

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Ari-Pekka Lindroos

HAKELÄMMITYS VILJAN KUIVAUKSESSA

Tekniikka Pori

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

2007

HAKELÄMMITYS VILJAN KUIVAUKSESSA

Lindroos, Ari-Pekka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Pori
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
Tekniikantie 2, 28600 Pori
Joulukuu 2007
Työn valvoja: DI Heinola, Reino, tuntiopettaja
UDK: 631.371, 662.6
Sivumäärä: 27

Asiasanat: Hakelämmitys, viljan kuivaus, kustannus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää kannattaako viljan kuivaamiseen tarvittavaa öljyä korvata olemassa olevasta hakelämpökeskuksesta saatavalla lämmöllä. Työ tehtiin Ari Ukkosen tilalle Punkalaitumelle. Tilalle oli rakennettu 300 kW hakelämpökeskus vuosi sitten. Viljan kuivauksen aikaan se on muuten käyttämättömänä.

Työ aloitettiin perehtymällä viljan kuivauksen teknisiin ratkaisuihin. Seuraavaksi mitoitettiin Ukkosen tilan kuivuriin kuivausilman lämmityspatteri ja putkisto. Järjestelmä vaikutti kannattavalta ja päätettiin toteuttaa. Viljan kuivauskauten aikana seurattiin öljyn ja hakkeen kulutusta.

Ratkaisu on toiminut hyvin. Seurannan mukaan investointi maksaa itsensä takaisin säästyneenä öljynä noin 5 vuodessa. Raportissa on löydetty mahdollisuuksia taloudellisuuden edelleen kehittämiseksi.

WOOD CHIP HEATING IN GRAIN DRYING

Lindroos, Ari-Pekka
Satakunta University of Applied Sciences
Technology Pori
Mechanical and Production Engineering
HVAC and Energy Engineering
December 2007
Heinola, Reino
UDC: 631.371, 662.6
Number of Pages: 27

Key Words: Wood chip heating, grain drying, cost

The subject of this Bachelor's was to find out if it is profitable to replace oil needed in grain drying by heat from wood chip heating centre. The research was carried out on the farm of Ari Ukkonen in Punkalaidun. A 300 kW wood chip heating centre was built on the farm a year ago. It is unused during the grain drying season.

The project was begun by studying the technical solutions of grain drying. Next, the measurements of drying air radiator and plumbing were measured. The system seemed profitable and was decided to be implemented. The consumption of oil and wood chips were followed during the grain drying season.

The solution has worked well. According to the follow-up, investment pays for itself in saved oil in circa five years. In the report, possibilities to further economic efficiency have been found.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 VILJANKUIVAAMO	5
1.1 Viljankuivaamon historia ja kehitys	5
1.2 Viljankuivaamon toimintaperiaate	6
1.3 Viljan kuivauksen tarkoitus	9
2 HAKELÄMPÖKESKUS	10
2.1 Toimintaperiaate	10
3 TILALLA OLEVAT LAITTEISTOT	11
3.1 Viljankuivaamo	11
3.2 Lämpökeskus	12
4 TOTEUTETTAVAN JÄRJESTELMÄN IDEOINTI.....	14
4.1 Patterin mitoitus	16
5 KANNATTAVUUS.....	18
5.1 Investointikustannukset.....	18
5.2 Käyttökustannukset ja säästöt	19
5.3 Lopputulos vuositasolla	22
6 YHTEENVETO	24
LÄHDELUETTELO.....	25
LIITTEET	

1 VILJANKUIVAAMO

1.1 Viljankuivaamon historiaa

Aikojen alussa vilja kuivattiin olkineen kiukaalla lämmitetyssä parsiriihessä, jonka jälkeen viljan puinti tapahtui varstoilla tai kepakoilla. Tämä tehtiin ihmistyönä. Tulipalot olivat tuolloin yleisiä./3/

Vähitellen riihi muuttui kuivaushuoneeksi, kun luonnollisella vedolla toimivat kuivauslaitteet yleistyivät. Katossa oli ripustettuna kuivauspattereita, joihin vilja valutettiin kapeista aukoista pattereiden yläpuolelta. Patterit oli varustettu vinoilla säleseiniillä, joiden kautta ilma pääsi kulkemaan viljan läpi. Raikasta ilmaa tuli kiukaan vierestä ja lämmentyään se kulki viljan läpi poistokanavaan ja rakennuksen katolta ulos. Kiuas lämmitettiin tavallisesti päivällä ja vilja jätettiin yöksi pattereihin kuivumaan. Aamulla kuivunut vilja valutettiin kuivaushuoneen lattialle avaamalla pattereiden pohjaluukut. Lattialta vilja säkitettiin./3/

Yleensä viljan kuivaus jatkui läpi koko syksyn puintiajan. Joskus viljaa jouduttiin kuivaamaan sen kosteuden takia jopa kaksi vuorokautta. Jyvien kosteus todettiin puraisemalla tai veitsellä katkaisemalla./3/

