

Kao najveće potrošače energije na farmi možemo istaknuti [11-16]:

- Sustav za hlađenje mlijeka
- Sustav za mužnju (vakuumske pumpe)
  - Sustav za pranje
- Sustavi za prepumpavanje
- Rasvjeta i ventilacija
- Zagrijavanje vode
- Sve ostale električne strojeve



**Slika 1.1.** Tipična mliječna farma

Budući da je nemoguće eliminirati neke od ovih sustava pošto su neophodni za nesmetanu proizvodnju mlijeka potrebno je optimizirati njihov rad i eventualno predložiti neka nova poboljšana rješenja. Mjere povećanja energetske učinkovitosti ostvarivati će se kroz

implementaciju novih rješenja, metoda, opreme ili tehnologije ili modernizacijom postojećih. Svaka od navedenih kategorija zahtjeva detaljniju analizu koju ćemo napraviti kroz ovaj diplomski rad. Svaka energetska cjelina na farmi će se zasebno promatrati kako bi se lakše odredila individualna potrošnja te kako bi se rezultati lakše mogli uspoređivati.

Tipične „starije“ farme odlikuju se tradicionalnijim metodama i načinima proizvodnje mlijeka koji nisu uvijek i energetski učinkoviti. Neke od općenitih mjera uštede energije odnosno podizanja energetske učinkovitosti navedenih u ovom diplomskom radu se mogu primijeniti na većinu farmi u Hrvatskoj.

U sustavu hlađenja mlijeka i dalje većina farmi koristi direktno hlađenje u laktofrizu tako da postoji velika mogućnost uštede energije prelaskom na sustav predhlađivanja mlijeka. Pošto se predhlađivanje ostvaruje u pločastom izmjenjivaču (sl. 1.2.) kroz ovaj sustav postoji i mogućnost za zagrijavanje vode koja se dalje može koristiti kod pranja. Kod sustava za mužnju najpovoljnija investicija je ugradnja VFS sustava (varijabilni frekvencijski sustav) koji nam služi za održavanje konstantnog vakuuma regulacijom vakuumske pumpe. U ovom slučaju uštede u potrošnji električne energije kreću se oko 50% (sl. 1.3.). Kod sustava zagrijavanja vode, osim topline dobivene hlađenjem mlijeka, ispitati vrijedi i mogućnosti kombinacije sa solarnim kolektorima te mogućnosti iskorištavanja povratne topline. Za rasvjetu i ventilaciju predstaviti ćemo najjednostavnija rješenja za uštedu energije, ugradnju energetski štednih rasvjetnih tijela, kao i ugradnju modernijih, energetski učinkovitijih sustava ventilacije (ventilatori s većim protokom i boljim miješanjem zraka (sl.1.4.)) [17-21].

U konačnici predstaviti ćemo sve sustave u kojima koristimo električnu energiju (pumpe, motori i sl) i vidjeti postoje li kakve alternative za uštedu energije kod tih sustava.



**Slika 1.2.** Pločasti izmjenjivač



**Slika 1.3.** VF Vakuumska pumpa



**Slika 1.4.** HVLS (High Volume Low Speed) ventilator

Treba naglasiti da velike uštede na svim sustavima neće biti moguće, no zbrajajući uštede ostvarena na svim sustavima i segmentima proizvodnje, dolazimo do značajnog iznosa. Biranje opreme vodeći računa o efikasnosti zajedno s kvalitetnim gospodarenjem energijom i redovitim održavanjima presudno je u konačnoj uštedi električne energije na farmi. Redovito održavanje postojeće opreme mnogo je isplativije i jeftinije nego vatrogasne mjere u kriznim situacijama kada dolazi do kvarova na postrojenju. Općenito pravilo je da će se sa svakom kunom uloženom u preventivno održavanje kasnije uštedjeti oko pet puta.

Osim navedenih mogućnosti ušteda kroz određena poboljšanja i modernizaciju postojeće opreme treba napomenuti da postoji mogućnost korištenja i ugradnje određenih obnovljivih izvora energije kako bismo u konačnici uštedjeli novac ili olakšali određene svakodnevne operacije na farmi. Bioplin, kao opcija, se prva nameće na većim farmama. Treba napomenuti da ekonomska isplativost ugradnje postrojenja za proizvodnju bioplina i kasniju proizvodnju električne energije raste s povećanjem broja krava na farmi. U Hrvatskoj se na ovom polju još uvijek ne radi dovoljno tako da postoje veliki potencijali, no najveći problem su realne cijene opreme te nedostatak iskustva. Prema nekim grubim procjenama postrojenje za proizvodnju bioplina na manjim farmama (do 200 krava) neće biti ekonomski isplativo iako na ekonomsku isplativost utječe mnoštvo faktora pa tako i

poticajna tarifa za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora (npr. bioplin) i kogeneracije [22]. Od ostalih obnovljivih izvora energije ekonomski isplativim se mogu pokazati solarno zagrijavanje vode, ukoliko postoji dovoljno velika potreba te eventualna daljnja kombinacija sa sustavom povrata topline. Ukoliko se pokažu povoljni uvjeti na farmi možemo razmatrati i eventualne male vjetro turbine te ispitati mogućnosti korištenja drvne biomase [23-31].

Ovim radom proizvođači mlijeka mogu vidjeti eventualne prednosti ugradnje nekih novih, modernijih rješenja na njihovoj farmi te prikazati kakva su vremena otplate kod ugradnje tih rješenja. Jer najvažnije je da u konačnici imamo egzaktnu količinu uštedene energije, odnosno uštedenog novca.

## **1.2 Pregled stanja mljekarske proizvodnje u Hrvatskoj**

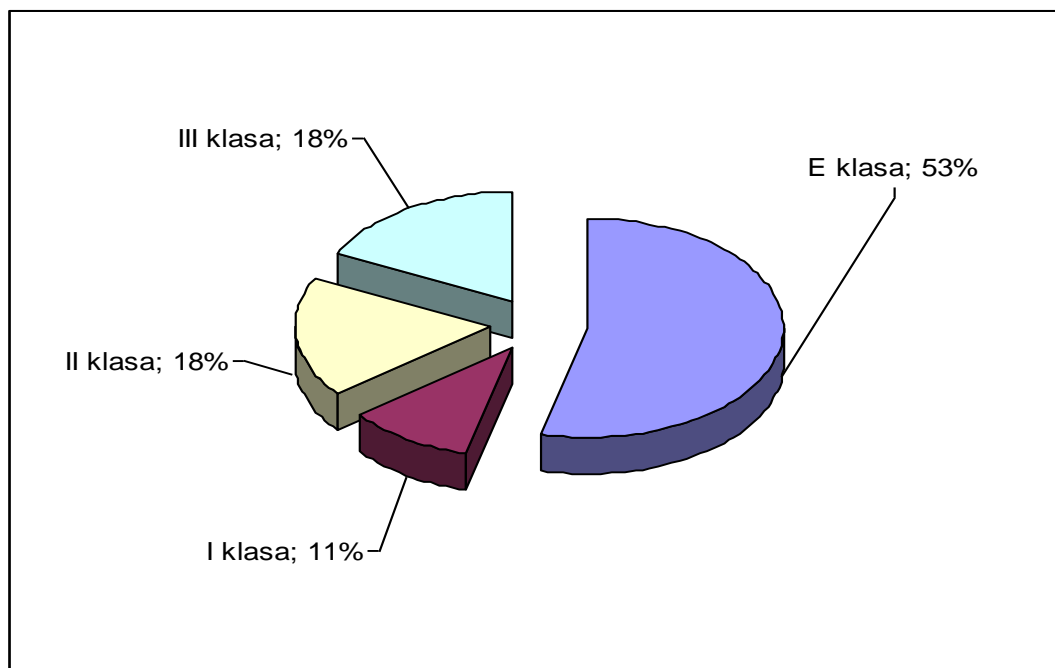
Prilično je nezahvalno uspoređivati stanje u mljekarskoj proizvodnji u Hrvatskoj s europskim. Najsuvremeniji trendovi što se tiču tehnologije i proizvodnje počinju se pratiti tek u posljednjih 10tak godina. Govoreći o energetske aspektu na farmama mliječnih krava stanje je još nepovoljnije. Ulaganje u nove energetske metode i energetske učinkovite tehnologije javlja se tek u posljednje vrijeme, no postoji veliki potencijal za daljnji razvoj i ulaganje.

Prema podacima DZS i HSC - Središnjeg laboratorija za kontrolu kvalitete mlijeka u 2007. god. u Hrvatskoj je proizvedeno 834 231 000 litara mlijeka od 234 671 proizvodnog grla, a mljekarska industrija otkupila je 635 mil. litara od 31 959 isporučitelja.

Iz gore navedenih podataka može se izračunati sljedeće:

- proizvodnja mlijeka po kravi je 3 555 litara,
- godišnji otkup mlijeka po kravi 2 706 litara,
- godišnji otkup mlijeka po isporučitelju je 19 869 litara.





**Slika 1.5.** Raspodjela proizvodnje prema kvaliteti isporučenog mlijeka 2007. godine

Na Slici 1.5. vidljiva je raspodjela po kvaliteti predanog mlijeka. Radi ilustracije, kategorije I i E zadovoljavaju EU kriterije kvalitete mlijeka.

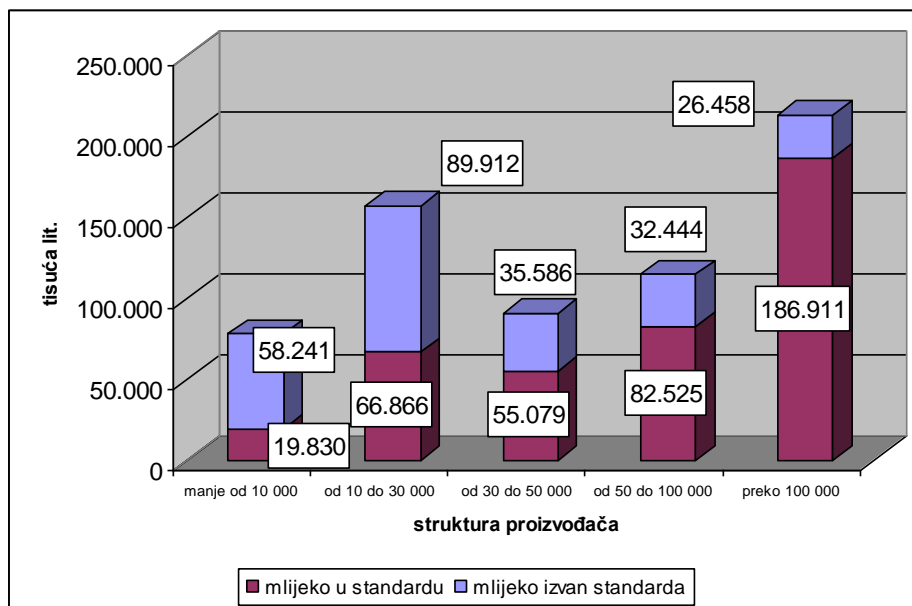
Ono što je znakovito jest činjenica da se kroz nekoliko godina broj najmanjih proizvođača (do 10000 l/godinu) smanjuje dok broj najvećih proizvođača mlijeka (l/godinu) raste.

Razmjer tog porasta vidljiv je u Tablici 1.

**Tablica 1.1.** Kretanje broja proizvođača prema količini isporučenog mlijeka 2003. -2007.

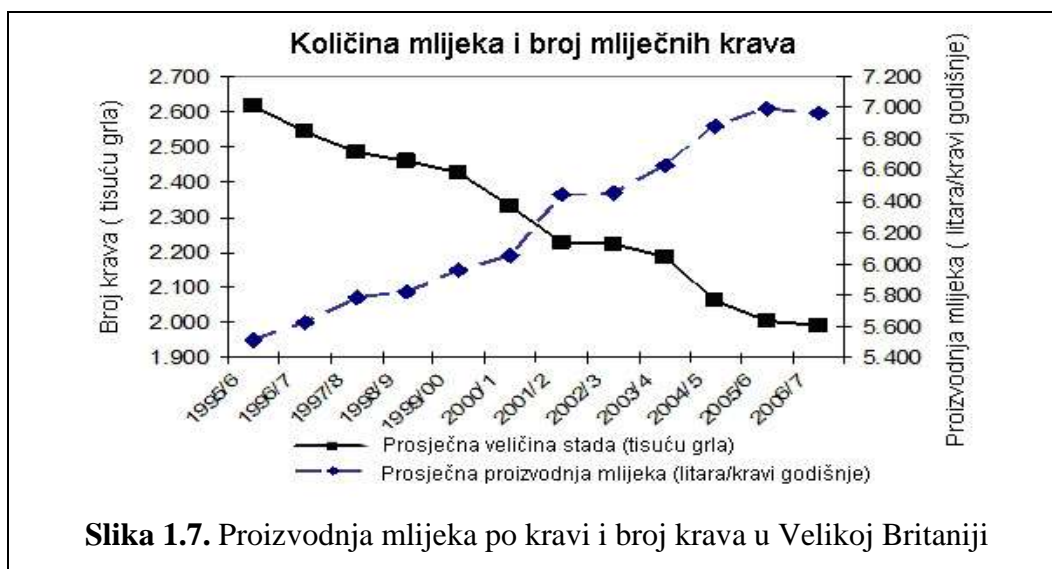
Količina isporuke godišnje	Godina	
	2003.	2007.
preko 100 tisuća litara	191	795
od 50 tisuća do 100	666	1 684
od 30 tisuća do 50	1 521	2 354
od 10 do 30 tisuća	11 875	9 163
manje od 10 tisuća	44 562	17 963
UKUPNO	58 815	31 959

Na slici 1.6. je prikazana struktura proizvedenog mlijeka prema skupinama proizvođača. Iz grafikona se vidi da najveći udio kvalitetnog mlijeka imaju najveći proizvođači dok najveći udio mlijeka zadnje kvalitete imaju najmanji proizvođači. Za sliku 1.6. vrijedi da je mlijeko u standardu mlijeko I i E kategorije.



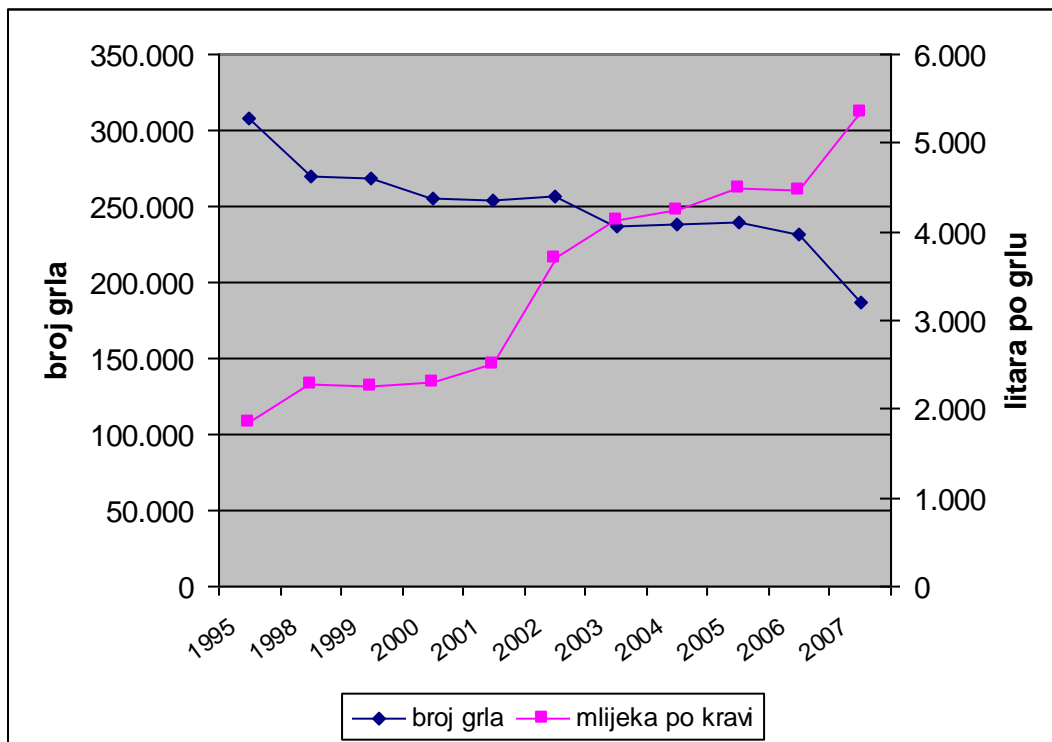
Slika 1.6. Kvaliteta isporučenog mlijeka po strukturi proizvođača 2007. godine

Trend smanjenja broja krava, a istovremeno povećanja muznosti, vidljiv je na primjeru europskih zemalja. Na slici 1.7. je dan primjer Velike Britanije.



Slika 1.7. Proizvodnja mlijeka po kravi i broj krava u Velikoj Britaniji

U ovom segmentu Hrvatska prati europske trendove. U posljednjih 12 godina broj krava se smanjio za 31,5 %, dok se istovremeno muznost po kravi povećala za 23,4 % (s 5 512 na 6 969 litara - uračunato prodano mlijeko i mlijeko potrošeno na farmi za telad i domaćinstvo). Na slici 1.8. dan je prikaz kretanja broja grla i proizvodnje mlijeka u Hrvatskoj kroz proteklih 13 godina.



Slika 1.8. Broj grla i proizvodnja po grlu u Hrvatskoj

Mljekarska proizvodnja ostaje jedna od najisplativijih poljoprivrednih djelatnosti obzirom na relativno stabilno tržište, traženosti i potrebitosti proizvoda te državnih poticaja. Proizvođačko-prodajna cijena za mlijeko na ostalim proizvodnim područjima iznosi 3,872 kn/kg, a na proizvodnim područjima s težim uvjetima gospodarenja cijena je 4,426 kn/ kg mlijeka. Na područjima s težim uvjetima gospodarenja cijena mlijeka viša je 0,554 kn/kg . Ova razlika cijene mlijeka od 0,554 kn/kg nastala je zbog većih iznosa novčanih poticaja na područjima s težim uvjetima gospodarenja. U 2007. godini u ukupnom otkupu mlijeka s područja s težim uvjetima gospodarenja otkupljeno je 37,06% godišnjih količina mlijeka. S izuzetkom posljednjih mjeseci 2007. godine, cijene svježeg mlijeka u EU pale su od početka reforme iz 2003. godine. U to je vrijeme predviđeno da će se cijena mlijeka

smanjiti za oko 6 centi za litru. Mljekarska industrija u tom je razdoblju mogla preorijentirati proizvodnju na proizvode veće vrijednosti. Proizvođači mlijeka u EU-15 dobili su do 3,5 centa po kg kvote kao kompenzacijsko plaćanje. U većini novih zemalja članica, plaćanje mlijeka za kvotu je uključeno u shemu jedinstvenog plaćanja po površini. U Tablici 2 vidljiv je pregled cijena mlijeka u EU.

