



MORENPBIZ.

More Natural Product Business by Enhanced Quality and Energy Efficiency of Drying

Luonnon raaka-aineiden kuivauslaitteiden toimivuus ja energiatehokkuus

Lavakuivureiden arviointi ja parannusehdotukset

Jaana Väisänen ja Teemu Huotari, Oamk Tekniikka ja luonnonvara-ala

Kuvat Jaana Väisänen ja Teemu Huotari, ellei toisin ilmoitettu



MoreNPBiz-hankkeessa tutkittiin vuosina 2019-20 yrittäjien käytössä olevien kasvikuivureiden toimintaa ja pyrittiin parantamaan niiden energiatehokkuutta ja käyttökelpoisuutta. Tässä kerromme lavakuivurien arvioinnista ja antamistamme kehitysehdotuksista.

Lavakuivureissa suurimmaksi haasteeksi havaittiin puhaltimen oikea mitoittaminen ja sen säätö sekä tasaisen puhallusilman varmistaminen kuivauslavan eri osissa.

1 Tutkitut kuivurit

1.1 Nokkoskuivuri

Nokkosen kuivaamisessa käytetty puurakenteinen ja filmivanerilla päällystetty kuivuri oli hankkeemme kehittämiskohteena. Kuivurin perusongelmia olivat puhaltimen liian suuri puhallusteho ja epätasainen ilman liike ilmakanaalissa, mistä syystä kasvien kuivuminen on tehokasta vain lavan peräosassa, kun taas lavan etuosassa ilman liike jää heikoksi.

Kuivauslavan pinta-ala on 2,76 m² ja siihen mahtuu noin 1,1 m³ kasvimassaa. Lavan alla oleva ilmakanaava suippenee takaseinää kohti ollen etuosassa 35 cm ja takana 26 cm. Kuivauslaatikon rutiläpohja on suomulevyä. Kuivurissa on Woods Aeroflow -aksiaalipuhallin 0,55 kW ja sen perässä rakennuslämmitin El-Björn 9 kW. Rakennuslämmitin on ohjelmoitu puhaltimen kanssa siten, että sen lämmitysvastuksia ei pysty käynnistämään, ellei puhallinta ole kytketty päälle. El-Björnin antama maksimilämpötila on 40 astetta.

Kuivurissa on liian tehokas puhallin, ja niinpä ilmanottoa säädetään pienemmäksi asettamalla vanulevyjä puhaltimen ilmanottoaukkoon. Vanulevyjen vaikutus ilman tilavuusvirtaan näkyy oheisesta taulukosta 1. Mittaukset tehtiin pitot-putkella.

Taulukko 1. Ilman tilavuusvirrat nokkoskuivurissa. Kuivurin pinta-ala noin 2,8 m².

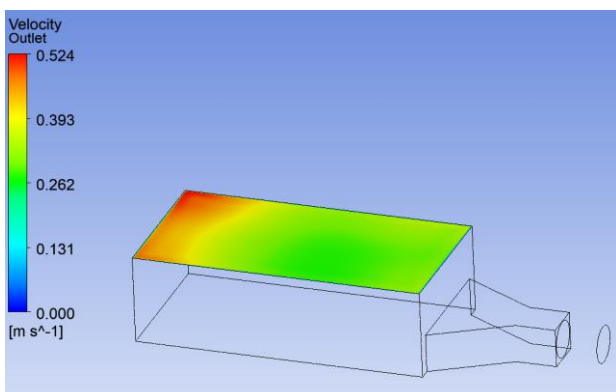
	rajoittamaton	1 vanulevy	2 vanulevyä
Ilman laskennallinen nopeus kuivurin rutilällä m/s	0,24	0,11	0,06
Ilman nopeus puhaltimen ilmanottoaukossa m/s	13,4	6,2	3,5



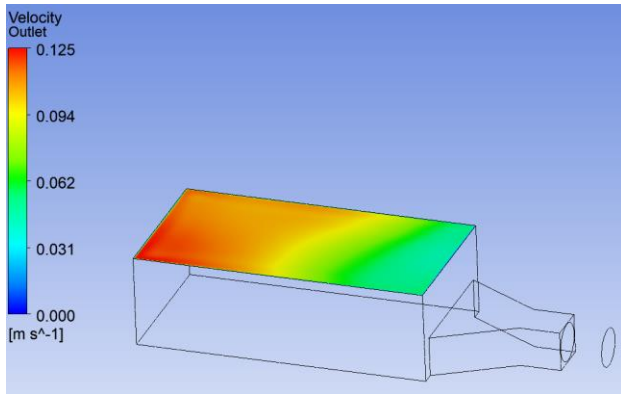
Kuva 1. Ilmannonpeuden mittausta pitot-putkella. Puhaltimen ilmanottoaukkoon rakennettiin mittausta varten pyöreä ilmananava, jonka suulle asennettiin putken muotoa vahvistava pohjaton perunaämpäri.