Seuraavaksi kuivaushuone muuttui eräänlaiseksi kuivauskaapiksi. Tiiviissä lämmönpitävässä kaapissa oli säleseinäiset viljapatterit ja kaappi oli sijoitettu kuivaushuoneen päällä olevaan aukkoon. Lämmin ilma nousi kuivaushuoneesta kuivauskaappiin ja kulkeutui viljan läpi poistohormiin ja edelleen ulos. Kaappikuivurit yleistyivät 1930-luvulla ja niitä käytettiin 1950-luvulle asti./3/

1930-luvun loppupuolella kehitettiin koneellinen kuivuri, joka on nykyisten kuivureiden perusmuoto. Kuivaussiilo rakennettiin päällekkäin kasattavista puisista laatikoista, joiden läpi kulki ristikkäisiä peltikanavia lämmintä kuivausilmaa ja kosteata poistoilmaa varten. Siilon yhdellä sivulla oli täyttösuppilo, josta lähtevällä elevaattorilla siilo täytettiin. Siilon pohjassa oli

koneellinen purkain, joka tyhjensi siilon säkityselevaattoriin. Säkityselevaattorista vilja voitiin ohjata uudelleen täyttösuppiloon, jolloin täyttöelevaattorilla voitiin kierrättää viljaa. Lämmönlähteenä toimi muurattu ilmaputkiuuni. Tulipesän päällä oli ns. tuubiputket, joiden kautta ulkoa imetty ilma painettiin lietsolla kuivaussiiloon. Lietsosta johti erillinen pienempi putki säkityselevaattoriin. Tällä vilja jäädytettiin kuivuria tyhjennettäessä. Polttoaineena käytettiin puuta. Ylipaineen vuoksi ei pitänyt olla tulipalon vaaraa, mutta monet kuivurit paloivat silti./3/

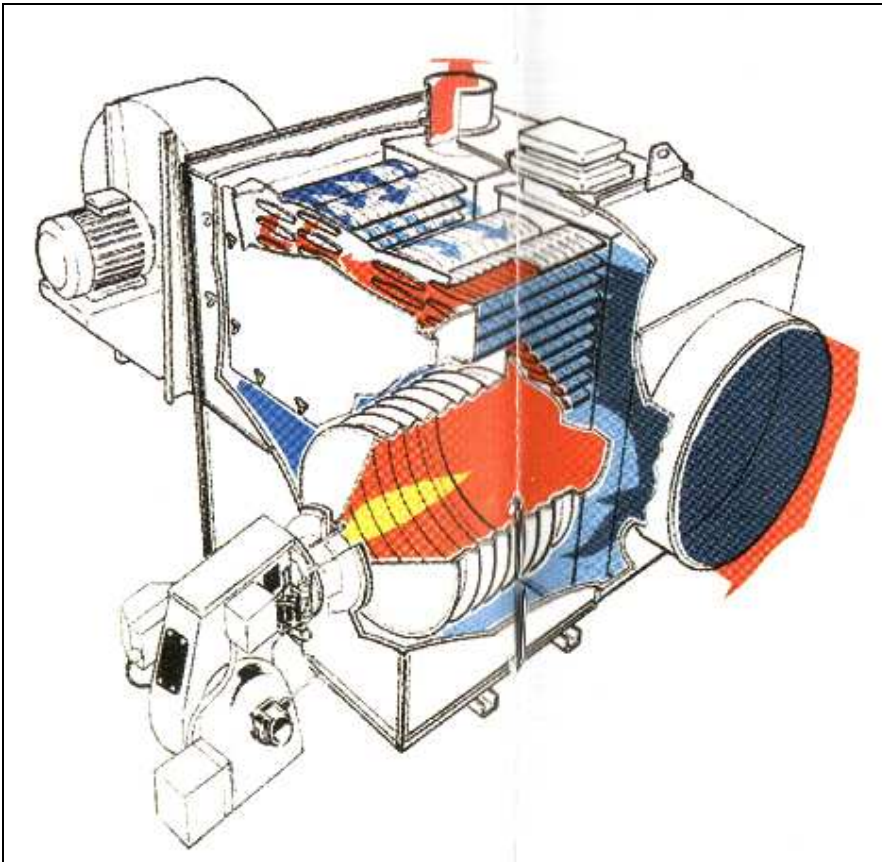
1950 – 1960-luvuilla oli yleisesti käytössä laatikkokuivureista kehitettyjä lavakuivureita varsinkin pienemmillä tiloilla. Säkkuivurit, joissa lämmin ilma ohjattiin säkeissä olevan viljan läpi, olivat edelleen käytössä. Tuolloin maatiloilla oli käytössä yhteensä jo noin 25 000 kaappikuivuria ja noin 840 koneellista kuivuria./3/

Suomessa kylmäilmakuivureiden ja lämminilmakuivureiden kehitys alkoi jo 1950-luvun loppupuolella. Kehitys on johtanut nykyisiin lähes täysin automatisoituihin tehokuivureihin./3/