**Tablica 1.2.** Pregled kretanja cijena mlijeka po zemljama EU (€/100kg) [5]

	Studen 2007.	Prosinac 2007	Siječanj 2008	Veljača 2008	Ožujak 2008
Italija	37,43	38,00	42,00	42,00	37,58
Finska	42,96	40,95	41,65	41,42	38,94
Švedska	39,01	38,69	37,87	37,74	36,01
Portugal	39,40	39,40	42,20	42,30	41,38
Danska	40,24	40,10	39,84	39,58	38,77
Francuska	37,95	37,27	40,95	40,28	39,27
Nizozemska	40,00	42,73	38,97	38,83	36,27
Njemačka	41,00	40,80	38,50	37,00	35,30
Španjolska	44,64	45,10	45,08	44,03	43,08
Austrija	42,00	42,53	42,46	42,02	41,51
Irska	45,40	43,25	41,09	40,67	39,64
Belgija	42,73	41,48	38,78	36,95	36,04
Velika Britanija	37,08	35,23	33,53	32,58	31,47
Grčka	45,84	46,36	46,34	45,26	44,28
Luksemburg	46,17	45,96	42,62	41,91	39,27
Prosjeck EU-15	41,46	41,19	40,79	40,17	38,59
Češka	36,35	36,96	37,54	38,30	37,45
Estonija	31,57	32,96	33,46	33,61	33,55
Cipar	43,26	43,52	49,46	48,96	44,81
Letonija	32,39	33,88	34,05	34,19	32,06
Litva	33,34	33,28	33,11	32,21	29,25
Mađarska	32,59	33,64	36,87	35,80	34,53
Poljska	35,69	36,70	34,30	33,80	33,22
Slovenija	31,58	32,29	33,41	33,54	33,30
Slovačka	32,68	31,94	35,22	35,22	35,61
Prosjeck EU 10	34,38	35,02	36,38	36,18	34,86
Prosjeck EU 25	38,54	38,59	38,97	38,40	36,96

U sklopu ovog diplomskog rada potrebno je bilo napraviti energetske audit jedne farme u Hrvatskoj koja broji više od 60 krava te za istu izračunati potrošnju energije te emisije stakleničkih plinova. Za kvalitetan energetske audit bilo je potrebno ući u sve probleme i specifičnosti mljekarske proizvodnje. Ovakav pristup zahtijevao je detaljno proučavanje svih relevantnih čimbenika, kako energetskih tako i agronomsko-tehničkih, na farmi.

Mliječne farme svojom godišnjom potrošnjom i do 1200 kWh po kravi predstavljaju zaista velike potrošače energije. Svaki zahvat koji bi pridonio smanjenju te potrošnje izuzetno bi pozitivno djelovao na financijsku situaciju farmera. Mjesta i opreme gdje se mogu primijeniti neke od mjera energetske efikasnosti na prosječnoj farmi ima mnogo, obzirom da se energija na farmi troši kroz sustave: rasvjete, ventilacije, mužnje, hlađenja mlijeka, grijanja vode, hranjenja i sl. Kroz energetske audit stiče se opći dojam o samoj farmi, njezinoj veličini i vrsti, broju grla te bazičnoj energetske potrošnji. Bitno je pravilno i detaljno popisati sve energetske potrošače te snimiti sve dijelove proizvodnog procesa.

Podacima koji se dobiju iz energetskog audita može se odrediti potrošnja svakog pojedinog segmenta na farmi. Na taj način utvrđujemo početno stanje potrošnje i emisija CO<sub>2</sub> prije nego krenemo s uvođenjem mjera energetske učinkovitosti ili određenih oblika obnovljivih izvora energije. Kao pokusna farma odabrana je farma Popovac, u vlasništvu tvrtke Belje d.d. te je za navedenu farmu izračunata trenutna potrošnja i emisija stakleničkih plinova. Za istu farmu predložene su mjere poboljšanja energetske učinkovitosti te tehno-ekonomski proračun isplativosti proizvodnje električne energije iz bioplina. Kod proračuna isplativosti određene mjere uštede vođeni smo bazičnim vremenima otplate određene investicije odnosno njenom unutarnjom stopom povrata. Kalkulacije se vrše usporedbom eventualnih ušteda, troškova same investicije i održavanja te se na temelju tih podataka donosi zaključak o konačnoj isplativosti investicije.

## **2 TEHNOLOGIJA I POSTUPCI KOD PROIZVODNJE MLIJEKA**

Proizvodnja mlijeka je specifična poljoprivredna djelatnost s karakterističnim i osjetljivim konačnim proizvodom. Mlijeko kao konačan proizvod zahtijeva veliku količinu pažnje kako bi zadovoljavalo mikrobiološke standarde koji su propisani zakonom. Zakonom o stočarstvu («Narodne novine» 70/97. i 36/98.) donesen je pravni okvir koji definira kakvoću, ispravnost i kontrolu mlijeka. Isto tako imamo Pravilnik o kakvoći svježeg sirovog mlijeka koji sadrži detaljne smjernice o mikrobiološkoj ispravnosti i standardima koje mlijeko mora zadovoljavati.

### **2.1 Hlađenje mlijeka**

Proces hlađenja mlijeka mora se obaviti u što kraćem vremenskom periodu kako bismo postigli maksimalnu kvalitetu. Netom pomuzeno mlijeko je na temperaturi od otprilike 37 °C te ga je potrebno ohladiti na oko 4 °C. Kao i u EU, u Hrvatskoj je pravilnikom određena temperatura na koju se mlijeko mora ohladiti u prva dva sata nakon mužnje. Iako propisana temperatura iznosi 6 °C, za bolju kvalitetu mlijeka temperatura bi trebala biti niža (oko 4 °C).

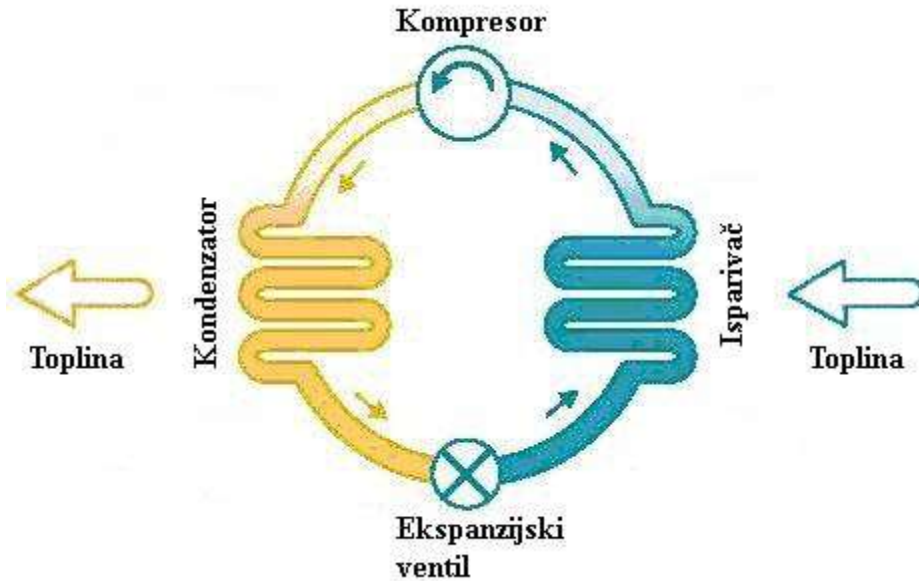
Kod razmatranja tehnike hlađenja moramo voditi računa o nekoliko presudnih stvari:

- Koliko se mlijeka hladi i skladišti?
- Koja će biti temperatura mlijeka kad ulazi u laktofriz?
- Na koliko stupnjeva i kako brzo mlijeko mora biti ohlađeno?
- Tip električnog priključka?
- Postoji li mogućnost ekspanzije proizvodnje u budućnosti?

Najrasprostranjeniji sustav hlađenja mlijeka koji je ujedno i najrasprostranjeniji i u Hrvatskoj jest klasični laktofriz (upotreba rashladne tehnike i sredstava s kompresorom).

Sam princip rada jednog takvog sustava zasniva se na [32-33]:

- **Kompresoru** - komprimira radnu tvar od tlaka isparavanja do tlaka kondenzacije s ciljem da joj se temperatura podigne iznad temperature okoline. Time se povećava temperatura i tlak radne tvari. Kada temperatura naraste na potreban iznos omogućena je izmjena topline s okolinom. Kompresori se dijele na hermetičke, poluhermetičke i otvorene.
- **Kondenzatoru** - vruće pare radne tvari iz kompresora se prvo hlade, kondenziraju, te pothlađuju prije napuštanja kondenzatora. Prema načinu hlađenja kondenzatori se dijele na vodom hlađene, zrakom hlađene, i kombinirano, vodom i zrakom hlađene kondenzatore.
- **Prigušnom ventilu** - dozira i prigušuje radnu tvar s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja. Kapljevita radna tvar prolazi kroz prigušni ventil iz područja visokog tlaka u područje nižeg tlaka. Zbog toga radna tvar ekspandira i istodobno isparava. Najčešće je to termoekspanzijski ventil (TEV) ili ventil s plovkom na niskotlačnoj strani (VPNT).
- **Isparivaču** - dok radna tvar isparava, ona apsorbira toplinu i hladi tvari i/ili prostor kojeg želimo rashladiti. U isparivaču se radna tvar nalazi u međusobno gusto postavljenim cjevčicama, da bi se dobila što veća površina za izmjenu topline. Prema načinu rada isparivači se dijele na potopljene i suhe.



**Slika 2.1.** Prikaz principa hlađenja

Klasični laktofriz nazivamo još i DX spremnik (eng. Direct Expansion) obzirom da se hlađenje vrši direktnim kontaktom mlijeka s rashladnim sredstvom koje cirkulira cijevima ili pločama s unutarnje strane spremnika. Ovakav spremnik nije u mogućnosti raditi kada je prazan. Ulijevanjem mlijeka kreće brzo hlađenje koje se kasnije nastavlja sporijim hlađenjem kojem je u cilju samo zadržavanje postignute temperature.





**Slika 2.2.** DX laktofriz

Postoji mogućnost prelaska na sustav hlađenja bankom leda. Treba reći da je glavna prednost ovakvog sustava eventualna proizvodnja leda u večernjim i noćnim satima kada je cijena električne energije manja, ali u konačnici sustav s bankom leda može imati veću potrošnju električne energije.

## **2.2 Sustav mužnje**

Stroj za mužnju jedan je od najvažnijih dijelova opreme na mliječnoj farmi (sl. 2.3). Sastoji se o četiri glavna komponenta:

- Vakumske pumpe
- Vakumskog regulatora
- Pulsatora
- Držača vimena

Što se tiče energetske potrošnje ovaj sustava je jedan od najzahtjevnijih.



**Slika 2.3.** Aparat za mužnju

Jedan od glavnih zadataka aparata za mužnju jest osigurati čistoću i nekontaminiranost mlijeka vanjskim utjecajima. Zato je izuzetno važno održavati aparate za mužnju čistim. Nakon svake mužnje obavezno slijedi pranje ili vodom i deterdžentom ili kombinacijom kemikalija [34-35]. Površine koje dotiču mlijeko moraju odgovarati svim propisanim normama (nehrđajući čelik i specijalne vrste plastike).

Aparati za mužnju pokretani su električnom energijom, ali u slučajevima nestanka električne energije mogu se koristiti motori s unutrašnjim izgaranjem (za vakumsku pumpu). Ovakav rezervni sustava je potreban obzirom da preskakanjem mužnje može doći do velikih problema, prvenstveno u budućim prinosima mlijeka.

Danas na najnaprednijim farmama upotrebljavaju se roboti za mužnju koji ne zahtijevaju ljudskog operatera. Kompletna mužnja se vrši automatski, a sustav je iznimno energetski efikasan. Položaj vimena se određuje laserskim putem (sl. 2.4).



**Slika 2.4.** Robot za mužnju

### **2.3 Sustav zagrijavanja vode i pranja**

Postoje dvije glavne metode koje se koriste pri pranju aparata za mužnju, odnosno cijelog sistema.

- Čišćenje kipućom vodom (temperature iznad 90 °C)
  - zahtjeva malu količinu kemikalija, ali ujedno i traje malo duže
- Čišćenje toplim vodom (temperature oko 60 °C)
  - zahtjeva više kemikalija

Obje metode se često koriste paralelno, ujutro kipuća voda, a uvečer topla voda. Naravno kad je god to moguće, čišćenje se obavlja u vrijeme jeftinije tarife električne energije. Grijanje vode najčešće se vrši upotrebom električne energije. U tom slučaju povrat topline

je zanimljiva opcija. Zagrijavanje vode se može učiniti dvofazno kako bi se postigla bolja energetska učinkovitosti te smanjio trošak za električnu energiju. U prvoj fazi zagrijavanje vode do 60 °C može se riješiti preko toplinske stanice (ukoliko postoji) ili solarnim kolektorom. Druga faza zagrijavanja do 95°C i dalje se vrši upotrebom električne energije.

**Solarno zagrijavanje vode** (sl. 2.5) može zadovoljiti 40 do 60% potreba za toplom vodom. Ovo će uvelike ovisiti o klimatskom podneblju, lokaciji farme i solarnom kapacitetu. Naravno ovaj sustav dolazi u obzir samo za zagrijavanje vode do 60 °C. Dodatni energetski izvor za grijanje vode će i dalje biti potreban (pogotovo za kipuću vodu).

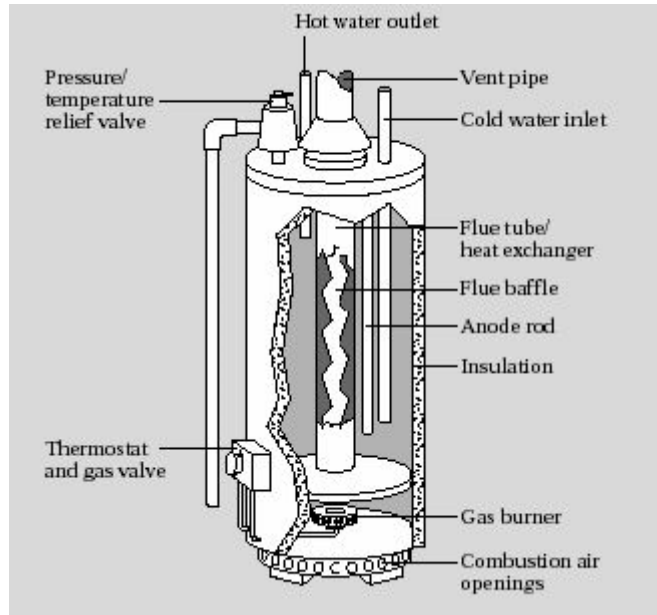


**Slika 2.5.** Solarno zagrijavanje vode

### **Tipovi grijača za vodu**

Direktan grijač:

Ovakav tip grijača ujedinjuje spremnik vode i električni grijač (ili plinski plamenik). Voda koja se koristi u ovom slučaju direktno prolazi kroz spremnik (bojler).



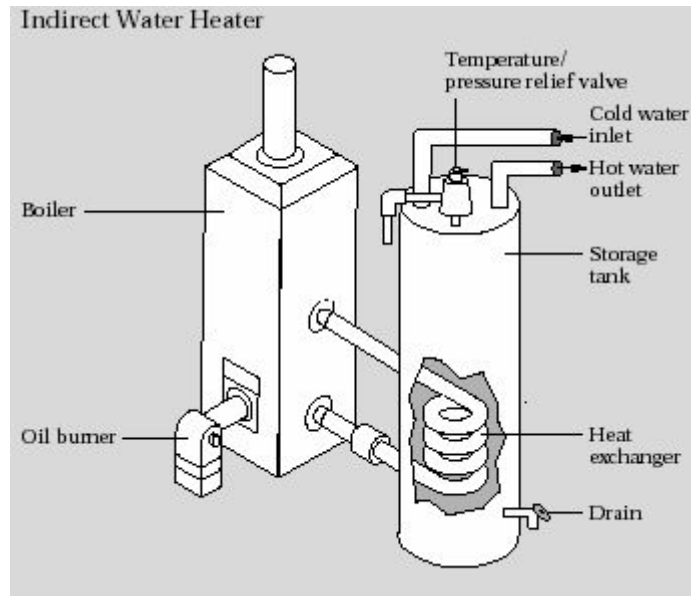
**Slika 2.6.** Direktni grijač vode

Indirektni grijač:

U ovom slučaju koristimo bojler (najčešće na plin) da se zagrije voda koja se onda odvodi u toplinski izmjenjivač te se na taj način grije voda u spremniku. U ovom slučaju voda koja se koristi ne prolazi direktno kroz bojler.

Za minimalizaciju energije u procesu grijanja vode preporuča se:

- Korištenje sustava povrata otpadne topline (poglavlje 3.5)
- Korištenje bojlera visoke energetske učinkovitosti
- Smanjenje udaljenosti prijenosa tople vode (koliko je to moguće)
- Redovito održavanje



Slika 2.7. Indirektan grijač

## 2.4 Obrada i transport gnojiva

Sakupljanje i obrada ostataka, prvenstveno gnojiva jedan je od većih problema s kojim se farmeri susreću. Osim samog odlaganja i obrade koja sama po sebi može postati velik problem, sustavi za sakupljanje i obradu gnojiva jedni su od najvećih energetske potrošača na farmi. U situaciji gdje su pravila sve stroža, prvenstveno zakonske regulative i pravilnici o odlaganju gnojiva i opterećenosti tla mineralima, menadžment otpada na farmama postaje izuzetno bitna stvar.

Što se tiče energetske efikasnosti izuzetno je bitno koristiti opremu koja je pravilno dimenzionirana s energetske učinkovitim pumpama i motorima koji su redovno održavani i servisirani. Unutar farme su potrebne strugalice koje mogu biti pokretane na nekoliko načina. Van farme najbolji i najučinkovitiji sustav je gravitacijski (svakako najjeftiniji).

Ovisno o vrsti sustava koji se koristi brzina kojom se gnojivo uklanja s farme će varirati. Npr. hidraulički sustavi su izuzetno fleksibilni, brzi, otporni na smrzavanja, ali ujedno zahtijevaju velike motore koji proizvode mnogo buke te su veliki potrošači energije. Isto tako zbog učestalog rada brže dolazi do habanja. Sam sustav sakupljanja i transporta će ovisiti o vrsti i veličini farme.

Najčešći sistemi za sakupljanje i transport gnojiva su:

**Sustav ispiranja:** Uglavnom se koriste na velikim farmama u toplijoj klimi pošto postoji bojazan od smrzavanja u hladnijim područjima. Naravno sustav zahtjeva velike količine vode za ispiranje. Generalno ovakav sustav se koristi tri do četiri puta dnevno. Ostatak posla se odvija gravitacijski posto gnojivo s vodom odlazi do spremnika.

**Traktorske strugalice:** Najčešće na farmama s definiranim redovima i boksovima. Gnojivo se sakuplja na krajevima redova gdje se utovaruje ili na traku ili neki drugi oblik traktorskog prijevoza te se transportira do spremnika.



**Slika 2.8.** Traktorska strugalica

**Vakumsko sakupljanje:** Obično je to traktor ili kamion koji ima ispred sebe montiranu strugalicu koja sakuplja gnojivo koje se zatim vakumski usisava u spremnik na kamionu ili

traktoru. Prednosti ovakve metode je mogućnost direktnog prijevoza gnojiva do spremnika bez međupretovara. Negativna strana mogu biti nešto veći operativni troškovi.



**Slika 2.9.** Vakumski sakupljač gnojiva

**Električne strugalice:** Ovakvi sustavi se također koriste na jako velikim farmama. Sustav je efikasan te otporan na sve vremenske prilike. Strugalice se kreću vučene kablovima koji su pokretani el. motorima. Njihovo polagano kretanje mora smanjiti stres kod krava te eventualne ozlijede. Strugalice se u povratnom hodu sklapaju kako bi se smanjio otpor. Automatskim strugalicama dolazi se do uštede na troškovima radne snage.





**Slika 2.10.** Automatska električna strugalica

Osim sakupljanja gnojiva treba voditi računa i o njegovoj obradi. Tri su glavna načina obrade gnojiva:

- Mehanička separacija
- Gravitacijska separacija
- Aeracija

Glavne prednosti razdvajanja kravljeg gnojiva na tekuću i krutu fazu su:

- Lakše korištenje
- Manja potrošnja energije
- Manja potreba za vodom
- Bolja kvaliteta zraka

Iako mehanička separacija traje mnogo kraće od gravitacijske troši više energije tako da se mora tražiti optimum između ova dva rješenja. Prednosti aeracija su još prilično nejasne, ali ono što sa sigurnošću možemo utvrditi jest da aeracijom smanjujemo emisije komponenata neugodnog mirisa te reduciramo udio hlapljivih organskih komponenata.

