

Maidon varastointi ja energiasäästöt

*Mika Turunen
JAMK Teknologia*

ENERGIA



AKATEMIA

Maidonvarastointi ja energiasäästöt

Maito jäähdytetään yleensä tunnin sisällä lypsyn loppumisesta + 4 °C:een tilasäiliössä. Maito voidaan jäädyttää myös ns. pikajäädytyksellä ennen kuin maito menee tilasäiliöön tai maitosiilon. Maitosiilo on tilasäiliön asemesta käytettävä pystymallinen säiliö. Maitoa säilytetään tilalla alle + 6 °C:ssa korkeintaan 39 – 48 tuntia.

Maidonvarastoinnissa sähköä kuluu maidon jäädytykseen, kylmänäpitoon, sekoitukseen ja laitteiston pesuihin. Kylmäkoneen kompressorin kuluttaa suurimman osan energiasta. Energiaa kuluttavat myös kylmäaineen ilmalauhduttimen puhallin, maidonsekoitin, lämminvesivaraaja sekä pesuri. Varastoinnin energiankulutus 10 000 maitolitran kohden on noin 150 – 300 kWh, kun maito jäähdytetään noin + 35 – 37 °C:sta + 4 °C:een ilman esijäädytystä.

Maidonvarastointi

Lypsilämpimän maidon jäädyttäminen kuluttaa selvästi enemmän energiaa kuin kylmänä pitäminen. Ohjeituksen mukaan täydessä säiliössä maito saa lämmitä enintään + 3 °C 12 tunnin sähkökatkon aikana, kun

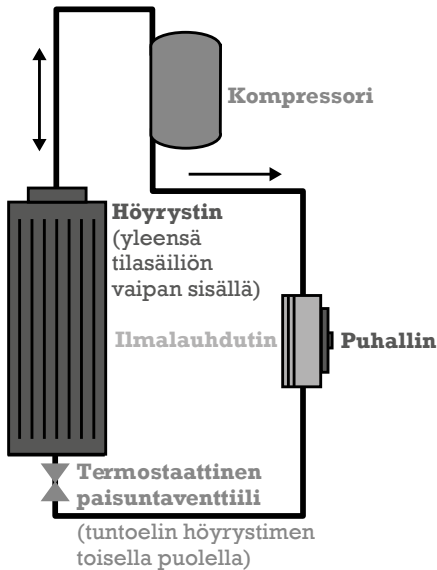
säiliöluokkaa A, B tai C vastaava maituhuoneen lämpötila on + 38 °C, + 32 °C tai + 25 °C. Tällä nopeudella maito lämpiäisi koko varastointiaikana noin + 10 °C.

Maidonvarastoinnissa tarvittava kylmyys saadaan aikaan kylmäkoneella, joka hyödyntää kahta ilmiötä:

- Höyrystyessään kylmäaine sitoo itseensä paljon lämpöä ja jäädyttää ympäristönsä, aivan kuten iholta haihtuva vesi jäädyttää ihoa voimakkaasti. Höyryyn sitoutunut lämpö vapautuu, kun höyry tiivistyy nesteeksi.
- Alhaisessa paineessa neste höyrystyy matalammassa lämpötilassa kuin suuressa paineessa, joten painetta muuttamalla saadaan neste höyrystymään sekä höyry tiivistymään nesteeksi halutuissa paikoissa.

Kylmäkoneen kompressorin siirtää jäädytettävästä kohteesta tulevaa höyryäistä kylmäainetta eteenpäin ja samalla puristaa sitä niin kovaan paineeseen, että kylmäaine nesteytyy ja lämpenee esim. + 50 °C:een. Neste jäähdytetään yleensä ilmalauhduttimessa, jonka metallisäleikön läpi puhalletaan ilmaa. Virtausta kuristetaan paisuntaventtiilillä ennen kuin lauhdutettu kylmäaine saapuu höyryst-

timelle, joka sijaisee jäädytettäväsä kohteessa kuten tilasäiliössä. Paine laskee paisuntaventtiin jälkeen, koska kompressori imee kylmäainetta. Paineen lasku aiheuttaa kylmäaineen höyrystymisen, jolloin lämpötila laskee. Esim. lämpimällä maidolla kylmäaine jäähtyy muutamaa plusasteeseen ja kylmällä muutamaa miinusasteeseen (höyrystymislämpötila). Paisuntaventtiiliä ja höyrystymistä ohjataan termostaattiautomaatiikalla, jotta kylmäainetta ei pääsyisi nesteenä kompressoriin ja rikkoisi sitä. (Kuva 1)