Kuva 2. Ilmanottoa rajoitetaan asentamalla vanulevyt puhaltimen ilmanottoaukkoon. Sähkönkulutusta tämä menetelmä ei tietenkään vähennä.

Mittausten pohjalta lavakuivurin ilman virtausnopeuksista tehtiin simulointi SolidWorks-ohjelmalla. Kuvassa 3 ilman nopeudet lavakuivurissa rajoittamattomalla ilmamäärällä ja kuvassa 4 kahdella vanulevyllä kuristettuna. Kuvissa näkyy selvästi, miten puhallin painaa ilman kohti kuivurin peräseinää ja etuosassa ilman liike jää vaatimattomaksi. Kuvassa 3 myös näkyy, miten ilma kulkee nopeammin seinänvierä pitkin jättäen keskiosaan kuolleen kohdan. SolidWorks-simulointimalli tuotti selvästi alemmat ilmannonpeudet kuin kuumalanka-anemometrillä tehdyt mittaukset.



Kuva 3. Kuivurin ilmavirrat m/s SolidWorks-simulaationa. Rajoittamaton ilmamäärä. Kuva Mikael Risberg, LTU Tekniikka ja matematiikka.



Kuva 4. Kuivurin ilmavirrat m/s SolidWorks-simulaationa. Kahdella vanulevyllä kuristettu ilmamäärä. Kuva Mikael Risberg, LTU Tekniikka ja matematiikka.

1.2 Turvekuivuri

Elomestari Oy:n tyypibakteeriympöpien valmistuksessa käytettävä turve kuivataan laatikkokuivurissa. Kuivurissa on filmivanerista rakennettu ilmananava (mitat 100 x 260 x 40), jonka kanteen on sahattu leipomolaatikon kokoiset aukot. Leipomolaatikat kasataan kuivurikanavan reikiin useaan kerrokseen. Kuivauspinta-ala leipomolaatikkokuivurissa on noin 2,3 m², jos leipomolaatikoita on 10 kpl. Kuivuriin mahtuu noin 0,23 m³ kuivattavaa materiaalia, jos kussakin laatikossa sitä on n. 10 cm kerros. Laatikoita voi luonnollisesti kasata päällekkäin enemmänkin, esim. kolmeen tai neljään kerrokseen.

Yrittäjä oli saanut idean turpeen kuivaamiseen tällä tekniikalla Walan tehtaan maatilalla Saksassa vieraillessaan. Valitettavasti kotimaan markkinoilta ei ollut löytynyt kiinteäseinäisiä leipomolaatikoita, joten leipomolaatikoiden sivuseinät oli teipattu kiinni paalimuoviteipillä. Elintarvikeraaka-aineen kuivaukseen paalimuoviteippi ei sovellu, koska sen liiman haihtuvista yhdisteistä ei ole tietoa. Turpeen matalalämpötilaisessa kuivauksessa paaliteippi vaikutti kuitenkin toimivalta ratkaisulta.



Kuvat 5 ja 6. Walan tehtaan pieni laatikkokuivuri yrityksen omistamalla maatilalla. Kuivuri hyödyntää maatilalan lämpökeskuksen lämpöä. Kuivumassa kehäkukkaa. Kuvat Petri Leinonen.

Turpeen kuivaus toteutetaan hitaasti viileässä kotieläinrakennuksessa lämmittämättömällä tai lievästi lämmitetyllä ilmalla. Ilman lämpötila liikkuu 5 - 10 asteen tuntumassa. Ongelmana tässä kuivurissa on liian tehokas 750-wattinen Eurovac-puhallin, joka iskee ilmavirran tehokkaasti ilmakanalin perälevyä kohti. Puhallin on kiinnitettyä ilmakanaliin 150 mm haitariputkella. Kapea putki aiheuttaa puhaltimelle myös kovan vastapaineen.



