

ZIRAMO AY

Utajärven klapiyrittäjyysverkoston kehittämishankkeen
ensimmäinen klapien koekuivaus

Martti Puumalainen

Utajärven klapiyrittäjyysverkoston kehittämishanke

UTAJÄRVI 2006

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitetään koekuivauksin Utajärven Yrityspuistossa sijaitsevan alipainekuivurin soveltuvuutta klapien kuivaukseen. Hankkeen tavoitteena on perustaa Mustikkakankaan teollisuusalueelle klapi keskittymä, klapi keskittymän raaka-aine kuivataan alipainekuivurissa.

Tavoitteena on selvittää Mustikkakankaan teollisuusalueella sijaitsevan alipainekuivurin soveltuvuus klapien koneelliseen kuivaukseen. Utajärven Yrityspuistolle tehtävät koekuivaukset tekee ostopalveluna Ziramo Ay. Kuivaamalla suoritetaan kaksi koekuivausta, kussakin kaksi kuivauserää. Toinen koekuivaus tehdään jäätyneestä puusta talvella ja toinen sulasta puusta kesällä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää koekuivattujen klapien kosteusprosentti ja kuivauksen energiakustannukset.

Tässä tutkimusraportissa selvitetään ensimmäisen koekuivauksen tuloksia. Ensimmäinen koekuivaus tehtiin 30.10. – 2.11.2006.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	4
1.1 Koekuivauksen tavoite, rajaus ja aikataulu	4
1.2 Työssä käytetyt menetelmät	4
1.3 Kuivauksessa käytetyt välineet	4
2 KOEKUIVAUKSEN TOTEUTUS	6
2.1 Koekuivauksessa käytetyn koivun tie klapiksi	6
2.2 Kuivausjärjestelyt	6
2.3 Kuivaus	8
2.4 Kuivauksen lopetus	10
3 KOEKUIVAUKSEN ENERGIAKULUTUS	13
4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	14

1 JOHDANTO

1.1 Koekuivauksen tavoite, rajausta ja aikataulu

Työssä keskityttiin selvittämään koekuivauksella klapien kuivumista koneellisessa alipainekuivauksessa ja siitä aiheutuvia kustannuksia. Tässä työssä ei erikseen selvitetty kuivaukseen liittyvää klapiyrittäjäyksen verkoston eri osa-alueiden kustannuksia (puun hankinta, kuljetus, klapien valmistus kuivausta varten, kuivauksen jälkeiset pakkaus- tai markkinointikustannukset).

1.2 Työssä käytetyt menetelmät

Koekuivaus tehtiin toimintatutkimuksena, jossa kerättiin systemaattisesti talteen koekuivauksen analyysia varten tarvittava tieto ennen kuivausta, kuivauksen aikana ja kuivauksen jälkeen.

1.3 Kuivauksessa käytetyt välineet

Alipainekuivuri

Malli: **Nurvac 35180**.

Kuivauskammio on sylinterin muotoinen

Säiliön pituus: kokonaispituus 20,5m, sisäpituus 18,5m

Säiliön leveys: kokonaisleveys n. 4,7m, sisähalkaisija 3,5m

Paino: n. 40 000kg

Työpaine: 0,1-1 bar (abs)

Työlämpötila: - 10 - + 110 °C (tulevan veden lämpötilasuositus + 115 °C)

Puhaltimet: 7 kpl AXTEKO f 1500mm A1- aksiaalisiipiä, jotka pyörivät ohjelman mukaisesti suuntaa vaihtaen

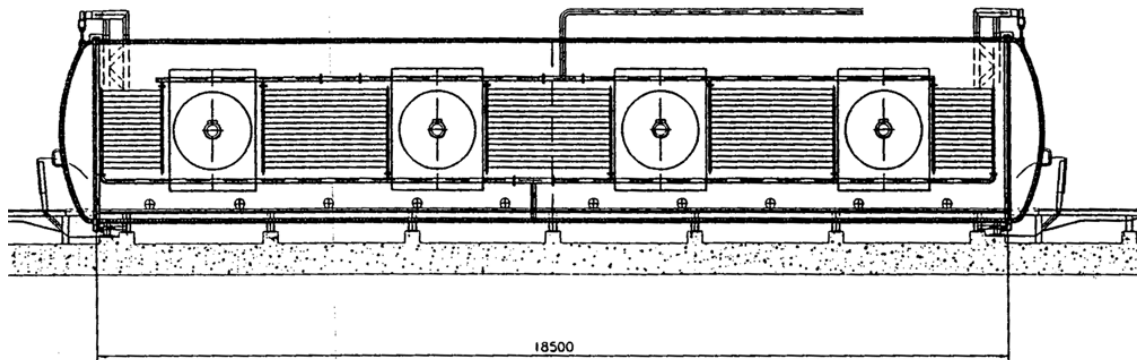
Puhallinmoottorit: 7 kpl ABB Strömberg 7,5kW,
moottorit sijoitettu vaipan ulkopuolelle

