

Marko Pensas

Viljankuivaamon sähköasennukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

12.5.2014

Tekijä Otsikko	Marko Pensas Viljankuivaamon sähköasennukset
Sivumäärä Aika	45 sivua + 2 liitettä 12.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Tässä insinöörityössä tarkasteltiin, millaisia sähköasennuksia nykyaikainen viljankuivaamo pitää sisällään. Pääasiallisena tarkoituksena oli perehtyä maatilamme viljankuivaamon sähkölaitteistoon. Kyseinen kuivaamo valmistui käyttökuntoon kesällä 2013, ja kyseessä on uusi rakennus.</p> <p>Aluksi tässä työssä perehdyttiin viljankuivauksen tarkoitukseen ja historiaan. Viljankuivaamot kehittyivät vuosikymmenten saatossa riihestä nykyiseen pakettikuivuriin etenkin leikkuupuimureiden yleistyessä. Puimureilla sato saatiin nopeasti korjattua kosteampanakin, joten tehottomien riihien tilalle alettiin kehitellä uudenlaisia, nopeampia ratkaisuja.</p> <p>Viljankuivaamotyyppinä on erilaisia, ja näistä yleisimmässä käytössä Suomessa on lämminilmakuivuri. Viljan fysiologisiin ominaisuuksiin perustuvalla menetelmällä kosteus saadaan jyvistä pois lämmittämällä ja jäädyttämällä sitä vuorotellen. Lämmittäminen saadaan aikaan uunilla, jonka tuottama lämmin ilma kuljetetaan kuivurin kuivauskennostossa olevan viljamassan läpi. Lämmin viljamassa kierrätetään elevaattorilla takaisin kuivaajan yläsäiliöön jäähtymään lämpöisen viljamassan päälle.</p> <p>Viljankuivaamo on laitos, jossa on liikkuvia osia runsaasti. Kaikkien liikkuvien osien liike saadaan aikaan sähkömoottoreilla, joten automatiikka saadaan rakennettua näiden ympärille luontevasti. Suurimpia sähkömoottoreita ohjataan taajuusmuuttajilla, jolloin virrankulutus etenkin käynnistysvaiheessa saadaan pudotettua. Taajuusmuuttajilla voidaan säätää sähkömoottoreiden pyörimisnopeutta tarpeen mukaan, ja energiankulutusta saadaan sen myötä myös vähennettyä.</p> <p>Kuivurin koekäyttö suoritettiin onnistuneesti elokuun 2013 kynnyksellä. Kuivuri toimi moitteettomasti sadonkorjuun ajan, ja se oli kovassa käytössä. Sato saatiin korjattua uuden kuivurin ansiosta paljon nopeammin kuin aikaisempina vuosina, ja koko sato saatiin varastoitua odottamaan parempaa ajankohtaa myydä eteenpäin.</p>	
Avainsanat	lämminilmakuivuri, uuni, kuivauskennosto, yläsäiliö, elevaattori, sähkömoottori, taajuusmuuttaja

Author Title	Marko Pensas Electrical Installations of a Grain Dryer
Number of Pages Date	45 pages + 2 appendices 12 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarno Varteva Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine what kind of electrical devices are installed to a modern grain dryer. The main issue was to become familiar with the electric machinery in a grain dryer of our family farm. The dryer and its building were taken into use in summer 2013.</p> <p>In the study, the aim of grain drying and its history are introduced. Grain dryers were developed to the current form after combine harvesters became usual in the 1950s and 1960s. Combine harvesters were so efficient that the low capacity of drying barns were not enough anymore. There was need for modern and faster solutions in grain handling.</p> <p>There are several types of dryers on the markets, and in Finland the most popular type of dryer is the hot air dryer. Based on the physiological features of grain, moisture removal can be done by warming up grain and then cooling it down time after time. Warmth is created by the burner which produces hot air to be forced through the grain mass in the drying section of the dryer. Warm grain is then hoisted by elevator on top of the warm grain mass, to the buffer section, where the grain mass starts losing moisture when cooling down.</p> <p>Grain dryer is a facility with dozens of moving parts. The movement of all these parts is created by several electric motors and automation is used to support the functions of these motors. The biggest motors in the facility are controlled with frequency converters which make current consumption decrease especially in the starting phase of motors. The rotational speed of motors can be adjusted by frequency converters, which affects energy consumption positively.</p> <p>The test run of the grain dryer was done successfully in the beginning of August 2013. The grain dryer worked as it should during the harvesting period. Harvesting was done more efficiently in year 2013 than it has ever been done before, because of the new dryer. Also it was possible to store the grains inside silos, which helps to make more profit when the grain can be sold forward later as raw material.</p>	
Keywords	hot air dryer, burner, drying section, buffer section, elevator, electric motor, frequency converter

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Viljan kuivaaminen	2
3	Viljankuivaamo	3
3.1	Lämminilmakuivuri	3
3.1.1	Kaatoallas	4
3.1.2	Elevaattori	5
3.1.3	Uuni	7
3.1.4	Puhallin	8
3.1.5	Kuivauskennosto	9
3.1.6	Yläsäiliö	11
3.1.7	Jalusta	11
3.1.8	Pohjaimuri	13
3.1.9	Esipuhdistaja	14
3.1.10	Varastosiihot	14
3.2	Kylmäilmakuivuri	15
4	Tarkasteltava viljankuivaamo	17
5	Kuivaamon sähköasennukset	18
5.1	Maatilan pääkeskus	18
5.2	Kuivaamon keskus	19
5.3	Kuivaamon kaapelointi	20
5.3.1	Pääkaapeli	20
5.3.2	Kaapelointireitit	22
5.3.3	Päämaadoitus	23
5.3.4	Kuivurin maadoitus	23
5.3.5	Ukkosenjohdatin	24
5.4	Kuivaamon sähkömoottorit	24

5.4.1	Kaatoallas	24
5.4.2	Elevaattori	26
5.4.3	Uuni	27
5.4.4	Puhallin	28
5.4.5	Jalusta	29
5.4.6	Esipuhdistaja	30
5.4.7	Pyörösiilo	31
5.5	Lisälaitteet	32
5.5.1	Ilmaputkien suojalaitteet	32
5.5.2	Elevaattorin pyörintävahti	33
5.5.3	Jalustavaaka	34
5.5.4	GSM-moduuli	34
5.5.5	Täyttöautomaatiikka	35
5.5.6	Prosessin merkkivalot	36
5.6	Valaistus ja pistorasiat	37
5.6.1	Vastaanotto	37
5.6.2	Pohjakerros	38
5.6.3	Keskitasanne	39
5.6.4	Ylätasanne	39
6	Kuivausprosessi	40
7	Kuivurin käyttöönotto	41
8	Pohdintaa	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Viljankuivaamon asemapiirustus	
	Liite 2. Antti Agrosec DigiControl -keskuksen toiminnot	

Lyhenteet ja käsitteet

GSM	Global System for Mobile Communications. Täysin digitalisoitu matkapuhelinverkko.
PTC	Positive Temperature Coefficient. Vastuslämpötila-anturi.
I/O-kytkin	Päälle-pois -kytkin.
Kuivuri	Viljankuivaamon kuivauslaitteisto.
LTM-termostaatti	Viljankuivureissa käytettävä kanavatermostaatti.
Pakettikuivaamo	Viljankuivaamotyyppi, jossa kuivurikoneisto sijaitsee silojen ohessa rakennuksen sisällä.
Suorakäynnistys	Kolmivaihemoottorin käynnistystapa, jossa moottori käynnistetään verkkoa vasten.
Sykloni	Pyörre-erotin.
Uuni	Kuivurin lämpölähde. Yleisesti käytetty nimitys niin puhekuin kirjakielessä.

1 Johdanto

Insinööriyössä perehdytään nykyaikaisen, hiljattain valmistuneen viljankuivaamon sähköasennuksiin. Kuivaamo rakennettiin maatilalle, josta tämän insinööriyön kirjoittaja on kotoisin.

Kuivaamo on laitos, joka mahdollistaa viljan säilyvyyden teollisuuden käyttöön asti. Kuivaamon tärkein osa on kuivuri, jonka avulla itse viljan kuivaus tapahtuu.

Kuivureiden toimintaperiaate on säilynyt hyvin samanlaisena jo vuosikymmenten ajan, ja vanhat menetelmät ovat saaneet vain maltillisia päivityksiä. Päivitykset ovatkin liittyneet suurilta osin vain hyötysuhteen parantamiseen ja kapasiteetin kasvattamiseen. Uudet ratkaisut vanhan tekniikan rinnalle ovat yleensä laadittu pelkästään kuivurin käytön helpottamiseksi. Tällaisia ratkaisuja ovat esimerkiksi jalustavaaka, etäohjaus ja GSM-ilmoitin. Puintiajan kiireisiin perustuen automaation on hyvä olla mahdollisimman pitkälle kehittyntä, sillä se jouduttaa sadonkorjuuta huomattavasti.

Kuivaamot valmistetaan tehtaalla asiakkaan toiveiden mukaan. Koko laitos toimitetaan osissa sijoituspaikkaan, jossa se kootaan paikalleen. Työssä tarkastelun kohteena olevan kuivaamon sähköasennuksista ja -asennusten eri vaiheista on tarkoituksena havainnollistaa, miten monipuolisesta ja käytännöllisestä laitoksesta on kyse.

2 Viljan kuivaaminen

Suomen ilmastossa saadaan lähes aina viljaa, joka ei säily ilman säilöntätoimenpiteitä. Säilymisen varmistamiseksi vilja tyypillisesti kuivataan. Muita vähemmän käytettyjä menetelmiä ovat säilöntäaineiden käyttö sekä varastoiminen ilmatiiviisti. Teoriassa säilymistä voitaisiin parantaa myös jäädyttämällä viljaa. Jäähdytys tai tuuletus onkin käytössä lämpimissä maissa, joissa varastoinnin aikana vilja alkaa lämmetä. [1, s. 140.]

Viljaa kuivataan, että se säilyisi varastoinnin ajan. Lisäksi kuivaamisen yleisyyteen vaikuttaa markkinat, jossa vain kuivalle viljalle on kysyntää. Kuivauksessa viljasta poistetaan niin paljon kosteutta, että jyvien pilaantuminen ei etene. Homeiden ja sienten toiminta estyy, koska kosteutta ei ole. Jos vilja kuivataan noin 14 prosentin kosteuteen, saavutetaan pitkäaikainen varastointikelpoisuus. Viljan puintikosteus on Suomessa tyypillisesti alle 25 prosenttia, ettei itävyys vaarantuisi puinnin yhteydessä. Puintikosteudessa ei kuitenkaan usein päästä ihanteelliseen 16 - 18 prosentin kosteuteen, jolloin jyvään tulisi vähiten vaurioita mekaanisen käsittelyn johdosta. [1, s. 140 - 141; 2, s. 52.]

Ennen 1960-luvulla tapahtunutta leikkuupuinnin yleistymistä viljan annettiin kypsyä pelloilla pidempään jolloin ns. kasvukosteus oli korjuuhetkellä alhainen. Vilja kuivattiin leikkuun jälkeen olkineen riihessä (kuva 1), joten kypsyminen ja kuivuminen jatkuivat luontaisesti. Vilja puitiin vasta kuivauksen jälkeen, kun oli satunnaisia jyviä puraisemalla todettu vilja kosteudeltaan tarpeeksi alhaiseksi. Kuivauksen tehokkuutta on leikkuupuinnin yleistyessä tarvinnut nostaa, sillä riihien kapasiteetti ei enää riittänyt, ja kuivausmenetelmä vaati uudistamista. [3, s. 224.]



Kuva 1. Rukiin kuivaamista ja puintia riihessä [4.]