Kuva 7. Leipomolaatikkokuivurin ilmannopeuksia tutkittiin asettamalla tasapaksut vanulevyt leipomolaatikoiden ritalöiden päälle ja mittaamalla ilmavirtaa vanun päältä.

Kuva 8. Kuivurin puhallin on liian tehokas, ja se painaa pääosan ilmavirrasta kohti perälevyä. Siksi paksumpi kerros kuivattavaa ainesta on yleensä sijoitettu ilmakanalin peräosaan.

1.3 Peräkärrikuivuri

Hankkeessa rakennettiin liikkuva peltinen kuivausyksikkö henkilöauton jarruttomaan peräkärriin. Kuivurin sisään rakennettiin erillinen peltinen kuivauslaatikko, jota liikutetaan rullakiskon avulla. Laatikon peräseinä voidaan avata tyhjennystä varten. Kuivaustasona toimii ruostumaton reikäpeltilevy, joka on irrotettavissa. Kuivausilma puhalletaan reikäpellin alta. Kuivurin runko on kooltaan 3,0 m x 1,2 m x 0,62 m. Peräkärriin etuosassa on kuivurin levyinen muuntoyhde, joka etupäästään kapenee kanavalämmittimen suuruiseksi. Lämmittimen edessä on puhallin, joka on sijoitettu peräkärriin avatun etuseinän päälle. Peräkärriin takana tulee olla 1,5 m tilaa, jotta kuivauslaatikko saadaan vedettyä ulos tyhjennystä varten. Kuivurin kuivauspinta-ala on 2 m² ja yhteen täyttöerään mahtuu reilut 400 litraa tai 0,4 m³ tuoretta kasvimateriaalia.

Kuivuriin on hankittu Casals 1,5 kW keskipakopuhallin jonka tehoa säädetään taajuusmuuttajalla. Alustavissa käyttökokeissa käytettiin 9 kW rakennuslämmitintä, jolla ei kuitenkaan kaikissa olosuhteissa saavuteta tavoitelämpötiloja. Lopullisessa versiossa käytetäänkin tehonsäädöllä varustettua 12 kW sähköistä kanavalämmitintä. Koekuivauksissa laitteet kytkettiin alakeskukseen, johon on liitetty Schneider energiamittari.

Kuten muissakin lavakuivureissa, suurin osa ilmavirrasta pyrkii kohti kuivauslaatikon peräseinää. Ilmavirran tasoittamiseksi testattiin erilaisia ohjauslevyjä kuivauslaatikon pohjalla. Kokeet ohjauslevyjen sijoittamiseksi

tehtiin ensin tyhjällä kuivurilla. Myöhemmin ilmavirran jakautuminen varmistettiin myös kuivaustilanteessa. Kun lavalla on kasvimateriaalia, painevastus tasoittaa ilmavirtaa. Myös puhallusteholla on vaikutusta ilman jakaantumiseen. Mitä pienemmällä ilmavirralla kuivataan, sitä tasaisemmin ilma jakaantuu. Kokeissa puhallinta käytettiin 150-250 W teholla.



Kuva 9. Peräkärrikuivurin täyttöö ruohosipulilla. Kuivauslaatikko voidaan täyttää laatikon yläreunaan asti.

2 Parannusehdotuksia lavakuivureihin

2.1 Ohjauslevyt ilmannopeuksien säätämisessä

Tutkittujen kuivurien ilmakehään päätettiin asentaa ohjauslevyjä, jotta ilma jakaantuisi tasaisemmin lavassa. Alkuperäinen nokkoskuivurin ilmakehä on rakennettu lievästi viistoksi ollen etupäässä 35 cm ja perällä 26 cm korkea. Kanavan voimakkaampaa kaventumista päätettiin kokeilla asentamalla kanaaliin reikäpelti, joka kiinnitettiin vinoon asentoon siten, että ilmakehän korkeus supistuu voimakkaasti takaseinää kohti. Tavoitteena

oli pakottaa isompi määrä ilmaa kuivurin etuosasta ylös suomulevyä kohti. Tällä tekniikalla oli Oamkin laboratoriomittakaavan kuivurikokeilussa saatu kuivaustasolla ilmavirta jakautumaan tasaisemmin. Nokkoskuivurissa viistolla reikäpellillä ei saatu kuitenkaan olennaista parannusta aikaan; kuivurin etuosassa ilman nopeudet olivat noin 0,10 m/s, keskiosassa 0,15 – 0,18 ja takaosassa 0,3 – 0,6 m/s, kun ilmanottoa oli rajoitettu kahdella vanulevyllä. Tästä parannusehdotuksesta lisää kappaleessa 3.3.