Patterit: 7 kpl + 2 kpl ½ puoliteho, yleisteho n. 500 kW

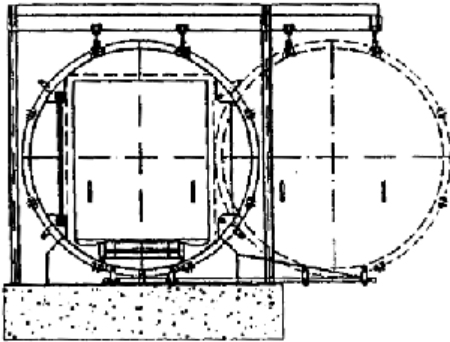
Lauhdutin: 300 kW kesäolosuhteissa

Alipainepumppu: vesirengastyypinen, 2,2 kW

Kuvista 1 ja 2 selviää alipainekuivaamon rakenne.



Kuva 1. Nurvac 35180 alipainekuivurin kaaviokuva sivusta.



Kuva 2. Nurvac 35180 alipainekuivurin kaaviokuva päädystä.

Kosteusmittarit:

Valutec Waltteri

Gann Hydromette HT851. Häkkien väleissä olleiden koekappaleiden kosteutta seurattiin tällä etämittarilla kuivauksen aikana.

Gann TKMU-6 etämittauksen avulla.

Vaaka:

EKS talousvaaka, max. 2000g, d = 1g

2 KOEKUIVAUKSEN TOTEUTUS

Utajärven Yrityspuisto Oy teettää koekuivauksen ostopalveluna Ziramo Ay:llä. Klapien koekuivaus pyritään tekemään ns. teollisena suorituksena, jotta valmistuskustannukset olisivat hyvin todenmukaisia ja todennettavissa. Tavoitteena on hyödyntää koekuivauksen tuloksia seuraaviin koekuivauksiin. Kuivauksen tarvitsema lämpö tuotettiin alipainekuivaamon viereisellä hakkeella toimivalla lämpökeskuksella.

2.1 Koekuivauksessa käytetyn koivun tie klapiksi

Ensimmäisessä koekuivauksessa käytettiin keski-ialtään 50 vuotta vanhaa, rehevällä, ojitetulla korvella kasvanutta koivua. Puut kaadettiin monitoimikoneella viikolla 41, lämpötila vaihteli -5°C ja $+13^{\circ}\text{C}$ välillä.

Puut kuljetettiin täysperävaunulla metsästä 20.10.2006.

Koivut tehtiin klapeiksi 23.–30.10.2006 välillä. Lämpötila oli n. -8°C , perjantaina 27.10 oli kova lumimyräkki. Klapit tehtiin koekuivausta varten tehtyihin metalliverkkohäkkeihin, osa suoraan klapikoneen kuljettimella ja osa häkeistä täytettiin pyöräkuormaajan kauhalla. Klapien tekemiseen meni aikaa 25,5 tuntia, osa ajasta kului koivujen seassa olleiden haapojen ja raitojen poistoon.

2.2 Kuivausjärjestelyt

Koekuivausta varten valmistetuissa kuivaushäkeissä päädyttiin leveimpään malliin, joka kuivaamoon mahtuu. Alkuvaiheessa oli epäily kuivuvatko klapit näin leveän kuorman keskeltä. Koekuivaushäkit valmistettiin väestönsuojaverkosta. Verkon ainevahvuus on 3,5mm, silmäkoko 45mm ja verkon korkeus 2000mm. Häkin koko on 1900x2000x2000. Häkin korkeus on kuivaamoon liian matala, koska sopivan korkuista verkkoa ei ollut saatavilla. Lava, johon verkkohäkki kiinnitettiin, on koottu useammasta eurolavasta ja ne kiinnitettiin yhteen 19x100 laudoilla 30cm välein. Jotta lavasta tulisi tarpeeksi luja, naulattiin toinen laudoitus vielä ristikkäin. Verkko kiinnitettiin lavaan 75mm nauloilla.