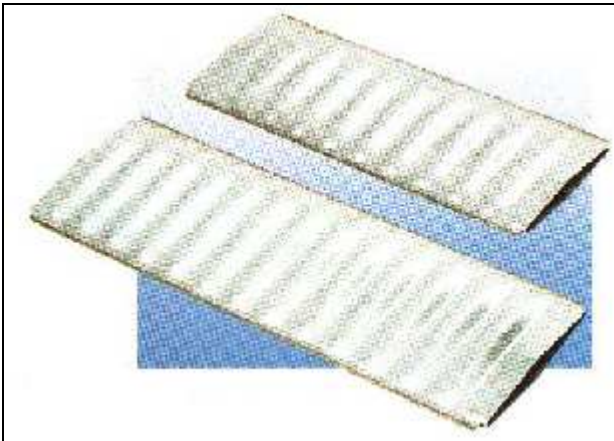
1.2 Viljankuivaamon toimintaperiaate

Suomessa yleisin kuivurimalli on kennokuivuri eli ns. eräkuivuri ja kuivaukseen käytettävä kuivuriuuni on ylipaineuuni. Siinä lämmennyt ilma puhalletaan viljan läpi. Vastaavasti alipaineuunissa lämmennyt ilma imetään viljan läpi. Tämä on kuitenkin yleisempi Keski-Euroopassa.

Lähes kaikki nykyajan kuivurit ovat lämminilmakuivureita. Niiden kuivausperiaate perustuu kuivausilman lämmitykseen. Näin ollen lämmin ilma sitoo viljasta kosteutta ja kuljettaa sen mukanaan ulos. Uuni on lämminilmakuivurin tärkein osa. Lämminilmakuivureita ovat kennokuivuri, verkkolavakuivuri, jatkuvatoiminen kuivuri ja vaunukuivuri./5/



Kuva 1.1 Viljankuivaamon öljykattila.

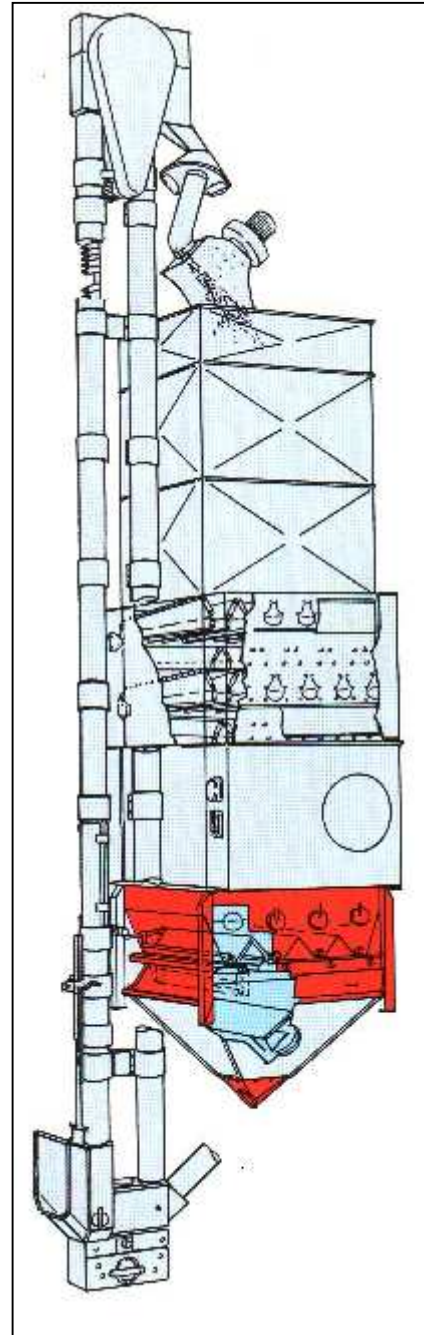


Kuva 1.2 Lämmönvaihtimen tuubit.

Kuivausilma lämmitetään kuivuriuunilla, joka on toimintaperiaatteeltaan ns. ristivirtaus-kattila. Ennen kattilaa oleva puhallin puhaltaa kuivausilman kattilan läpi. Ilman kulkiessa lämmönvaihtimien lävitse, se lämpiää ja kuivuu. Yleisin polttoaine kuivuriuuneissa on kevyt polttoöljy./5/

Kennokuivuri on korkea siilo, jonka yläpäässä on muutamia varasto elementtejä, riippuen kuivurin koosta. Niiden tarkoitus on kuivaustilanteessa estää lämmitetyn kuivausilman karkaaminen ylös. Varastoelementtien alapuolella ovat varsinaiset kuivauskennot. Joka toisessa kerroksessa on lämminilmaharjoja ja joka toisessa on poistoilmaharjoja. Kuivuriuunista lämmin kuivausilma johdetaan tuloilmakanavaa pitkin lämpöharjoihin. Ennen kuivuriuunia oleva puhallin puhaltaa näin ollen kuivausilman viljakerrokseen. Lämpimän ja kuivan ilman kulkeutuessa kostean viljan läpi, se sitoo itseensä kosteutta viljasta. Kosteaa ja jäähtynyttä poistoilmaa johdetaan poistoilmakanavaa pitkin ulos. Kuivauskennojen pohjaosassa on syöttölaite pohjakartion yläpuolella. Syöttölaitteen alla on pohjasulkuluukut, jotta vilja voidaan kuivuria tyhjennettäessä valuttaa syöttölaitteen ohi. Kuivatessa pohjaimuri imee kosteutta ja epäpuhtauksia pois pohjakartiosta. Pohjakartiosta vilja valuu takaisin elevaattoriin, josta se lähtee uudelle kierrokselle kuivuriin. Tämä kierto jatkuu, kunnes vilja on tarpeeksi kuivaa./1/