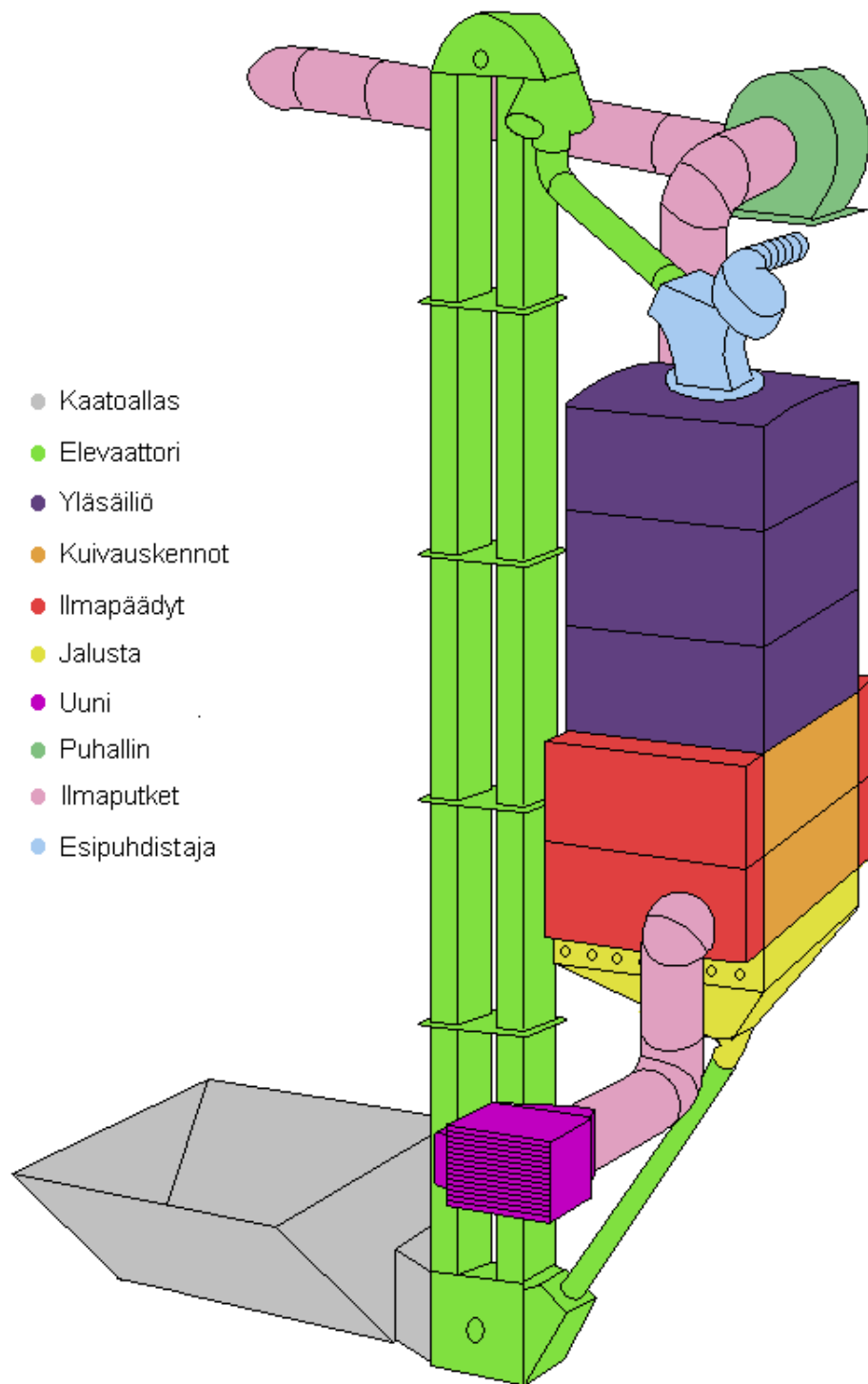
3 Viljankuivaamo

Viljankuivaamoita on olemassa kahta perustyyppiä: lämminilma- sekä kylmäilmakuivureita. Suomessa yleisimmin käytössä ovat lämminilmakuivurit niiden tehokkuuden, käytännöllisyyden, ja Suomen ilmastoon soveltuvuuden vuoksi. Suomalaisia kuivurivalmistajia ovat Antti-teollisuus Oy, Arskametalli Oy sekä Mepu Oy.

3.1 Lämminilmakuivuri

Lämminilmakuivurin toiminta perustuu viljan fysiologisiin ominaisuuksiin luovuttaa kosteutta. Kun kuivausilmaa lämmitetään, sen vedensitomiskyky kasvaa huomattavasti. Kuumennetun ilman suhteellinen kosteus on erittäin alhainen, jolloin kosteuden siirtyminen viljamassasta kuivausilmaan nopeutuu. Kuivumisnopeuden ja energiatalouden kannalta lämminilmakuivauksessa tulisi käyttää mahdollisimman korkeaa lämpötilaa, mutta jyvän itäminen ja leivontalaatu voivat tällöin kärsiä. Riskinä on myös kuivaamon ylikuumentuminen ja tuleen syttyminen. Kuivureiden paloturvallisuusmääräyksissä lämminilmakuivuriksi katsotaan kuivurit, joiden kuivausilmaa lämmitetään yli 20 °C:ta. [2, s. 34 - 35; 3, s. 229.]

Lämminilmakuivuri koostuu yläsäiliöstä, kuivauskennoista, ilmapäädystä, syöttölaitteesta, elevaattorista, polttimesta, ilmaputkista ja imurista, esipuhdistimesta sekä kaa-toaltaasta (kuva 2). Jokainen elementti on tärkeä osa kuivausprosessia.



Kuva 2. Alipaineella toimivan lämminilmauivurin oleelliset osat

3.1.1 Kaatoallas

Kun puitu vilja tuodaan kuivattavaksi, se kipataan peräkärryn lavalta kaatoaltaaseen (kuva 3). Kaatoaltaan pohjalla, elevaattorin ja kaatoaltaan välillä, on purkausluukku,

jonka kautta allas tyhjenetään elevaattoriin. Luukun avulla voidaan myös säännöstellä viljamäärän ottamista kuivattavaksi. Uusi erä viljaa voidaan jättää kaatoaltaaseen myös puskurivarastoon vanhan erän ollessa kuivauksessa.

Kaatoaltaita on erilaisia, tyypillisin on vapaalla kaadolla oleva, suppiloa muistuttava allas. Tämän tyyppisessä kaatoaltaassa vilja siirtyy elevaattoriin painovoiman avulla. Tällaiset suppilon muotoiset altaat ovat monesti peruutettavaan purkuun tarkoitetuissa kuivaamoissa, sillä altaan sivujen täytyy olla melko jyrkässä kulmassa viljan juoksevuuden edistämiseksi.

Nykyään kaatoaltaiden pohjalle voidaan asentaa ruuveja tai kolakuljettimia, jolloin kaatoaltaan muodolla ei ole enää suurta merkitystä. Tällaiset apuvälineet lisäävät monesti altaan kapasiteettia ja mahdollistavat myös mm. altaan yliajettavuuden.



Kuva 3. Mepun yliajettava kaatoallas. Tukipalkkien päälle asennetaan yliajoritiä [5, s. 5.]

3.1.2 Elevaattori

Elevaattorilla on useita tehtäviä, joissa kaikissa viljaa täytyy saada nostettua ylös. Elevaattorilla täytetään kuivuri kosteasta viljasta, kierrätetään viljaa kuivauksen aikana, sekä tyhjenetään kuivurista valmis, kuivattu vilja silloihin tai peräkärrylle.

Elevaattorin sisällä on hihna, johon on kiinnitetty satoja kuppeja (kuva 4) elevaattorin pituuden mukaan. Kupit kuljettavat viljaa ylöspäin. Elevaattorin hihna pyörii kahden hihnapyörän välillä, joista alhaalla elevaattorin pohjassa oleva hihnapyörä on akseliltaan kiinnitettyä laakereihin molemmin puolin elevaattoria. Alhaalla sijaitsevan hihnapyörän avulla säädetään myös hihnan kireyttä. Ylempi hihnapyörä on myös laakeroitu akseliltaan, ja hihnan veto tapahtuu tyypillisesti elevaattorin ylemmältä hihnapyörältä. Sähkömoottori voi olla kytketty suoraan vaihteen avulla elevaattorin hihnapyörän akseliin, tai etenkin vanhemmissa elevaattoreissa veto voi tapahtua sähkömoottorilta kiilahihnojen välityksellä.



Kuva 4. Läpileikkaus elevaattorin yläosasta [6.]

Elevaattorin yläosassa on jakaja (kuva 5), jonka avulla vilja voidaan ajaa haluttuun päämäärään. Jakajan yksi väylä on varattu kuivurille menevään putkeen, mutta loput väylät voidaan valita käyttötarkoituksen mukaan. Tyypillisesti jakaja on kolmitiejakaja, jolloin kuivurille menevän putken lisäksi kaksi muuta lähtöä on tarkoitettu siirrettävälle putkelle sisäsiiloihin tyhjäykselle, ja ulospurkuputkelle. Jakaja voi olla joko täysin automatisoitu, jolloin jakajan purkureitti voidaan asettaa sähköisellä etäohjauksella haluttuun asentoon, tai täysin mekaaninen, jolloin jakaja täytyy käydä asettamassa lihasvoimin vipuja kääntämällä.

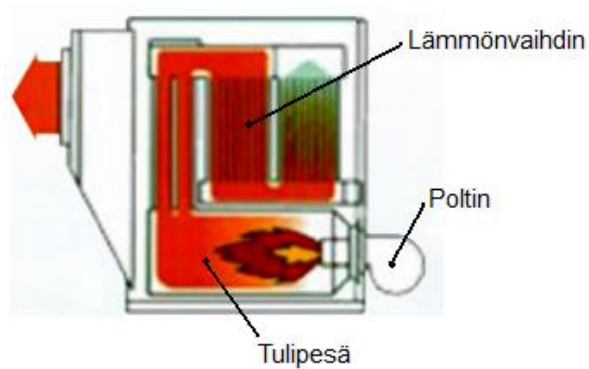


Kuva 5. Elevaattorin yläosa, jossa mekaaninen kolmitiejakaja

3.1.3 Uuni

Kuivuriuuni tuottaa tarvittavan lämmön kuivausprosessille. Uunien polttimet ovat tyypillisesti polttoöljy-käyttöisiä, mutta myös bioenergialla kuten hakkeella lämmittävät biopolttimet ovat yleistymässä nopeasti. Biouunien menekki on kasvanut tasaisesti noin 50 prosenttia vuodessa [7].

Polttin tuottaa tulipesässä kuumaa ilmaa lämmönvaihtimelle (kuva 6), josta lämpö ohjataan tehokkaan keskipakoispuhaltimen avulla ilmaputkea pitkin kuivurin kuivauskennoon. Kuivauskennoista kosteutta itseensä sitonut, jäähtynyt ilma poistuu poistokanavaa pitkin ulkoilmaan.



Kuva 6. Kuivuriuunin rakenne [8.]

3.1.4 Puhallin

Lämpimän ilman puhaltamis-periaatteen perusteella lämminilmakuivurit voidaan jakaa kahteen eri perustyyppiin:

- Ylipaineekuivureihin
- Alipaineekuivureihin

Ylipaineekuivurissa keskipakoispuhallin sijaitsee uunin ohessa (kuva 7), ja ulkoilmasta imettävä ilma puhalletaan polttimen lämmönvaihtimen läpi. Tällä tavalla polttimelta kuivurille kulkeutuva kuuma ilma pakotetaan viljamassan läpi ylipaineella.



Kuva 7. Antti HiPress 400 -ylipaineuuni [9, s.12.]

Alipaineekuivurissa keskipakoispuhallin, eli imuri (kuva 8), sijaitsee kuivurin lämpökannan poistopuolella, tyypillisesti kuivaamon ylätasanteella. Tehokas puhallin imee kuivausilman aina uunin lämmönvaihtimen kautta ulkoilmasta kuivurille, jossa lämmin ilma pakotetaan alipaineella viljamassan läpi.