Osa häkeistä täytettiin suoraan klapikoneen kuljettimella ja osa pyöräkuormaajan kauhalla. Klapi kuljettimella täytetyt häkit säilyttivät paremmin alkuperäisen muotonsa. Ensimmäistä häkkiä täytettäessä huomattiin pian, että halot pullistivat häkin seinää pyöreäksi. Vika korjattiin laittamalla häkin puoliväliin molemmin puolin verkkoa kiertämään 19x100vs laudat kiinteästi ja kiristämällä ne häkin sisältä ristikkäin 3mm galvanoidulla rautalangalla. Häkit säilyttivät tämän jälkeen muotonsa huomattavasti paremmin.

Kuivaamon vaunujen pohjaraudat ovat kuivaushäkkien lavoille liian harvassa. Asia korjattiin latomalla pohjarautojen päälle 50x100 lankuista uusi pohja. Sen päälle jättilavat asettuivat hyvin, tosin se lisäsi kuorman kokonaiskorkeutta 50mm.

Täydet koekuivaushäkit siirrettiin trukkipiikeillä varustetulla pyöräkuormaajalla kuivaushalliin, suoraan kiskoilla oleviin kuivaamovaunuihin. Häkkien siirto sujui nopeasti, lavat kestivät hyvin siirron. Kuivaushäkit saatiin vaunuissa kohtuullisen hyvin kiinni toisiinsa pyöräkuormaajan sivusiirron avulla. Joidenkin häkkien väliin jäi rakoja n.20–70mm. Välit tiivistettiin haloilla ja asennettiin suojaverkot, jotta mahdollisesti kuormasta irtoavat eivät klapit särkisi puhaltimen siipiä. Samalla häkkien väleihin, kuorman keskivaiheille, asetettiin 6 kpl kosteudenmittausantureilla varustettuja klapeja. Koska kuorma oli liian matala, laitettiin kuorman päälle 54 kpl 37 litran verkkosäkkejä, joissa oli 33cm pitkiä klapeja. Kuorman päälle klapien sekaan laitettiin vielä 8 kpl puita, jotka merkittiin ja punnittiin.

Kuorma sijoittui kuivauskammioon hyvin, sivuille ei jäänyt välejä ja korkeus näytti sopivalta. Vaunuissa olleet seitsemän kuivaushäkkiä merkittiin sijainnin mukaan aakkosjärjestyksessä, häkkien hallinpuoli oli 1 ja seinäpuoli 2.

Lähtökosteudet mitattiin Gannin kosteusmittarilla. Todellista kosteutta ko. mittarilla ei voi tuoreesta puusta mitata, koska se on tarkoitettu n. 7-30% kosteuksille ja tuoreen puun kosteus on huomattavasti korkeampi. Klapien lähtökosteus oli ka. 54,16%. Todellisen kosteuden arveltiin olevan 70-80%.

2.3 Kuivaus

Kuivaus käynnistyi 30.10.2006 klo 15.58. Käynnistys sujui normaalisti ja ovien tiivistys toimi hyvin. Kammoin alipaineen haluttiin saavuttavan 500mb viidessä tunnissa. Kammion yläosassa oleva painin, joka estää yläpuolisen vapaan ilmavirtauksen, kytkettiin kuivauksen alkuvaiheessa pois päältä, ettei se painaisi häkkeitä kasaan.

Alkulämmitys vaihe, aika 5h

Paine laski annetun ohjeen mukaan 500mb jo kahdessa tunnissa, kammion lämpötila oli jakson lopussa 68°C, vettä poistui 386 litraa. Poistuva vesi oli osittain sulamisvettä jäisistä puista.

Kuivausvaihe 1, aika 12 h

Kokonaiskuivausaika 17 h.