Tärkeä osa kuivausta on myös kuivauksen jälkeinen viljan jäähtytys. Se hoidetaan jatkamalla viljan kierrätystä kuivurissa, mutta silloin lämpö on kytkettyä pois päältä eli kennostoon puhalletaan vain viileää ulkoilmaa./1/



Kuva 1.3 Kuivurin koneisto.

1.3 Viljan kuivauksen tarkoitus

Viljan kuivauksen ensisijainen tarkoitus on poistaa jyvistä kosteutta. Tämä on tärkein edellytys viljan varastoinnin ja säilyvyyden kannalta. Kuivauksen lähtökohtana on laskea viljan kosteusprosentti 13 %:n tienoille käyttötarkoituksesta riippuen. Parhaiten vilja säilyy kosteusprosentin ollessa 12%-14%. Kuivaus estää viljan pilaantumisen varastoinnin aikana. Viljan kosteus vaikuttaa suoraan viljan laatuun ja kauppahintaan./1/

2 HAKELÄMPÖKESKUS

Hakelämpökeskus on lämmöntuotantoon tehty laitos, joka käyttää lämmön lähteenä kiinteitä biopolttoaineita. Sen tarkoituksena on tuottaa lämpöenergiaa ensisijaisesti puuta polttamalla, mutta siellä voidaan ohessa polttaa myös muita kiinteitä aineita. Lämpökeskuksessa poltettavia biomassoja ovat mm. hake, puru, turve ja vilja. Hakelämpökeskus koostuu yleisesti seuraavista pääkomponenteista, kattila, palopää eli stokeri, polttoaineen syöttölaitteet ja polttoainevarasto./2/

2.1 Toimintaperiaate

Hakelämpökeskuksen varastoruuvi kuljettaa haketta syöttöruuville hakevarastosta ja syöttöruuvi kuljettaa hakkeen edelleen palopäähän, jossa hake palaa. Palopää on yleensä kattilan seinämään liitetty erillinen osa. Palamisen parantamiseksi palopäähän puhalletaan erillisillä puhaltimilla ilmaa. Puhaltimia on pienemmissä kattiloissa yksi ja isommissa kaksi tai useampia. Palopäässä on lisäksi tyrkkijä, joka varistelee palamisjäännöksen eli tuhkan alas kattilan pohjalle tuhkatilaan. Tuhkatilasta tuhka joko kuljetetaan tuhkaruuvilla ulos tai tyhjennetään perinteisesti käsin./2/

Palamisen tuloksen syntynyt lämpö siirtyy kattilassa olevien lämmönsiirtolevyjen ja konvektiopintojen välityksellä kattilaveteen. Palamisesta syntyvät savukaasut johdetaan savupiipun kautta ulos. Lisäksi joissakin isommissa hakevarastoissa on hydraulikalla toimivat kolakuljettimet, jotka siirtävät haketta varaston lattiaa pitkin varastoruuville. Laitteita on monia eri malleja eri valmistajista riippuen, mutta kaikissa tapauksissa on sama pääperiaate./6/

3 MAATILALLA OLEVAT LAITTEISTOT

Maatilan rakennukset laitteineen ovat hyvin nykyaikaiset ja tämän päivän tekniikalla rakennettuja laitoksia. Viljankuivaamo on vuoden 2001 mallia oleva Antti-Teollisuus Oy:n valmistama Mega-Antti-pakettikuivaamo. Kuivuri on lähes täysin automatisoitu ja logiikkaohjattu lukuun ottamatta kuivurin täyttöä ja tyhjennystä. Kuivuriunina siinä on Antti-Teollisuuden valmistama kattila mallia A400, jossa on Oilonin öljypoltin KP-38 H. Tilan lämpökeskus on vuoden 2006 lopussa valmistunut hakelämpökeskus. Kyseisessä laitoksessa on Ariterm Oy:n valmistama kattila ja hakkeen syöttölaitteet sekä Biojet-palopää. Lämpöenergian lähteenä käytetään pääasiallisesti haketta.

3.1 Viljankuivaamo

Mega-Antti vm.2001	Antti-Teollisuus Oy
Tilavuus, hl	330
Uuni	A400
Max. teho, kW	433
Poltin KP-38 H	Oilon
Max. öljynkulutus, kg/h	41,5
Puhaltimen ilmamäärä, m ³ /h	25800



Kuva 3.1 Puhallin, jota ennen patteri asennetaan.

3.2 Lämpökeskus

Arimax Bio 300 vm. 2006

Palopää

Teho, kW

Ariterm Oy

Biojet 300

300



Kuva 3.2 Hakelämpökeskus, josta lämpö otetaan viljankuivaamolle.