Nokkoskuivurin ilmakehän pohjaan asennettiin myös esteitä kohtisuoraan ilmantuloaukkoa vasten. Ensimmäinen este sijoitettiin 80 cm etäisyydelle ilmantuloaukosta ja toinen noin 150 cm etäisyydelle.



Kuvat 10 ja 11. Vasemmalla filmivanerieste vinossa asennossa n. 80 cm etäisyydellä ilmantuloaukosta. Oikealla kaksi estettä, eli 15 cm raakalauta n. 80 cm etäisyydellä ja kapeampi vanerikaistale n. 150 cm etäisyydellä. Kuvissa näkyy myös viistoon asetettu reikäpeltili.

Turvekuivuriin asennettiin filmivanerista viisto pohjalevy, joka pienensi kanavan peräosan tilavuutta noin 40 prosenttia. Lisäksi etuosaan asetettiin ohjauslevyt, joista ensimmäinen sijoitettiin viistosti pohjalevyyn kiinni ja toinen 2-3 sentin korkeuteen pohjalevystä, myös viistoon asentoon (kuva 12).



Kuva 12. Turvekuivurin ilmakanaaliin rakennettiin sokkeloa parantamaan ilmavirran tasaisuutta. Etuosassa on kaksi estettä, joista ensimmäinen pohjalevyssä kiinni ja toinen 2-3 sentin korkeudella pohjalevystä.

Kuivureissa ilmannopeuksia mitattiin kuumalanka-anemometrillä. Mittausmenetelmä on erittäin altis häiriöille, ja sen antamat tulokset ovat suuntaa-antavia, mutta niiden perusteella voi kuitenkin vetää johtopäätöksiä ilmannopeuksien suuruusluokista.

Taulukko 2. Nokkoskuivurin kuumalanka-anemometrillä tehdyt ilmannopeusmittaukset m/s erilaisia ohjauslevyjä käytettäessä.

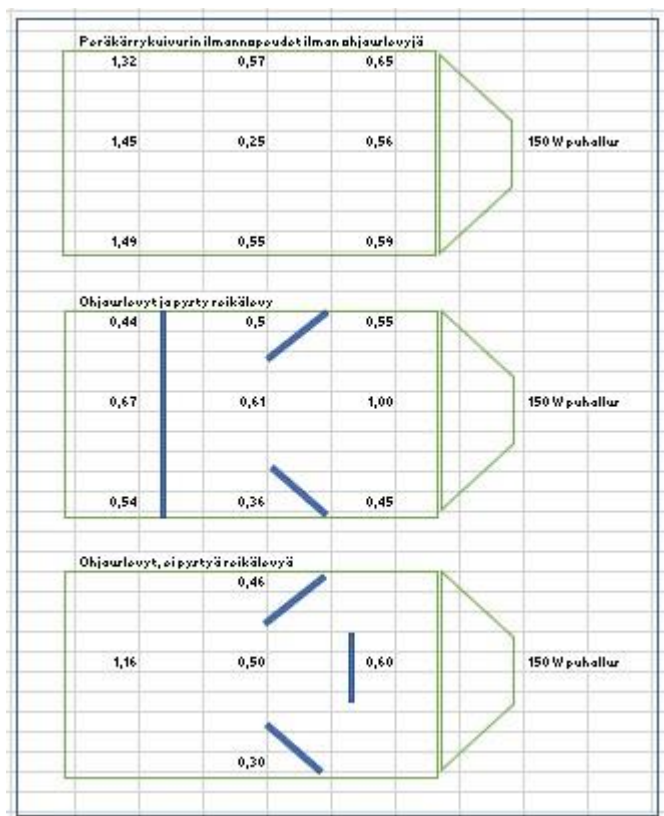
Mittauspisteet, etäisyys etuseinästä	rajoitta- maton puhallin	2	2	2
		vanulevyä reikäpelti	vanulevyä reikäpelti	vanulevyä ei
			15 cm lauta + 9 cm vaneri	15 cm lauta + 9 cm vaneri
25 cm	-	0,10	0,12	0,07
50 cm	0,2	0,11	0,14	0,18
100 cm	0,32	0,14	0,15	0,30
150 cm	0,42	0,18	0,17	-
200 cm	<1,2	0,5	0,5	0,5