Kammoin alipaine 500mb-300mb, lämpötilaohje 65°C, Gann-mittareiden keskiarvo 57,33%. Kuivausjakson puolella välissä huomattiin kammion lämpötilan nousseen liian korkealle, 15°C yli annetun ohjeen. Vika oli lämmönsäätöventtiilissä. Venttiili toimi automaattiajolla epätarkasti. Lämpö laskettiin käsiajolla 80°C ja päätettiin pitää sillä tasolla toistaiseksi. Vettä lähti ensimmäisen kuivausjakson aikana 1759 litraa.

Vettä on lähtenyt koko kuivausaikana 2145 litraa.

Vikahälytys jakson aikana, ovenrajavika, oli aiheeton.

Kuivausvaihe 2, aika 12h

Kokonaiskuivausaika 29 h.

Kammoin alipaine 300-280mb, lämpöohje 80°C, Gann -mittareiden keskiarvo 48 %. Jakso eteni annetun ohjeen mukaan. Vettä lähti toisen kuivausjakson aikana 1045 litraa.

Vettä on lähtenyt koko kuivausaikana 3190 litraa.

Kuivausvaihe 3, aika 12h

Kokonaiskuivausaika 41 h.

Kammoin alipaine 280-250mb, lämpöohje 80°C, Gann -mittareiden keskiarvo 48,83 %. Jakso eteni annetun ohjeen mukaan. Ainoastaan lämpötila nousi välillä annetun ohjeen yläpuolelle, johtuen lämmönsäätöventtiilin ongelmista. Vettä lähti kolmannen kuivausjakson aikana 1925 litraa.

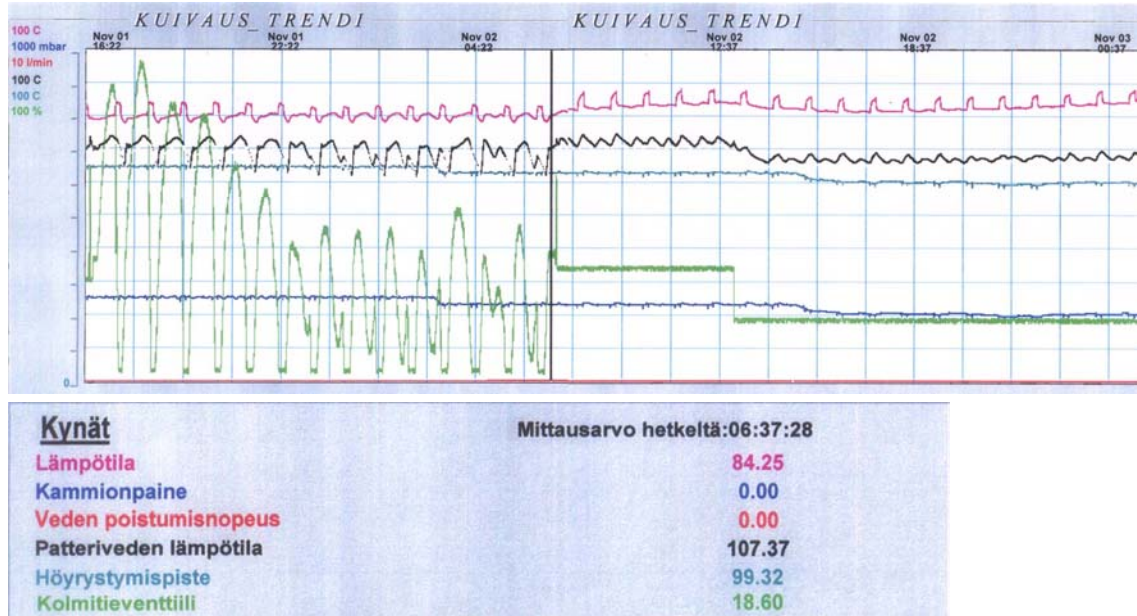
Vettä on lähtenyt koko kuivausaikana 5115 litraa.

Kuivausvaihe 4, aika 7h

Kokonaiskuivausaika 48h.

Kammoin alipaine 250-210mb, lämpöohje 80°C, Gann -mittareiden keskiarvo 31,33%.
Kuivausjakson aikana lämpötila nousi 82°C, välillä jopa 84°C. Vettä lähti neljännen kuivausjakson aikana 990 litraa.

Vettä on lähtenyt koko kuivausaikana 6105 litraa.