## **2.5 Sustavi hranjenja**

Farmeri moraju voditi računa o pravilno balansiranoj hrani za krave kako bi se postigli maksimalni prinosi u mlijeku. Proizvodnja sijena na livadama uz pomoć sunca i vjetra je najefikasniji način, s energetskeg aspekta, ali ovisi o vremenskim prilikama. Postoje moderniji načini pravljenja sijena u tkz. dehidratorima te se na taj način izbjegava ovisnost o vremenu, no takvi strojevi troše veliku količinu energije (plina i električne energije). Uz sijeno standardan pripravak kod hranidbe je silaža te smjesa u obliku koncentrata.

Tipičan postupak hranjenja uključuje: mljevenje žitarica, njihovo miješanje s proteinskim koncentratima te ostalim mineralnim i vitaminskim dodacima te konačan transport do hranilica. Tipična oprema koja se koristi u ovim procesima uključuje:

- Mlinove
- Vertikalne i horizontalne miksere
- Transportne trake

Hranjenje predstavlja veliku stavku u ukupnom trošku proizvodnje mlijeka te se optimizacijom hranidbenog sustava može doći do znatnih ušteda. Ovo se ne odnosi samo na energetske aspekt ušteda, nego i na količinu potrošene hrane. Naravno u cijelom procesu do ušteda se nikako ne smije dolaziti na uštrb zdravlja krava koje uvijek mora biti na prvom mjestu. Tipični sustavi za hranidbu:

### **Ručna hranidba**

- Zahtjevna sa stanovišta radne snage, neefikasna, neprimjenjiva na velikim farmama.

### **Hranilice za telad**

- Automatske – energetske efikasne te idealne za individualno praćenje teladi.
- Samostojeće – nema mogućnosti individualnog praćenja teladi.



**Slika 2.11.** Samostojeća hranilica za telad

### **Kolica za hranidbu**

- Obično su u potpunosti automatizirana te imaju prednost automatskog ravnomjernog raspršivanja hrane.



**Slika 2.12.** Kolica za hranidbu

### **„Otvoreno hranjenje“**

- Izuzetno energetska efikasna metoda pošto se ne koristi energija osim one da bi se hrana dovezla na samu lokaciju. Nedostatak ovakve metode je potreba za velikom površinom kako bi se hrana uskladištila.



**Slika 2.13.** Prikaz „otvorenog“ hranjenja

### **Miješalice**

- Bitne kako bi se što ravnomjernije izmiješale sve navedene komponente koje sudjeluju u prehrani krava.



**Slika 2.14.** Miješalica za spravljanje hrane

### **Hranjenje u izmuzištu**

- Ekonomski isplativo, brzo i jednostavno korištenje, pogotovo na većim farmama



**Slika 2.15.** Prikaz hranjenja u izmuzištu

Prije ulaganja u sustav hranjenja o nekoliko se osnovnih stvari treba voditi računa:

- Vrsti hrane kojom će se krave hraniti i njezinom obliku
- Vremenu koje je na raspolaganju za hranidbu
- Zdravlju krava
- Pomoćnom sustavu ukoliko glavni zataji

## **2.6 Menadžment vode**

U svakom trenutku bitno je osigurati vodu koju će krave imati na raspolaganju za piće. Treba voditi računa o činjenici da muzna krava može popiti oko 100 litara vode dnevno. Visoko produktivne krave čak i više pogotovo u ljetnim mjesecima. Ako uzmemo u obzir ostalu upotrebu vode na farmi ukupna potrošnja vode po kravi za cijelu farmu može iznositi i do 400 litara dnevno.

Osim vode koju krave popiju voda se na farmi koristi i za:

- Čišćenje
- Sanitarne potrebe (najčešće za čišćenje izmuzišta)
- Hlađenje
- Evaporativne procese (ljeti da se smanji toplinski udar na krave)
- Vatrozaštitu

Za farmera je izuzetno bitno znati približnu dnevnu potrošnju vode kako bi se pravilno dimenzionirao cijeli vodovodni sustav. Kao izvor vode najčešće se koriste dubinski bunari s kombinacijom vodotornjeva. Ovo rješenje je tipično za velike farme. Neka druga rješenja uključuju kišnicu, oborinske vode i sl.

## **2.7 Sustav ventilacije**

Pravilnim dimenzioniranjem ventilacijskog sustava reducirat ćemo plinove i prašinu na farmi, regulirat ćemo stupanj vlažnosti zraka te pozitivno utjecati na zdravlje krava.

Ventilacijski sustav je preporučljiv ukoliko se:

- Javlja jak miris amonijaka u staji
- Javlja bilo kakvi respiratorni problemi kod krava
- Javlja snažne toplo/hladne zone u staji
- Primijeti kondenzacija na zidovima i stropu

Kod izbora ventilacijskog sustava mora se voditi briga o nekoliko najvažnijih parametara: broju krava na farmi i njihovoj starosti, investicijskim troškovima sustava, buci koja će eventualno nastati, iznosu potrebnom za održavanje, redovnom čišćenju ventilatora, rasponu samih ventilatora i sl. U današnje vrijeme, na modernim farmama, se sve više prelazi na HVLS (eng. High Volume Low Speed) ventilatore koji se nameću kao kvalitetnije rješenje od LSHV (eng. Low Volume High Speed) ventilatora (vidi poglavlje 3.3)



**Slika 2.16.** LVHS ventilatori

### 3 MJERE POVEĆANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA MLIJEČNIM FARMAMA

#### 3.1 Energetski audit

Energetskim auditom možemo snimiti postojeće energetske stanje na farmi. Podatci koji su nam najvažniji odnose se na energetske potrošače. Popisuju se svi energetske potrošači, njihova snaga (električna ili toplinska), određuje se njihov period rada i sl.. Osim striktno energetske pitanja auditom se određuju i osnovne informacije o samoj farmi (sl.3.1).

Energetski Audit	
<b>Ime farme:</b>	
<b>Lokacija:</b>	
<b>Vlasnik:</b>	
<b>Tip farme:</b>	
Q1.	Broj krava?
Q2.	Broj mliječnih krava?
Q3.	Pomladak? DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
Q4.	Broj zaposlenih na farmi?
Q5.	Prosječna godišnja proizvodnja po kravi?
Q6.	Tip izmuzišta?
Q7.	Borave li krave na otvorenom?
Q8.	Starost i stanje farme?

**Slika 3.1.** Prikaz segmenta iz općeg dijela energetskog upitnika (audita)

Veličina farme, broj krava, lokacijske karakteristike te sve ostale specifičnosti koje bi mogle biti zanimljive za energetske izračun ili za daljnje studije isplativost određenih procesa. Podatci dobiveni auditom služe kako bi se odredilo početno energetske stanje na farmi.

Poznavajući potrošnju farme svaka eventualna mjera uštede može se egzaktno kvantificirati. Usporedbom početnog stanja sa stanjem nakon implementacije određene



mjere energetske učinkovitosti ili određenog oblika obnovljivih izvora energije možemo egzaktno odrediti energetske uštede te izračunati uštede u emisijama stakleničkih plinova [36]. Na slici 3.2 prikazan je dio tipičnog energetskog upitnika (audita).

Q14.	Vakuumpumpa:	Broj? Snaga (kW)? Dnevno/godišnje opterećenje (h/dan)? Varijabilni frekvencijski sustav?
Q15.	Ventilacija:	Broj ventilatora? Snaga (kW)? Dnevno/godišnje opterećenje (h/dan)? HVLS?
Q16.	Dizel potrošnja: (miješalica, traktorsko čišćenje i sl.)	Tip potrošača? Prosječno dnevno opterećenje? Prosječna dnevna potrošnja?

Slika 3.2. Prikaz segmenta energetskog dijela audita

### 3.2 Energetski efikasno hlađenje mlijeka

Hlađenje mlijeka je jedna od najvažnijih stavki na mliječnoj farmi, gledano s energetskog aspekta. Prema istraživanjima na hlađenje mlijeka otpada od 20 do 40% ukupne potrošnje električne energije na farmi. Samim time smanjenjem tih troškova znatno ćemo utjecati na energetske-ekonomsku bilancu farme. Postoji nekoliko metoda i postupaka povećanja energetske efikasnosti u sustavu hlađenja mlijeka. Nešto više ćemo reći o mogućnostima spiralnih kompresora te prelaska na *In-line* sustav hlađenja, odnosno predhlađivanja mlijeka.

Kao najvažniji dio rashladnog sustava možemo istaknuti kompresor koji služi za pumpanje rashladnog sredstva kroz sustav hlađenja. Način izvedbe te performanse kompresora

utjecati će na kvalitetu i energetska efikasnost rashladnog sustava. Za razliku od uobičajenog rotacionog kompresora spiralni kompresor se pokazao 15-20% efikasniji. Klasičan rotacioni kompresor pritišće plin stapom dok kod spiralnog kompresora dvije umetnute spirale, koje djeluju kao lopatice, pumpaju i komprimiraju rashladno sredstvo (sl.3.3). Ovaj tip kompresora uspješno se koristi u drugim granama industrije već godinama te se pokazao kao efikasan i pouzdan.



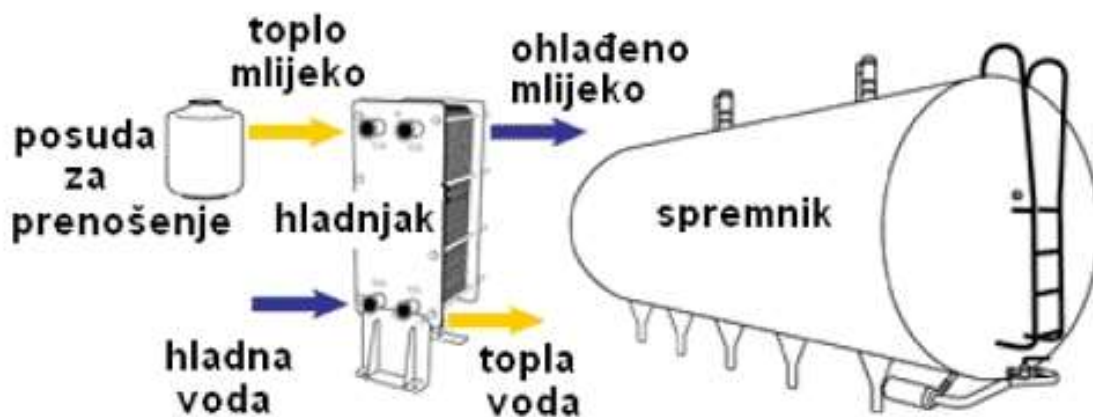
**Slika 3.3.** Princip rada spiralnog kompresora

Prednosti spiralnog kompresora su mnogostruke. Glavna prednost je manja potrošnja električne energije u usporedbi s konvencionalnim kompresorima. Obzirom da nema stapa, kao kod konvencionalnog kompresora, proizvodi manje buke te stvara manje vibracija. Isto tako rjeđe dolazi do kvara. Treba reći da je životni vijek spiralnog kompresora znatno dulji nego kod klasičnih. Nema izravnih kontakata između metala što ima za posljedicu manje trošenje te nema potrebe za lubrikantima [37]. Ovom kompresoru nije potrebno prethodno uhodavanje te može raditi pod varijabilnim opterećenjima. Nabrajajući ove prednosti treba zaključiti da je krajnja posljedica ovakvog sustava bolja kvaliteta mlijeka prvenstveno s mikrobiološke strane.

Bez obzira koji sustav hlađenja koristite izuzetno je bitno održavati elemente rashladnog sustava čistima. Onečišćenje u sustavu može dovesti do velikog povećanja u potrošnji energije. Čišćenje se vrši posebnim odmašćivačima koji minimiziraju utjecaje na spojeve

bakra i aluminijska. Održavajući svoj sustav čistim možete uštedjeti i do 5% energije. Isto tako posebnu brigu treba voditi i o izolaciji sustava za hlađenje mlijeka. Izolacija ne zahtjeva prevelike financijske izdatke, no može uvelike pridonijeti energetski efikasnijem hlađenju.

Kao sljedeću opciju za povećanje energetske efikasnosti kod hlađenja mlijeka predstaviti ćemo *In-line* sustav hlađenja (sl 3.4), odnosno postupak predhlađivanja mlijeka. U klasičnoj situaciji mlijeko se nakon mužnje prepumpava u laktofriz u kojem se hladi na zadanu temperaturu. Samim time u laktofrizu imamo miješanje mlijeka koje dolazi sa preko 30 °C sa mlijekom u laktofrizu koje je ohlađeno na 4 °C. Kod ovakvog izravnog miješanja struja, s velikom razlikom temperatura, povećan je rizik stvaranja bakterija. Osnovni cilj je smanjiti temperaturu mlijeka prije nego što stigne do laktofriza. Osim poboljšanja kvalitete mlijeka,



**Slika 3.4.** Prikaz *In-line* sustava hlađenja

spuštanjem ulazne temperature mlijeka u laktofriz, smanjit ćemo i vrijeme rada kompresora. Uvođenjem predhlađivanja mlijeka vrijeme rada kompresora možemo prepoloviti što će imati za posljedicu manju potrošnju i manji račun za električnu energiju. Sami proces predhlađivanja se vrši ugradnjom izmjenjivača topline (sl 3.5), predhlađivača, ispred laktofriza. Najčešće se radi o pločastom izmjenjivaču gdje se toplina mlijeka predaje rashladnoj vodi. Kapacitet izmjenjivača je često promjenjiv obzirom da se broj ploča može

mijenjati i prilagođavati broju krava, odnosno količini mlijeka. Na jednu stranu izmjenjivača ulazi hladna voda, najčešće iz bunara ili vodovoda, koja se grije preuzimajući toplinu od mlijeka. Topla voda koja izlazi iz izmjenjivača može se dalje koristiti za pranje ili napajanje. Može se isto tako i dogrijavati ukoliko je potrebna voda više temperature. Mlijeko koje ulazi u izmjenjivač se hladi na otprilike 18 °C te nakon izlaska iz izmjenjivača odlazi u laktofriz (Slika 1). Ovako predhlađenom mlijeku potrebno je mnogo manje vremena da ga se dovede na zadanu temperaturu u laktofrizu. Samim time manje vremena je potrebno za rad kompresora, a i manja je mogućnost nastajanja bakterija u samom laktofrizu. Glavna ušteda ovog sistema dolazi od smanjenja potrošnje električne energije koje je posljedica kraćeg rada kompresora.



**Slika 3.5.** Prikaz pločastog izmjenjivača ugrađenog prije laktofriza

Za maksimalno efikasno predhlađivanje mlijeka potrebno je pravilno dimenzionirati predhlađivač. Prvenstveno je bitno pravilno odrediti brzinu protjecanja mlijeka i vode kako bi se dobio najefikasniji prijenos topline. Sustav mora biti dimenzioniran da podnese maksimalnu brzinu protjecanja mlijeka. Brzinom protjecanja vode izravno možemo utjecati na konačnu temperaturu vode i mlijeka koji izlaze iz predhlađivača. Ono na što ne možemo utjecati je temperatura ulazne vode u predhlađivač, obzirom da je moguća fluktuacija temperature vode kroz godinu.

Za postizanje većeg stupnja iskoristivosti, umjesto vode, moguće je koristiti i druge oblike rashladnih sredstava. Za veće sustave predhlađivanja se može vršiti u više stupnjeva gdje se kao rashladno sredstvo može koristiti smjesa vode i glikola. Jedna od mogućnosti je i led koji se koristi za hlađenje vode za predhlađivač. Treba napomenuti da spremnici leda nisu pretjerano efikasni obzirom da zahtijevaju više održavanja, a jedinu prednost daju ukoliko se led proizvodi preko noći za vrijeme noćne tarife električne energije što može dovesti do eventualnih ušteda.

Sustav predhlađivanja mlijeka isplatit će se u otprilike 2 godine iako će ovo vrijeme ovisiti prvenstveno od veličine stada odnosno količine proizvedenog mlijeka, veličine i tipa kompresora te stanja i starosti spremnika. Treba isto tako reći da će eventualne uštede rasti s povećanjem broja krava na farmi.

### **3.3 Energetski efikasan sustav ventilacije**

Treba imati na umu da je jedan „veliki“ ventilator uvijek bolji i efikasniji od više „manjih“. Kod razmatranja današnjih sustava ventilacije na mliječnim farmama, gotovo uvijek, se radi o ventilatorima pokretanim energetski efikasnijim motorima koji mogu dovesti do ušteda do 20% električne energije. Isto tako valja izbjegavati čestu grešku povećavanja brzine vrtnje ventilatora. Naime povećanje brzine vrtnje ne znači i bolji efekt hlađenje. Naprotiv, povećanjem vrtnje efikasnost će opadati, a povećat će se turbulentno vrtloženje te ćete dobiti samo veću buku u staji.

Sustav ventilacije može biti od iznimne koristi u ljetnom periodu kada može doći do smanjenja proizvodnje zbog previsoke temperature u staji. Da biste postigli najveću efikasnost svog ventilacijskog sustava vodite računa o:

- Obliku lopatica
- Obliku kućišta
- Snazi i učinkovitosti motora

Sustav koji ćemo predstaviti je relativno nov na mliječnim farmama i temelji se na ventilatorima velikih protočnih volumena pri malim brzinama vrtnje, HVLS (High volume low speed ventilators). Osnovni princip ovakvog sustava ventilacije je izuzetno energetski efikasna cirkulacija zraka u staji. HVLS ventilatori (sl 3.6) su u suštini vrlo slični običnim kućnim ventilatorima, gledano s konstrukcijske strane. Izuzetno su velikog promjera koji može biti do 8 metara. Rade na relativno malim brzinama, što znači da ne zahtijevaju snažne motore, do stotinjak okretaja po minuti, a pritom miješaju veliku količinu zraka. Prema nekim mjerenjima HVLS ventilator može promiješati i do 5 puta veći volumen zraka od običnog konvencionalnog ventilatora.



**Slika 3.6.** Prikaz HVLS ventilatora

Nekoliko je glavnih prednosti ovakvog sustava ventilacije. Kod korištenja HVLS sustava ventilacije potrebna je manja količina ventilatora da bi se postigao isti učinak kao da su korišteni konvencionalni ventilatori. Samim time manja je i potrošnja električne energije što je vidljivo iz podataka energetske efikasnosti po jedinici površine. Kod HVLS

ventilatora to iznosi oko  $0,01 \text{ W/m}^2$  dok je za konvencionalne ventilatore ta brojka mnogo veća i iznosi oko  $0.3 \text{ W/m}^2$ . Zbog manje brzine vrtnje troškovi održavanja su manji obzirom da su i manja opterećenja i trošenja. Posljednja velika prednosti koju valja istaknuti je izuzetna mirnoća rada te gotovo nikakvo stvaranje buke.