Kuten taulukosta näkyy, perusongelmaa eli liian voimakkaan puhaltimen aiheuttamaa isoa ilmamäärää kuivurin peräosassa ja liian hidasta ilman liikettä etuosassa ei näillä kapeilla ohjauslevyillä saatu parannettua. Pohjaan sijoitetut ohjauslevyt ja viistoon asetettu reikäpelti lisäsivät vain hiukan ilman nopeutta kuivurin etuosassa. Todettiin, että ilmalle tarvitaan ratkaisevasti enemmän kulkuesteitä. Vartenotettava vaihtoehto olisi vaihtaa puhallin pienempitehoiseen, jolloin kuivurin eri osien ilman nopeuksien erot lievenevät, tai hankkia puhaltimeen taajuusmuuttaja.

Turvekuivurissa kuumalanka-anemometrillä tehdyt mittaukset osoittivat, että ilmakanaalin kaventaminen peräosaa kohti (ks. ed. sivulla) vain pahentaa tilannetta. Sama puhaltimen puskema ilmamäärä joutuu ahtautumaan pienempään tilaan, joten ilman virtausnopeudet kasvavat. Ohjauslevyt sen sijaan lisäsivät kanaalin etuosan ilmannopeuksia.



Kuvat 13 ja 14. Lavakuivurin peräosaan pystyyn sijoitettu reikälevy (tässä filmivaneria) vähensi peräosan ilmamäärää ja tasasi etuosan ilmannopeuksia.



Kuva 15. Tyhjän peräkärrykuivurin ilmakanaalin ilmannopeudet m/s erilaisia ohjainrimoja ja -levyjä käyttäen. Ilmakanaalin korkeus noin 16 cm. Mittaukset kuumalanka-anemometrillä. Puhallin asetettu 150 W teholle.

3 Johtopäätöksiä

Lavakuivurit ovat yksilöitä, joiden käytettävyyden parantaminen edellyttää kunkin kuivurin säätöä niin, että lämpöteho riittää sisään puhallettavalle ilmamäärälle ja että ilmamäärä on sopiva kuivattavalle massalle. Ilmavirran oikealla mitoittamisella pystytään välttämään turhaa lämpöenergian kulutusta. Tämä selvityksen perusteella yleisin ongelma tuntuukin olevan liian tehokas puhallin, jota ei pystytä säätämään. Ison ilmamäärän lämmittäminen vaatii puolestaan tehokkaampaa lämpöelementtiä.

Lavakuivureiden kuivausilman epätasaiseen jakautumiseen kehiteltiin erilaisia ratkaisuehdotuksia. Puhaltimen mitoittaminen tarvittavan ilmamäärän mukaan on tehokkain kehittämiskeino energiansäästön ja tasaisen kuivumisen kannalta. Kuivausilman epätasainen jakautuminen on lavakuivurien tyyppiongelma, ja sitä voidaan lieventää huomattavasti ilmavirran ohjauslevyillä. Ilmakanavan kaventaminen perää kohti voi joissakin tapauksissa tasata ilmavirtaa, mutta meidän kokeiluissamme se ei toiminut. Lämmityslaitteen valinnalla ja riittävän tarkalla termostaatilla voidaan myös vaikuttaa kuivaamisen energiankulutukseen ja lopputuotteen laatuun.

3.1 Puhaltimen mitoittaminen

Saksalaisen kasvikuivuritutkija Thomas Zieglerin mukaan ilman virtausnopeuden tulisi lavakuivurissa olla 0,14 – 0,20 m/s, jotta ilmanvaihto olisi riittävää optimaalisen kuivumisen kannalta. Suurissa ilmannopeuksissa kuivurin ilmavirrat äärevöityvät. Puhaltimen kierroslukua tulisi voida säätää, jotta nopeus saadaan optimaaliselle tasolle.