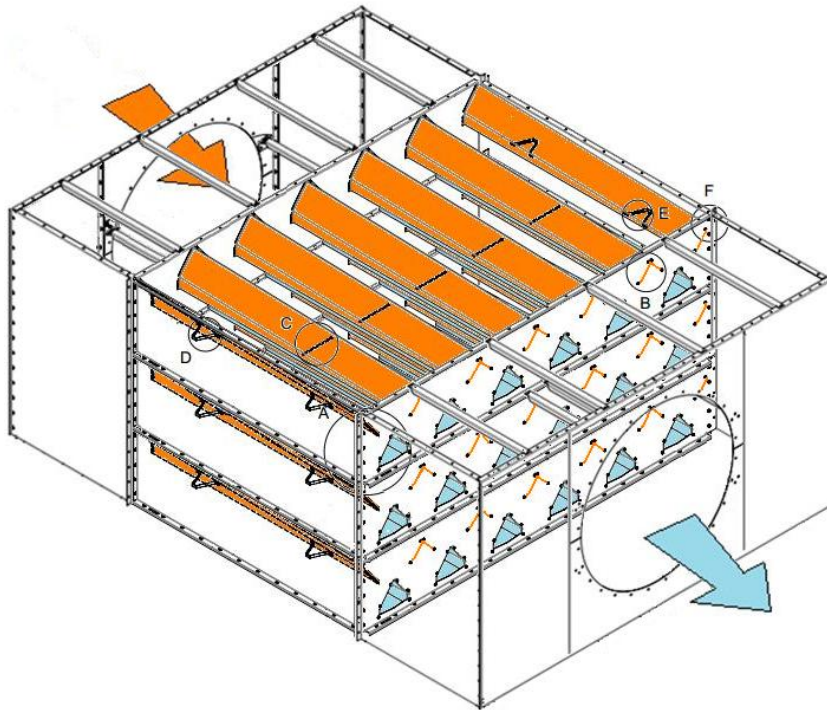


Kuva 8. Antti VacBoost 300 -alipaineuuni sekä poistupuolelle asennettava imuri [9, s.12.]

3.1.5 Kuivauskennosto

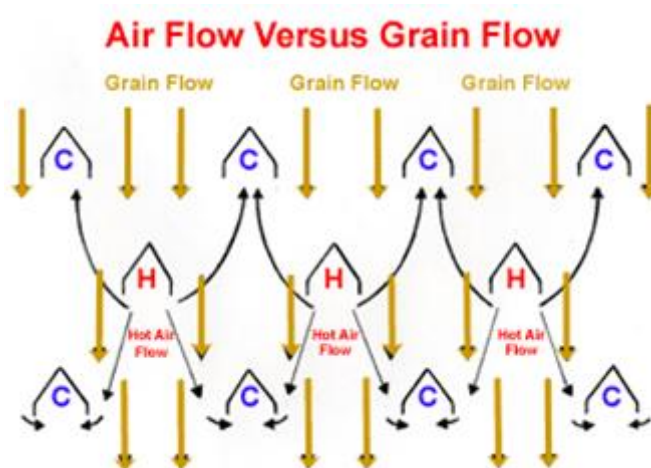
Kuivauskennosto koostuu metallisista harjoista, joiden kautta kuuma ilma pääsee viljamassan läpi. Harjat ovat toisesta päästä ummessa ja toisesta päästä avonaisia, suoraan yhteydessä ilmapäätyihin. Harjojen alla oleva tilavuus suppenee tasaisesti tulo- puolelta poistupuolelle katsottuna, että kuuma ilmavirta tunkeutuisi tasaisella paineella viljamassan läpi koko lämpöisen harjan matkalta kylmälle poistoharjalle.

Ilmapääty on kuivurin kuivauskennoston yhteydessä oleva avonainen tila, johon lämpökanavan tulo- tai poistoputket ovat kytkettynä (kuva 9). Ilmapääty tasaa paineen jokaiselle harjalle samantapaiseksi, ja ilmapäädyissä olevilla sulkulevyillä voidaan säätää harjoille menevän ilman määrää, mikäli kuivattavana on normaalia pienempi erä viljaa.



Kuva 9. Lämpöleikkaus kuivauskennon ilmaharjoista sekä ilmapäädystä, oranssilla on merkitty saapuva lämmin ilma, ja sinisellä poistuva jäähtynyt ilma [10, s. 11.]

Ilma kulkee harjojen alla, ja toisesta päästä umpinaisen harjan johdosta, paine pakottaa lämpimän ilman siirtymään lämpimältä harjalta kylmälle harjalle kuvan 10 osoittamalla tavalla. Siten kuivauskennoston läpi painovoiman avulla kulkeva viljamassa imee itseensä lämmintä ilmaa mahdollisimman tehokkaasti. Tyypillinen lämpötila kuivauksessa käytettävällä tuloilmalla on noin 80 celsiusastetta.



Kuva 10. Ilman virtaaminen harjojen välillä. H = lämpimän ilman tuloharja, C = jäähtyneen ilman poistoharja [11.]

3.1.6 Yläsäiliö

Yläsäiliö on siilomainen osa kuivauskennoston päällä, ja se koostuu päällekkäin asennetuista metallisista seinäkerroksista. Lämmin viljamassa kierrätetään kuivauskennosta elevaattorin avulla kuivurin yläsäiliöön, jossa jyvät jäähtyvät. Jäähtyessään viljamassa valuu jatkuvasti alaspäin kohti kuivauskennoja, joissa jyvät saavat jälleen lämpöä. Lämmin viljamassa kierrätetään elevaattorilla yhä uudelleen yläsäiliöön. Kuivauksen ajan tämä toimenpide on jatkuvaa.

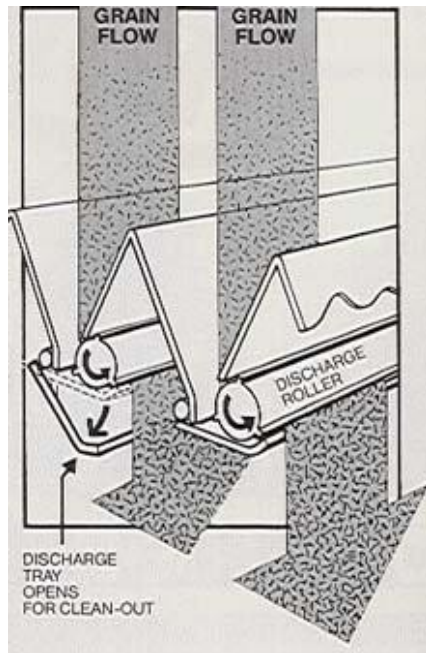
3.1.7 Jalusta

Jalustan avulla kuivuri seisoo jalkojen varassa (kuva 11). Jalustan alle räätälöidään järeistä rautapalkeista kehikko, että kuivuri pysyisi tukevasti tasapainossa. Jalustassa sijaitsevat syöttölaite, sekä pohjasuppilo. Syöttölaite koostuu useasta kaukalosta kuivauskennoston alimman harjarivin alapuolella. Kaukalot ovat yhtä pitkiä kuin kuivuri on leveä, ja niiden rinnakkain oleva määrä riippuu kuivurin kapasiteetista, tyypillisesti pohjakaukaloita on 4 - 12 kappaletta. Kaukaloissa on kussakin siivellinen, kaukalon pituinen laakeroitu akseli, joka työntää viljaa putoamaan elevaattoriin. Koska syöttölaitteen akseleihin välittyvä veto tapahtuu yhdestä voimanlähteestä, tyypillisimmin sähkömoottorista, on akselit mekaanisesti sidottu toisiinsa siten, että jokainen akseli tekee samanlaista liikerataa samanaikaisesti.



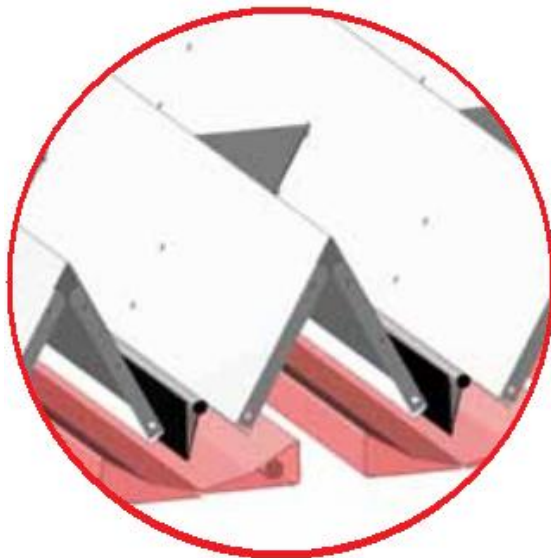
Kuva 11. Kuivurin jalusta, jossa syöttölaite on korostettuna [12.]

Syöttölaitteen toiminta voi poiketa eri kuivurivalmistajilla paljonkin. Syöttölaitteen akselit voivat olla varustettuna useammalla siivellä, ja akseli pyörii lineaarisesti yhteen suuntaan. Tällöin kyseessä on telasyöttö (kuva 12).



Kuva 12. Lineaarisesti pyörivään syöttötelaan perustuva syöttölaite avattavilla pohjakaukaloilla. [13.]

Toinen syöttölaitetyyppi on lapasyöttö (kuva 13). Tällaisen syöttölaitteen toimintatapa perustuu yhdellä lavalla varustettuun akseliin, joka heiluu edestakaisin ja syöttää viljaa elevaattorille. Akseleita on tällaisessa syöttölaitteessa useita vierekkäin.



Kuva 13. Lapasyöttöön perustuva syöttölaite avattavilla pohjakaukaloilla. [14, s. 7.]

Syöttölaite on suunniteltu siten, että vilja pysyy kuivurin sisällä kun syöttölaite ei ole päällä, tai kaukaloiden pohjaluukut eivät ole auki. Avattavalla pohjakaukalolla saadaan kuivuri täysin tyhjäksi kun kuivattu viljaerä ajetaan silloihin.

Koska syöttölaitteen toiminta vaikuttaa paljon viljan kierto-, ja sitä myötä kuivaamisnopeuteen, täytyy syöttölaitteen nopeuden olla säädettävissä. Ennen syöttölaitteiden nopeus säädettiin mekaanisesti, mutta nykyisin nopeutta säädetään taajuusmuuttajalla.

3.1.8 Pohjaimuri

Pohjaimurin puhallin on keskipakoispuhallin, joka sijaitsee kuivurin jalustan pohjasuppilossa olevan imukanavan päädyssä, syöttölaitteen alapuolella. Pohjaimurin puhallinosa moottoreineen on tyypillisesti samanlainen kuten esipuhdistin (kuva 14). Puhaltimelta johdetaan metalliputki ulkoilmaan.



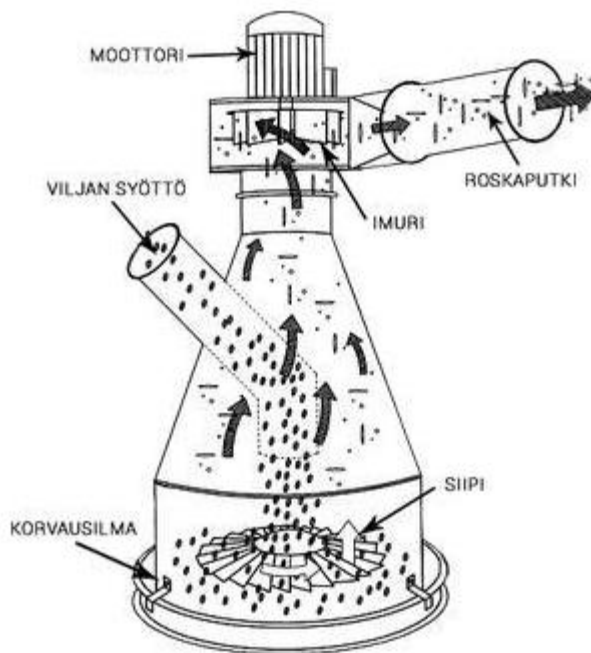
Kuva 14. Kuivurin pohjasuppilon seinään asennettava puhallin [15.]

Pohjaimuria käytetään ylipaineekuivureissa, sillä uunin suunnalta puhaltava puhallin muodostaa ylipaineen kuivurikoneiston sisälle, jolloin kostea ilma työntyy myös kohti elevaattoria. Tällöin pöly paakkuuntuu jalustan pohjasuppiloon ja kostea pöly voi tukkia pohjasuppilon sekä sotkee elevaattorin. [16.]

Alipaineekuivureissa pohjaimurin käyttö ei ole välttämätöntä. Imurin luoma alipaine poistaa kuivurista kosteutta lämmön mukana, ja ilma ohjautuu täten imun avulla pelkästään yhteen suuntaan, kohti poistokanavaa. [16.]

3.1.9 Esipuhdistaja

Esipuhdistaja sijaitsee kuivurin yläsiliön päällä. Esipuhdistaja koostuu pienestä keskipakoispuhaltimesta, joka imee jyviä kevyemmät roskat kiertävästä viljasta ja puhalttaa ne ulos putkea pitkin (kuva 15). Esipuhdistajassa on elementti, joka levittää juoksevan viljamassan ohueksi kerrokseksi, että roskat imeytyvät tehokkaasti pois. Tällaisia elementtejä voivat olla siivellinen kiekko, tai levitinlevy. Esipuhdistin pidetään päällä koko kuivausprosessin ajan, että kuivattava vilja saataisiin puhdistettua oljenkorsista ja muista roskista.