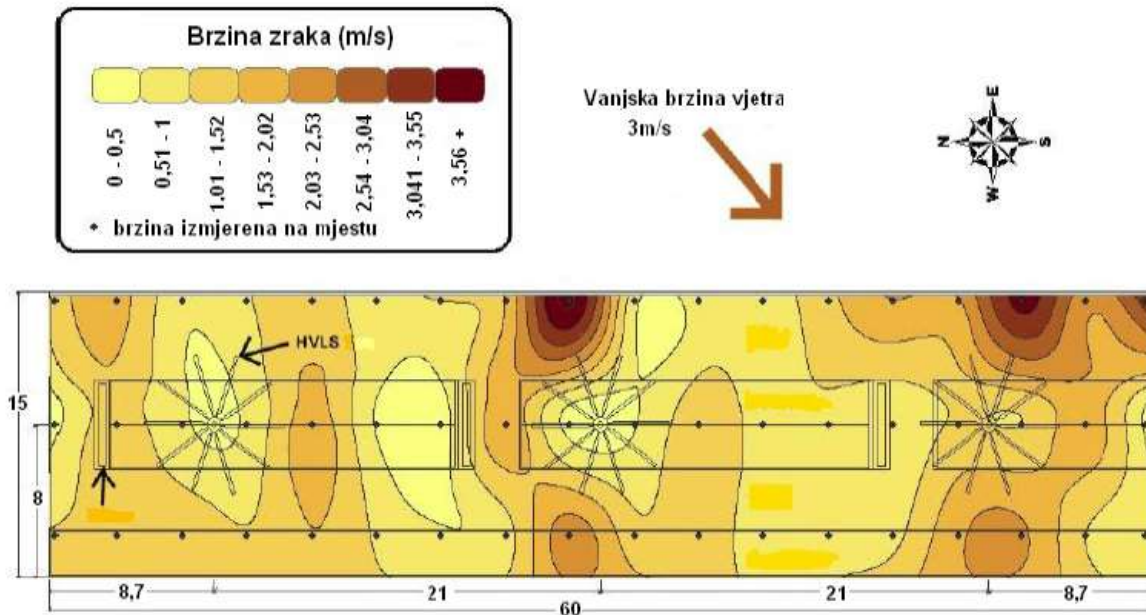
HVLS sustav (sl 3.7) radi na principu vertikalnog potiska zraka prema podu, što se, kao što je već rečeno, ne razlikuje previše od naših konvencionalnih kućnih ventilatora. Ventilatori su najčešće smješteni iznad hranilišta tako da je struja zraka koju stvaraju usmjerena prema podu staje. Nakon što struja zraka dođe do poda mijenja smjer ta dalje prelazi u vertikalno strujanje kroz cijelu staju.



**Slika 3.7.** Prikaz HVLS ventilacijskog sustava na mliječnoj farmi

Konstruktivski HVLS ventilatori najčešće imaju 10 lopatica koje su postavljene horizontalno te pričvršćene na kućište koje se nalazi na osovini električnog motora. Kao što je već spomenuto najprikladnije mjesto za postavljanje ovih ventilatora nalazi se iznad hranilišta. Visina na koju se postavljaju je oko 5 do 6 metara, a razmak između ventilatora je od 15 do 20 metara zavisno od samog promjera.

Energetska učinkovitost HVLS ventilatora je vidljiva u količini zraka koju jedan ventilator može izmiješati. Jedan HVLS ventilator, promjera oko 6 m, može izmiješati preko 200 000 m<sup>3</sup>/h zraka dok je za istu količinu zraka potrebno i do 6 konvencionalnih ventilatora. Pri tome HVLS ventilatoru je potrebna samo 1/3 električne energije koju potroši 6 konvencionalnih ventilatora. Na slici 3.8 prikazan je raspored brzina kod HVLS sustava ventilacije s tri ventilatora. Tamnije zone predstavljaju vanjski zrak koji se probija uz zidove te otvore na staji. Na slici je vidljiva relativno razmjerna raspodjela zraka. S manjom brzinom zraka, koja se kreće oko 1,5 m/s HVLS ventilatori zahvaćaju veći dio staje i ne utječu negativno na dobrobit krava. Konvencionalni ventilatori struje zrak mnogo većim brzinama te na taj način djeluju na manji prostor te ostavljaju više „lošeg“ zraka u staji.



Slika 3.8. Prikaz raspodjele brzine strujanja zraka kod HVLS sustava

Utjecaj HVLS sustava ventilacije na samu proizvodnju mlijeka je teško egzaktno odrediti. Ono u što možemo biti sigurni jest da HVLS sustavom dobivamo kvalitetniju atmosferu u staju, te otklanjamo vlažne zone, na podovima ili stropu. Ovakav sustav ventilacije će se najboljim pokazati u vrućim ljetnim mjesecima. HVLS ventilatori su se upravo počeli koristiti u SAD-u (California) kako bi se ublažili toplinski udari u stajama te kako ne bi došlo do smanjenja u proizvodnji mlijeka. Ova činjenica je potvrđena i na jednoj od



promatраниh farmi u kontinentalnoj Hrvatskoj. Osim ljetnog perioda ventilacija je itekako korisna i zimi kada suhi zrak sa stropa cirkulira prema podu.

Pitanje ekonomske isplativosti ovakvog sustava je dvojako. Već je rečeno da je teško odrediti eventualne uštede koje bi došle kada bi se spriječilo eventualno smanjenje proizvodnje u ljetnim mjesecima. Ono što možemo egzaktno odrediti su uštede kod eventualnog prijelaza s konvencionalnog sustava ventilacije na HVLS sustav. Tu se vrlo lako mogu odrediti uštede u električnoj energiji i smanjenju troškova održavanja. HVLS sustav kroz svoj životni vijek i do 25 godina postaje isplativa investicija.

Konačna cijena ovakvog sustava će se kretati, ovisno o veličini i broju ventilatora, od oko 25 000 pa sve do preko 200 000 kuna. Cijena jednog HVLS ventilatora se kreće od oko 25 000 do 30 000 kuna, što uključuje i trošak instalacije. Naravno kako raste broj ventilatora, odnosno veličina farme, raste i ukupna investicija u HVLS sustav. Povratak investicije ukoliko se prelazi s konvencionalnog sustava na HVLS sustav bi se trebao kretati u razdoblju dvije do pet godina. Dodatna pogodnost je da možete prilikom kupovine odabrati i kontrolnu jedinicu koja ima svrhu varijabilnog frekvencijskog pogona. To u konačnici znači da možete regulirati brzinu vrtnje ventilatora, odnosno smanjivati brzinu prilikom hladnijih dana. Samim time smanjuje se opterećenje na pogonski motor i dolazi do manje potrošnje električne energije.

Jedna od najvećih pogrešaka koju farmeri rade kod ugradnje HVLS sustava jest upotreba manjeg broje ventilatora od preporučenog kako bi se što više uštedjelo. Postavljanjem ventilatora predaleko jedan od drugog će se uvelike smanjiti efikasnost cijelog sustava. Sam proces ugradnje može se raditi u više etapa ukoliko postoje problemi s financijama, ali prema unaprijed zadanom planu tako da se ostvari potpuna efikasnost konačnog sustava.

### **3.4 Energetski efikasan sustav mužnje**

Sam postupak i sustav mužnje je jedan od najvažnijih na mliječnoj farmi. Isto tako jedan je od najvećih potrošača električne energije. Kao što je u prethodnom poglavlju rečeno vakuumska pumpa je glavni dio sustava za mužnju te se na nju odnosi glavina utrošene energije ovog sustava. Zadatak vakuumske pumpe je stvaranje vakuuma u sustavu, uklanjanje zraka iz sustava, kako bi se omogućio sam postupak mužnje. Uobičajeno se ovaj sustav predimenzionira, odnosno održava preveliki vakuum, kako bi se zadovoljili maksimalni zahtjevi. Treba reći da su zahtjevi za maksimalnim vakuumom vremenski relativno kratki tako da nije potrebno uvijek sustav držati u takvom režimu rada. Upravo zbog te činjenice sustav ujedno troši više energije nego što je to potrebno. Kako bi se riješio ovaj problem preporuča se prelazak ili ugradnja varijabilnog frekvencijskog invertera (sl. 3.9).

Kao što smo rekli regularna vakuumska pumpa radi na maksimalnom kapacitetu dok vakuumske pumpe sa varijabilnim frekvencijskim inverterom kontinuirano mijenjaju svoju brzinu kako bi se prilagodile vakuumu koji se zahtijeva u zadanom trenutku. Samim time dolazi do znatnih ušteda energije pošto pumpa više ne radi na maksimalnom kapacitetu cijelo vrijeme [38-40].

Neke od ostalih pogodnosti ovakvog sustava su:

- Ušteda kod održavanja i servisiranja
- Znatno manja buka
- Produžen životni vijek pumpe
- Potpun povrat investicije u roku 2 godine



**Slika 3.9.** Prikaz varijabilnih frekvencijskih invertera

Prema svim pokazateljima i iskustvima s terena uštede se kreću u granicama 40-60% u električnoj energiji što je izuzetan podatak. Obzirom da pumpa ne radi konstantno punim kapacitetom dolazi do manje trošenja te samim time životni vijek pumpe postaje duži.

Princip rada sustava je sljedeći (sl 3.10):

Unutar vakumskog cijevnog sustava ugrađuje se sonda koja prati stvarni iznos vakuma. Dane vrijednosti se prenose na kontrolnu jedinicu kojoj je uloga mijenjanja, odnosno prilagođavanja brzine motora. Sa stvarnom potrebom vakuma koja se dobiva direktno iz sustava rad motora se najbolje prilagođava stvarnim potrebama. Na taj način brzina vrtnje motora može se smanjiti u trenucima u kojima nije potreban maksimalan iznos vakuma, odnosno može se povećati kada to sustav zahtjeva.



**Slika 3.10.** Prikaz vakuumske pumpe s ugrađenim VFS

### **3.5 Energetski efikasno grijanje vode**

Osnovni sustav i način zagrijavanja tehnološke vode na mliječnoj farmi dan je u prethodnom poglavlju tako da ćemo sad reći nešto više o mogućnostima uštede te povećanja energetske efikasnosti navedenog sustava. Kao najizgledniji nameće se sustav povrata otpadne topline (eng. Heat Recovery).

Jedinice za povrat topline su u suštini toplinski izmjenjivači instalirani između kompresora u sustavu hlađenja mlijeka te konvencionalnog kondenzatora. Hlađenje mlijeka se odvija tako da rashladna jedinica „oduzima“ toplinu mlijeku hladeći ga te tu toplina predaje odnosno ponovno oslobađa u kondenzatoru. Kondenzator pretvara visokotlačni plin natrag u tekuće stanje oslobađajući toplinu u okolni zrak. Sustav za povrat otpadne topline

postavlja se u ovaj krug kako bi preuzeo toplinu (prije kondenzacije) koja bi se ionako oslobodila u okolni zrak.

Ovakvom intervencijom može se doći do znatnih ušteda. Sustav povrata otpadne topline može „uhvatiti“ i do 30% energije koja bi se inače raspršila u okoliš [41-45]. Naravno ova brojka će primarno ovisiti o vrsti rashladnog sredstva. Isto tako voda koja se koristi u izmjenjivaču može se zagrijati i do 60 °C ovisno o rashladnom sredstvu, ali i o protocima kroz izmjenjivač. Najzanimljivija je dakako ekonomska strana koja kaže da se ovakvim postupkom može smanjiti trošak električne energije za zagrijavanje vode i do 70%.

Korištenje vode u ovom procesu mnogo je efikasnije, nego korištenje zraka te samim time povećavamo efikasnost i životni vijek kompresora. Naravno u cijelom procesu treba voditi računa da ne dođe su pregrijavanja vode što može dovesti do smanjenja efikasnosti sustava hlađenja.



**Slika 3.11.** Prikaz sustava za povrat otpadne topline

Ono o čemu treba voditi računa ne samo u sustavu zagrijavanja vode, nego i u sustavu hlađenja mlijeka jest pravilna izolacija. Pravilnom izolacijom uvelike ćemo utjecati na povećanje energetske učinkovitosti oba navedena sustava. Nekakve smjernice za kvalitetnu izolaciju vodenog spremnika se kreću oko 50 mm poliuretanske pjene. Isto vrijedi i za cijevi, zglobove i ostalu armaturu.

Ono što valja istaknuti jest mogućnost kombinacije ovakvog sustava sa solarnim zagrijavanjem vode. Naravno ovo će ovisiti i o solarnom kapacitetu područja u kojem se nalazi farma te o iznosima eventualnih subvencija za takav sustav zagrijavanja vode.

### **3.6 Energetski efikasna rasvjeta**

Potencijalne uštede koje se mogu ostvariti u sustavu rasvjete ne spadaju u najznačajnije na prosječnoj farmi. No vodeći računa o sitnim stvarima i uštedama može se dosta učiniti. Prelazak na energetski efikasnu rasvjetu možda nije neko značajno sredstvo energetske učinkovitosti, no zbrajajući sve moguće uštede prelaskom na potpuno energetski efikasnu rasvjetu dolazimo do respektabilnih brojki.

Kao što je prethodno spomenuto prelazak na energetski efikasnu rasvjetu je prvi bazični korak. Veliki broj farmi i dalje koristi klasične žarulje s žarnom niti koje su veliki potrošači energije. Prelazak na energetski efikasnu rasvjetu je imperativ. To se prvenstveno odnosi na eventualni prelazak na fluorescentnu rasvjetu (sl. 3.12 i sl. 3.13).

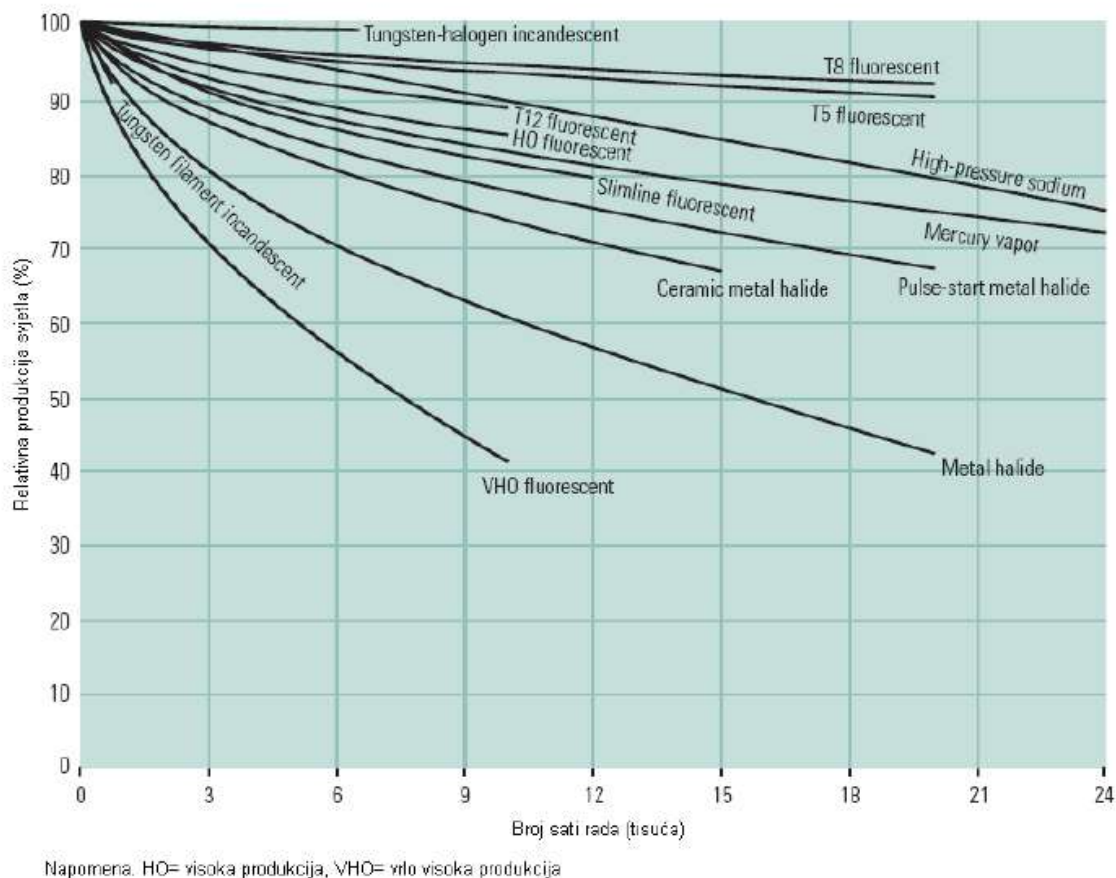


**Slika 3.12.** Fluorescentne cijevi



**Slika 3.13.** Kompaktna fluorescentna lampa

Takvom jednostavnom promjenom dolazi se do uštede od 60% električne energije. Iako su energetske efikasne žarulje skuplje njihova manja potrošnja i dugotrajnost donose u konačnici uštedu u električnoj energiji. Isto tako kod razmatranja isplativosti određenog rasvjetnog tijela treba voditi računa o njihovom smanjenju određenih karakteristika. To se prije svega odnosi na prljavštinu koja se nakuplja na rasvjetnim tijelima obzirom da staja sam po sebi nije baš najčistije okruženje. Upravo zbog toga treba voditi računa o pravovremenom čišćenju rasvjetnih tijela na farmi. Još jedna stvar koju treba spomenuti je prirodno smanjenje svjetlosnih karakteristika koje se dešava kod svih rasvjetnih tijela (sl. 3.14).



**Slika 3.14.** Prikaz opadanja svjetlosnih karakteristika rasvjetnih tijela s vremenom

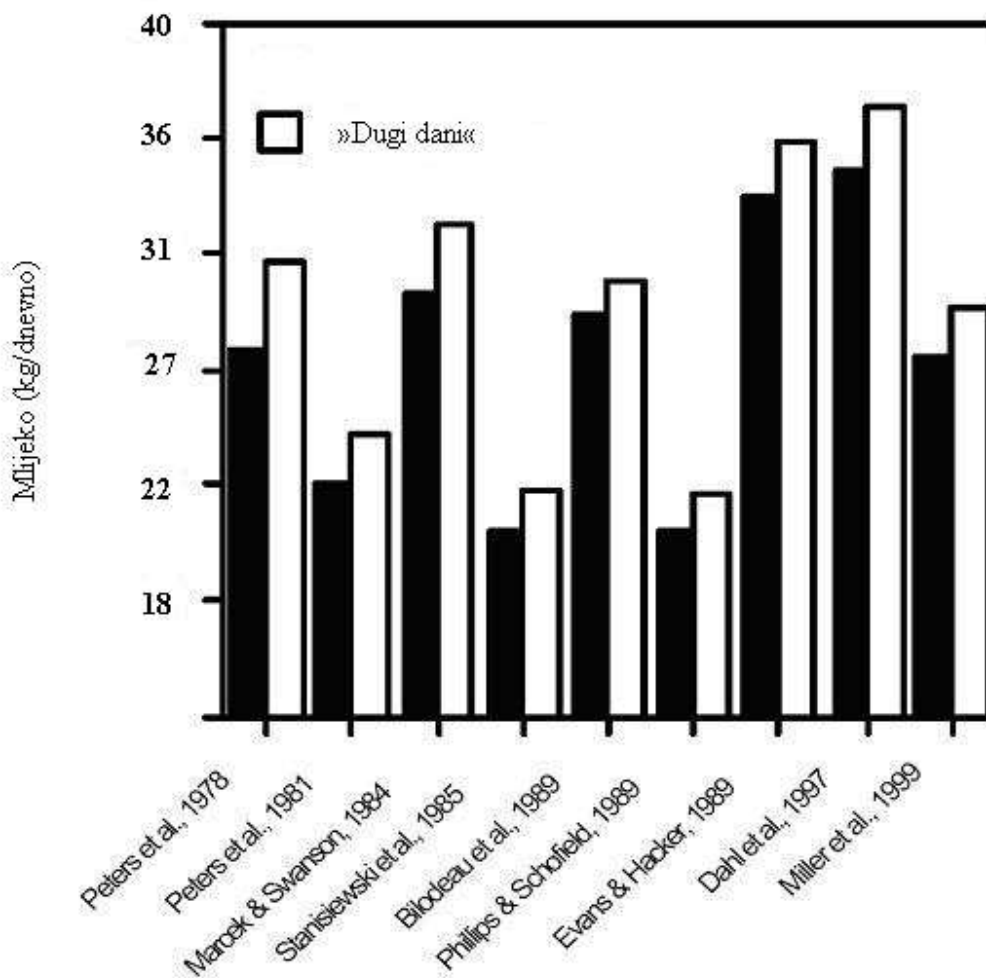
Uz pravilan odabir rasvjetnih tijela njihov raspored i pozicija će isto tako biti iznimno važna. Ono o čemu treba voditi računa kod pravilnog pozicioniranja rasvjetnih tijela jest:

- Intenzitet svjetla
- Boja
- Regulacija (senzorska kontrola)
- Pravilna instalacija

Spomenut ćemo metodu povećanja prinosa u proizvodnji mlijeka kroz povećani intenzitet i izloženost krava svjetlu.