Puhaltimen mitoituksessa on myös otettava huomioon kuivattavan kasvimassan aiheuttama vastapaine. Mitä suurempi nopeus ilmalla on, sitä suurempi vastapaine kasvimassasta aiheutuu. Tuoreen kasvimassan aiheuttama vastapaine alenee kuitenkin kuivumisen myötä varsin nopeasti, mutta puhaltimen mitoitus on kuitenkin tehtävä maksimaalisen vastuksen mukaan. Kuivattava materiaali aiheuttaa omanlaisensa vastapaineen. Münsterer (1969) tutki kokonaisena kuivattavan meiramin aiheuttaman vastapaineen muutosta kuivumisen myötä. Tämä on kuvattuna taulukossa 3. Taulukon tuloksista ei ilmene, että kuivattavan materiaalin täyttökorkeus putoaa vähintäänkin viidennekseen, kun materiaali kuivuu. Vastapaine (Pa) alenee siten vielä taulukossa ilmoitettuja arvoja jyrkemmin. Zieglerin ym. mittauksissa kamomillan kukkien täyttökorkeus putosi ensimmäisten 20 tunnin aikana noin puoleen, kun alussa lavaan oli ladattu hiukan alle 50 cm kerros. Ilman nopeus kokeessa oli noin 0,18 m/s ja kuivausaika noin 40 tuntia (Ziegler ym. 2014).

Taulukko 3: Kokonaisena kuivattavan meiramin aiheuttama vastapaine (tai ilmanvastus) kuivumisprosessin eri vaiheissa Pa/täyttökorkeus metreissä. Kuivurin ilman nopeus oli 0,2 m/s. (Münsterer 1969)

	kosteus %	vastapaine Pa/m
meirami	82	49
	50	25
	11	18

Testattavina olleissa kuivureissa puhaltimet olivat sekä keskipako- eli radiaalipuhaltimia että aksiaalipuhaltimia. Aksiaalipuhaltimet (eli propellipuhaltimet) eivät pysty tuottamaan kovin suuria paineita, mutta soveltuvat hyvin

erilaisille ilmannopeuksille. Keskipakopuhaltimilla puolestaan on hyvä paineentuotto ja soveltuvat liikuttamaan isoja ilmavirtoja. Keskipakopuhaltimissa, joissa on aerodynaamiset taaksepäin kaartuvat siivet, saavutetaan paras mekaaninen hyötysuhde. Isoihin kuivureihin suositellaankin radiaalipuhaltimia.



Kuva 16. Turvekuivuria lainattiin mesiangervon kukan kuivaukseen, ja samalla vaihdettiin liian tehokas puhallin 60 watin kanavapuhaltimeen yhdistettynä 1,5 kW rakennuslämmittimeen. Tämä yhdistelmä ja ilmakanaaliin asetetut ohjauslevyt antoivat tasaisen ilmavirran sekä kuivurin etuosaan että taakse. Kanavapuhaltimen ja rakennuslämmittimen väliin löytyi varastosta sopiva peltiputki. Ilman tilavuusvirtaa rajoitettiin liukukytkimellä varustetulla tyristorilla.

3.2 Ohjauslevyt lavakuivurin ilmavirran tasaamisessa

Lavakuivureissa yleinen ongelma on liian suuri ilmavirta kuivurin peräosassa ja liian hidas ilman liike etuosassa ja leveiden lavojen keskiosissa. Tutkitussa turvekuivurissa, jossa ilmakanaali on pitkä ja kapea, riitti ohjauslevyjen asentaminen ilmakanaalin etu- ja keskiosaan sekä puhaltimen vaihto pienempitehoiseen malliin (kuva 16). Nokkoskuivurissa ja peräkärrikuivurissa ohjauslevyt pystyivät vain lievästi lisäämään ilmakanaalin etuosan ilmavirtaa. Näissä kuivureissa kuitenkin tehokkaimmaksi säätimeksi osoittautui ilmakanaalin keskiosaan tai lähemmäs perää pystyasentoon sijoitettu rei'itetty levy, joka päästää vain osan ilmavirrasta lävitseen. Pysty reikälevy ja etuosan pohjaan sijoitetut ohjausrimat voisivat olla melko hyvä perusratkaisu useimpiin isoihin lavakuivureihin.