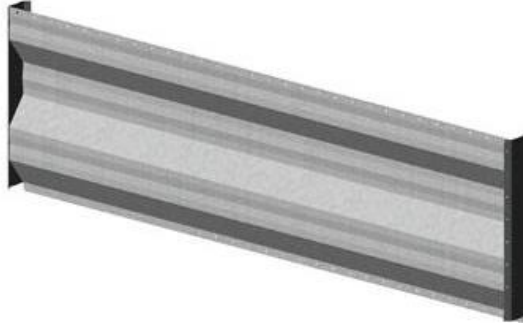
Kuva 15. Esimerkki esipuhdistajan rakenteesta, valmistajana Arskametalli Oy [17.]

3.1.10 Varastosiihot

Että viljan kuivaus sujuisi joutuisasti, täytyy valmiiksi kuivattu viljaerä ajaa pois kuivurista uuden viljaerän tieltä. Helpoiten viljaerän saa ajettua varastoitavaksi siiloon. Varastosiihoja on nykyään saatavilla myös kuivaavina, jolloin niihin voidaan asentaa puhallinkanava pohjaan. Varastosiihoja on kahdenlaista tyyppiä; elementtsiihoja sekä pyörösiihoja.

Elementtsiihot koostuvat profiilipelleistä (kuva 16), joita yhdistämällä saadaan tukeva ja kantava siilo. Profiilipeltien reunoilla olevat paksummat palkit muodostavat hyvin

kantavan rakenteen, jättäen kotelon vaakasuorasti yhdistettyjen elementtien risteyksiin. Pakettikuivaamoiden seinät ovat nykyisin profiilipelleistä koottuja, ja kuivaamovalmistajat tarjoavat niitä kiiltävinä, eli kuumasinkittyinä, tai maalattuina.



Kuva 16. Elementtisiilot kootaan yksittäisistä profiilipelleistä [18.]

Pyörösiiloja (kuva 17) käytetään tavallisesti ulkovarastoina, ja niillä voidaan helposti laajentaa kuivaamon varastointikapasiteettia. Pyörösiiloilla varastointikapasiteetti saadaan moninkertaiseksi verrattuna elementtisiiloihin. Pyörösiilot vaativat tyhjennykseen viljaruuvien, sillä siilon perustukset joudutaan valamaan matalalle.



Kuva 17. Pyörösiilo [19.]

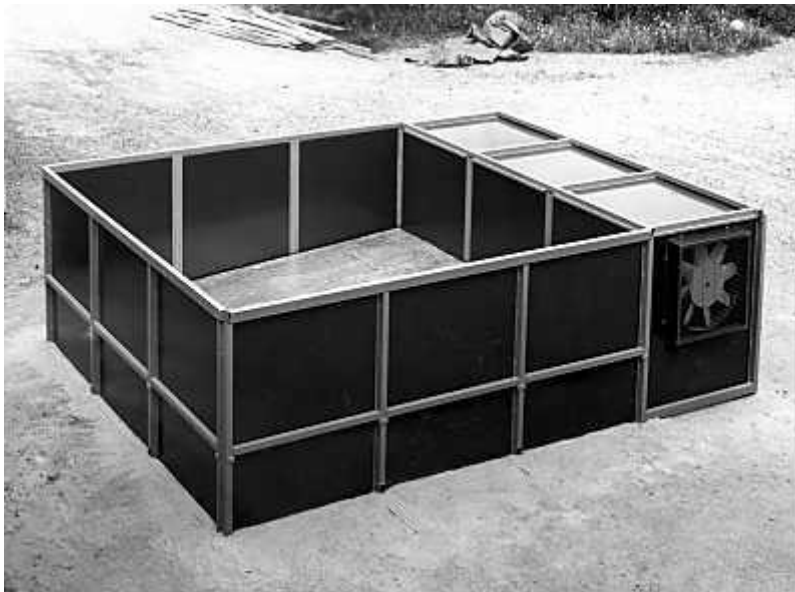
3.2 Kylmäilmakuivuri

1950-luvun lopulla alettiin Suomessakin kehittää kylmäilmakuivureita Ruotsista saatujen esimerkkien johdosta. Aluksi kylmäilmakuivureiden käyttö yleistyi Suomen ruotsinkielisillä alueilla, mutta sittemmin niiden käyttö yleistyi koko maassa. Lavakuivureita

(kuva 18) valmistettiin 1980-luvun alkuun saakka, jolloin viimeisetkin lavakuivurit pois-
tuivat myynnistä Suomessa. [3, s. 231; 20, s. 5.]

Tyypillinen kylmäilmakuivuri on tasokuivuri, joka on jaettu laareihin. Laarien pohjana on suomulevyillä päällystettyjä kanavia, joiden pienistä rei'istä ilmavirta pääsee jyväsaa-
saan. Ilmavirta tuotetaan potkuripuhaltimella, joka jakaa ilmavirran kuivurin pohjana
oleviin ilmakehisiin. Viljakerroksen lävitse puhalletaan lämmittämätöntä, tai hieman
lämmitettyä ilmaa. Viljan kuivuminen alkaa pohjalta, ja kuivauksen alussa pintakerros
voi kostua huomattavasti. Mikäli viljakerroksen paksuutta ja puhallettavan ilman mää-
rää ei optimoida, kuivurissa olevan viljamassan päällimmäinen kerros saattaa pilaan-
tua. [3, s. 231.]

Suomen syys-oloista johtuen, kylmäilmakuivureilla on lähes mahdotonta saavuttaa
viljan 14 prosentin varastointikosteus ilman lisälämpöä. Kuivauksen yhteydessä ympä-
ristön kostea ilma siirtyy suoraan viljaan, mikä tekee kuivauksesta pitkäkestoisen pro-
sessin. Siksi kylmäilmakuivureita käytetäänkin pääasiassa lämpimissä maissa.



Kuva 18. Kylmäilmakuivuri eli lavakuivuri [21.]

4 Tarkasteltava viljankuivaamo

Maatilan viljasato kuivatettiin aiemmin muiden maatilojen kuivureissa rahtina. Vuonna 2012 tehtiin päätös oman kuivaamon rakentamisesta. Tähän päätökseen vaikuttivat mm. sadonkorjuun jouduttaminen sekä varastointikapasiteetin kasvattaminen. Varastoinnin merkitys on suuri viljan hinnan määräytyessä vuodenajan sekä globaalin kysynnän mukaan – hinnat ovat syksyisin alhaiset ylitarjonnan vuoksi, joten sato kannattaa varastoida ja ajoittaa myynti sopivampaan ajankohtaan. Varastointikapasiteetti on esitetty kuvan 19 ohessa muiden yleisien tietojen kanssa.



Yleiset tiedot:

Valmistumisvuosi:	2013
Kuivurin tilavuus:	316 hl
Uunin teho:	400 kW
Elevaattorin kapasiteetti:	100 tn/h
Kuivaustapa:	Alipaine
Siilotilavuus:	286,5 m ³ + toinen 160 m ³ pyörösiilo rakenteilla
Valmistaja:	Antti-teollisuus Oy

Kuva 19. Tarkastelun kohteena oleva viljankuivaamo

Kuivaamon rakennuspaikaksi valittiin vanhan konehallin tausta, jossa oli sopiva kaistale peltoa vapaana. Lisäksi paikka on tien vieressä, joten ajoneuvoyhdistelmälläkin pääsee helposti kuivaamolle. Huomioitavaa rakennuksen sijoittamispaikassa oli maa-alan kapeus, joka on 32 metriä leveyssuunnassa, maakaistaleen itäpuolella sijaitsee konehalli, ja länsipuolella kulkee 20 kV voimalinja. Nämä tekijät rajoittivat rakentamista etenkin leveyssuunnassa. Kuivaamon asemapiirros esitetään liitteessä 1.

5 Kuivaamon sähköasennukset

5.1 Maatilan pääkeskus

Pääkeskus sijaitsee vanhan ulkorakennuksen takaseinällä (kuva 20). Vanha 1960-luvun tulppasulakkein varusteltu keskus vaihdettiin nykyaikaiseen kuivaamoprojektin yhteydessä kesällä 2012. Pääsulakekoko oli vanhalla keskuksella 25 A, ja kuivurin lisäämisen vuoksi uusi keskus valittiin pääsulakkeiltaan 35 A:n suuruiseksi. Vaasan Sähkön asentajat asensivat uuden keskuksen.



Kuva 20. Maatilan pääkeskus

Yli 35 A:n pääsulakkeiden kokoa oli mahdotonta valita, sillä jakelumuuntajan ja pääkeskuksen välinen kaapeli on mitoitettu pienehköksi aikoinaan. Maantien varrella sijainneet ilmajohdot vaihdettiin maakaapeleiksi vuosituhannen alussa (kuva 21), joten maantietä sekä naapurin peltoa olisi jouduttu kaivamaan auki uuden paksumman kaapelin vuoksi. Tämä toimenpide olisi aiheuttanut tuntuvia kustannuksia, joten päädyttiin käyttämään mm. taajuusmuuttajia kuivurin suurimmissa sähkömoottoreissa, sekä asuinrakennuksessa vältetään suuritehoisten sähkölaitteiden, kuten kiukaan käyttöä viljan kuivauksen aikana.



Kuva 21. Jakelumuuntaja, josta maatilän sähkönsyöttö tulee maakaapelilla

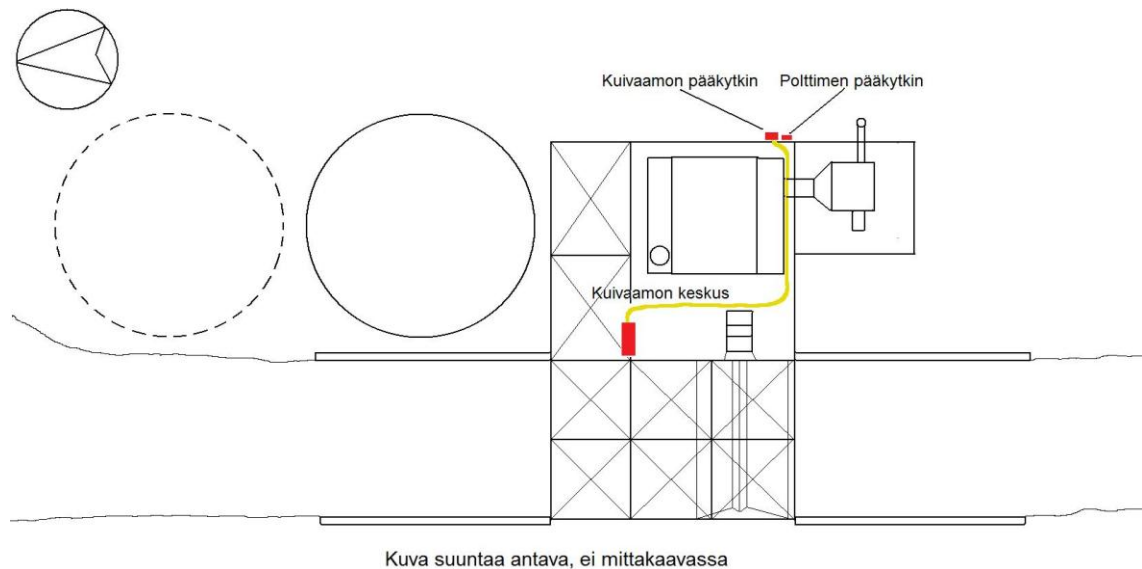
5.2 Kuivaamon keskus

Kuivaamon keskus on ohjauskeskus. Keskus on mallia Antti Aqrosec DigiControl (liite 2) ja se toimitettiin kuivurin mukana. Keskukseen sijainti kuivaamossa valittiin sen keskeisyyden perusteella (kuva 22). Keskus sijaitsee kulkureitin varrella keskitasanteella, jonne on vaivatonta päästä niin viljan vastaanotosta, pohjakerroksesta sekä ylätasanteelta.



Kuva 22. Ohjauskeskus vastaanottopuolelta katsottuna

Keskus asennettiin 90° kulmaan seinään nähden, että sen käytettävyyteen saataisiin ulottuvuutta. Keskuksen takaseinälle rakennettiin rautapalkeista kehikko, joka pultattiin seinään yhdeltä sivulta. Keskuksen sijaitessa lähes kuivaamon keskellä (kuva 23), on koko laitoksen moottoreiden kaapelointi mahdollista tehdä niin lyhyillä kaapeleilla kuin mahdollista.