**Photo-periodičkom manipulacijom** [46] utječe se na dnevni ritam krave. Photoperiod je vremensko razdoblje u kojem je krava izložena svjetlu u jednom danu. Produženje ovog perioda u takozvani „Long Day“ znači povećanu aktivnost kod krava. Konačan cilj ove metode je povećanje dnevne proizvodnje mlijeka po kravi (sl. 3.15). Sama metoda je relativno jeftina i jednostavna. Krave su izložene svjetlu 16 do 18 sati dnevno kombinirajući prirodno i umjetno osvjetljenje. Viši troškovi električne energije opravdavaju se povećanom proizvodnjom mlijeka koja iznosi 5 - 15%.

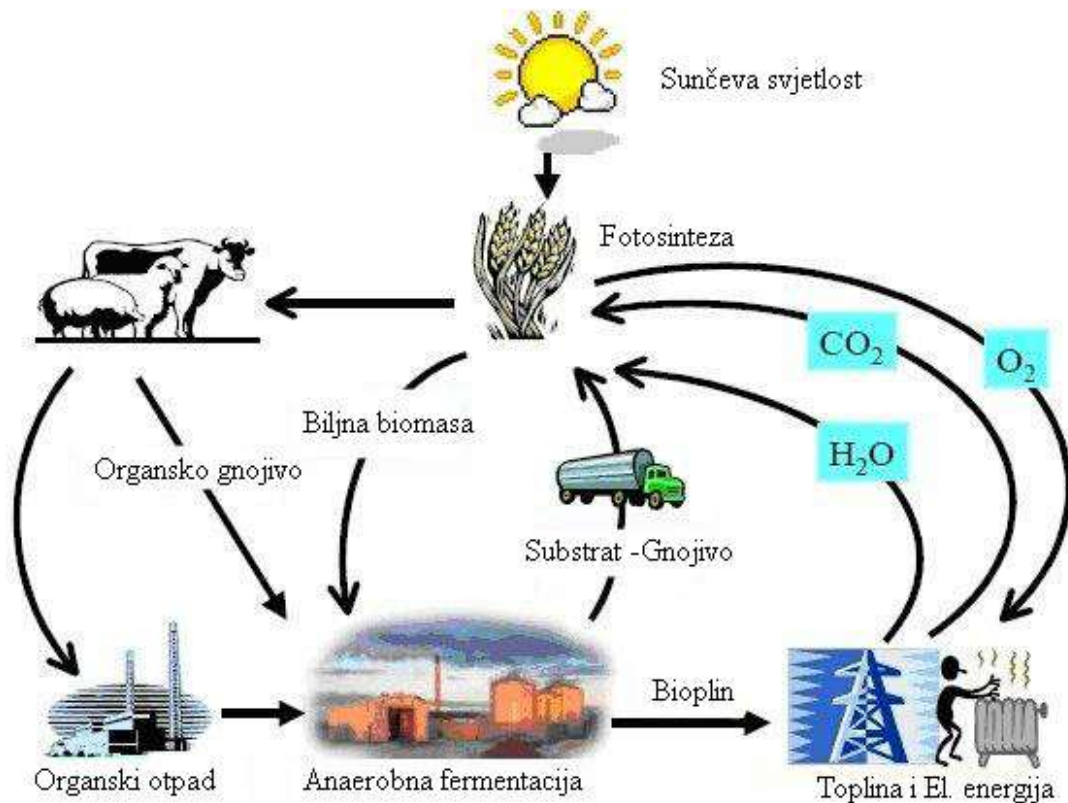


**Slika 3.15.** Prikaz promjene prinosa mlijeka upotrebom Long Days efekta za devet različitih studija

Kad je god to moguće dijelovi farme trebaju se držati čistima obzirom da znamo da se svjetlo pogoršava u tamnim i zagušljivim mjestima. Zidovi bi trebali biti obojeni svijetlim bojama, ali istovremeno se treba izbjegavati odsjaj.

### **3.7 *Proizvodnja bioplina na mliječnoj farmi***

Ubrzani rast cijena fosilnih goriva te sve izraženiji problemi vezani za zaštitu okoliša i borbu protiv globalnog zagrijavanja zahtijevaju nove pristupe te nove, obnovljive, izvore energije. Na tipičnoj mliječnoj farmi proizvodnja bioplina se nameće kao najizglednija opcija. Norme i zahtjevi za emisije CO<sub>2</sub> i ostalih stakleničkih plinova postaju sve stroži te se traži opcija koja bi bila CO<sub>2</sub> neutralna. Bioplin svojim biljno-životinjskim podrijetlom ne povećava količinu CO<sub>2</sub> u atmosferi nego je dio zatvorenog ciklusa. Osim što proizvodnjom i korištenjem bioplina zadržavamo CO<sub>2</sub> neutralnost, vlasniku farme se pruža mogućnost da dodatno zaradi prodajom bioplina ili, češće i isplativije, električne energije proizvedene iz bioplina [47].



Slika 3.16. Ciklus bioplina

Bioplin je plinovito gorivo koje dobivamo anaerobnom fermentacijom organskih tvari, kao što je gnojivo, komunalni otpad, kanalizacijski mulj ili bilo koji drugi biorazgradivi otpad. Osnovni sastojci su metan ( $\text{CH}_4$ ) i ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Metan, kao najvažnija komponenta, najviše utječe na ogrjevnu vrijednost bioplina. Povećanjem udjela metana rasti će proporcionalno i ogrjevna vrijednost bioplina.

Ovisno o svom podrijetlu, primjeni i sadržaju bioplin može imati različita imena, a proces kojim nastaje zovemo anaerobnom fermentacijom. To je razdvajanje odnosno raspadanje organskog materijala uz pomoć bakterija i mikroorganizama u uvjetima bez kisika. Nekoliko vrsta bakterija sudjeluje u ovoj razgradnji stvarajući bioplin. Te bakterije se hrane sastojcima punjenja (količina biomase koja se uvodi u fermentator), pri čemu dolazi do odvijanja niza kemijskih reakcija razgradnje, a stvaraju se prijelazne molekule poput šećera, vodika i octene kiseline prije nego što nastane bioplin. Različite bakterije

preživljavaju na različitim temperaturama. Jednima pogoduju umjerene temperaturama od 35 - 40 °C (mezofilne bakterije), a drugima više temperature od 55 – 60 °C (termofilne bakterije).

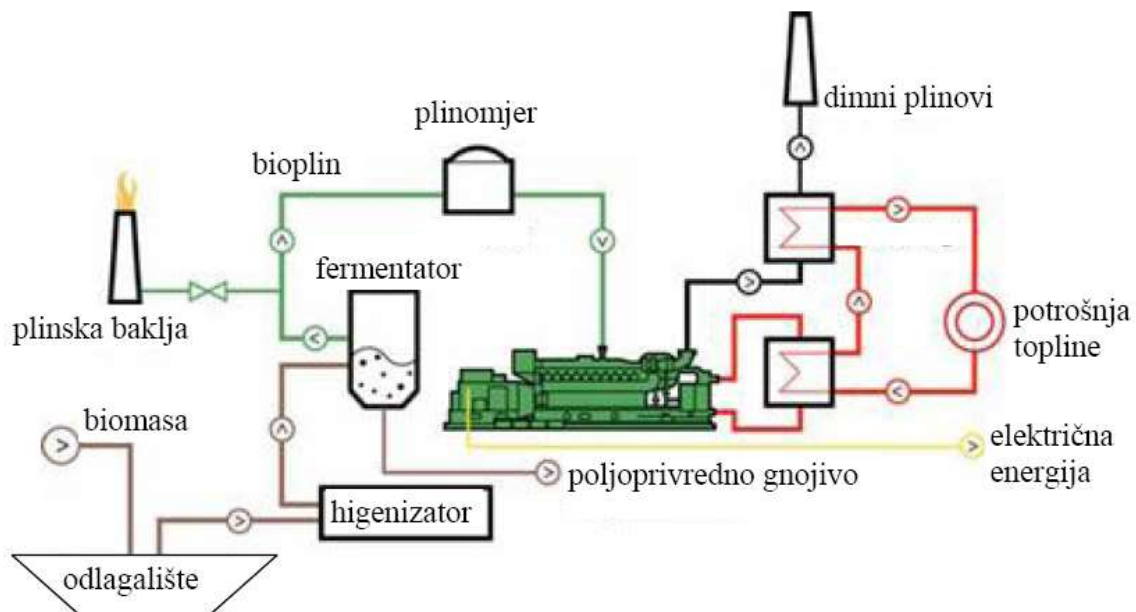
Kao u aerobnim tako i u anaerobnim sustavima, mikroorganizmi za svoj rast, razvoj i razmnožavanje trebaju izvor elementarnog kisika. U anaerobnim sustavima nema kisika iz okolnog zraka, budući da se proces odvija u hermetički zatvorenom rezervoaru. Zato se elementarni kisik, kojega trebaju bakterije za preživljavanje dobiva iz drugih izvora. Izvor kisika može biti organski materijal, ili anorganski oksid koji se nalazi u nekom od ulaznog materijala. U prisutnosti metanogena, molekule prelaze u finalni proizvod metan, ugljični monoksid i u tragovima prisutan sumporovodik. Kod ovako opisanog anaerobnog sustava najvažniji proizvod je metan, kojega u bioplinu ima 55 – 65 % i nositelj je kemijske energije sadržane u bioplinu. Jedna od velikih prednosti procesa anaerobne fermentacije je i smanjivanje volumena ulazne tvari (u našem slučaju gnojiva). Postupak anaerobne fermentacije možemo razdvojiti na nekoliko faza:

- Raspadanje (hidroliza) organskog materijala sadržanog u gnojivu
- Sinteza acetatne kiseline iz raspadnutog materijala
- Nastajanje metana

Možemo promatrati kontinuirani i obročni tip fermentatora. Kod obročnog, najjednostavnijeg, fermentatora biomasa se stavlja u reaktor na početku procesa i hermetički ostaje zatvorena do kraja procesa. Jedan od razloga ovakvog postupka je činjenica da ukoliko se fermentator ostavi otvoren razvija se nenasnosni smrad. U kontinuiranom sustavu gnojivo se dodaje konstantno u reaktor. Potrebno vrijeme za proizvodnju bioplina ovisi o količini i vrsti ulaznog materijala te konfiguraciji fermentatorskog sistema. Kod mezofilnih fermentatorskih sistema vrijeme trajanja ciklusa je između 15 i 40 dana. Kod kontinuiranih sistema imamo mehaničke uređaje, koji se koriste kako bi miješali ulazni materijal i time osigurali stalni doticaj bakterija i hrane. Takvi uređaji ujedno omogućavaju kontinuirano vađenje materijala iz reaktora, kako bi se održavao ujednačeniji volumen u samom reaktoru. Konačni produkti anaerobne fermentacije su: bioplin, probavljeni materijal i otpadna voda. Probavljeni materijal je kruti

ostatak originalnog ulaznog materijala, koji je ušao u fermentator, a koji mikroorganizmi nisu mogli probaviti, razgraditi. Uz to, u njemu se nalaze mineralni ostaci mrtvih bakterija zaostalih iz fermentatora. Može doći u tri različite forme: vlaknast, kao rijetka tekućina i mulj. Ukoliko sadrži amonijak moramo koristiti proces kompostiranja ili dozrijevanja prije nego li ga koristimo kao gnojivo pošto amonijak štetno utječe na rast biljaka. Otpadna voda potječe od žitarica iz ulaznog materijala koji je obrađen, ali se sastoji i od vode koja je nastala tijekom samog procesa u fermentatoru. Na otpadnu vodu postavljaju se standardi koje mora zadovoljiti kako ne bi bila štetna za okoliš te ju je stoga često potrebno pročišćavati. To se najčešće radi uspuhivanjem zraka kroz vodu.

Za proizvodnju električne energije najčešće se koriste motori s unutrašnjim izgaranjem, ali razvojem tehnologije javljaju se i druge mogućnosti koje su i dalje preskupe i neekonomične ( plinske mikroturbine te gorive ćelije). Proizvedena električna energija isporučuje se u električnu mrežu niskog napona, a otpadna toplina koristi se za zagrijavanje velikog spremnika kako bi se pospješile reakcije anaerobne fermentacije (sl. 3.17).



Slika 3.17. Prikaz procesa proizvodnje bioplina

Kod procjene investicije ugradnje postrojenja za proizvodnju bioplina moramo voditi računa o nizu faktora. Najisplativija opcija je proizvodnja električne energije. Tu se

oslanjamo na povlaštenu prodajnu cijenu električne energije propisanu zakonom. Ukoliko na farmi postoji veća potreba za toplinskom energijom moguće je korištenje bioplina i u tu svrhu. Najvažniji parametri koji će utjecati na konačnu isplativost i unutarnju stopu povrata su:

- Povlaštena cijena za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora energije. U Hrvatskoj je u skladu sa Zakonom o energiji donesen „Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ (NN 33/07). Po ovoj odredbi cijena kWh koju bi poljoprivrednik dobio ukoliko bi prodavao električnu energiju proizvedenu iz bioplina, iznosila bi 1,2 kune.
- Maksimalno smanjenje ukupne početne investicije. U Hrvatskoj već postoje određene tvrtke i zastupništva koja nude rješenja i opremu za postrojenje koje bi proizvodilo bioplin.
- Posebno treba obratiti pozornost na što veću energetska vrijednost proizvedenog bioplina. Isto tako veći broj krava će direktno utjecati na dobit.

Najbolje bi bilo da se analiza isplativosti napravi za period od 12 godina obzirom da se na taj rok sklapa ugovor o povlaštenom proizvođaču električne energije.

Treba ipak napomenuti da će postrojenje za proizvodnju bioplina biti isplativije ukoliko se promatra farma s većim brojem krava, no razvojem tehnologije i novih metoda očekuje se ekonomski isplativa proizvodnja bioplina i na manjim farmama.

## 4 MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI NA ODABRANOJ FARMI

### 4.1 Energetski audit na farmi Popovac

Farma koju ćemo promatrati u sklopu ovog diplomskog rada u vlasništvu je tvrtke Belje D.D. koja se nalazi u sklopu koncerna Agrokor. Farma se nalazi u Baranji u selu Popovac pokraj Belog Manastira. Farma je dio mljekarskog segmenta tvrtke Belje koji obuhvaća još niz poljoprivrednih djelatnosti. Mlijeko koje se proizvodi na ovoj farmi prerađuje se također u tvrtki Belje pošto postoji zatvoreni proizvodni proces od mlijeka do sireva i ostalih mliječnih proizvoda.

**Tablica 4.1.** Osnovni podaci za farmu Popovac

Broj zaposlenih	45
Prosječna proizvodnja mlijeka po kravi	cca 7700 litara/godišnje
Tip izmuzišta	Riblja kost (sl. 4.1)
Boravak krava na otvorenom	oko 10% za vrijeme suhostaja
Starost i stanje farme	Farma je izgrađena 1982. Danas je u dobrom stanju.
Broj krava	od 800 do 850 muznih krava cca 100 junica

Hranjenje se vrši putem silaže i sjenaže s dodatkom koncentrata. Silaža se priprema od mljevenog kukuruza dok se sjenaža priprema od djetelinasto travne smjese ili pšenice.



Slika 4.1. Prikaz izmuzišta s 24 mjesta

#### Potrošnja plina:

Potrošnja plina na farmi je značajna pogotovo nakon ugradnje dehidratora lucerke te prelaska na plinsko grijanje vode za pranje. Ovakav sustav nije neuobičajen za ovakve veće farme gdje se zagrijavanje vode seli s električne energije na plin.

Tablica 4.2. Prikaz potrošnje plina na farmi

Plin korišten za grijanje tople vode na farmi	cca 2000-2500 kg mjesečno
Grijanje tokom zimskih mjeseci	cca 25 000 kg po sezoni (od listopada do ožujka)
Dehidrator za lucerku	cca 200 000 kg po sezoni (od svibnja do listopada)

Dehidrator radi sezonski te ne radi u kontinuitetu. Služi kako bi se prisilno sušila trava i pretvarala u sijeno. Samim time prestaje ovisnost o vremenskim prilikama koje bitno mogu



poremetiti planove farme te njihov način osiguravanja hrane za krave. Njegova potrošnja plina je određena, no nažalost potrošnju električne energije nismo uspjeli utvrditi pa ćemo je pretpostaviti na temelju sličnih postrojenja.

**Potrošnja dizel goriva:**

Glavnina poslova vezanih za hranidbu, pripremu hrane te čišćenje gnojiva obavlja se traktorski.

**Tablica 4.3.** Pregled mehanizacije koja se koristi prilikom hranidbe i obrade gnojiva

Traktor	Komada
John Deere 105 KS	3
Torpedo 75 KS	2
Teleskopsku utovarivač (veliki)	1
Teleskopsku utovarivač (manji)	1



**Slika 4.2.** Prikaz traktorske mehanizacije

**Tablica 4.4.** Pregled poslova koji se obavljaju traktorski

Opis posla	Vrijeme potrebno (sati/dnevno)
Čišćenje	6
Ishrana	12
Razbacivanje slame	4
Odvoz na deponij	2

Teško je sa sigurnošću utvrditi vrijeme korištenja određenog stroja te se usredotočujemo na ukupnu mjesečnu potrošnju dizel goriva koja se kreće između 5000 l i 6000 l. Gorivo se skladišti na farmi u zasebnom spremniku kapaciteta 5000 l (sl. 4.3).



**Slika 4.3.** Spremnik za gorivo

#### **Potrošnja električne energije:**

Ova kategorija imat će najviše komponenata te će zahtijevati najviše vremena i truda kako bi se kvalitetno sistematizirala i predstavila. Na farmi Popovac velika je količina opreme koja je pokretana električnom energijom: pumpe, kompresori, motori i sl. Farma koristi električnu energiju iz mreže, no postoji generator koji služi samo za pokrivanje osnovnih potreba u slučaju nestanka električne energije.

#### **Hlađenje mlijeka:**

Za hlađenje mlijeka koriste se dva DeLaval DX laktofriza (sl. 3) te jednim manjim u bolnici. Mlijeko se sakuplja jednom dnevno, u 14:00 sati dok se mužnja vrši dva puta dnevno (jutarnja i popodnevna mužnja).

**Tablica 4.5.** Pregled opreme za hlađenje mlijeka

Tip opreme	Komada	Kapacitet (l)	Snaga (kW)	Dnevno opterećenje (h)
Laktofriz	2	10 000	23	6
Laktofriz	1	1 000	2,6	2
Pumpa za prepumpavanje	3	-	0,4	7



**Slika 4.4.** DeLaval DX laktofriz kapaciteta 10 000l

**Rasvjeta:**

Rasvjeta je izvedena klasično sa standardnim rasvjetnim tijelima. Većina rasvjetnih tijela otpada na fluorescentne cijevi. Osim fluorescentnih cijevi koriste se visokotlačne živine žarulje za vanjsku rasvjetu, matalhalodne (reflektori) te standardne žarulje s žarnom niti.