4 TOTEUTETTAVAN JÄRJESTELMÄN IDEOINTI

Hankkeessa selvitettiin kannattaako maatilalle vuosi sitten investoitua uutta hakelämpökeskusta käyttää viljan kuivaukseen. Kannattavuus näytti ilmeiseltä, joten kuivuri otettiin huomioon hakelämpökeskuksen suunnittelussa. Hakelämpökeskus mitoitettiin hieman suuremmaksi kuin maatilan lämmöntarve on lämmityskaudella.

Lämmitysjärjestelmän käyttö on kausiluontoista. Syksyisin ja keväisin sen käyttö on vähäistä ja talvisin se on käytössä täydellä teholla. Sen takia tällaisen järjestelmän toteutus on käytännöllistä ja järkevää, koska hakelämpökeskus on täysin poissa käytöstä kesäisin, kun ei ole lämmitystarvetta. Toisaalta lämmitystarvetta on loppukesästä elonkorjuun aikaan, kun maatilan viljankuivaamo käy täydellä teholla, mutta siinä lämmönlähteenä on öljykattila.

Kun viljankuivaamon kuivausilmaa pystyttäisiin lämmittämään hakelämpökeskusta hyödyntämällä, silloin saataisiin hakelämpökeskus pitempiäaikaiseen käyttöön vuodessa ja saataisiin hyödynnettyä kallista investointia. Tällöin korvattaisiin öljylämmitystä hakelämmityksellä, joten öljyn kulutus vähenisi. Koska öljy on jonkin verran kalliimpi polttoaine kuin hake, niin tästä seuraisi selvä lämmityskustannussäästö. Säästö vaikuttaisi suoraan alentavasti viljan kuivauskustannuksiin.

Kuivausilma lämmitetään haketta polttamalla. Kyseessä on melko iso viljankuivaamo, joten sen lämmitystehon tarvekin on melko suuri. Tästä johtuen kuivausilmaa ei pystytä lämmittämään täysin ilman öljyä, koska viljankuivaamon öljykattilan huipputeho on 433 kW ja tämän hetkinen suutintehokin on 324 kW ja hakekattilan teho on 300 kW, josta osa kuluu lämpöhäviöihin. Hakekattilalla voitaisiin hoitaa yksinkin kuivausilman lämmitys, mutta silloin ongelmaksi tulisi kuivausajan piteneminen. Näin ollen öljypolttimen käyttö on kannattavaa apuna, jolloin saadaan minimoitua kuivausaika, kun kuivausilman lämpötila saadaan

nostettua asetusarvoon eli vähintään 78 °C:een. Koska syksyn kuluessa kuivataan useita eriä viljaa, niin jo pienempikin kuivausajan piteneminen moninkertaistuu elonkorjuun loppupuolella.

Kuivausilmaa esilämmitetään hakkeella tuotetulla lämmöllä ennen viljankuivaamon omaa öljylämmityskattilaa. Tämä toteutetaan lämmönvaihtimen avulla eli viljankuivaamon ilmanottoaukon eteen asennetaan vesikiertoinen lämmityspatteri. Patteria lämmitetään hakekattilavedellä, jolloin ilma on jo valmiiksi huomattavasti kuivempaa ja lämpimämpää ennen öljykattilaa. Viljankuivaamon puhaltimen ilmamäärä on 25800 m³/h, mikä johtaa suureen patterin pinta-alaan, että se ei aiheuta liiallista painehäviötä eikä liian suurta ilman virtausnopeutta patterin otsapinnalla. Tuloilmakanavana viljankuivaamoon on halkaisijaltaan 630 mm oleva putki. Koska sen pinta-ala on paljon pienempi kuin lämmityspatterin, on lämmityspatterin asennettava tarpeeksi etäälle putken päästä. Putkenpää ja lämmityspatterin yhdistetään joko kartion muotoisella tai suorakaiteen muotoisella laatikolla.

Hakelämpökeskuksesta on matkaa viljankuivaamolle noin 100 m. Lämpö siirretään lämmityspatterille osittain maassa eristettyä lämpökanaalia pitkin sekä sikalan sisäseinää pitkin muovisessa Eval-Pex-putkessa. Tämä ratkaisu johtuu siitä, että kyseinen lämpöjohto toimii lämmityskauden aikana runkolinjana sikalan lattialämmityspiireihin. Sikalan sisäseinälle asennettavaksi runkolinjaksi valittiin muoviputki pienemmän lämpöhäviön ja olosuhteiden takia, siten se ei lämmitä tarpeettomasti sikalaa ja muovi kestää siellä paremmin kuin rauta. Ainoastaan sikalan päästä viljankuivaamolle kaivettu lämpökanaali on käytössä vain viljan kuivausaikaan. Täten saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti jo rakennettuja lämpöjohtolinjoja, jotka ovat myös jo alusta asti mitoitettu tarpeeksi suuriksi.