Kuva 23. Kuivaamon keskuksen sijainti, ja pääkaapelin reitti pääkytkimeltä keskukselle

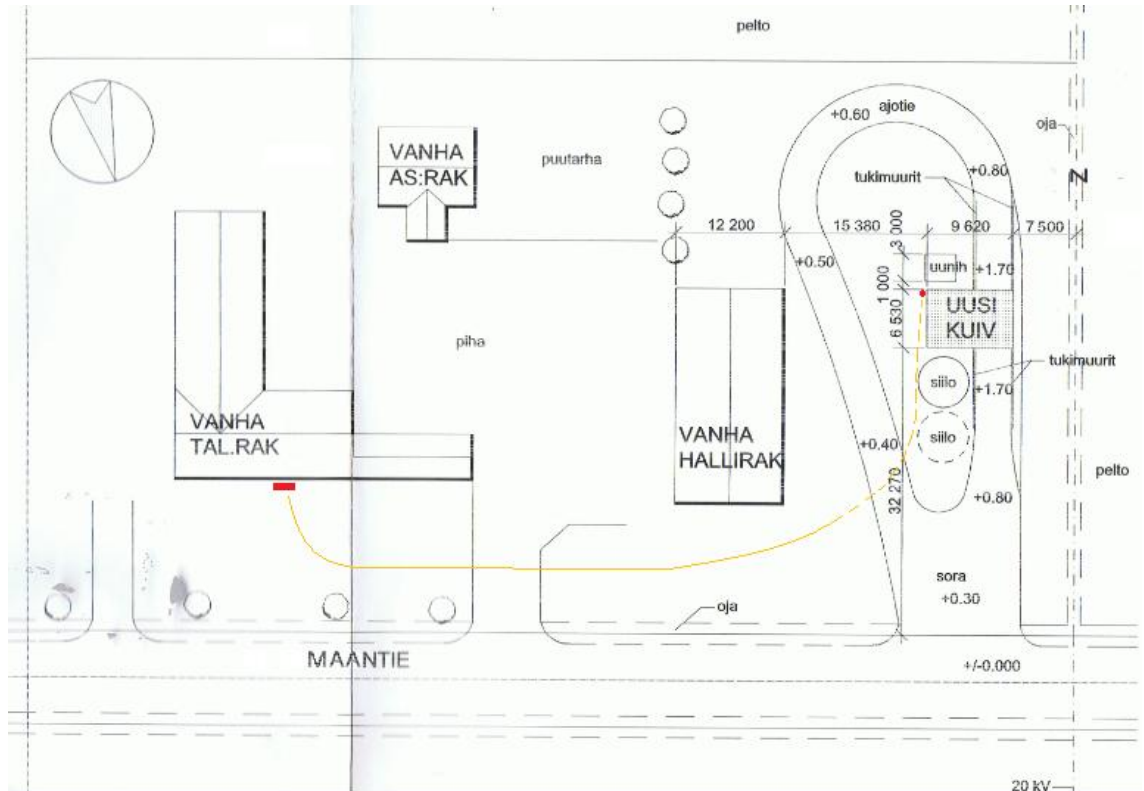
5.3 Kuivaamon kaapelointi

Kuivaamon kaapelointia suunniteltaessa, on otettu huomioon ihmisestä riippumattomat tekijät, kuten ympäristö, etäisyydet sekä jyr sijät. Johtojen läpivientien ei saa olla ahtaita, sillä muuten jyr sijät saattavat tehdä itselleen tilavamman reitin puremalla kaapeleista eristeet ahtaissa paikoissa. Etäisyyksiä ajatellen on kannattavaa harkita kuivaamon keskuksen sijaintia, koska johdinten pituudet, ja sitä kautta myös kustannukset voivat kasvaa huomattavasti.

5.3.1 Pääkaapeli

Kaapelina maatilan pääkeskukselta kuivaamolle käytettiin AXMK 4x25 -maakaapelia, joka kulkee kuvan 24 mukaista reittiä kuivaamon itäisellä sivulla olevalle pääkytkimelle. Murskeen läpi kulkeva pääkaapeli asennettiin halkaisijaltaan 75 mm:n muoviputkeen, koska kaapelin reitti kulkee kivikkoisessa maaperässä ajoväylän ali. Sepelinen

maapohja saattaisi kuluttaa hajalle kaapelin eristettä aina kaapelin yli ajettaessa, jolloin maasulun vaara olisi ilmeinen. Muoviputken ympärille lapiottiin hienoa sepeliä, ettei karkeampi murske puhkaisisi muoviputkea.



Kuva 24. Asemapiirros, johon on lisätty kuivaamon pääkaapelin reitti (keltainen) pääkeskukselta kuivaamon pääkytkimelle. Katkoviivalla on merkitty osuus, joka kulkee muoviputkessa

Pääkytkimeltä AXMK 4x25 kaapeli jatkuu MCMK 4x16 kaapelina kaapelihyllyä pitkin kuivaamon ohjauskeskukselle. Pääkytkimen sijainnin (kuva 25) valintaan vaikuttivat kävelyreitit varrella sijaitseminen sekä mahdollisten pelastuslaitoksen toimenpiteiden kannalta helppo löydettävyys.



Kuva 25. Kuivaamon sekä polttimen pääkytkin

5.3.2 Kaapelointireitit

Koska kuivaamon pohjakerros on maanpinnan tasolla, asennettiin pohjakerrokseen kaapelihyllyt (kuva 26). Kaapelihyllyt on suunniteltu kulkemaan sopivinta reittiä siten, että uunihuoneen kaapelit, sekä ilmaputken tulopuolen apulaitteiden johdot saadaan samalle hyllylle pääkaapeleiden kanssa.



Kuva 26. Pohjakerroksen kaapelihyllyt

Ylätasanteen kaikkien sähkölaitteiden kaapelit saatiin kulkemaan keskukselta suoraan seinäelementtien välisessä kotelossa ylätasanteelle (kuva 27). Tällä rakennuksen lähes keskikohdassa olevan reitin valinnalla kaapeleiden pituudet pysyivät mahdollisimman lyhyinä.



Kuva 27. Ylätasanteen laitteiden kaapelit nousevat seinän nurkkakotelossa

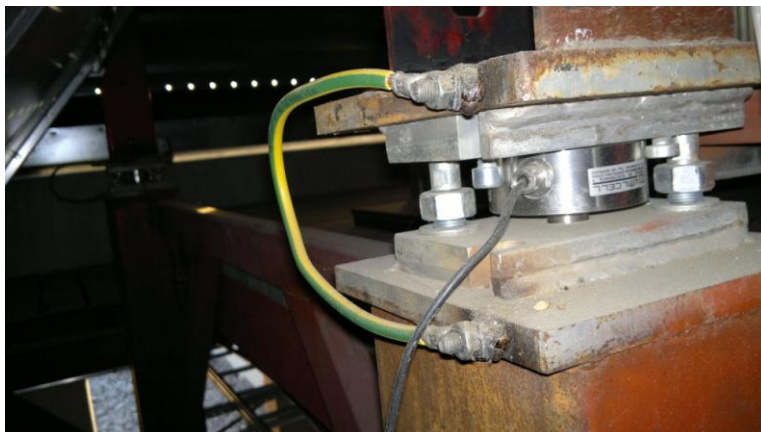
5.3.3 Päämaadoitus

Maadoituselektrodina käytettiin 16 mm²:n kuparijohdinta, joka kulkee noin 25 m matkan maan alla. Kuparijohtimen reitti kulkee samassa uomassa kivikkoisen maaperän läpi kuin pääkaapelin muoviputki, ja maadoituselektrodin viimeinen noin viiden metrin osuus, kulkee savisessa maaperässä.

Keskuksessa olevat maadoitettavat kojeet on kytketty maadoitinkiskoon, joka sijaitsee kuivaamon keskuksessa. Keskuksen maadoitinkisko on yhteydessä päämaadoituskaapeliin, joka kulkee kaapelihyllyjä pitkin, pääkytkimen ohittaen, maan alle.

5.3.4 Kuivurin maadoitus

Kuivurikoneisto on maadoitettu jalustastaan tukipalkkeihin kustakin jalasta (kuva 19). Vaaka-antureiden yli tehtiin hyppyjohtimet hitsaamalla vaa'an kantoihin M8 kokoiset pultit kiinni, ja viemällä 16 mm²:n maadoitusjohtimet antureiden ohi (kuva 28). Maadoituksen on tarkoitus suojata herkkiä antureita mahdollisilta virran läpilyönneiltä.



Kuva 28. Kuivurin jalustan maadoitus

5.3.5 Ukkosenjohdatin

Ukkosenjohdatin ei ole pakollinen varuste viljankuivaamoissa, vaikka ne ovatkin korkeita rakennuksia. Suoraa salamaniskua suuremmat sähkölaitteille aiheutuvat vaarat ovat salamaniskujen aiheuttamat virtapiikit sähköverkossa. Koska kuivaamon katto rakennettiin maassa ennen kuin se nostettiin nosturilla seinäelementtien päälle, päätettiin laittaa ukkosenjohdattimeksi metallipiikki katon harjan reunalle pienen vaivannäön vuoksi. Ukkosenjohdattimena on 16 mm²:n kuparijohdin, joka kulkee katolta kuivaamon nurkkaa pitkin seinäkotelon sisällä maahan. Maan alla johdin kulkee 7 m matkan laitoksesta pois päin.

5.4 Kuivaamon sähkömoottorit

Kuivaamon kaikki liikkuvat mekanismit toimivat sähkömoottorin välityksellä. Sähkömoottorit on toimitettu kuivurivalmistajan pakkauksissa, eikä niitä ole tarvinnut itse erikseen tilata tai mitoittaa. Kaikki laitoksen moottorit ovat oikosulkumoottoreita.

5.4.1 Kaatoallas

Kaatoallas on yliajettava, tilavuudeltaan noin 12 m³. Altaan pohjalla on työntävä ruuvi (kuva 29), jolla kaatoaltaan pohja saadaan tyhjäksi silloin kun vilja ei enää valu painovoiman avulla elevaattorille. Ruuvin päällä on harjapelti pienentämässä ruuviin


kohdistuvaa painetta kaatoaltaan ollessa täynnä. Näin ruuvi lähtee vaivattomasti pyörimään käynnistettäessä.



Kuva 29. Kaatoallas jonka pohjalla on työntävä ruuvi elevaattorille

Kaatoallas on tehty käsityönä, ja se on räätälöity kuivaamon vastaanottoa ajatellen. Kaatoaltaan oikosulkumoottori on ainoa erikseen hankittu moottori.

Moottori on asennettu kulmavaihteen avulla ruuvin kantaan (kuva 30). Tällä tavalla kaatoaltaan pääty on saatu mahdollisimman jyrkkään kulmaan tilavuuden parantamiseksi.

Moottorin kilpiarvot	
	
MOVES MS100LB-4	
3 kW	400 V
50 Hz	6,47 A
cosφ 0,81	1420 r/min

Kuva 30. Kaatoaltaan pohjaruuvien moottorin kilpiarvot

Kaatoaltaan pohjaruuvien moottoria ohjataan Mitsubishi Electric D500 -taajuusmuuttajalla (kuva 31), joka on asennettu keskukseseen. Keskuksen ovesta olevista kytkimistä sekä säätimestä voidaan säätää ruuvien pyörimisnopeutta, sekä ohjata pyörimissuuntaa. Ruuvien ohjattavuus on tärkeää mahdollisten tukosten purkamiseksi, ja moottorin kuorman keventämiseksi.



Kuva 31. Kaatoaltaan ruuvia ohjaava taajuusmuuttaja

Moottorin ja taajuusmuuttajan välillä on turvakytkin huoltotoimenpiteiden turvaamiseksi. Taajuusmuuttajan ja moottorin välinen kaapeli on tyyppiä MCMK 4x1,5.

5.4.2 Elevaattori

Elevaattori on mallia Antti E100, korkeudeltaan noin 16 m. Sähkömoottori (kuva 32) on toimitettu elevaattorin korkeuden perusteella, valmistajan antaman taulukon mukaisesti. Moottorin ja elevaattorin yläosan hihnapyörän välillä on vaihde, jonka avulla elevaattorin pyörimisnopeus on saatu tehtaan optimoimalle tasolle, joka on 180 - 200 r/min.