Osassa lavakuivureista voi olla myös ”kuolleita kohtia”. Esimerkiksi peräkärrikuivurissa kuollut kohta oli keskellä kanaalia pystyssä olevan reikälevyn edessä. Sen tilannetta parannettiin kanaalin reunaan viistosti asetettujen ohjauslevyjen avulla (kuva 15).

3.3 Ilmakanavan madaltaminen perää kohti tai viisto reikäpelti

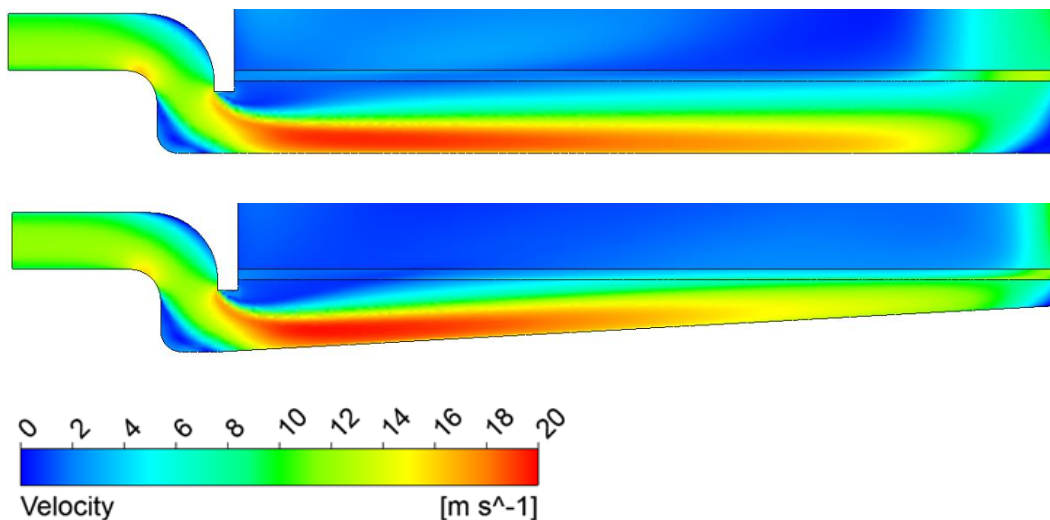
Kokeiluissamme testasimme myös sitä, mitä kanavan pohjan kaventaminen perää kohti aiheuttaisi ilman virtausnopeuksille. Monissa lavakuivureissa tämä rakenne on yleinen. Turvekuivurissa ilmakanalin pohjalevyä nostettiin kokeilussa siten, että kanavan korkeus perällä oli noin 40 % matalampi kuin edessä. Tämä muutos kuitenkin vain pahensi tilannetta, eli lisäsi ilmavirran nopeutta kanavan peräosassa, koska sama ilmamäärä joutui ahtautumaan pienempään tilaan. Kanavaan viistoon asetettu reikäpelti, jolla myös haettiin tilannetta, että ilma pakotettaisiin purkautumaan ensi sijassa kanaalin etuosasta ylös, ei myöskään toiminut niin hyvin kuin olimme odottaneet. Aiemmissa kokeiluissa Oamkissa vanhaan jääkaappiin rakennetussa kuivurissa viisto reikäpelti oli parantanut ilmavirran tasaisuutta kuivaustasolla. Tuloilman nopeus oli kuitenkin kokeilussa vain 0,1 m/s, eli 0,05 m³/s 160 mm ilmastointiputken läpi (Isola 2018), ja suhteellisen niukka ilmamäärä saattoikin olla se olennaisin tekijä reikälevyn tasaavalle vaikutukselle.



Kuva 17. Viisto reikäpelti jääkaappikuivurissa ilmavirtaa tasaamassa.

Perää kohti kapenevan kanavan vaikutusta ilmavirtaan ovat tutkineet myös Ziegler ym. (2014). Heidän tutkimuksessaan asiaa selvitettiin CFD-simulointimallin avulla. Ilmakanavan kapeneva muoto perää kohti voimisti ilman liikettä aivan peräseinän edessä, mutta selvästi tasasi sitä kuivausritilän muissa kohdissa. Virtausnopeuksissa tasaisen ilmakanavan mallissa oli lieviä eroja eri puolilla kuivuria. Kuivuriritilän keskiosan oikealla puolella on havaittavissa vyöhyke, jossa ilman liike on hitaampaa.