Viljan kuivausaikaan, elo-syyskuun aikana, ei ole muuta lämmitystarvetta, lukuun ottamatta asuinrakennuksen käyttöveden lämmitystarvetta, joka hoidetaan pienellä sähköisellä lämminvesivaraajalla. Kaikki muut lämpöjohtolinjat ovat suljettuina, kuten lämminvesivaraajan menevät putket ja sikalan lattialämmityspiirit. Täten

voidaan hyödyntää koko hakelämpökeskuksen kapasiteetti viljankuivaamon lämmitykseen siltä osin kuin se on mahdollista.

4.1 Patterin mitoitus

Kuivausilman lämmityspatterin mitoitus perustuu ainoastaan hakekattilasta saatavaan lämpötehoon, koska viljankuivaamon tehontarve ja oman öljykattilan teho on enemmän kuin hakekattilan teho. Hakekattilasta patterille saatava teho saadaan, kun lasketaan lämpöjohtojen lämpöhäviö.

Kanaalin lämpöhäviö (W/m) saadaan Uponor Oy:n Ecoflex Systems – tuotevihosta. Siellä on ilmoitettu myös Eval-Pex-putken lämmönjohtavuus. Teräsputkien ja muoviputken lämpöhäviöt laskettiin Excel-pohjaisella lämpöhäviölaskenta sovelluksella.

Lämpöjohtojen lämpöhäviöiksi laskemalla saatiin seuraavanlaiset tulokset.

Pannuhuone, DN 65 teräsputki eristämätön	1 500 W
Maassa, Ecoflex Single 63 eristetty	3 000 W
Sikalassa, Eval-Pex 63 eristämätön	8 800 W
Lattialämmityksen haaroituskohdat, DN 50 teräsputki eristämätön	2 500 W

$$\Phi_{Patteri} = \Phi_{Kattila} - \Phi_{Kok.lämpöhäviöt} \quad , \text{ jossa}$$

$$\Phi_{Patteri} = \text{Patterin teho, kW}$$

$$\Phi_{Kattila} = \text{Hakekattilan teho, kW}$$

$$\Phi_{Kok.lämpöhäviöt} = \text{Putkistosta aiheutuva lämpöhäviö, kW}$$

$$\Phi_{Patteri} = 300kW - (1,5 + 3,0 + 8,8 + 2,5)kW = 284,2kW$$

Myöhemmässä vaiheessa putket saatetaan eristää. Tällöin patterille saatava teho paranee, koska putkien lämpöhäviöt pienenevät huomattavasti. Jos putket eristettäisiin esimerkiksi 30 mm:n villakourulla, tulisi lämpöhäviöiksi seuraavanlaiset arvot.

Pannuhuone, DN 65 teräsputki eristetty	220 W
Maassa, Ecoflex Single 63 eristetty	3000 W
Sikalassa, Eval-Pex 63 eristetty	1800 W
Lattialämmityksen haaroituskohdat, DN 50 teräsputki eristetty	460 W

Siten patterille saatava teho muuttuisi seuraavasti.

$$\Phi_{\text{Patteri}} = 300\text{kW} - (0,22 + 3,0 + 1,8 + 0,46)\text{kW} = 294,5\text{kW}$$

Joten patterin teho tulisi olla 295 kW.

5 KANNATTAVUUS

Kannattavuus-osiossa paneudutaan siihen, miten paljon suhteessa investointiin tällaisesta järjestelmästä tilalla hyödytään ja miksi sellainen kannattaa toteuttaa. Asiaa selvitetään tarkemmin luvuin, jotka perustuvat tilalta saamiin tietoihin, mitä ja miten tällaisen järjestelmän toteuttaminen vaikutti viljankuivauksessa.

5.1 Investointikustannukset

Kuivausilman esilämmitysjärjestelmän toteuttamisesta aiheutuvia lisäkustannuksia on melko vähän. Lisäkustannuksiin kuuluvat ennalta valmiiksi hankittu ja asennettu kiertovesipumppu, joka on muihin tarpeisiin nähden teholtaan moninkertainen. Muita kustannuksia tulee lämmityspatterin ja sikalan päästä kuivaamolle menevän kanaalin hankinnoista, lisäksi LVIA-töistä ja kaivuu- ja rakennusteknisistä töistä. Kustannusarvio on eritelty seuraavasti. Hinnat ovat verottomia hintoja (alv. 0%).

Kiertovesipumppu	700 €
Lämmityspatteri	3 500 €
Lämpökanaali	2 000 €
LVIA-työt	1 500 €
Kaivuu- ja rakennustekniset työt	800 €
 Yhteensä	 6 500 €



Kuva 5.1 Asennettava lämmityspatteri.

5.2 Käyttökustannukset ja säästöt

Varsinaisia käyttökustannuksia järjestelmän ylläpidosta ja käytöstä ei aiheudu. Ainoastaan merkittävin taloudellinen tekijä on se, paljonko haketta kuluu tuottaessa vastaava lämpöenergia kuin mitä öljyn kulutuksen pieneneminen on lämpöenergiana. Tämän lisäksi on kiertovesipumpun ja kattilan syöttölaitteiden aiheuttamaa sähkön kulutusta, mutta se on niin vähäistä, että sitä ei oteta huomioon. Minkäänlaista ylimääräistä työtä lämmitysjärjestelmän käyttö ei varsinaisesti tuota verrattuna pelkkään öljykattilan käyttöön.