Kuva 1. Kylmäkone.
(Gea Farmtechnologies)

Paisuntaventtiilissä on käsisäätö, jota vain kylmäkoneasentaja saa muuttaa. Säädön avulla muutetaan lauhdutuspainetta, jolloin lauhdutuslämpötila muuttuu sekä esim. lämmöntalteenotolta saatavan veden lämpötila nousee. Lisäksi lauhdutuslämpötila nousee lauhdutinta viilentävän ilman lämpötilan noustessa. Mitä suurempi on lauhdutus- ja höyrystymislämpötilojen ero, sitä suurempi on lauhdutus- ja höyrystymispaineiden ero kylmäainekierrossa ja sitä enemmän kylmäkone kuluttaa sähköä.

Energiasäästömahdollisuudet

Maidontuottaja voi vaikuttaa maidonvarastoinnin energiankulutukseen laitehankinnoilla ja laitteiden käyttötaivoilla sekä etenkin luomalla edulliset olosuhteet laitteille. Maidonvarastoinnissa vapautuva lämpö voidaan ottaa talteen veteen. Tämä säästää vedenlämmityksessä enemmän energiaa kuin maidonjäähdytykseen kuluu, jos lämpimän veden tarve on ainakin lähes yhtä suuri kuin tuotto lämmöntalteenotolla.

Laitevalinnat

Tilasäiliön vajaatäyttö lisää sähkönkulutusta (kWh) maitokiloa kohden, sillä lämpöhäviöiden osuus kasvaa. Täyden säiliön lämpöhäviöt voivat

olla noin neljänneksen sähköntarpeesta ja vuositasolla noin 50 kWh/lehmä. Puolillaan olevan säiliön lämpöhäviö ja pesun energiankulutus ovat maitokiloa kohden lähes kaksinkertaiset täyteen säiliöön verrattuna. Lämpöhäviöitä voidaan pienentää:

- viilentämällä maitohuonetta,
- hankkimalla paremmin eristetty säiliö
- välttämällä säiliön alitäyttöä.

Suorajäähdytys säiliössä kylmäaine jäähdyttää metallia, joka jäähdyttää maitoa. Epäsuorassa jäähdytyksessä, kuten jääpankkisäiliössä tai jääpankkipikajäähdytyksessä, jäähdytetään maidon sijasta vettä, joka jäähdyttää maitoa vasten olevan metallin. Vaihtamalla jääpankkijäähdytys suorajäähdytykseen voidaan säästää energiaa jopa 15–20 %. Perinteisessä lypsyssä suorajäähdytyksen hetkellinen tehontarve on suuri ja jääpankkijäähdytyksen pieni, koska se käyttää jäähdytykseen tekemäänsä jääpankkia. Tämä vaikuttaa sulakekokoon perustuviin maksuihin. Epäsuorassa jäähdytyksessä voi halvan yösähkön osuus sähkönkäytöstä olla suurempi kuin suorajäähdytyksessä.

Kylmäkoneiden kompressorit ovat joko mäntä- tai kierukkakompressoireita. Kierukkakompressorit (scroll)

kuluttaa noin 15–20 % vähemmän sähköä kuin mäntäkompressorit. Kierukkakompressorit ovat yksinkertaisempiä ja kestävämpiä kuin mäntäkompressorit. Kylmäainevalinta vaikuttaa energiakulutukseen vain vähän.

Käyttötavat ja -olosuhteet

Sähkönkulutusta voidaan vähentää pienin kustannuksin parantamalla käyttötapoja ja -olosuhteita. Esimerkiksi maidonlämpötilan nostaminen + 1,5 °C:sta + 4 °C:een voi säästää 10 %. Maidon lämpötilaa kannattaa seurata.

Maitohuoneen viilentäminen 10 °C:lla voi säästää 30 % sähköä, jos lauhdutin on maitohuoneessa. Säästön suuruus riippuu kylmäkoneen asetuksista, joita huoltomies voi muuttaa. Matalilla huonelämpötiloilla säästö on pienempi kuin suurilla. Huonelämpötila ei saa laskea pakkasen puolelle.

Lauhdutuslämpötilaa voidaan laskea:

- siirtämällä lauhdutin maitohuonetta viileämpään tilaan, mutta ei navettailmaan, koska ammoniakki syövyttäisi lauhduttimen puhki. Lauhdutin tulee asentaa suoraan, jotta kylmäaine jakautuisi lauhduttimessa oikein. Jos kompressorit siirretään lauhduttimen mukana, niin imulinjat pitää eristää. Lauhdutin

tulee sijoittaa muutamia kymmeniä senttimetrejä lattiataason yläpuolelle, koska lattialla lauhdutin pölyntyisi nopeasti ja ylhäällä taas lämpimämpi ilma heikentäisi laudutusta.