**Tablica 4.6.** Pregled rasvjetnih tijela

Vrsta	Broj	Snaga (W)	Vrijeme upotrebe (sati/dnevno)	kWh/danu
Fluorescentne cijevi	240	24	10	57,6
Metalhalodne	4	150	1	0,6
Živine žarulje	20	80	14	22,4
Žarna nit	15	60	7	6,3
Ukupno				86,9

### **Vakuumske pumpe:**

Za svaki od dva laktofriza instalirane su dvije vakuumske pumpe. Jedna je još, za potrebe mužnje, instalirana u bolnici. Vakuumske pumpe su snage 7,5 kW te na sebi nemaju ugrađen varijabilni frekvencijski sustav. Dnevno opterećenje iznosi oko 7 sati.



**Slika 4.5.** Vakumske pumpe na farmi Popovac

### **Ventilacija:**

Ventilacija je izvedena automatski tako da se pali kada temperatura prijeđe  $19\text{ C}^0$ . Ručno se pali od strane osoblja ukoliko se osjeti miris amonijaka. Ventilacija je izvedena aksijalnim klasičnim ventilatorima (sl. 4.6).



**Slika 4.6.** Prikaz ventilatora

**Tablica 4.7.** Prikaz ventilatora

Broj	Snaga (kW)	Dnevno opterećenje (h)
56	1,5	10

### **Potrošnja vode:**

Voda koja se koristi na farmi dolazi iz dubinskih bunara koji se nalaze u sklopu sam farme. Za distribuciju se koristi vodotoranj koji se puni dvjema pumpama iz dva dubinska bunara. Snaga pumpi koje se koriste u ovom procesu je 3 kW.

**Tablica 4.8.** Prikaz ventilatora

Dnevna potrošnja (l)	Broj pranja dnevno	Temperatura (C <sup>0</sup> )	Način pranja
60	5	39	Kiselina/lužina



**Slika 4.7.** Vodotoranj

Prosječna količina vode koju krava popije dnevno može se kretati oko 100 l po kravi s tim da visoko produktivne krave mogu popiti i do 140 l vode. Ukoliko uključimo i svu popratnu potrošnju vode na farmi navedene cifre možemo pomnožiti sa četiri.

#### **Sažeti prikaz potrošnje i emisije stakleničkih plinova na farmi Popovac:**

Na temelju podataka prikazanim u tablicama u ovom poglavlju izračunata je potrošnja energije zavisno o njezinom izvoru. Potrošnja je izračunata u kWh, a konverzijski faktori prikazani su u tablici 4.9.

**Tablica 4.9.** Prikaz konverzijskih faktora

Vrsta energenta	Cijena	Konverzijski faktor
Dizel	5,26/litri	9,7 (kWh/l)
Plin	3,36/kg	12,79 (kWh/kg)

Ukupna potrošnja na farmi Popovac iznosi: 4 520,5 kWh/kravi godišnje.

Nakon što smo dobili potrošnju na farmi izračunali smo emisije stakleničkih plinova.

Konverzijski faktori za preračunavanje dani su u tablici 4.10.

**Tablica 4.10.** Konverzijski faktori za emisiju CO<sub>2</sub>

Energetski izvor	Kg CO <sub>2</sub> /kWh
Plin	0,21
Dizel	0,25
Mreža	0,1228

Emisije metana izračunate su na temelju enteričke fermentacije kod krava te količine metana koja se dobije iz proizvedenog gnojiva. Kod enteričke fermentacije uzeta je vrijednost emisije od 420gCH<sub>4</sub>/dnevno po kravi. Metan oslobođen iz gnojiva izračunat je na sljedeći način:

$$\text{Volumen izmeta-godišnji (m}^3\text{)} = \text{GV} \times \text{Količina gnojiva (m}^3\text{ / GV/godišnje)} \quad (1)$$

1GV=500kg žive mase

Volumen bioplina dobiva se množenjem količine organske suhe tvari i konverzijskog faktora:



$$\text{Količina organske suhe tvari (kg)} = \text{Volumen izmeta} \times \quad (2)$$

*Faktor udjela čvrste tvar (%) x Faktor udjela organske tvari (%)*

$$\text{Volumen bioplina} = \text{Količina organske suhe tvari (kg)} \times \quad (3)$$

*Konverzijski faktor (m<sup>3</sup>/(kg organske suhe tvari))*

Iz volumena bioplina izračunavamo količinu metana. Udio metana u bioplinu se uzima 60%, a kao gustoću metana uzimamo 0,7 kg/m<sup>3</sup>.

Izračunatu količinu metana pretvaramo u ekvivalentnu emisiju CO<sub>2</sub> pomoću GWP (eng. Global Warming Potential) koji za metan iznosi 21.

$$\text{CO}_2 \text{ EKV} = \text{CH}_4 \text{ tona/godišnje} \times \text{GWP}(\text{metana}) \quad (4)$$

Ukupna emisija farme Popovac iznosi 7636,44 tona CO<sub>2</sub>.

Na sljedeće tri stranice dan je detaljan pregled rezultata audita.

ENERGETSKI AUDIT NA FARMI POPOVAC, 06.10.2008.

Svrha	Opis	Godišnja potrošnja (kg)	Dnevna potrošnja (kg)	Oprema	Cijena (kn/kg)	TOTAL kWh/godišnj e	TOTAL KWh /dnevno	Cijena (godišnja) kn	Cijena (dnevna) kn	Donja ogrjevna vrijednost (kWh/kg)	
Plin	Zimsko grijanje	U zimskim mjesecima (od listopada do ožujka)	25000,00	68,49	Kombi toplovodni kotao	3,36	319750,00	876,03	84000,00	230,14	12,79
	Zagrijavanje vode za pranje	Temperatura vode od 39 C <sup>0</sup>	26400,00	72,33	Kombi toplovodni kotao	3,36	337656,00	925,08	88704,00	243,02	12,79
	Dehidrator	Sezonski (od svibnja do listopada)	200000,00	547,95	Dehidrator	3,36	2558000,00	7008,22	672000,00	1841,10	12,79
		<b>Ukupno</b>	251400,00	688,77			<b>3215406,00</b>	<b>8809,33</b>	<b>844704,00</b>	<b>2314,26</b>	
<b>NAPOMENA: Cijena od 3,36 kn je veleprodajna cijena plina po kg</b>								<b>kWh godišnje/kravi</b>		3384,64	
Svrha	Opis	Godišnja potrošnja (litrama)	Dnevna potrošnja (litrama)	Oprema	Cijena (kn/litri)	TOTAL kWh/godišnj e	TOTAL KWh /dnevno	Cijena (godišnja) kn	Cijena (dnevna) kn	Donja ogrjevna vrijednost (kWh/l)	
Dizel	Čišćenje staje	-	16498,00	45,20	Traktor	5,26	160030,60	438,44	86779,48	237,75	9,7
	Ishrana	-	32999,65	90,41	Traktor	5,26	320096,61	876,98	173578,16	475,56	9,7
	Razbacivanje slame	-	10950,00	30,00	Traktor	5,26	106215,00	291,00	57597,00	157,80	9,7
	Odvoz na deponij	-	5548,00	15,20	Traktor	5,26	53815,60	147,44	29182,48	79,95	9,7
		<b>Ukupno</b>	65995,65	180,81			<b>640157,81</b>	<b>1753,86</b>	<b>347137,12</b>	<b>951,06</b>	
<b>NAPOMENA: Cijena od 5,26 kn po litri je maloprodajna cijena INA plavog dizela</b>								<b>kWh godišnje/kravi</b>		673,85	
Svrha	Opis/oprema	Snaga (kW)	Dnevno opterećenje (h)	Godišnje opterećenje (dana)	Broj	Cijena (kn/kWh)	TOTAL kWh/godišnj e	TOTAL KWh /dnevno	Cijena (godišnja) kn	Cijena (dnevna) kn	
El. Ener.	Hlađenje mlijeka	Laktofriz1 (10 000l)	23,00	6,00	365,00	1,00	0,70	50370,00	138,00	35259,00	96,60
	Hlađenje mlijeka	Laktofriz2 (10 000l)	23,00	6,00	365,00	1,00	0,70	50370,00	138,00	35259,00	96,60
	Hlađenje mlijeka	Laktofriz3 (1 000l)	2,60	2,00	365,00	1,00	0,70	1898,00	5,20	1328,60	3,64

Svrha	Opis/oprema	Snaga (kW)	Dnevno opterećenje (h)	Godišnje opterećenje (dana)	Broj	Cijena (kn/kWh)	TOTAL kWh/godišnje	TOTAL kWh /dnevno	Cijena (godišnja) kn	Cijena (dnevna) kn		
EI. Ener.	Hlađenje mlijeka	Pumpa za prepumpavanje mlijeka	0,40	7,00	365,00	3,00	0,70	3066,00	8,40	2146,20	5,88	
	Mužnja	Vakumska pumpa	7,50	7,00	365,00	5,00	0,70	95812,50	262,50	67068,75	183,75	
	Dobava vode	Vodene pumpe	3,00	3,00	365,00	2,00	0,70	6570	18,00	4599,00	12,60	
	Pranje	Pumpa za miješanje kiseline/lužine	1,50	0,50	365,00	6,00	0,70	1642,50	4,50	1149,75	3,15	
	Ventilacija	Ventilatori	1,50	10,00	150,00	56,00	0,70	126000,00	840,00	88200,00	588,00	
	Rasvjeta	Rasvjetna tijela	Vidi stranicu 65	Vidi stranicu 65	Vidi stranicu 65	Vidi stranicu 65	0,70	31718,50	86,90	22202,95	60,83	
	Sušenje lucerke	Dehidrator	Vidi stranicu 61	Vidi stranicu 61	Vidi stranicu 61	Vidi stranicu 61	0,70	70000,00	466,67	49000,00	326,67	
	Hranjenje	Motori na silosima	1,00	1,00	365,00	4,00	0,70	1460,00	4,00	1022,00	2,80	
	<b>Ukupno</b>						<b>438907,50</b>	<b>1972,17</b>	<b>307235,25</b>	<b>1380,52</b>		

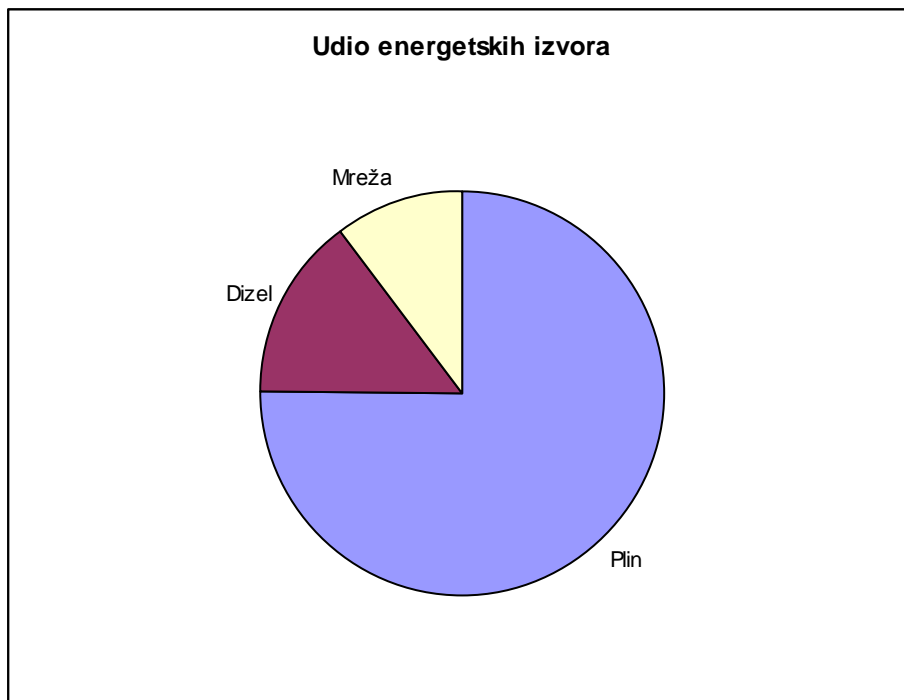
**NAPOMENA:** Cijena po kWh preuzeta je s [www.hep.hr](http://www.hep.hr)

kWh godišnje/kravi

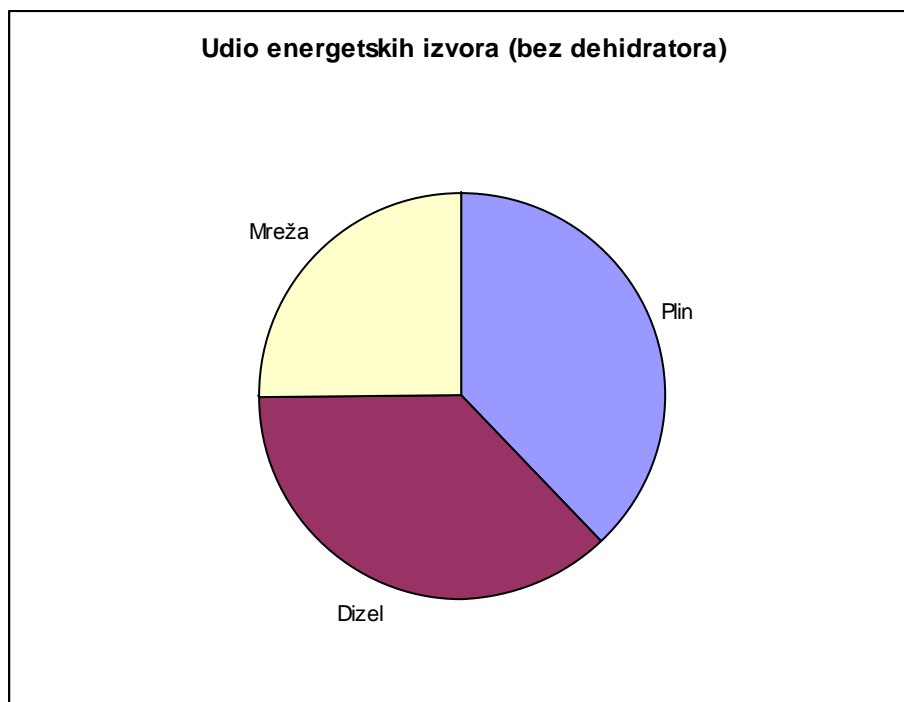
462,01

**Emisije stakleničkih plinova**

Izvor potrošenog kWh	kWh/godišnje	Konverzijski faktori (kg CO <sub>2</sub> / kWh)	kg CO <sub>2</sub> /a	tona CO <sub>2</sub> /a		Broj krava	Emisija metana po kravi g/dnevno		kg CH <sub>4</sub> /a	tona CH <sub>4</sub> /a	
Plin	3215406,00	0,21	675235,26	675,24		Enterička fermentacija	950	420	145635	145,635	
Dizel	640157,81	0,25	160039,4513	160,04							
Mreža	438907,50	0,1228	53897,841	53,90		GV	Volumen Gnojiva (m <sup>3</sup> /a)	Organska suha tvar (kg/a)	kg CH <sub>4</sub> /a	tona CH <sub>4</sub> /a	
<b>UKUPNO</b>	<b>4294471,31</b>		<b>UKUPNO</b>	<b>889,17</b>		Metan iz gnojiva	1040,00	18590,00	1189890,00	175663,55	175,66
<b>UKUPNO/KRAVI</b>	<b>4520,50</b>								<b>Ukupno</b>	321298,55	321,30
				<b>Ukupno tona CO<sub>2</sub> godišnje</b>	<b>7636,44</b>				<b>Ukupno CO<sub>2</sub> EKV</b>	6747270	6747



**Slika 4.8.** Prikaz energetskih izvora potrošnje



**Slika 4.9.** Prikaz energetskih izvora potrošnje (bez dehidratora)

## 4.2 Ugradnja sustava predhlađivanja mlijeka

U poglavlju 3.2 navedene su sve prednosti sustava predhlađivanja mlijeka tako da ćemo ih ovdje samo kratko ponoviti.

- Energetska efikasnost sustava
- Jednostavnost izvedbe
- Poboljšanje kvalitete mlijeka
- Smanjenje mogućnosti stvaranja bakterija u laktofrizu
- Brzi povrat investicije

U našem razmatranju ekonomske isplativosti sustava predhlađivanja usredotočit ćemo se samo na dva veća laktofriza, od 10 000 l, pošto oni nose najveći dio sustava hlađenja mlijeka. Manji laktofriz, od 1 000 l, koji se nalazi u bolnici ionako služi samo za mužnju krava koje se tamo zateknu. Dakle u sklopu ovog proračuna razmatrat ćemo opciju da cjelokupno hlađenje mlijeka ide preko dva veća laktofriza. Obzirom da je fluktuacija u broju krava prisutna na godišnjoj bazi naš proračun ne bi smio znatno odstupati od stvarne situacije.

Podatci koji su nam od presudne važnosti za tehno-ekonomski proračun:

**Tablica 4.11.** Faktori koji će utjecati na proračun isplativosti sastava predhlađivanja

Godišnja proizvodnja mlijeka po kravi (l/godišnje)	7 700
Dnevna proizvodnja mlijeka po kravi (l/dnevno)	21
Dnevna proizvodnja mlijeka na farmi (l/dnevno)	16 900
Vrijeme rada laktofriza (h/dnevno)	6
Brzina hlađenja (l/satu)	cca 2 100

Ono najjednostavnije što možemo izračunati jest toplina koju laktofriz mora preuzeti od mlijeka kako bi ga ohladio na zadanu temperaturu od 4 °C. Treba napomenuti da se taj proces mora obaviti u 2 sata nakon mužnje.

Toplina izmijenjena u laktofrizu:

$$Q = m_M \cdot c_{pm} \cdot \Delta T \quad [\text{kJ}] \quad (1)$$

$m_M$  – Masa mlijeka [kg]

$c_{pm}$  – Specifični toplinski kapacitet mlijeka [kJ/kgK]

$\Delta T$  – Razlika temperatura [K]

Izračunali smo količinu mlijeka koja se hladi u svakom od laktofriza dnevno:

**Tablica 4.12.** Parametri mlijeka i hlađenja

Mlijeko koje se hladi u laktofrizu (l/dnevno)	8 450
Gustoća mlijeka (kg/m <sup>3</sup> )	1 035
Specifični top. kapacitet (kJ/kgK)	3,77
Temperatura mlijeka nakon mužnje (°C)	37
Temperatura na koju se hladi (°C)	4
Toplina koju treba odvesti za jedan laktofriz (kJ/dnevno)	1 088 059
Za oba laktofriza (kJ/dnevno)	2 176 118

Upravo je zadatak laktofriza da odvede ovu toplinu od mlijeka. Snaga laktofriza iznosi 23 kW te laktofriz radi pod opterećenjem u prosijeku 6 sati dnevno.

Prema tome lako možemo izračunati o kolikoj se energiji radi:

$$W = P \cdot t \quad [\text{kJ}] \quad (2)$$

P – Snaga laktofriza [kW]

t – Dnevno vrijeme rada laktofriza [h]

$$W = 496\,800 \text{ kJ/dnevno}$$

Ovu jednadžbu možemo izraziti i u kWh:

$$W = P \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

$$W = 136 \text{ kWh/dnevno}$$

Uštede u ovom slučaju pokušat ćemo ostvariti ugradnjom sustava predhlađivanja koji se ugrađuje direktno prije samog laktofriza kako bi se predhladilo mlijeko prije nego ono uđe u laktofriz.

### Odabir predhlađivača:

Parametar protoka mlijeka ćemo uzeti kao mjerodavnu veličinu pošto je ono veća zadano samim sustavom mužnje. Kao mjerodavnu veličinu uzimamo protok od: 35 litara/minuti.