Suomen olosuhteissa viljan kuivaus on pakollinen kustannus, mikäli tilalla ei käytetä tuoreviljasäilöntää. Sen suuruuteen pystytään vaikuttamaan sillä, miten vaadittava lämpö tuotetaan. Kuten tässä tapauksessa pienennetään kustannuksia käyttämällä energianlähteenä kevyen polttoaineen sijasta haketta. Tästä seuraa öljyn kulutuksen pieneneminen, joka ilmenee sillä, että öljypolttimen suuttimia joudutaan pienentämään kuivausilman lämpötilan pitämiseksi tavoitellussa 80 – 90 °C:ssa.

Ennen hakelämmityksen toteuttamista:

Öljynkulutukset saadaan Danfossin taulukosta (Liite1) suutin kokojen mukaan.

Pääsuutin: 5,5 Usgal/h \Rightarrow 21,0 l/h

Apusuutin: 3,0 Usgal/h \Rightarrow 11,4 l/h

Voidaan olettaa, että öljypoltin käy koko ajan täydellä teholla, joten öljyä kuluu tunnissa:

$$21,0l/h + 11,4l/h = 32,4l/h$$

joka on lämpötehona:

$$32,4l/h * 10,0kWh/l = 324kW$$

Hakelämmityksen lisäyksen jälkeen:

Pääsuutin: 3,0 Usgal/h \Rightarrow 11,4 l/h

Apusuutin: 3,0 Usgal/h \Rightarrow 11,4 l/h

Lämmityspatteri muuttaa tilannetta siten, että öljypoltin apusuutin on käytössä vain muutaman minuutin viljankuivaamon käynnistämiseksi, kunnes ilman lämpötila saavuttaa asetusarvon. Kyse on kuitenkin niin vähäisestä määrästä öljyä, että sitä ei oteta huomioon. Öljyn kulutus määräytyy nyt vain pääsuuttimen koon mukaan, eli se on 11,4l/h .

Siten öljyllä tuotettava lämpöteho on:

$$11,4l/h * 10,0kWh/l = 114kW$$

Näin hakelämmityksellä tuotettava lämpöteho on öljyllä ennen patterin lisäystä tuotetun ja patterien lisäyksen jälkeen tuotetun lämpötehon erotus:

$$324kW - 114kW = 210kW$$

Hakkeen polton hyötysuhteeksi arvioidaan 0,85.

Vastaavaan lämpötehoon vaadittava hakkeen nettomäärä on:

$$\frac{\frac{210kW}{850kWh/m^3}}{0,85} = 0,291m^3/h$$

Tämä vastaa tilannetta, mikä on viljankuivaamolla, ja ei sisällä lämpöhäviöitä. Käytännössä hakelämpökeskus käy täydellä teholla, jolloin hakkeella tuotettava lämpöteho on 300 kW.

Hakkeen kulutus on:

$$\frac{\frac{300kW}{850kWh/m^3}}{0,85} = 0,415m^3/h$$

Kustannusvertailu tehdään näiden kahden eri lämmitysmuodon välillä.

Energian hinnat Tilastokeskuksen tilastoista /8/. Hinnat ovat verottomia (alv. 0%).

Vaihtoehto 1, lämpö tuotetaan pelkällä öljyllä.

$$0,324MW * 51,2€/MWh = 16,6€/h$$

Vaihtoehto 2, lämpö tuotetaan sekä öljyllä että hakkeella.

$$0,114MW * 51,2€/MWh = 5,84€/h$$

$$0,300MW * 12,3€/MWh = 3,69€/h$$

$$\text{Yhteensä } 9,53€/h$$

Tämän perusteella kuivausilman lämmityskustannus tulee huomattavasti pienemmäksi hake- ja öljylämmityksen yhdistelmäkäytöllä. Säästö kuivaustuntia kohden on:

$$16,6€/h - 9,53€/h = 7,07€/h$$

Näiden lämmitysmuotojen yhdistelmällä lämmityskustannus vähenee n. 42,5 %.

5.3 Lopputulos vuositasolla

Viljankuivaamoja tarvitaan vain muutamia viikkoja ja sen käyttöaika on muutamista kymmenistä tunneista muutamiin satoihin tunteihin vuodessa. Vuosittainen käyttöaika vaihtelee jonkin verran riippuen tilan viljelypinta-alasta, puintiolosuhteista ja mahdollisesta rahtikuivauksesta. Kyseessä olevan tilan viljankuivaamon tämänvuotinen käyntiaika saadaan sen seurantavihosta. Käyntiaika on 285 tuntia. Käyntiaikaan sisältyy myös 3 tuntia jäähdytysaikaa kuivauserää kohti, jolloin lämpö on ollut päällä 195 tuntia.