- kesällä kanavoimalla lämmennyt ilma suoraan lauhduttimesta ulos
- parantamalla ilmanvaihtoa
- käyttämällä maidon esijäähdytystä tai lämmöntalteenottoa kylmäaineesta.
- korjaamalla rikkoontunut lämmön talteenoton kiertovesipumppu tai -venttiili.
- puhdistamalla lauhduttimen säleiköt paineilmalla kerran vuodessa.

Jos maidon jäähtyminen hidastuu tai varastointilämpötila nousee, on muutoksen syy selvitettävä, koska se saattaa lisätä sähkönkulutusta. Syy saattaa olla maitomäärän kasvu, lauduttimen ympäristön korkea lämpötila, tankin ohjaimen väärät lämpötila-asetukset, maidonsekoittimen akselin katkennut sokka tai irronnut jääpankin lämpötila-anturi/vesipumppu tai kylmäkoneen vika.

Tilasäiliöön menevän maidon esijäähdytin.

Lämmönsiirto veteen

Maidon esijäähdytys- ja lämmön talteenottolaitteita käytetään navetan lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Ne eivät ne kuulu maidonjäähdytysjärjestelmään, mutta vaikuttavat sen energiankulutukseen

Maidonesijäähdytin

Maidonesijäähdytin on lämmönvaihdin, joka jäähdyttää maidon kaivovedellä ennen tilasäiliöön menoa. Parhaat esijäähdyttimet viilentävät maidon jopa 1,5 °C:n ja halvimmat yli 10 °C:n päähän veden lämpötilasta. Esijäähdyttimellä voidaan saavuttaa parhaimmillaan selvästi yli 50 %:n säästö jäähdytyksen sähkönkulutuksessa.

Vesi virtaa esijäähdyttimessä vain, kun maitopumppu käy. Maidonvirtausta (ts. maitopumppua) taajuus-



muuttajalla hidastettaessa lämmön siirtyminen paranee. Veteen siirtyy lämpöä vuositasolla jopa 300 kWh/lehmä (vuodessa 9 000 kg maitoa). Vedenpumppaus esijäähdyttimessä lisää vuotuista sähkönkulutusta 10 kWh/lehmä.

Lämmennyttä (+ 18 °C) vettä tulee hieman yli kaksi kertaa maidon määrä eli hieman vähemmän kuin lehmä juo. Hyvinvointisyistä suositellaan lehmien juomaveden lämpötilaksi 10–17 °C. Juomaveden lämmityksellä ei kuitenkaan saada nostettua maitotuotosta.



6 000 litran säiliö juottoon menevällä esijäähdytysvedelle.

Esijäähdytin lisää pesuveden tarvetta tilavuutensa verran, esim. 10 l/pesuvaihe. Tämä lisäisi vuotuista energiankulutusta noin 1000 kWh. Tehokas esijäähdytin säästää tilasäiliön kuluksessa vuodessa 100–150 kWh/lehmä ja pienentää kompressoritehontarvetta. Kompressorinvestoin-

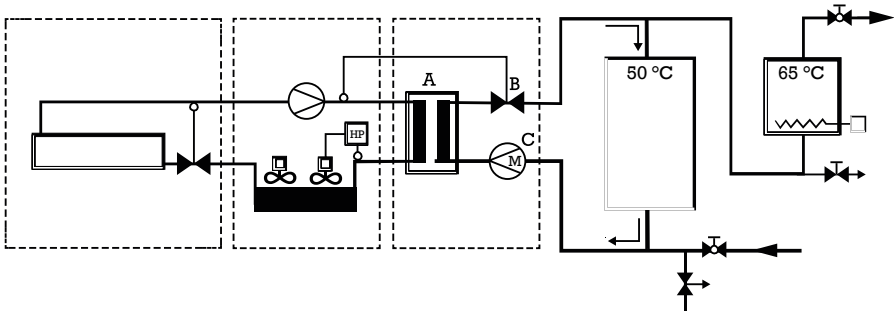
nin pienentyminen kompensoi esijäähdyttimen hankintakustannuksia ja pienentää tarvittavaa pääsulakekoko.