Do ovog podatka smo došli uspoređujući sljedeće parametre:

**Tablica 4.13.** Parametri bitni za predhlađivač

Količina mlijeka za jednu mužnju (l/dan)	4 225
U vremenskom periodu (h)	cca 2
Protok mlijeka kroz cijevi do laktofriza (l/minuti)	35

Mlijeko ćemo predhladiti na 20 °C. Toplinski tok koji treba odvesti mlijeku u tom slučaju iznosi:

$$\Phi = q_{MM} \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{mp} \quad (\text{kW}) \quad (4)$$

$q_{MM}$  – Protok mlijeka [kg/s]

$c_{pm}$  – Specifični toplinski kapacitet mlijeka [kJ/kgK]

$\Delta T_{mp}$  – Razlika temperatura mlijeka u predhlađivaču [K]

**Tablica 4.14.** Parametri mlijeka u predhlađivaču

Protok mlijeka (l/minuti)	35
Protok mlijeka (kg/s)	0,6
Gustoća mlijeka (kg/m <sup>3</sup> )	1 035
Specifični top. kapacitet (kJ/kgK)	3,77



Temperatura mlijeka nakon mužnje ( $^{\circ}\text{C}$ )	37
Temperatura na koju se hladi u predhlađivaču ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
Toplina koju treba odvesti za jedan laktofriz (kW/dnevno)	38,47
Toplina koju treba odvesti za oba laktofriza (kW/dnevno)	79,94

Izračunati toplinski tok mora preuzeti voda koja struji kroz predhlađivač.

**Tablica 4.15.** Parametri vode

Spec. Toplinski kapacitet (kJ/kgK) (srednji)	4,188
Temperatura vode iz bunara ( $^{\circ}\text{C}$ )	10
Temperatura vode na izlazu iz predhlađivača ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	998,35
Toplinski tok kojeg voda preuzima (kW)	38,47

Protok vode slijedi iz sljedeće jednadžbe:

$$q_{MV} = \frac{\Phi}{c_{pv} \cdot \Delta T_{vp}} \text{ [kg/s]} \quad (5)$$

$\Phi$  – Preuzet toplinski tok [kW]

$c_{pv}$  – Specifični toplinski kapacitet vode [kJ/kgK]

$\Delta T_{vp}$  – Razlika temperatura vode u predhlađivaču [K]

Kao rezultat dobivamo:

$$q_{MV} = 0,91 \text{ kg/s}$$

Nakon što smo izračunali osnovne parametre predhlađivača odabiremo jedan realan model koji će nam odgovarati. Odabiremo DeLaval BM PR-37 pločasti izmjenjivač s aluminijskim okvirom (sl.4.8), koji nam odgovara svojim karakteristikama.

**Tablica 4.16.** Karakteristike odabranog pločastog izmjenjivača

Tip	BM PR-37
Broj ploča	37
Protok (l/minuti)	38
Omjer voda/mlijeko	2/1



**Slika 4.10.** DeLaval BM PR-37 pločasti izmjenjivač

Iz izračunatog je vidljivo da nakon ugradnje predhlađivača temperatura mlijeka s kojim ono ulazi i laktofriz iznosi 20 °C, a ne 37 °C. Možemo izračunati koliko je to manje topline koju laktofriz mora preuzeti odnosno odvesti od mlijeka. Dakle svi parametri korišteni u jednadžbi (1) ostaju isti osim ulazne temperature mlijeka u laktofriz.

Toplina izmijenjena u laktofrizu nakon ugradnje predhlađivača:

$$Q_p = m_M \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{np} \quad [\text{kJ}] \quad (6)$$

$m_M$  – Masa mlijeka [kg]

$c_{pm}$  – Specifični toplinski kapacitet mlijeka [kJ/kgK]

$\Delta T_{np}$  – Razlika temperatura u sustavu s predhlađivačem [K]

$$Q_p = 527\,543 \text{ kJ}$$

Uspoređujući ovu vrijednost s predhodno izračunatom vidljivo je da nakon predhlađivanja laktofriz mora odvesti duplo manje topline. Pošto je snaga laktofriza definirana, ušteda dolazi iz činjenice da će laktofriz morati kraće raditi kako bi ohladio istu količinu mlijeka. Samim time potrošnja električne energije biti će manja. Korekcijski faktor koji ćemo koristiti za određivanje smanjenja vremena rada laktofriza dobivamo:

$$\psi = Q/P \quad (7)$$

$$\psi = 2,19$$

Koristeći korekcijski faktor možemo izračunati koliko vremena treba raditi laktofriz s ugrađenim sustavom predhlađivanja.

$$t_{np} = \frac{Q_p}{\psi \cdot P} \quad [\text{h}] \quad (8)$$

$P$  – Snaga laktofriza [kW]

$t_{np}$  – Dnevno vrijeme rada laktofriza nakon ugradnje predhlađivača [h]

Dnevno vrijeme potrebno za rad laktofriza nakon ugradnje predhlađivača:

$$t_{np} = 2,9 \text{ h}$$

Usporedba uštede u električnoj energiji dana je Tablicom 4.15.

**Tablica 4.17.** Usporedba ušteda u radu jednog laktofriza (sa i bez predhlađivanja)

Dnevna potrošnja prije predhlađivanja (kWh)	136
Dnevna potrošnja nakon predhlađivanja (kWh)	66,7
Godišnja potrošnja prije predhlađivanja (kWh)	49 640
Godišnja potrošnja nakon predhlađivanja (kWh)	24 346
Godišnja ušteda (kWh)	25 295

Ono što još treba napomenuti kod ovog proračuna jesu uštede na zagrijavanju vode. Kroz sustav predhlađivanja ugrijali smo vodu na 20 °C te samim time ostvarili uštede u sustavu zagrijavanja vode na farmi.

Ukupna ušteda energije (kWh) kroz sustav predhlađivanja za cijelu farmu (oba laktofriza) jest 50 590 kWh.

Iznos kWh koje smo uštedjeli možemo izraziti i uštedenim tonama CO<sub>2</sub>. Po konverzijskom faktoru koji je definiran u prethodnom poglavlju dobivamo da ugradnjom sustava predhlađivanja štedimo 6,21 t CO<sub>2</sub> godišnje.

Unutarnja stopa povrata investicije od 52% pokazuje kako je sustav predhlađivanja mlijeka izuzetno isplativa investicija.

Detaljniji prikaz tehno-ekonomske analize ugradnje sustava predhlađivanja dan je na sljedećoj stranici [48].



### 4.3 Tehno-ekonomski proračun postrojenja za proizvodnju bioplina

Kako je farma Popovac velika farma, za domaće uvijete, proizvodnja bioplina iz gnojiva se prva nameće. Kroz sljedeće poglavlje prikazat ćemo osnovni tehno-ekonomski proračun isplativosti proizvodnje bioplina te naknadne proizvodnje električne i toplinske energije [10].

**Tablica 4.18.** Osnovni parametri o broju krava

	Broj	Prosječna težina (kg)	Vrijeme provedeno u staji (%)
Muzne krava	800	600	90%
Junice	100	400	90%

Prvo računamo indeks GV (eng. Live stock unit). Ono što je poznato jest povezanost GV indeksa i mase:

$$1GV=500kg \text{ žive mase} \quad (1)$$

$$GV = broj \text{ krava} \times prosječna \text{ težina} \times vrijeme \text{ provedeno u staji} / 500 \quad (2)$$

**Tablica 4.19.** Izračun ukupnog GV-a na godišnjoj bazi

	GV	Količina gnojiva $m^3$ / (GV*a)
Muzne krave	960	18
Junice	80	16,4
Suma	1040	

Na temelju izračunatog GV-a možemo izračunati i godišnji volumen gnojiva na farmi.

$$Godišnji \text{ volumen gnojiva } (m^3) = \sum (GV \times Količina \text{ gnojiva } m^3 / (GV*a)) \quad (3)$$

Volumen bioplina dobiva se množenjem volumena izmeta s faktorima totalnog udjela čvrste tvari i udjela organske suhe tvari i postotak raspoloživosti:

$$\text{Količina organske suhe tvari (kg)} = \text{Volumen izmeta } x \quad (4)$$

$$\text{Faktor udjela čvrste tvar (\%)} \times \text{Faktor udjela organske tvari (\%)}$$

$$\text{Volumen bioplina} = \text{Količina organske suhe tvari (kg)} \times \quad (5)$$

$$\text{Konverzijski faktor (m}^3\text{/(kg organske suhe tvari))} \times \text{Raspoloživost (\%)}$$

**Tablica 4.20.** Izračun organske suhe tvari

TS	oTS	oTS-Prinos	Plin	
%	%	(kg)	m <sup>3</sup> /(kg*oTS)	Raspoloživost
8%	80%	995.330	0,37	95%
8%	80%	75.570	0,37	95%
Suma oTS				
kg/a		1070900,00		
Suma oTS				
kg/d		2933,97		

NAPOMENA: ger. oTS(organische Trockensubstanz), eng. ODM(organic dry matter)

Nakon što smo izračunali količinu suhe organske tvari dimenzionirati ćemo fermentator:

$$\text{Volumen fermentatora} = \text{Dnevna količina suhe organske tvari} \times \text{Korekcijski faktor} \quad (6)$$

**Tablica 4.21.** Korekcijski faktor (Max. opterećenje) i potreban volumen fermentatora  
Max.Opterećenje fermentatora

kg oTS/m <sup>3</sup>	<b>3,0</b>
Potreban volumen fermentatora m <sup>3</sup>	<b>980</b>

Kao konačnu vrijednost fermentatora uzet ćemo 10% veću vrijednost od izračunate.



**Tablica 4.22.** Prikaz rješenja prvog stadija izračuna

GV (Live stock unit)	<b>936</b>
Količina izmeta (m <sup>3</sup> /a)	<b>16730</b>
Proizvedeni bioplin m <sup>3</sup> /a	<b>376420</b>

Iz količine bioplina koju smo izračunali moramo izraziti količinu metana koju smo „uhvatili“ odnosno uštedjeli. Kao referentnu vrijednost uzimamo 60% metana u bioplinu.

**Tablica 4.23.** Količina uštedenog metana

1031,29	m <sup>3</sup> /d bioplina
618,77	m <sup>3</sup> /d metana
433,14	kg/d metana

Tablicom 4.24 prikazane su karakteristike našeg postrojenja za proizvodnju bioplina. Na temelju tih vrijednosti računamo samu investiciju fermentatora, spremnika te CHP jedinice.

**Tablica 4.24.** Karakteristike postrojenja

Raspoloživi dani za bioplin postrojenje	d / a	345
Proizveden bioplin	m <sup>3</sup> / a	<b>376420</b>
Rad CHP-a	h / a	6000
Koeficijent efikasnosti CHP-a		0,85
Omjer el. energija / toplina		0,57

Na temelju poznatih podataka računamo količinu bioplina na dnevnoj bazi te određujemo energetske sadržaj bioplina:

$$\text{Bioplin (satu)} = \text{Ukupan bioplin (m}^3 \text{ / a)} / \text{Raspoloživi dani} / 24 \quad (7)$$

**Tablica 4.25.** Proizvodnja bioplina po satu te energetska sadržaj bioplina  
Ukupna proizvodnja

bioplina	m <sup>3</sup> / a	376.420
Bioplin	m <sup>3</sup> / h	45,5
Energetski sadržaj bioplina	kWh / m <sup>3</sup>	<b>6,5</b>

Sljedeće što određujemo su karakteristike fermentatora, spremnika za gnojivo te CHP jedinice. Postupak se vrši tako da se referentnoj vrijednosti dodaje ili oduzima digresijski postotak vrijednosti investicije te se interpolacijski traži ukupna vrijednost investicije. Za fermentator referentna vrijednost je postavljena na 1000 m<sup>3</sup> za vrijednost od 150 €/m<sup>3</sup>. Kao što je već napomenuto fermentator se predimenzionira za 10 % te je vrijednost volumena fermentatora uzeta 1100 m<sup>3</sup>.

**Tablica 4.26.** Izračun cijene fermentatora  
**Fermentator**

Volumen	Digresija	Investicija	
1.100	7,5%	159.375	Bez digresije
m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	€	€
100	231	23.150	15.000
200	215	43.069	30.000
300	200	60.096	45.000
400	186	74.538	60.000
500	173	86.672	75.000
750	161	120.938	112.500
1.000	150	150.000	150.000
1.250	139	173.438	187.500
1.500	128	192.516	225.000
1.750	119	207.756	262.500
2.000	110	219.628	300.000
2.250	102	228.551	337.500
2.500	94	234.899	375.000
2.750	87	239.010	412.500
3.000	80	241.183	450.000

Isti postupak ćemo ponoviti za spremnik za gnojivo s napomenom da smo volumen spremnika za gnojivo uzeli dvostruko većeg nego fermentatora.

**Tablica 4.27.** Izračun cijene spremnika za gorivo  
**Spremnik za gnojivo**

Volumen	Digresija	Investicija	Bez digresije
m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	€	€
2.200	10,0%	119.070	
200	93	18.634	14.000
400	85	33.880	28.000
600	77	46.200	42.000
1.000	70	70.000	70.000
1.500	63	94.500	105.000
2.000	57	113.400	140.000
2.500	51	127.575	175.000
3.000	46	137.781	210.000
3.500	41	144.670	245.000
4.000	37	148.803	280.000
4.500	33	150.664	315.000
5.000	30	150.664	350.000
5.500	27	149.157	385.000

Izračun cijene CHP jedinice je malo složeniji pošto prvo moramo izračunati električnu snagu same jedinice.

$$\text{Snaga CHPa (elektr)} = \text{Dnevna količina bioplina (m}^3\text{/dnevno)} \times \text{Energetski sadržaj bioplina (kWh / m}^3\text{)} \times \text{koeficijent efikasnosti CHPa} / (1 + \text{Omjer el/toplinska energija}) \quad (8)$$

Postupak određivanja cijene CHP jedinice jednak je i u kao dva prethodna primjera.

**Tablica 4.28.** Izračun cijene CHPa  
**CHP**

P elektr	Digresija	Investicija	
160	3,0%	188.614	Bez digresije
kW	€ / kW	€	€
10	1.469	14.685	10.000
15	1.426	21.386	15.000
25	1.384	34.606	25.000
50	1.344	67.196	50.000
75	1.305	97.858	75.000
100	1.267	126.677	100.000
125	1.230	153.734	125.000
150	1.194	179.108	150.000
175	1.159	202.873	175.000
200	1.126	225.102	200.000
225	1.093	245.864	225.000
250	1.061	265.225	250.000
275	1.030	283.250	275.000
300	1.000	300.000	300.000
325	970	315.250	325.000
350	941	329.315	350.000
375	913	342.252	375.000
400	885	354.117	400.000
425	859	364.962	425.000
450	833	374.837	450.000
475	808	383.792	475.000
500	784	391.872	500.000

Nakon što smo odredili troškove tri najvažnije komponente postrojenja pristupamo ukupnoj analizi investicije.

**Tablica 4.29.** Prikaz troškova postrojenja

Kamatna stopa	<b>4,50%</b>		
	<b>Investicija</b>	<b>Za period</b>	<b>Trošak</b>
	€	A	€/ a
Projektiranje ( 10% ostalih troškova)	<b>51.200</b>	<b>20</b>	3.936
Skladište za substrat	<b>20.000</b>	<b>20</b>	1.538
Obrada substrata	<b>15.000</b>	<b>20</b>	1.153
Zgrada	<b>10.000</b>	<b>20</b>	769
Fermentator	<b>159.375</b>	<b>10</b>	20.142
Spremnik za gnojivo	<b>119.070</b>	<b>20</b>	9.154
CHP	<b>188.614</b>	<b>8</b>	28.596
<b>total</b>	<b>563.259</b>	<b>total</b>	<b>65.286</b>
<b>Ostali troškovi</b>			<b>troškovi €/ a</b>
Gorivo za pokretanje CHPa	litara/satu	<b>2</b>	<b>7.800</b>
Osiguranje		<b>0,50%</b>	<b>2.800</b>
Održavanje CHP-a	ct / kWh <sub>el</sub>	<b>1,50</b>	<b>14.400</b>
Ostali troškovi održavanja ( 2% od investicije)			<b>11.300</b>
		<b>total</b>	<b>36.300</b>

Kod prikaza troškova valja napomenuti da se godišnja trošak računao kao PMT funkcija za zadanu kamatnu stopu glavnice i rok otplate. Cijena goriva je uzeta od 0,65 € za litru.

Dobitci u ovom postrojenju su računati kroz iznos prodane električne energije u mrežu. Feed-in tarifa je uzeta od 16,67 euro centi što odgovara 1,2 KN po kWh koji je na snazi u Hrvatskoj za proizvedenu električnu energiju iz bioplina. Treba napomenuti da je u ovom slučaju ostao i znatan dio toplinske energije za kojeg nema potrebe, ali u nekim drugim situacijama mogao bih se korisno iskoristiti.

**Tablica 4.30.** Prikaz dobitaka kod proizvodnje bioplina

			<b>Zarada</b>
<b>Dobitak</b>			<b>€ / a</b>
Električna energija namijenjena prodaji	kWh	<b>921.600</b>	
Feed-in tarifa	ct / kWh	<b>16,67</b>	<b>153.600</b>
		<b>total</b>	<b>153.600</b>

**Tablica 4.31.** Prikaz dobiti investicije

**Izračun dobiti**

<b>Ukupna investicija</b>	<b>€</b>	<b>563.259</b>
Godišnja rata	€ / a	65.286
Ostali godišnji troškovi	€ / a	36.300
<b>Ukupni godišnji troškovi</b>	<b>€ / a</b>	<b>101.586</b>
<b>Ukupna godišnja dobit</b>	<b>€ / a</b>	<b>153.600</b>
<b>NETO profit</b>	<b>€ / a</b>	<b>52.014</b>

Iz sljedećih tablica vidljiva je unutarnja stopa povrata od 7,77 % što ovu investiciju dovodi na granicu isplativosti, ali bez obzira ja bih je preporučio obzirom da postoji mogućnost povećanja Feed-in tarife tokom godina, a i uštede u količini stakleničkih plinova su značajne.

Treba napomenuti da se godišnje u ovakvom postrojenju proizvede 921 600 kWh električne energije što znači emisiju od 113, 17 t CO<sub>2</sub>. Navedenu emisiju smatramo uštedom pošto proizvodnja bioplina predstavlja zatvoreni ciklus. Isto tako u ovakvom postrojenju iskoristimo 158 t metana godišnje što predstavlja 3319 t CO<sub>2</sub> EKV.