Moottorin kilpiarvot	
NORD SK132MH/4	
7,5 kW	400 V
50 Hz	15,0 A
cosφ 0,81	1460 r/min

Kuva 32. Elevaattorin moottorin kilpiarvot

Elevaattori käynnistyy pehmokäynnistimen avustuksella, sillä näin isossa moottorissa käynnistysvirta kasvaisi hetkellisesti suureksi tähti-kolmio-käynnistyksellä. Lähitulevaisuudessa elevaattorin moottorille tullaan kuitenkin asentamaan Mitsubishi Electric F700 taajuusmuuttaja (kuva 33), jonka kanteen on asennettu kytkin kahdelle eri


parametrille, pienemmälle ja suuremmalle nopeudelle. Olettamuksena on, ettei elevaattorin tarvitse kiertää täydellä nopeudellaan, mikäli syöttölaitteen nopeutta pienennetään. Kaapelina elevaattorin moottorille on käytetty MCMK 4x6 -kaapelia, ja moottorin läheisyydessä sijaitsee turvakytin.



Kuva 33. Elevaattorin moottorille asennettava taajuusmuuttaja

5.4.3 Uuni

Uuni on alipaineinen ja teholtaan 400 kW. Uunin poltin on täysautomaattinen, malliltaan Oilon KP-50 H, ja se sopii tehoalueelle 200 - 830 kW. Poltin toimitettiin kokonaisuudessaan uunin mukana. Polttimen moottori (kuva 34) pyörittää öljypumppua sekä palamisilmapuhallinta. Pumppu imee kuivauksen aikana polttoöljyä suuttimille uunihuoneen alapuolella sijaitsevasta öljysäiliöstä, sekä palamisilmapuhallin antaa happea polttimen liekille.

Moottorin kilpiarvot		
	HANNING 7F2-653	
	0,75 kW	230 V
	50 Hz	3,3 A
	cosφ 0,8	2850 r/min

Kuva 34. Uunin polttimen moottori öljypumpulle

Polttimen kannen alla on ohjelmarele-avusteinen logiikka, joka suorittaa polttimen toiminnot automaattisesti. Esimerkiksi häiriötilanteessa ohjelmalogiikka sammuttaa polttimen.


5.4.4 Puhallin

Ilmaputkien poistupuolella sijaitseva tehokas keskipakoispuhallin toimii imurina (kuva 35), luoden alipaineen. Imuri on asennettu kuivaamon ylätasanteelle, ja ilmaputki on johdettu imurilta ulkoilmaan räystäään alapuolelta.



Kuva 35. Ylätasanteelle asennettu järeä imuri

Imurin sähkömoottori on kuivaamon tehokkain yksittäinen moottori. Moottorin kilpiarvot on esitetty kuvassa 36.

Moottorin kilpiarvot	
	LÖNNE 7BA160M04
	11 kW 400 V
	50 Hz 21,5 A
	cosφ 0,84 1460 r/min

Kuva 36. Imurin sähkömoottorin kilpiarvot

Normaalisti imurin ilmamäärää säädetään mekaanisesti, imurin eteen asennettavalla ilmaputken säätölaitteella. Puhallin pyörii tällöin jatkuvasti vakionopeudella, ja käynnistyy pehmokäynnistimen avulla.

Kohdekuivaamossa ilmamäärää kuitenkin päätettiin säätää puhaltimen nopeutta muuttamalla. Siksi imurin moottorin nopeussäätöä varten hankittiin Mitsubishi Electric F700 taajuusmuuttaja (kuva 37), joka on samanlainen kuin elevaattorin moottorille asennettava. Taajuusmuuttajan ansiosta energiankulutusta saadaan pienennettyä puhaltimen nopeutta vähentämällä, eikä mekaanista säätölaitetta tai pehmokäynnistintä ole tarvinnut ottaa käyttöön.



Kuva 37. Imurin moottoria ohjaava taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja asennettiin seinälle keskuksen taakse viljasiilon alapuolelle, jossa se on suojassa ihmisen aiheuttamilta vahingoilta. Vierelle tullaan asentamaan identtinen elevaattorin moottoria ohjaava taajuusmuuttaja. Syöttökaapeleiksi valikoitui MCMK 4x6 johtimet, ja moottorin läheisyydessä imurin rungossa on moottorin turvakytkin puhaltimen huoltotoimenpiteitä varten.

5.4.5 Jalusta

Syöttölaitteen sähkömoottori (kuva 38) on jalustan ainoa moottori, sillä pohjaimuri ei ole pakollinen varuste alipaineisen kuivurin ollessa kyseessä. Pohjaimurille kuitenkin olisi olemassa optio pohjakartion sivussa.

Moottorin kilpiarvot	
NORD SK90S/4	
1,1 kW	230 V
50 Hz	4,87 A
cosφ 0,74	1395 r/min

Kuva 38. Syöttölaitteen moottorin kilpiarvot

Syöttölaitteen moottoria ohjaa Nordac SK 500E -taajuusmuuttaja (kuva 39), joka tuli valmistajan kautta kuivurin mukana. Taajuusmuuttaja sijaitsee keskuksessa, sekä keskuksen ovesa on säätönappi taajuusmuuttajan nopeussäätöön. Taajuusmuuttajalta lähtee moottorin kaapeli MCMK 4x1,5 pohjakerroksen kaapelihyllyn kautta kuivurin jalustalle, jota pitkin kaapeli nousee alumiiniputkessa moottorille. Moottori on kuivaamon keskitasanteen korkeudella.



Kuva 39. Syöttölaitteen moottoria ohjaava taajuusmuuttaja

5.4.6 Esipuhdistaja

Esipuhdistajassa on sisällä keskipakoispuhallin, jota pyörittää kolmivaihemoottori (kuva 40). Esipuhdistajan roskaputki on ohjattu kuivaamon ulkoseinää pitkin syklonille.

Moottorin kilpiarvot	
LÖNNE 7AA90L02	
2,2 kW	400 V
50 Hz	4,7 A
cosφ 0,85	2880 r/min

Kuva 40. Esipuhdistajan sähkömoottorin kilpiarvot

Moottorin kaapelina käytetään MMJ 5x1,5 ja se kulkee ylätasanteen lattiaa pitkin alumiiniputkessa, suojassa vahingoilta. Kaapeli myös nousee moottorin kytkentäkotelon vierelle alumiiniputkessa.

5.4.7 Pyörösiilo

Pyörösiilon 7,3 m pituinen viljaruuvi moottoreineen hankittiin toisaalta, koska siilovalmistaja ei valmista viljaruuveja. Ruuvikuljettimeksi valittiin hitsaamalla jatketuista metalliputkesta sekä ruuvista valmistettu viljaruuvi, sillä pulteilla jatketusta metalliputkesta valmistettu ruuvi on kuulopuheiden mukaan monilla katkennut viljarekan töytäistessä ruuvia. Ruuvi on kauttaaltaan suojassa säältä kiiltävän peltikuoren sisällä (kuva 41).



Kuva 41. Kuivaamon pyörösiilo jossa on säältä suojattu viljaruuvi

Ruuvi on vetävä, sillä moottori on pultattuna ruuvin tyhjäyspuolelle (kuva 42). Pitkän ruuvin päässä oleva 49 kg painoinen moottori vääntää jopa tyhjääkin ruuvia voimakkaasti painovoimallaan, ja tästä syystä ruuvi tuettiin vaijereilla pyörösiilon kyljessä oleviin tukipilareihin.

Moottorin kilpiarvot	
BEVI 4AK2132M1-6B5	
4 kW	400 V
50 Hz	9,14 A
cosφ 0,76	970 r/min

Kuva 42. Viljaruuvien moottorin kilpiarvot

Ruuvien moottorille tulevia kaapeleita ei ole vielä kytketty, mutta moottorin kaapelissa jo tehdasvalmisteisesti valmiina oleva voimavirtapistotulppa tullaan hyödyntämään. Siilon ollessa rakennuksesta erillään, syöttökaapeli tuodaan kuivaamon keskukselta maan alta siilon kylkeen, ja kaapelin päähän asennetaan voimavirtapistorasias I/O-kytkimellä. Sama ratkaisu tehdään toisellekin, tällä hetkellä rakenteilla olevalle pyörösiilolle.

Tyhjennysruuveja tullaan käyttämään vain muutaman kerran vuodessa, käyttö on lyhytkestoista, eikä siloja tyhjennetä kuivausprosessin aikana. Tämän vuoksi on tyydytty suorakäynnistettäviin viljaruuvien moottoreihin, eikä taajuusmuuttajien tai pehmokäynnistimien käyttämistä katsota tarpeelliseksi.

5.5 Lisälaitteet

Lisälaitteina kuivaamossa on turvallisuutta, sekä laitoksen käyttöä edistäviä ratkaisuja. Suojalaitteet ovat pakollisia, ja ne tulivat kuivuripaketin mukana. Muut laitteet ovat lisävarusteina tilattuja.

5.5.1 Ilmaputkien suojalaitteet

Ilmaputkiin on asennettu tulopuolelle LTM-termostaatti, tuloilman PTC-anturi sekä paine-eron mittari (kuva 43). LTM-termostaatin tarkoituksena on vahtia, ettei tuloilman lämpötila kasva yli 110 °C:een, eikä imurin puhallin pysähdy ennen kuin tuloilman lämpötila on laskenut 45 °C:een. Nämä arvot on asetettu termostaatin *limit* sekä *fan*-asetuksista. Termostaatti suojaa kuivuria ylikuumenemiselta. [22, s. 36.]



Kuva 43. Tulopuolella sijaitsevat LTM-termostaatti (1), PTC-anturi (2) sekä paine-eron mittari (3)

Paine-eron mittarilta on johdettu läpinäkyvä muoviputki tulopuolen ilmaputkeen. Anturi tarkkailee, että ilma kulkeutuu kuivuriin pelkästään uunin lämmönvaihtimen kautta. Paine-eron mittari on varusteena vain alipaineisissa kuivureissa. [22, s. 36.]

PTC-anturilla saadaan keskuksen näytölle lukemaa kuivauslämpötilasta. Vastaavasti poistopuolen putkeen on myös asennettu PTC-anturi, joka ilmoittaa poistolämpötilasta. Poistopuolelle on asennettu myös palotermostaatti (kuva 44), joka katkaisee kuivurin toiminnan, mikäli lämpötila poistoilmaputken anturilla nousee 60 °C:een. Palotermostaatti toimitetaan aina imurin mukana.

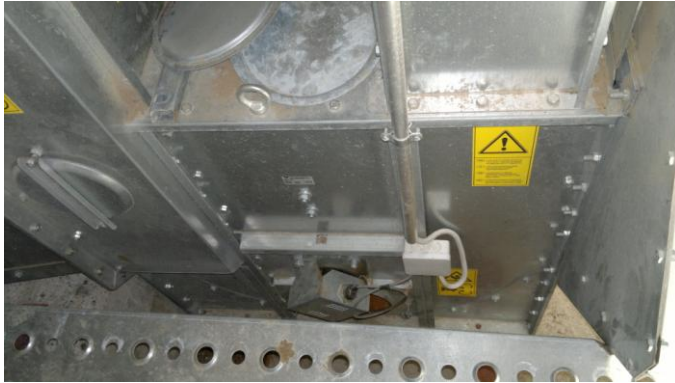


Kuva 44. Poistoilmaputken lämpötilaa vahtiva palotermostaatti

5.5.2 Elevaattorin pyörintävahti

Elevaattorin alaosassa on laakerin päällä pyörintävahti (kuva 45), joka suojaa elevaattorin moottoria. Pyörintävahti on vakiovaruste kaikissa elevaattoreissa. Pyörintävahti on

anturi, joka lähettää pulsseja releelle elevaattorin pyöriessä. Pulssien määrä on noin 50 - 150 pulssia minuutissa. Mikäli elevaattori ei pyöri esimerkiksi tukoksesta johtuen, pulssien tulo releelle loppuu, ja rele pysäyttää elevaattorin.



Kuva 45. Elevaattorin pyörintävahti

5.5.3 Jalustavaaka

Jalustavaaka koostuu kuivurin jalustan kunkin neljän jalan alle asennettavista puristusantureista sekä ohjausyksiköstä (kuva 46). Ohjausyksikkö on keskuksen yläpuolella, ja sen näytöltä näkee suoraan viljamäärän kuivurissa. Jalustavaa'an avulla pystytään pitämään kirjaa satomäärästä reaaliajassa.