Kuva 3. Kaaviokuvasta näkyy selvästi kolmitieventtiilin automatiikan häiriö. Puolivälissä kaavaa on siirretty venttiilin käsiajolle.

Kuivausvaihe 5, aika 14h (jatkoaika alkuperäiseen suunnitelmaan)

Kokonaiskuivausaika 62 h.

Kammoin alipaine 210-190mb, lämpöohje 82°C, Gann-mittareiden keskiarvo 22,15%.
Jakso eteni annetun ohjeen mukaan. Vettä lähti vielä 990 litraa.

Vettä on lähtenyt koko kuivausaikana 7095 litraa. Koekuivauksen päätyttyä Gann-mittareiden kosteusantureiden keskiarvo oli 9,41%.

2.4 Kuivauksen lopetus

Kuivaus päättyi 3.11 klo 05.00. Seuraavassa on koekuivauksen päätyttyä tehdyt silmämääräiset havainnot kuivaushäkeistä, klapien koekappaleitten kosteudet ja painot. Koekappaleet oli sijoitettu häkkien päälle ja keskelle sekä häkkien väleihin.

Häkki A

Kuorma laskeutunut n 30 senttiä

Väli vähän auennut keskivaiheilta

Kosteusprosentit välissä 14,6 / 16,3

Kosteusprosentit keskeltä 14,6 / 9,2 / 8,3 / 16,3 / 29,6 / 24,9 / 6,2 / 23,4 / 21,8

Kosteusprosentit pinnasta 6,8 / 8,5 / 7,5 / 6,7

Pinnalta hyvin kuiva, keskeltä isojakini vaihteluja mitattavan kappaleen koosta riippuen.

Ilmavirta oli kulkenut häkin päältä ja enemmän vasemmalta reunalta.

Häkki B

Kuorma laskeutunut n. 10-20 senttiä

Häkkien väli ok

Kosteusprosentit välissä 6,8 / 7,4 / 7,8

Kosteusprosentit keskeltä 26,3 / 24 / 11,7 / 26,0 / 38,0 / 47

Kosteusprosentit pinnasta 8,3 / 9,7 / 9,1 / 8,1

Pinnalta hyvin kuiva, keskellä korkeampia kosteuksia

Ilmavirta oli kulkenut häkin päältä paremmin.

Häkki C

Kuorma laskeutunut 20-40 senttiä

Häkkien väli harvahko

Kosteusprosentit välissä 9,7 / 23,8 / 11,8 / 32,0 / 31,0 / 39,0 / 7,8 / 36,6

Kosteusprosentit keskeltä 21,2 / 25,5 / 20,1 / 28,5 / 8,9 / 26,6

Kosteusprosentit 6,6 / 7,2 / 6,9

Pinnalta hyvin kuiva, keskellä korkeampia kosteuksia

Ilmavirta oli kulkenut häkin päältä paremmin.

Häkki D

Kuorma laskeutunut 10-25 senttiä

Häkkien väli harvahko

Keskellä häkkiä harvempi paikka

Kosteusprosentit välissä 13,7 / 9,9 / 13,1

Kosteusprosentit keskellä 27,5 / 15,0 / 20,7 / 32,2 / 26,7 / 16,6 / 13,2 20,2 / 17,6 / 26,1 /
30,9

Kosteusprosentit pinnasta 7,6 / 6,2

Pinnalta hyvin kuiva ja keskeltäkin tyydyttävä, koska ilmavirta oli kulkenut häkin läpi
ja myös päältä kuorman laskeuman vuoksi.

Häkki E

Kuorma laskeutunut vain vähän

Häkkien väli harvahko

Keskellä häkkiä harvempi paikka

Kosteusprosentit välissä 12,4 / 13,6 / 11,1

Kosteusprosentit keskellä 18,0 / 21,4 / 24,6 / 22,6 / 23,8 / 18,7 / 26,4 / 45,0 / 19,8

Kosteusprosentit päällä 9,4 / 8,2

Pinnalta hyvin kuiva ja keskeltäkin tyydyttävä

Häkki F

Kuorma laskeutunut vain vähän

Häkkien väli ok

Keskellä häkkiä harvempi paikka

Kosteusprosentit välissä 11,9 / 13,8 / 14,2

Kosteusprosentit keskellä 10,3 / 7,9 / 23,0 / 21,0 / 25,5 / 16,8 / 23,2 / 28,1 / 22,0 / 17,0

Kosteusprosentit pinnasta 10,3 / 7,9

Pinnalta hyvin kuiva ja keskeltäkin tyydyttävä.