Prikaz tehno-ekonomskog proračuna:

**Tablica 4.32.** Prikaz tehno-ekonomskog proračuna

**CASHFLOW**

Godina	0	1	2	3	4	5
<b>Prihodi</b>						
Cijena električne energije (kn/kWh)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Proizvedena el. energije (kWh)	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00
Zarada (kn)	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00
<b>Rashodi</b>						
Otplata zajma kn (glavnica)	4055464,80					
		470062,48	470062,48	470062,48	470062,48	470062,48
Ostali troškovi (kn)		261360,00	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00
<b>Dobit (kn)</b>						
		374497,52	374497,52	374497,52	374497,52	374497,52
Porez	20,00%	74899,50	74899,50	74899,50	74899,50	74899,50
Neto dobit		-				
	4055464,80	299598,02	299598,02	299598,02	299598,02	299598,02
	<b>IRR</b>	<b>7,77%</b>				

Tablica 4.33. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna

Godina	6	7	8	9	10	11
<b>Prihodi</b>						
Cijena električne energije (kn/kWh)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Proizvedena el. energije (kWh)	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00
Zarada (kn)	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00
<b>Rashodi</b>						
Otplata zajma kn (glavnica)						
	470062,48	470062,48	470062,48	264173,42	264173,42	119153,72
Ostali troškovi (kn)	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00
<b>Dobit (kn)</b>						
	374497,52	374497,52	374497,52	580386,58	580386,58	725406,28
Porez	74899,50	74899,50	74899,50	116077,32	116077,32	145081,26
Neto dobit	299598,02	299598,02	299598,02	464309,27	464309,27	580325,03

Tablica 4.34. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna

Godina	12	13	14	15	16	17
<b>Prihodi</b>						
Cijena električne energije (kn/kWh)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Proizvedena el. energije (kWh)	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00	921600,00
Zarada (kn)	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00	1105920,00
<b>Rashodi</b>						
Otplata zajma kn (glavnica)						
	119153,72	119153,72	119153,72	119153,72	119153,72	119153,72
Ostali troškovi (kn)	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00	261360,00
<b>Dobit (kn)</b>						
	725406,28	725406,28	725406,28	725406,28	725406,28	725406,28
Porez	145081,26	145081,26	145081,26	145081,26	145081,26	145081,26
Neto dobit	580325,03	580325,03	580325,03	580325,03	580325,03	580325,03

Tablica 4.35. Prikaz tehno-ekonomskog proračuna

Godina	18	19	20
--------	----	----	----

<b>Prihodi</b>			
Cijena električne energije (kn/kWh)	1,20	1,20	1,20
Proizvedena el. energije (kWh)	921600,00	921600,00	921600,00
Zarada (kn)	1105920,00	1105920,00	1105920,00
<b>Rashodi</b>			
Otplata zajma kn (glavnica)	119153,72	119153,72	119153,72
Ostali troškovi (kn)	261360,00	261360,00	261360,00
<b>Dobit (kn)</b>			
	725406,28	725406,28	725406,28
Porez	145081,26	145081,26	145081,26
Neto dobit	580325,03	580325,03	580325,03

#### 4.4 Prikaz i komentar rezultata

Kroz ovaj rad izračunata je ukupna potrošnja te ukupne emisije stakleničkih plinova na farmi Popovac.

**Tablica 4.36.** Prikaz potrošnje na farmi Popovac

Izvor potrošenog kWh	kWh/godišnje
Plin	3215406,00
Dizel	640157,81
Mreža	438907,50
<b>UKUPNO</b>	<b>4294471,31</b>
<b>UKUPNO/KRAVI</b>	<b>4520,50</b>

Iz slike je vidljivo da se na farmi najviše troši plina za što je uvelike zaslužan dehidrator na farmi. Iznos od 4520,5 kWh godišnje po kravi ovu farmu ne čini odveć energetski učinkovitim, no postoje zato značajne mogućnosti mjera uštede, što je i dokazano poglavljima 4.2 i 4.3.



**Tablica 4.37.** Emisija CO<sub>2</sub> temeljena na potrošnji energije na farmi

Energent	Konverzijski faktori (kg CO <sub>2</sub> /kWh)	kg CO <sub>2</sub> /a	tona CO <sub>2</sub> /a
Plin	0,21	675235,26	675,24
Dizel	0,25	160039,451	160,04
Mreža	0,1228	53897,841	53,90
		<b>UKUPNO</b>	<b>889,17</b>

Emisije metana na farmi Popovac izračunate su zbrajanjem metana proizvedenog enteričkom fermentacijom i metana oslobođenog iz gnojiva.

**Tablica 4.38.** Emisija metana i njegov CO<sub>2</sub>EKV

	Broj krava	Emisija metana po kravi g/dnevno		kg CH <sub>4</sub> /a	tona CH <sub>4</sub> /a
Enterička fermentacija	950	420		145635	145,635
	GV	Volumen Gnojiva (m <sup>3</sup> /a)	Organska suha tvar (kg/a)	kg CH <sub>4</sub> /a	tona CH <sub>4</sub> /a
Metan iz gnojiva	1040,00	18590,00	1189890,00	175663,55	175,66
			<b>Ukupno</b>	<b>321298,55</b>	<b>321,30</b>
			<b>Ukupno CO<sub>2</sub>EKV</b>	<b>6747270</b>	<b>6747</b>

Iz ovih rezultata je vidljivo da je o našem slučaju oslobođeni metan daleko štetniji za globalno zagrijavanje nego CO<sub>2</sub>. Emisija CO<sub>2</sub>EKV je čak 7,5 puta veća nego emisija CO<sub>2</sub> temeljena na potrošnji energije na farmi.

Iz navedenog vidi se ukupna emisija CO<sub>2</sub> farme Popovac koja iznosi 7636,44 tona.

Prikazanim mjerama energetske efikasnosti došli smo do ušteda u potrošenoj električnoj energiji (sustav predhlađivanja) te do mjera uštede u električnoj energiji i „uhvaćenom“ metanu (postrojenje za bioplin).

### **Predhlađivanje:**

Ugradnjom sustava za predhlađivanje godišnje štedimo 50 590 kWh što predstavlja 6,21 t CO<sub>2</sub>. Ugradnja samog sustava iznosila je 40 000KN što predstavlja specifični trošak smanjenja emisija od 6 441 kn/t CO<sub>2</sub>.

### **Postrojenje za bioplin:**

Već je rečeno da se godišnje u ovakvom postrojenju proizvede 921 600 kWh električne energije što znači emisiju od 113, 17 t CO<sub>2</sub>. Navedenu emisiju smatramo uštedom pošto proizvodnja bioplina predstavlja zatvoreni ciklus. Isto tako u ovakvom postrojenju iskoristimo 158 t metana godišnje što predstavlja 3 319 t CO<sub>2</sub> EKV. Ukupna ušteda iznosi 3 433 t CO<sub>2</sub>.

Cijena našeg postrojenja za bioplin iznosi 4 055 465 kn što predstavlja specifični trošak smanjenja emisija od 1 182 kn/t CO<sub>2</sub>.

Usporedbom ove dvije vrijednosti vidimo da je specifični trošak smanjenja emisija manji kod postrojenja za bioplina nego kod sustava predhlađivanja.

Ukoliko uzmemo ukupnu investiciju oba sustava i emisiju koja se uštedi dobivamo specifični trošak uštede od 1 119 kn/t CO<sub>2</sub>. Iz navedenog je vidljivo da će pozitivan utjecaj ušteda u emisijama stakleničkih plinova postrojenja za bioplin biti mnogostruko veći nego sustava za predhlađivanje mlijeka iako se ova dva sustava načelno ne mogu uspoređivati.

## **5 ZAKLJUČAK**

Ono što se da zaključiti jest činjenica da postoji mnogo prostora za poboljšanjem u energetske segmentu, ne samo na odabranoj farmi, nego u cijelom mljekarskom sustavu u Hrvatskoj. Jedan od osnovnih problema u Hrvatskoj je sustavno zapuštanje energetskih pitanja na farmama. Vrlo jednostavnim postupcima moguće je doći do značajnih ušteda, što je u jednu ruku prikazano u ovom radu. Ukoliko hrvatski proizvođači mlijeka kane opstati na oštrom europskom tržištu morat će početi voditi računa i o energetskim pitanjima na svojim farmama. Smanjenje troškova proizvodnje mlijeka postaje presudno u europskim okvirima. Svako smanjenje potrošnje energenata značit će i proizvodnju jeftinije litre mlijeka i povećanje konkurentnosti. Naravno da poboljšanja i znatna ulaganja ne treba očekivati na malim obiteljskim gospodarstvima, nego na velikim farmama. Iako bazične mjere energetske učinkovitosti mogu biti primjenjive i na manjim farmama (energetski efikasna rasvjeta, varijabilni frekvencijski inverteri i sl.).

Poticanje određenih mjera energetske učinkovitosti prepoznato je u Europi, ali i svijetu čemu svjedoče brojni Internet portali i projekti kojima je u cilju poticanje mjera energetske učinkovitosti. Isto tako važan faktor je upoznavanje farmera sa svim novim raspoloživim tehnologijama pošto su farmeri obično populacija koja nevoljko prihvaća nove tehnologije, koje bi značile bilo kakvu promjenu na njihovim farmama. Proces edukacije može se isto tako primijeniti u Hrvatskoj. S tim da bi posebno trebalo ciljati na mlađe farmere koji su najsusretljiviji kada se radi o novim tehnologijama.

Kod svake mjere uštede izuzetno je bitan kvalitetni audit kojim se može snimiti situacija na farmi te dobiti realna slika potrošnje po segmentima. U ovom radu audit je relativno uspješno obavljen s iznimkom nekoliko komponenti za koje se nije mogla odrediti potrošnja pa je ta potrošnja pretpostavljena na temelju sličnih sustava i opreme. Greške bi trebale biti minimalne ili gotovo zanemarive. Snimivši realnu situaciju na farmi lako je odabrati najkritičniji sustav što se tiče potrošnje. U našem slučaju odlučili smo se za sustav

predhlađivanja mlijeka pošto je dnevna proizvodnja mlijeka na odabranoj farmi prilično visoka, a mlijeko se hladi direktno u laktofrizu.

Predložena mjera uštede u sustavu predhlađivanja mlijeka pokazala se kao izuzetno isplativa investicija sa unutarnjom stopom povrata od 52%. Isto tako investicija se pokazala relativno jeftinom te jednostavnom. Što se tiče smanjenja emisija stakleničkih plinova nije se pokazala tako učinkovitom. Uštede od malo više od 6 t CO<sub>2</sub> sa specifičnim troškom smanjenja emisije od 6 441 kn/t CO<sub>2</sub> ne predstavlja neku značajnu brojku. Ono što ostaje, primarno, je veliki stupanj ekonomske isplativosti sustava predhlađivanja mlijeka.

Postrojenjem za proizvodnju bioplina smo postigli upravo suprotan efekt za razliku od sustava predhlađivanja mlijeka. Sa smanjenjem emisije od preko 3 400 t CO<sub>2</sub> i specifičnim troškom smanjenja emisija od 1 182 kn/t CO<sub>2</sub> postrojenje za proizvodnju bioplina se pokazalo izuzetno efikasno kod smanjenja emisija stakleničkih plinova. Nažalost sa svojom unutarnjom stopom povratka investicije od 7,77 % postrojenje se pokazalo na rubu povrata investicije. Ja bih ga bez obzira preporučio pošto su koristi mnogostruke. Uz financijsku korist i smanjenje emisije stakleničkih plinova postrojenje za proizvodnju bioplina će uvelike pridonijeti kvalitetnijem raspolaganju gnojivom na farmi.

Energetska pitanja na farmi postaju sve važnija u današnje vrijeme te se nadam da će i ovaj rad pridonijeti poboljšanjima na tom području.

## 6 LITERATURA

- [1] Olesen J.E., Schelde K., Weiske A., M.R. Weisbjerg M.R., Asman W.A.H., Djurhuus J., Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 112, Issues 2-3, February 2006, Pages 207-220
- [2] Weiske A., Vabitsch A., Olesen J.E., Schelde K., Michel J., Friedrich R., Kaltschmitt M., Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming  
*Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 112, Issues 2-3, February 2006, Pages 221-232
- [3] Lincoln Young, Carlson C. P. Pian , High-temperature, air-blown gasification of dairy-farm wastes for energy production, *Energy*, Volume 28, Issue 7, June 2003, Pages 655-672
- [4] Reinhard Stijn, Knox Lovell C. A., Thijssen Geert J. , Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA, *European Journal of Operational Research*, Volume 121, Issue 2, 1 March 2000, Pages 287-303
- [5] Halberg N. , Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 76, Issue 1, October 1999, Pages 17-30
- [6] Lewis C.W., O'Beirne P., The animal feed and energy conservation properties of AVOTAN (avoparcin), *Bioresource Technology*, Volume 50, Issue 3, 1994, Pages 259-263
- [7] Groen A. F., Derivation of economic values in cattle breeding: A model at farm level, *Agricultural Systems*, Volume 27, Issue 3, 1988, Pages 195-213
- [8] GENESIS Energy Dairy savings, <http://www.dairysavings.co.nz/>
- [9] New York State Energy Research and Development Authority, DAIRY FARM ENERGY AUDIT SUMMARY (2003),  
<http://www.nyserda.org/publications/dairyfarmenergysummary.pdf>

- [10] GERONIMO, Getting energy reduction on agendas in industrial manufacturing operations, <http://www.dairyenergy.eu/index.php>
- [11] Vilar M.J., Rodríguez-Otero J.L., Diéguez F.J., Sanjuán M.L., Yus E. , Application of ATP bioluminescence for evaluation of surface cleanliness of milking equipment, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 125, Issue 3, 31 July 2008, Pages 357-361
- [12] Gygax Lorenz, Neuffer Isabelle, Kaufmann Christine, Hauser Rudolf, Wechsler Beat, Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours, *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 109, Issues 2-4, February 2008, Pages 167-179
- [13] Ali I., Barrington S., Bonnell R., Whalen J., Martinez J., Surface Irrigation of Dairy Farm Effluent, Part II: System Design and Operation, *Biosystems Engineering*, Volume 96, Issue 1, January 2007, Pages 65-77
- [14] Hepola Helena, Milk feeding systems for dairy calves in groups: effects on feed intake, growth and health, *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 80, Issue 3, 25 February 2003, Pages 233-243
- [15] S. G. Brundin, L. K. K. Rodhe , Comparisons of Manure Handling Systems Under Swedish Conditions, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 58, Issues 2-3, June 1994, Pages 181-190
- [16] Carpenter J. L., Vallis E. A., Vranich A. T. , Performance of a UK dairy solar water heater, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 35, Issue 2, October 1986, Pages 131-139
- [17] Cheng H., Friis A. , Operability and Flexibility of a Milk Production Line *Food and Bioproducts Processing*, Volume 85, Issue 4, December 2007, Pages 372-380
- [18] Satapathy P.K., Ram Gopal M., Arora R.C., A comparative study of R22–E181 and R134a–E181 working pairs for a compression–absorption system for simultaneous heating and cooling applications, *Journal of Food Engineering*, Volume 80, Issue 3, June 2007, Pages 939-946

- [19] Rozzi S., Massini R., Paciello G., Pagliarini G., Rainieri S., Trifirò A., Heat treatment of fluid foods in a shell and tube heat exchanger: Comparison between smooth and helically corrugated wall tubes, *Journal of Food Engineering*, Volume 79, Issue 1, March 2007, Pages 249-254
- [20] Parkinson R.D.J., Fisher R.K., The nocturnal cooling of water used for refrigeration precooling, *International Journal of Refrigeration*, Volume 5, Issue 4, July 1982, Pages 213-215
- [21] Griffiths M.W., Phillips J.D., Muir D.D., Effect of low-temperature storage on the bacteriological quality of raw milk, *Food Microbiology*, Volume 4, Issue 4, September 1987, Pages 285-291
- [22] BIOGAS Nord, <http://www.biogas-nord.com/index.php?id=71&L=71>
- [23] Pizarro C., Mulbry W., Blersch D., Kangas P., An economic assessment of algal turf scrubber technology for treatment of dairy manure effluent, *Ecological Engineering*, Volume 26, Issue 4, 31 July 2006, Pages 321-327
- [24] McGrath R. J., Mason I. G., An Observational Method for the Assessment of Biogas Production from an Anaerobic Waste Stabilisation Pond treating Farm Dairy Wastewater, *Biosystems Engineering*, Volume 87, Issue 4, April 2004, Pages 471-478
- [25] Friman R., Monitoring anaerobic digesters on farms, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 29, Issue 4, June 1984, Pages 357-365
- [26] Liao P.H., Lo K.V., Chieng S.T., Effect of liquid—solids separation on biogas production from dairy manure, *Energy in Agriculture*, Volume 3, 1984, Pages 61-69
- [27] Anderson James L., Economic assessment of anaerobic digestion systems for dairy waste disposal and energy recovery: Effect of selected institutional and technological chances, *Resources and Conservation*, Volume 8, Issue 2, September 1982, Pages 131-146
- [28] Bailey J.A., Gordon R., Burton D., Yiridoe E.K., Factors which influence Nova Scotia farmers in implementing energy efficiency and renewable energy measures, *Energy*, Volume 33, Issue 9, September 2008, Pages 1369-1377
- [29] Pilatowsky I., Rivera W., Romero J. R., Performance evaluation of a monomethylamine–water solar absorption refrigeration system for milk cooling

- purposes, *Applied Thermal Engineering*, Volume 24, Issue 7, May 2004, Pages 1103-1115
- [30] Carpenter J. L., Vallis E. A., Vranich A. T., Performance of a UK dairy solar water heater, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 35, Issue 2, October 1986, Pages 131-139
- [31] Riva G., Applications of simplified solar energy systems in farming: Results of the second year of experiments, *Energy in Agriculture*, Volume 3, 1984, Pages 109-120
- [32] Vasta S., Maggio G., Santori G., Freni A., Polonara F., Restuccia G., An adsorptive solar ice-maker dynamic simulation for north Mediterranean climate, *Energy Conversion and Management*, Volume 49, Issue 11, November 2008, Pages 3025-3035
- [33] Rane Milind V., Tandale Madhukar S., Water-to-water heat transfer in tube–tube heat exchanger: Experimental and analytical study, *Applied Thermal Engineering*, Volume 25, Issues 17-18, December 2005, Pages 2715-2729
- [34] Rodgers M., de Paor D., Clifford E., Dairy washwater treatment using a horizontal flow biofilm system, *Journal of Environmental Management*, Volume 86, Issue 1, January 2008, Pages 114-120
- [35] Healy M.G., Rodgers M., Mulqueen J., Treatment of dairy wastewater using constructed wetlands and intermittent sand filters, *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 12, September 2007, Pages 2268-2281
- [36] Ana Bernardić, Povećanje energetske učinkovitosti na farmama mliječnih krava, FSB 2008.
- [37] Group of authors, Numerical analysis of the gas-lubricated spiral-groove thrust bearing-compressor, *Tribology*, Volume 1, Issue 1, January 1968, Page 62
- [38] Saludes Ronaldo B., Iwabuchi Kazunori, Miyatake Fumihito, Abe Yoshiyuki, Honda Yoshifumi, Characterization of dairy cattle manure/wallboard paper compost mixture, *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 15, October 2008, Pages 7285-7290
- [39] Holand Øystein, Aikio Pilvi, Gjøstein Hallvard, Nieminen Mauri, Hove Knut, White Robert G., Modern reindeer dairy farming—the influence of different milking



- regimes on udder health, milk yield and composition, *Small Ruminant Research*, Volume 44, Issue 1, April 2002, Pages 65-73
- [40] Majjala Kalle, Cow milk and human development and well-being, *Livestock Production Science*, Volume 65, Issues 1-2, July 2000, Pages 1-18
- [41] Fritzson Anna, Berntsson Thore, Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry—opportunities for improvements in future energy markets, *Journal of Food Engineering*, Volume 77, Issue 4, December 2006, Pages 792-802
- [42] Rane Milind V., Tandale Madhukar S., Water-to-water heat transfer in tube–tube heat exchanger: Experimental and analytical study, *Applied Thermal Engineering*, Volume 25, Issues 17-18, December 2005, Pages 2715-2729
- [43] Leal Elisângela M., Silveira José Luz, Study of fuel cell co-generation systems applied to a dairy industry, *Journal of Power Sources*, Volume 106, Issues 1-2, 1 April 2002, Pages 102-108
- [44] Stinson G. E., Studman C. J., Warburton D. J., A dairy refrigeration heat recovery unit and its effects on refrigeration operation, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 36, Issue 4, April 1987, Pages 275-285
- [45] Stinson G. E., Studman C. J., Warburton D. J., The performance and economics of a dairy refrigeration heat recovery unit, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 36, Issue 4, April 1987, Pages 287-300
- [46] Dahl Geoffrey E., Let There be Light: Photoperiod Management of Cows for Production and Health, Department of Animal Sciences University of Illinois, Urbana
- [47] Bruno Bogdan, Energetska efikasnost i obnovljivi izvori na farmama mliječnih krava, FSB 2008.
- [48] Duić N., Osnove energetike, digitalni udžbenik,  
<http://powerlab.fsb.hr/OsnoveEnergetike/udzbenik/>