Kuva 46. Jalustavaa'an anturi sekä ohjausyksikkö

5.5.4 GSM-moduuli

GSM-moduuli (kuva 47) on langaton viestintäväline, joka ilmoittaa tapahtumista kuivurissa. Moduuli lähettää asetettuihin kännykkänumeroihin tekstiviestinä seuraavia tietoja:

- kuivauksen alkaminen
- jäähtytyksen alkaminen
- prosessin valmistuminen
- öljypoltinhäiriö
- kiertohäiriö
- yllilämpö

Moduuli voi myös hälyttää soittamalla kännykkään. Lisäksi yhteen kanavaan voidaan itse asettaa, mitä tietoja moduuli lähettää kännykkään. Esimerkkinä tällaisesta, moduuliin voidaan kytkeä mm. lämpötila-antureita. [23, s.1.]



Kuva 47. Keskuksessa sijaitseva GSM-moduuli

5.5.5 Täyttöautomaattikka

Täyttöautomaattikkana käytetään kahta lisävarusteena hankittua kapasitiivista täyttöanturia (kuva 48). kuivurin yläsäiliön kanteen asennetaan säädettävällä varrella varustettu anturi, joka ilmoittaa kuivurin täyttymisestä. Toinen antureista on irrallaan pitkän johdinten päässä, jotta sen voi asettaa haluttuihin viljasiiiloihin ilmoittamaan ylärajasta, kun niitä ajetaan täyteen. Täytyminen tullaan ilmoittamaan keskuksen oveen

asennettavalla merkkivalolla, ettei ylätasanteelle tarvitse jatkuvasti kavuta tarkastelemaan viljamäärän pintaa.



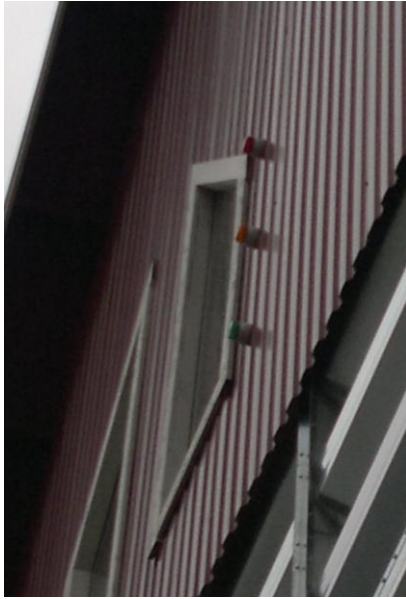
Kuva 48. Kuivuriin ja siloille asennettavat kapasitiiviset täyttöanturit [24.]

5.5.6 Prosessin merkkivalot

Kuivaamon etelän puoleisten ikkunoiden viereen on asennettu vilkkuvat merkkivalot (kuva 49), jotka ilmoittavat käynnissä olevan prosessin eri vaiheista. Merkkivalot ajavat lähes saman asian kuin GSM-ilmoitin, mutta ilmoitettavia toimintoja on vain kolme. Toiminnot ja merkkivalojen värit ovat:

- Punainen – häiriö kuivauksessa
- Oranssi – jäähdytys käynnissä
- Vihreä – prosessi valmis

Kuivaus-vaihe ei tarvitse merkkivaloa, sillä käyttäjä huomaa milloin kuivaus lähtee käyntiin. Ainoastaan kuivausprosessin aikana mahdollisesti tapahtuvat häiriöt ovat tarpeen ilmoittaa, sillä häiriön ilmaantuessa käyttäjä on jo voinut poistua kuivaamolta. Merkkivalot asennettiin seinustalle, johon näkee asuinrakennuksesta sekä useammalta kuivaamon takana sijaitsevalta tilan pelloilta.



Kuva 49. Prosessin merkkivalot

5.6 Valaistus ja pistorasiat

Valaistusta tai pistorasioita ei ole vielä asennettu, sillä kuivaamon kiireisen valmistusaikataulun vuoksi haluttiin saada laitos ensin toimimaan sekä turvallisuusasiat kuntoon. Loputkin sähköasennukset tullaan asentamaan kesään 2014 mennessä.

Valaisimet kytketään MMJ 3x1,5 -johtimilla, sekä pistorasiat MMJ 3x2,5 -johtimilla. Valaisimet pyritään asentamaan kulkuvaloiksi, ja huoltovalot tulevat olemaan liikuteltavaa mallia. Pistorasioita on suunniteltu asennettavan riittävästi, ettei jatkojohdoilla tarvitse tuoda jännitteitä työkaluille ja -valoille.

5.6.1 Vastaanotto

Viljan vastaanottopuolelle asennetaan sillojen väliin rautapalkkeihin (kuva 50) kaksi kappaletta 2x58 W T8 -kantaisia loisteputkivalaisimia. Valaisimet ovat teollisuusvalaisimia, sillä valaisimien täytyy kestää runsasta pölyä, jota viljankäsittelystä syntyy. Lisäksi vastaanottopuolen seinään asennetaan kaksiosainen IP44 -luokituksen pistorasia 230 V laitteille. Johdotusta varten palkkeihin asennetaan alumiiniputket.



Kuva 50. Loisteputkivalaisimet asennetaan kuvaan merkittyihin paikkoihin

5.6.2 Pohjakerros

Pohjakerroksessa, elementtisiilojen alapuolelle seinään asennetaan valaisimeksi E27-kantainen valaisin. Valaisin tulee toimimaan kulkuvalona pohjakerrokseen, pohjakerroksen portaisiin, sekä osalle keskitasanteesta. Lisäksi pohjakerrokseen kuivurin jalustapalkkien läheisyyteen asennetaan kaksiosainen pistorasia sähkötyökaluille, huoltotöitä ajatellen.

Pohjakerroksessa sijaitsee vastaanoton alla pieni lisähuone (kuva 51), josta tehdään toimisto mm. viljan kosteusnäytteiden ottamista, sekä näytteiden säilyttämistä varten. Kosteusnäytemittari toimii 230 V vaihtojännitteellä, ja siksi huoneeseen asennetaan myös kaksiosainen pistorasia. Valaisimeksi kattoon asennetaan E27-kantainen valaisin. Johtojen läpiviennit porataan seinäelementin läpi.



Kuva 51. Vastaanoton alapuolella oleva lisähuone

5.6.3 Keskitasanne

Kuivaamon keskus sijaitsee keskitasanteella, ja keskuksen kyljessä on valmiina yksiosainen yksivaihepistorasia, sekä voimavirtapistorasia. Keskitasanteelle sijoitetaan pieni 230 V verkkojännitteellä toimiva 24 l kompressori pääasiassa kuivurin puhdistamista varten. Siksi keskuksen vastakkaiselle seinälle asennetaan myös pistorasia. Valaisin asennetaan seinään ylätasanteelle menevän portaikon puoliväliin. Valaisin tulee olemaan E27 -kantainen kulkuvalo.

5.6.4 Ylätasanne

Ylätasanteen valaisin sijoitetaan mahdollisimman keskelle siten, että elevaattorin kolmitiejakajan vivut näkyvät kunnolla hämärässä. Valaisimen valonjaon täytyy kattaa koko yläkerta. Valaisin on tarkoitettu kulkuvaloksi, ja halogeeni-valaisimella saisi riittävän kattavan valaistuksen.

Ylätasanteelle asennetaan myös kaksiosainen pistorasia kattotuolien tukipilariin, joka on melko keskellä rakennusta. Pistorasioita täytyy olla riittävästi, ettei jatkojohtoja tarvitse vetää pitkiä matkoja.

6 Kuivausprosessi

Kuivausprosessi aloitetaan kääntämällä keskukselta *toiminta* -kytkin A-asentoon (automaatti) ja painamalla käynnistys -painiketta. Tällöin käynnistyvät kuivurin moottorit seuraavassa järjestyksessä:

1. Esipuhdistaja
2. Elevaattori
3. Syöttölaite
4. Imuri
5. Poltin

Moottoreiden käynnistymisväli on kaksi sekuntia, lukuun ottamatta poltinta. Poltin kytkeytyy päälle vasta, kun ilmaputkessa tulopuolella sijaitseva alipainetunnistin on havainnut imurin tuottavan alipaineen kuivuriin. Mikäli moottorit käynnistyisivät samanaikaisesti, eivät sulakkeet kestäisi käynnistysvirtojen aiheuttamaa virtapiikkiä.

Kuivausprosessi todetaan valmistuneeksi silloin, kun poistoilman lämpötila saavuttaa tietyn arvon. Kyseinen lämpötila-arvo voidaan asettaa keskuksen oven jäähdytysaikakellolta (kuva 46). Ohralle ja rukiille on käytetty 38 °C lämpötila-arvoa, jolloin näiden lajikkeiden varastointikosteus saadaan lopulta 14 %:n tuntumaan.

Kun poistopuolen lämpötila on saavuttanut raja-arvonsa, kytkeytyy poltin pois päältä, mutta kuivuri toimii edelleen samalla tavalla kuin kuivauksessa. Tällöin alkaa jäähdytys, joka on ajastettu kestäämään 1,5 tuntia. Jäähdytyksen kesto on 1,5 tuntia, sillä se on nopeus, jonka aikana viljamassa varmasti ehtii kiertämään kuivurissa yhden kierroksen.

Jäähdytyksen päätyttyä, kuivuri sammuu aikareleillä. Kuivurin moottoreiden sammumisjärjestys on juuri päinvastainen käynnistymisjärjestykseen nähden. Syöttölaitteen pysähtyttyä, on elevaattorin sammuminen ajastettu 10 s myöhemmäksi, sillä elevaattoriin ei saa jäädä suurta määrää viljaa kun elevaattorin moottori pysytetään. Mikäli

elevaattoriin jää runsaasti viljaa, ei elevaattori jaksaisi enää lähteä pyörimään uudelleen käynnistettäessä. Tällöin alkaisi elevaattorin tyhjennys käsin.

7 Kuivurin käyttöönotto

Kuivurin käyttöönottoa edeltää koekäyttö, jolla todetaan laitteiston toimivuus ennen sadonkorjuuta. Koekäyttö tehdään tyyppillisesti pienellä määrällä viljaa, jolloin mahdolliset vuotokohdat paljastuvat, sekä kuivurin toiminta saadaan varmistettua.

Sadonkorjuun alla, kohdekuivurin koekäyttö tehtiin kiireistä johtuen tyhjänä sähköasentajan opastuksella. Sähköasentaja myös perehdytti kuivurin käyttämisessä. Kuivuri toimi moitteettomasti ja oli valmiina ensimmäistä viljaerää varten.

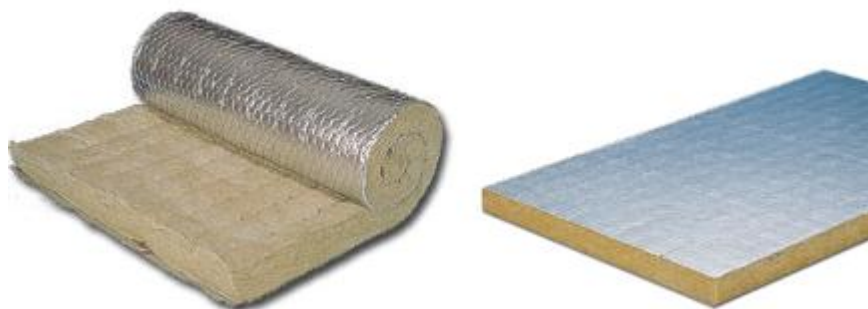
Kun ensimmäinen viljaerä oli ajettu kuivuriin, lähti kuivaus päälle normaalisti. Ongelmia ilmeni, kun kuivauksen aikana asuinrakennuksessa lisättiin sähkökuormaa laittamalla astianpesukone käyntiin. Tämä poltti pääsulakkeet tilan pääkeskuksesta, ja tilalta katosi sähköt. Lähempi tarkastelu osoitti, että keskuksen pääsulakkeiksi olivat unohtuneet 25 A tulppasulakkeet. Sähköasentaja kävi ottamassa sulakepohjista pienennysrenkaat pois jolloin saatiin laitettua 35 A sulakkeet tilalle, ja kuivuri saatiin taas käyntiin. Kuivuri on sen jälkeen toiminut ongelmitta.