Häkki G

Kuorma laskeutunut hyvin vähän

Häkkien väli ok

Keskellä harvempi paikka

Kosteusprosentit välissä 7,8 / 9,7 / 8,6

Kosteusprosentit keskellä 8,2 / 12,1 / 6,3 / 26,2 / 11,3 / 7,6

Kosteusprosentit pinnasta 9,3 / 7,3 / 7,5

Päädysssä ollut häkki oli kuivanut selvästi paremmin.

Koeklapien punnitseminen

Jokaiseen häkkiin sijoitettiin ennen kuivausta yksi merkitty ja punnittu klapi. Klapit punnittiin myös kuivauksen jälkeen. Punnitut kappaleet olivat sijoitettu häkkien yläosaan, n. 30-50cm syvyyteen.

<u>Häkki</u>	<u>Paino ennen</u>	<u>Paino jälkeen</u>	<u>Paino pudonnut g / %</u>
Häkki 1	996 g	604 g	392 g / 39 %
Häkki 2	1069 g	962 g	107 g / 10 %
Häkki 3	784 g	564 g	220 g / 28 %
Häkki 4	1639 g	1099 g	540 g / 33 %
Häkki 5	755 g	505 g	250 g / 33 %
Häkki 6	1542 g	917 g	625 g / 40 %
Häkki 7	1155 g	766 g	389 g / 33 %
Häkki 8	1244 g	747 g	497 g / 40 %

3 KOEKUIVAUKSEN ENERGIAKULUTUS

Ensimmäisen koekuivauksen energiakulutus:

Sähkö

Alipainekuivuri ja alipainekuivurihalli (valot)	2370 kWh
Lämpökeskus	88 kWh
Kuivauksessa kulunut sähkö yhteensä	<u>2458 kWh</u>

Hake

Hakkeen kokonaiskulutus	11 irtom ³
Hakkeen kulutus muuhun käyttöön	0,5 irtom ³
Kuivauksessa kulunut hake yhteensä	<u>10,5 irtom³</u>

4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ensimmäinen koekuivaus onnistui suunnitellusti. Kuivaus eteni pääsääntöisesti annettujen ohjeiden mukaan. Lämmönmuutokset prosessissa eivät haitanneet kuivausta. Päinvastoin huomattiin, ettei korkeakaan lämpötila haittaa klapien kuivauksessa. Painetta voisi ehkä laskea seuraavassa koekuivauksessa.

Kuivauksen aikana kuivaushäkkien korkeudet laskeutuivat 10-20 senttiä. Sen seurauksena ilmavirta pääsi kulkemaan vapaasti häkkien päältä, jolloin halkokuorman läpi virtaavan ilman määrä väheni. Samalla häkkien väleissä olleet halot liikkuvat, jolloin ilma pääsi virtaamaan joistakin väleistä.

Kosteusmittauksissa todettiin halkojen olevan kuivimmat kuorman päältä ja häkkien välien kohdilta. Siis sieltä, mistä ilma on parhaiten päässyt kulkemaan.

Seuraavissa koekuivauksissa tulee kiinnittää erityistä huomiota klapien asetteluun kuivaushäkkeihin. Nyt tapahtunut klapien epätasainen laskeutuminen aiheutti hallitsematonta ilmavirtausta lähinnä kolmannen häkin kodalla, jossa laskeuma oli suurinta. Samoin häkkien välien ja trukkilavojen tiivistykseen tulee kiinnittää huomiota. Hallitsematon ilmavirta lisää kuivausaikaa ja kustannuksia, eivätkä klapit kuivu tasaisesti.

Ensimmäisen koekuivauksen tulosten perusteella voidaan todeta, että Mustikkakankaan teollisuusalueella sijaitseva alipainekuivuri soveltuu klapien kuivaukseen hyvin. Tavoitteena seuraavissa koekuivauksissa on hyödyntää ensimmäisen koekuivauksen tuloksia siten, että kuivauskustannukset alenevat ja kuivausaika lyhenee.