Vuoden 2007 käyntiajan mukaan laskien kokonaissäästö on:

$$195h * 7,07€/h = 1380€$$

Koska lisäinvestointi on 6 500 €, säästää se itsensä takaisin noin 5 vuodessa. Täten lämmitysjärjestelmän toteuttamisen kannattavuus on kohtuullinen.



Kuva 5.2 Patteri asennettuna paikoilleen.



Kuva 5.3 Koppi valmiina, patteri talvisuojassa.

6 YHTEENVETO

Kyseisessä tapauksessa investoinnin takaisinmaksuaika on 4,7 vuotta, joten tällaisen hankkeen toteuttaminen on kannattavaa. Kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä merkittävin on lämpökeskuksen ja viljankuivaamon etäisyys toisistaan. Lämpöjohtojen eristämällä voidaan vaikuttaa lämpöhäviöihin merkittävästi. Jos lämpöhäviöitä ei olisi, paranisi takaisinmaksuaika 3,5 vuoteen.

Vastaavanlaisen kannattavan lämmitysjärjestelmän peruselementti on tarpeeksi iso hakelämpökeskus, josta saadaan riittävästi tehoa. Kannattavuus perustuu siihen, että lämpökeskus investoidaan muiden tarpeiden vaatimusten mukaan. Sen myötä siitä saadaan hyötyä viljan kuivauksessa. Teholtaan isoa lämpökeskusta ei ole kannattavaa investoida viljan kuivauksen takia, kun muu lämmöntarve on pientä. Ja toisaalta lämmityspatterin ja verkoston investointi ei kannata niin hyvin teholtaan pienen hakelämpökeskuksen yhteydessä.

Tilalla, jossa tämä järjestelmä toteutetaan, on suurin tehontarve noin 280 kW eli lähes lämpökeskuksen teho. Suurin ongelma tässä tapauksessa on rakennusten välinen pitkä etäisyys, jolloin lämpöhäviöt ovat suuret. Lopputulosta parantavia tekijöitä on pinnassa olevien putkien eristäminen ja jos mahdollista rakennusvaiheessa rakennusten sijoittaminen lähelle toisiaan, jotta lämmönsiirrosta ei aiheudu suuria lämpöhäviöitä.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen. Sen käytännönläheisyys on avannut mahdollisuuden käyttää omia tietoja ja taitoja sekä teoriassa että käytännössä. Työssä on saanut perehtyä monipuolisesti energia-asioihin ja hakelämmitykseen maatilalla. Energiakustannukset ja –säästöt ovat tämän hetken tärkeitä ja keskusteltuja aiheita. Monella maatilalla on mahdollisuus pienellä investoinnilla merkittäviin säästöihin vuosien saatossa.

LÄHDELUETTELO

Teokset:

1: Lötjönen, T., Pentti, S. Kuivausteknologia. Palva, R., Kirkkari, A-M., Teräväinen, H. Viljasadon käsittely ja käyttö. Keuruu: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto, 2005. s. 34-51. (ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1012, Tieto tuottamaan 108.)

2: Puhakka, A., Alakangas, E., Alanen, V-M., Airaksinen, L., Soini, R., Siponen, T., Kainulainen, S. Hakelämmitysopas. Helsinki & Joensuu. Motiva, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, 2001. 63 s.

3: Näri, O. (toim.) Koneellistuva maataloutemme. Vaasa: Valtion Maatalousteknologian Tutkimuslaitos, 1987. s. 225-234.

4: Anttila-Lindeman, H. Radiaattorilla hyödynnetään hakelämpökeskuksen kapasiteetti kuivurilla. Käytännön maamies 9/2006. s. 4-9.

5: Antti-Teollisuus Oy. Esitteet.

6: Ariterm Oy. Tuotekansio.

7: Danfoss. Tuotekansio.

Internetlähteet:

8: www.stat.fi/til/ehkh/2007/02/ehkh_2007_02_2007-09-20_tie_001.html
[Viitattu 16.11.2007]

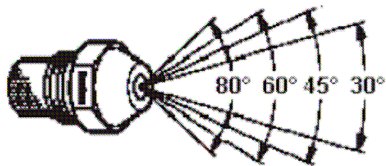
LIITE 1

Öljyn kulutus suutinkoon mukaan.

kg/h	USgal/h	l/h		45 °	60 °	80 °
6,30	2,00	7,60		030F4132	030F6132	030F8132
7,10	2,25	8,50		030F4134	030F6134	030F8134
8,00	2,50	9,50		030F4136	030F6136	030F8136
9,00	2,75	10,40		030F4138	030F6138	030F8138
10,00	3,00	11,40		030F4140	030F6140	030F8140
11,20	3,50	13,30		030F4142	030F6142	030F8142
12,50	4,00	15,10		030F4144	030F6144	030F8144
14,00	4,50	17,00		030F4146	030F6146	030F8146
16,00	5,00	19,00		030F4148	030F6148	
18,00	5,50	21,00		030F4150	030F6150	
20,00	6,00	23,00		030F4152	030F6152	

10 12,26

S



LIITE 2

Suuntaa antava luonnos rakennusten sijoituksista.

Mittakaava 1:1000.