8 Pohdintaa

Kuivaamon kiireellisen valmistumisen johdosta, ei tilastoinnin tekemiseen riittänyt aikaa kuivauksen yhteydessä. Jälkeenpäin havaittiin, että kuivausajat olivat liian pitkiä, jolloin sähköä sekä öljyä kului huomattavasti enemmän kuin oli tarpeen. Syys-iltaisina ja -öisin viljaa kuivatessa, kuivausajat ovat aina pidemmät johtuen viileästä ja kosteasta ulkoilmasta. Koska päivisin kuivausajat olivat melko pitkiä, tultiin siihen tulokseen että kuivuria täytyy säätää ja parantaa seuraavalle syksyille; syöttölaitteen nopeus täytyy tarkastaa sekä polttimen suutinkokoa mahdollisesti kasvattaa, että saataisiin polttimen liekkiä tehokkaammaksi.

Yksi syy pitkään kuivausaikaan voi todennäköisesti olla myös kuivaamon läpiveto, sillä kuivaamon ovia ei ollut vielä saatu paikoilleen puintien alkaessa, jolloin tuuli puhalsi

kuivaamon sisätilojen läpi. Ovien ollessa kiinni, pysyisivät sisätilat lämpimänä, jolloin kuivurikoneisto ei jäähtyisi turhaan kuivauksen ollessa käynnissä. On harkittu myös kuivurikoneiston ja ilmaputkien eristämistä niihin tarkoitetuilla eristeillä (kuva 52), jolloin hyötysuhdetta saataisiin parannettua.



Kuva 52. Viljankuivurissa käytettäviä lämmöneristeitä [25, s. 2.]

Elevaattorin taajuusmuuttaja on hankittu energian säästämiseksi, sillä elevaattorin moottoria käytetään eniten koko kuivaamossa. On ajateltu, että kuivauksen ajaksi elevaattorin nopeutta voitaisiin pienentää, mikäli syöttölaitteen nopeutta pienennetään.

Elevaattorin kierrosnopeuden pienentämistä täytyy kuitenkin seurata kun taajuusmuuttaja on asennettu, koska vielä on hieman kyseenalaista, toimiiko elevaattorin purku pienemmillä kierroksilla, mitä tehdas on olettanut. Jyvät tyhjenevät elevaattorin kupeista keskipakoisvoiman avulla, kuten kuvasta 4 voitiin päätellä. Hitaammin pyörivässä elevaattorin hihnassa on vaarana, että vilja valuu elevaattorissa toiselle kierrokselle, jolloin elevaattori saattaa tukkeutua alaosastaan.

Lähteet

- 1 Tiainen, Risto & Haapala, Hannu. 2007. Maatilatalouden teknologia. Helsinki: Opetushallitus.
- 2 Palva, Reetta & Kirkkari Anna-Maija & Teräväinen, Hanne. 2005. Viljasadon käsittely ja käyttö. Keuruu: Otava Kirjapaino Oy.
- 3 Näri, Olli. 1987. Koneellistuva maataloutemme. Vaasa: Vaasa Oy.
- 4 Keski-Suomen museo. Verkkodokumentti.
<<http://www3.jkl.fi/ksmuseo/paivaeilisessa/paja/pajat/riih/tee.html>>. Luettu 22.1.2014.
- 5 Kaatoaltaat -esite. Mepu Oy. Verkkodokumentti.
<<http://www.mepu.fi/tuotteet/viljankasittely/getfile.php?file=264>>. Luettu 11.3.2014.
- 6 Achieving maximum capacity for your bucket elevator. 2012. Allaboutfeed.net. Verkkodokumentti.
<<http://www.allaboutfeed.net/Processing/General/2012/3/Achievingmaximum-capacity-for-your-bucket-elevator-AAF012944W/>>. Luettu 12.3.2014.
- 7 Kuivurikauppa kiihtyy ja bioenergia yleistyy. 2013. Maaseudun tulevaisuus. Verkkodokumentti.
<<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/kuivurikauppa-kiihtyy-ja-bioenergia-yleistyy-1.37281>>. Luettu 12.3.2014.
- 8 Uunit -esite. Arskametalli Oy. Verkkodokumentti.
<<http://arskametalli.kummeli.fi/arch/Esitteet/uunit.pdf>>. Luettu 19.3.2014.
- 9 Antti-teollisuus Oy. Parasta viljankäsittelyä -esite. Verkkodokumentti.
<http://www.antti-teollisuus.fi/uploads/materiaalipankki/vilja/ESITE/FI_Agrosec_suomi_2013_NETTI.pdf>. Luettu 11.3.2014.
- 10 Kongskilde KCD/KRC Spare parts list. Verkkodokumentti.
<http://www.kongskilde.com/~//media/DLG/Kongskilde/DownloadLib/Spare%20parts/Grain%20Handling/Dryers/Continuos%20Flow%20Drier%20-%20KCD%20and%20Recirculating%20Drier%20-%20KRD%203/KCD-KRD_SPL_MOUNTING_117012699_INT.pdf>. Luettu 18.3.2014.
- 11 Fixed Flow Dryer. University of Wisconsin. Verkkodokumentti.
<http://www.ruralenergy.wisc.edu/Information.aspx?Q=AM&Def=IMGMD_G_P2>. Luettu 11.3.2014.

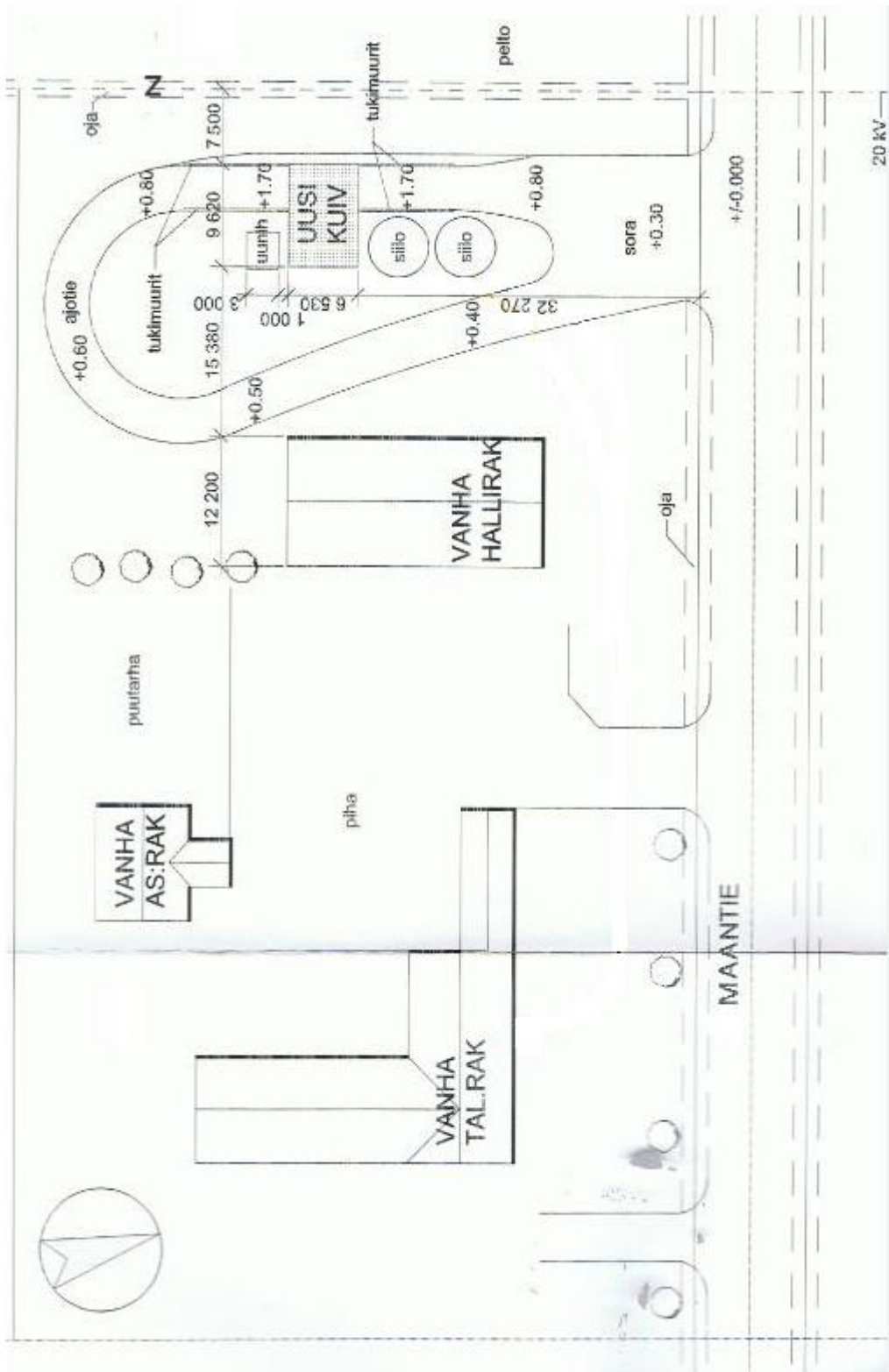
- 12 Jalusta. Arskametalli Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.arskametalli.fi/index.html?n=19151&Argumentit>>. Luettu 12.3.2014.
- 13 Mixed Flow Continuous Grain Driers Technical Information. JW Installations UK Ltd. Verkkodokumentti. <http://www.allmet-dryers.co.uk/grain_drier_information.htm>. Luettu 12.3.2014.
- 14 Viljankäsittelyn ammattilainen -esite. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti. <<http://agrimarket.mederra.com/files/gallery/1325591774.pdf>>. Luettu 12.3.2014.
- 15 Pyörre-erotin ja pölynpoistoputkisto D200. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.antti-teollisuus.fi/fi/viljankasittely/tuotteet/putkisto/pyoerre-erotin-ja-poelynpoistoputkisto-d200.html>>. Luettu 27.4.2014.
- 16 Koponen, Jorma. 2014. Huoltopäällikkö, Antti-teollisuus Oy. Puhelinkeskustelu 28.4.2014.
- 17 Puhdistimet. Arskametalli Oy. Verkkodokumentti. <<http://arskametalli.kummeli.fi/index.html?n=18978&Puhdistimet>>. Luettu 11.3.2014.
- 18 Profiilisiilot. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.antti-teollisuus.fi/fi/materiaalinkasittely/siilot-ja-saeilioet/profiilisiilot/profiilimallit.html>>. Luettu 28.4.2014.
- 19 Agrosec Storage Spiral-varastosiilot. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.antti-teollisuus.fi/fi/viljankasittely/tuotteet/siilot/kierresaumasiilot-spiral.html>>. Luettu 28.4.2014.
- 20 Koskiniemi, Esa. 2009. Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella -opas. Sastamala: Vammaspaino.
- 21 Kylmäilmakuivuri. Hankkija keskusosuusliike. Verkkodokumentti. <http://elma.elka.fi:9001/preVALa6.po?ARK_TUNNUS=570&ARK_TUNNUSQRY=570&VAL_KUVATUNQRY=7632&MONESQRY=1&event=Refresh>. Luettu 21.1.2014.
- 22 Asennus- ja käyttöohje, Agrosec Vulcan M10 kuivuriuunit. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti. <http://www.antti-teollisuus.fi/uploads/materiaalipankki/vilja/Kaytto-%20ja%20asennusohjeet/Vulcan%20M10%20kuivuriuunit/408100%20Vulcan%20M10%20Kuivuriuunit_fi_01-2012.pdf>. Luettu 9.5.2014.

- 23 Asennus- ja käyttöohje, GSM-55. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti.
<http://www.antti-teollisuus.fi/uploads/materiaalipankki/vilja/Kaytto-%20ja%20asennusohjeet/Antti%20GSN-55_408054/GSM-55_kayttoohje_digimalli_12-2012_fi.pdf>. Luettu 25.4.2014.

- 24 Agrosec Accessories-lisävarusteet. Antti-teollisuus Oy. Verkkodokumentti.
<<http://www.antti-teollisuus.fi/fi/viljankasittely/tuotteet/tarvikkeet.html>>. Luettu 3.5.2014.

- 25 Viljankuivurin eristysohjeet. Paroc Oy Ab. Verkkodokumentti.
<http://www.paroc.com/SPPS/Finland/TI_attachments/FI_4-10_50_TI_fi.pdf>. Luettu 9.5.2014.

Viljankuivaamon asemapiirustus



Antti Agrosec DigiControl -keskuksen toiminnot