Ilmakanavan kaventaminen perää kohti voi siis olla jossain tapauksissa hyvä osaratkaisu. Sen tueksi ilmakanavan peräosassa pitäisi kuitenkin olla ohjauslevy vähentämässä ilman liikettä lähellä kuivurin peräseinää.



Kuva 18. 2D-Simulaatio ilmannopeuksista kuivurissa ilmanakanavan geometriaa muutettaessa (Kuva Ziegler ym. 2014).

3.4 Kuivurien lämmityslaitteet

Pienemmissä kasvikuivureissa käytetään pääosin sähkölämmittimiä. Isoissa usean sadan kilon laitteissa taas lämpöä pyritään saamaan hakepolttimilla. Isoissa kuivureissa voi myös olla lämmösiirtimiä, jotta hukkalämpö saadaan tehokkaasti talteen. Aikaisemmin varsin yleinen ratkaisu oli käyttää rakennuslämmittimiä, joissa on sekä pieni aksiaalipuhallin että lämmitin. Näissä lämmittimissä kuivuriin puhallettavan ilman lämpötila voitiin säätää korkeintaan 40 asteeseen. Uudemmissa rakennuslämmittimissä maksimilämpötila on nykyisin 35 astetta, joten ne eivät enää sovellu kasvien kuivaukseen.

Yrittäjillä käytössä olevien lämmittimien termostaatit ovat varsin hitaasti lämpötilamuutoksiin reagoivia. Kuivuriin menevässä ilmassa lämpötila saattaa heittää 10 astetta ennen kuin termostaatti kytkee lämpövastukset päälle. Tästä voi pahimmassa tapauksessa olla haittaa lämpöherkkien aromaattisten yrttien ulkoiselle ja sisäiselle laadulle. Vanhanaikaisen termostaatin korvaaminen tarkemmalla laitteella todennäköisesti maksaa itsensä nopeasti takaisin. Lämpötilan säädössä on myös syytä tarkistaa lämpöanturin oikea sijoittelu ja sen asianmukainen toimivuus.

Rakennuslämmittimien sijaan kuivurien lämmittimiksi soveltuvat hyvin kanavalämmittimet. Yleisimpiin kanavakokoihin löytyy valmiita paketteja, mutta lämmitin voidaan myös tilata halutulla teholla ja kanavakoolla. Lämmitintä mitoitettaessa täytyy tietää kuivauksessa käytetty ilmavirta. Lämmitysvastuksen tehon perusteella määrittyy myös pienin ilmavirta, jolla lämmitintä saa käyttää.

Kuivurin lämmityslaitteen valinnassa on myös huomioitava se, että sen tulisi ilma-aukoltaan istua hyvin puhaltimen ilma-aukkoon, tai vähintäänkin että väliin voidaan asentaa peltinen muuntoyhde. Lämmittimen ja puhaltimen yhteen liittämiseksi tulee myös huolehtia laiteyhdistelmän sähkö- ja paloturvallisuudesta. Laitteiston ja käytetyn sähkötehon lisäksi käyttöpaikka voi asettaa lisävaatimuksia turvallisuuden takaamiseksi. Sähkölaitteiden kytkeminen vaatii standardien mukaisen suunnitelman ja asennuksen tekee sähköasentaja.

4 Läheteet:

Huhtaniemi Pekka 2009. Puhaltimen valintaprosessin tehostaminen tarjouspyyntövaiheessa. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Isola, E. 2018. Laadukkaiden yrttien tuottaminen kuivaamalla. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

Bushbeck, E. 1969. Arzneipflanzentrocknung. Forschungsbericht Technische Universität Dresden. Kirjassa Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 2. Nachernteprozesse, Konservierung, Verarbeitung und Lagerung (Böttcher, H.). S. 253.

Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 2. Grundlagen des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus Teil II. Nachernteprozesse, Konservierung, Verarbeitung und Lagerung (toim. Böttcher, H.) Saluplanta 2010. ISBN 978-3-935971-55-3

Ziegler T., Jubaer H., Teodorov T., Mellmann J. 2014. Effizienzsteigerung der Flächentrocknung. Schlussbericht zum BMELV/FNR-Teilvorhaben 22012609 im Verbundprojekt "Zeitnahe und nachhaltige Verbesserung bestehender Band-, Kipphorden und Flächentrockner für Kamille, Melisse und Baldrian". Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam, 05.09.2013.