Lämmöntalteenotto (LTO) kylmäaineesta

Maidonjäähdytyksessä kylmäaineeseen sitoutuu maidon lämpö ja lämpönä 85 % tilasäiliön sähkönkulutuksesta.

Kylmäaineen lämmöstä saadaan talteen veteen 30–60 % lämmöntalteenoton lämmönvaihtimella. Esim. 45 %:n hyötysuhteella lämpimän maidon jäähdytyksestä saadaan talteen yli 200 kWh/lehmä vuodessa.

Vesi suositellaan lämmitettävän LTO:lla korkeintaan + 52 °C:een. Liian korkea lämpötila heikentää hyötysuhdetta. Lämmöntalteenoton virtausvastus ja lauhdutuslämpötilan kohotus + 52 °C:een lämpimän veden saamiseksi lisäävät kompressorin sähkönkulutusta 10–15 %. Toisaalta lämmönsitominen veteen laskee lauhduttimen ympäristön lämpötilaa ja siten lauhdutuslämpötilaa ja sähkönkulutusta, jos ilmanvaihto ei ole erityisen hyvä. Eräissä tutkimuksissa LTO vähensi energiankulutusta keskimäärin 7 %. Legionellavauran vuoksi lämmin käyttövesi on lisäksi lämmitettävä yli + 60 °C:een.



Maidonlämmöntalteenotto. Vasemalla tilasäiliö ja oikealla lämminkäyttövesisäiliö. A) Levylämmönvaihdin, B) Venttiili ja C) Kiertovesipumppu. (Wedholms AB)

Kun lämmöntalteenotolla halutaan tuottaa mahdollisimman paljon lämmintä vettä, maito- ja paineputket kannattaa eristää, jotta maito ei jäähtyisi ennen tilasäiliöön menoa. Myös vesiputket tulisi eristää ja tehdä lyhyiksi. Lämmönvaihtimen jäätyminen johtaa veden ja kylmäaineen sekoittumiseen ja kompressorin hajoamiseen.

Esijähdytyksen ja lämmöntalteenoton kannattavuus ei ole itsestään selvää. Hankittavan laitteen tulee vastata tilakohtaisia tarpeita, joten on pohdittava mm.:

- hankitaanko maitosiilo vai tilasäiliö?
- onko tarve pienentää sähkönkulutushuippuja pääsulakemaksujen alentamiseksi tai syöttökaapelin ja generaattorin riittävyyden tai oman sähköntuotannon vuoksi?
- juotetaanko lehmillä lämmitettyä vettä?
- saadaanko lämmöntalteenotolta ja siihen liittyvästä lisälämmityksestä yli + 60 °C:een tarvittava määrä lämmintä vettä?
- otetaanko huomioon vain navetan tarpeet vai tulisiko ottaa huomioon myös muiden rakennusten tarpeet ja rakentaa yhteinen lämpökeskus?



Lämmöntalteenoton lämmönvaihdin eli lämmöntalteenottopakka eli levylämmönsiirrin.

Sisällysluettelo

- 2 Maidonvarastointi ja energiasäästöt
- 5 Lämmönsiirto veteen



Lisää maatalouden energiatietoa
www.energia-akatemia.fi

Maidon esijäähdytys ja lämmön talteenotto (LTO)

- Pienimmillä tiloilla maidon esijäähdyttimen eikä lämmön talteenoton hankinta ole kannattavaa. Isommilla tiloilla lämpöä riittää toiseen. Muutaman sadan lehmän tiloilla voi olla järkevää asentaa molemmat.
- Kun juomavesi lämmitetään, on esijäähdytys paras ratkaisu. Sähkönkulutuksen tehohuippujen leikkaus ja maitosiilon hankinta puoltavat esijäähdyttimen hankintaa.
- Lämmöntalteenotto kylmäaineesta on kannattavimmillaan, kun lämpimän veden käyttö vastaa LTO:n tuottoa. Jos lämpimän veden tarve on murto-osa tuotosta, vesi kannattaa lämmittää sähköllä ja käyttää mahdollisesti esijäähdytintä. Jos lämmintä vettä kuluu paljon, pelkän hakelämmityksen käyttö on kannattavampaa kuin lämmöntalteenoton ja hakelämmityksen käyttö. Hakelämmitys saattaa toimia kesällä huonosti, jos lämmitystarve on vähäinen.
- Oppaan tiedot perustuvat tutkimustuloksiin ja esimerkeihin. Varmista aina omalta osaltasi ohjeiden sopivuus.

ENERGIA  AKATEMIA



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



HELSINGIN YLIOPISTO

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES