

Korjuuajankohdan merkitys hakkeen kosteuspitoisuuteen ja kuivauksen sähkönkulutukseen

Hilli Anu

27.11.2017 ::



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Metsähakkeen käytön lisääntyessä ja käyttökohteiden monipuolistuessa hakkeen laadun merkitys korostuu. Hakkeen laatuun vaikuttavista tekijöistä kosteuspitoisuus on merkittävä niin lämmön- kuin sähkötuotannossakin. Mikäli hake-eriltä vaaditaan alhaista kosteuspitoisuutta ja tasalaatuisuutta, hakkeen keinokuivaus on yleensä tarpeen, sillä luonnonkuivatun hakkeen laatu vaihtelee suuresti.

Johdanto



Voimalaitoksissa käytettiin kiinteitä puupolttoaineita vuonna 2015 kaikkiaan 18,3 miljoonaa kiintokuutiometriä, josta metsähakkeen osuus oli 7,3 miljoonaa kuutiometriä. Metsähakkeen kokonaiskäyttö oli 8 miljoonaa kiintokuutiometriä, kun mukaan luetaan myös pienkiinteistöjen käyttämä hake. ^[1] Metsähakkeen laadun merkitys on korostunut käyttömäärien kasvaessa ja käyttökohteiden monipuolistuessa.

Voimalaitoksissa käytettävän energiapuun tärkein laatuominaisuus on kosteus ^[2], sillä energiapuun lämpöarvo (MJ/kg) ja tehollinen energiasäilytys laskevat kosteuden kasvaessa ^[3] ^[4]. Kaatotuoreen puun kosteusprosentti vaihtelee muun muassa puulajin, puun osan, korjuuajankohdan ja -paikan mukaan. Männyllä ja kuusella vuodenaikainen kosteuspitoisuuden vaihtelu on huomattavasti vähäisempää kuin lehtipuilla. Männyn ja kuusen kosteuspitoisuus vaihtelee 55:sta 57 %:iin. Sen sijaan esimerkiksi lepällä kosteuspitoisuus on noin 45–55 %. Kosteuspitoisuus on korkeimmillaan huhti- ja toukokuussa ja alhaisimmillaan kesä–elokuussa. Koivun tuorekosteus vaihtelee 38:sta 50 %:iin. Koivun kosteuspitoisuus alkaa kohota jo maaliskuulla ja on korkeimmillaan toukokuussa, jolloin se kohoaa hieman yli 50 %:iin. Alhaisimmillaan koivun kosteuspitoisuus on elo- ja syyskuussa. ^[5] ^[6]

Käytettävän polttoaineen laatuvaatimukset kosteuspitoisuuden osalta vaihtelevat suuresti voimalaitoksen kokoluokan ja käytetyn teknologian mukaan. Keskikokoiset ja pienet lämpölaitokset tarvitsevat kuivempaa ja tasalaatuisempaa polttoainetta kuin suuret laitokset ^[7]. Lämpöyrittäjien ylläpitämässä ja hoitamissa lämpölaitoksissa keskimääräinen kattilateho on 0,58 MW. Tämän kokoluokan lämpölaitokset käyttävät polttoaineena pääasiassa metsähaketta. Sen osuus koko polttoainekäytöstä on noin 90 %. ^[8] Pienissä lämpölaitoksissa ja pienkiinteistöissä käytettävän puuraaka-aineen kosteuspitoisuuden tulisi olla noin 25–40 % ^[9] ^[10]. CHP-laitoksissa käytettävän hakkeen kosteuspitoisuuden tulisi puolestaan olla vain 15 % tai jopa sen alle ^[11]. Nämä kosteuspitoisuudet edellyttävät energiapuun tai siitä valmistetun hakkeen kuivausta.

Tässä työssä selvitettiin korjuuajankohdan vaikutusta koivuhakkeen kosteuspitoisuuteen sekä hakkeen kuivauksen sähkönkulutukseen.

Aineisto ja menetelmät

Hakkeen raaka-aineena käytettiin koivua (kuva 1). Koivut kaadettiin ja karsittiin monitoimikoneella. Korjuuajankohdat olivat touko-, kesä-, syys-, marras-, tammi- ja maaliskuun loppu. Tuore koivuranka hakettiin rumpuhakurilla. Haketus suoritettiin heti koivujen kaadon jälkeisinä päivinä. Hake-erät kuivattiin kaatoa seuraavan kuukauden aikana. Hakkeen palakoko oli 30 mm x 30 mm.



KUVA 1. Tuoreesta koivurangasta valmistettua haketta (kuvaaja: Anu Hilli)

Hake kuivattiin lavakuivurilla. Kuivurin pohjassa on käytetty suomulevyä, jonka läpi kuivausilma puhalletaan kuivuriin keskipakoispuhaltimella. Keskipakoispuhallin toimii 2,2 kilowatin sähkömoottorilla. Kuivuriin on liitetty taajuusmuuntaja, jolla puhaltimen kierrosnopeutta voidaan säätää. [\[12\]](#) Puhaltimen kierrosnopeutena käytettiin 35 herziä. Kuivausilmaa lämmitettiin kuivuriin liitetyllä teholtaan yhdeksän kilowatin sähkölämmittimellä. Sähkölämmittimessä on portaaton säätö ja se asetettiin puolelle teholle. Sähkölämmittimen asetukset pidettiin kaikissa kuivauksissa samana.

Hake kuivattiin 20 ja 25 prosentin tavoitekosteuspitoisuuksiin. Jokaisesta erästä suoritettiin kolme kuivausta molempiin kosteuspitoisuuksiin. Hakkeen kosteuspitoisuutta kuivumisprosessin aikana seurattiin hakkeen kosteuspitoisuuden määrittämiseen tarkoitettulla mittarilla (Wile bio moisture) puolen tunnin välein. Kosteuspitoisuus laskettiin kuuden mittauksen keskiarvona. Mittauksista kaksi suoritettiin lavakuivurin etuosasta, kaksi keskeltä ja kaksi mittausta takaosasta. Lisäksi hakkeen alku- ja loppukosteus määritettiin uunikuivausmenetelmällä: märkápainoa kohti laskettu kosteus (%) saapumistilassa. Hakkeen irtotiheys määritettiin kuivauksen alkaessa ja päättyessä. [\[13\]](#) [\[14\]](#)

Ilmankosteutta ja ilman lämpötilaa mitattiin puolen tunnin välein. Sähkönkulutus kirjattiin myös ylös puolen tunnin välein. Hake-erää käännettiin jokaisen mittauksen yhteydessä tasaisen kuivumisen aikaansaamiseksi.

Kuivaukset kesäkuusta lokakuuhun tehtiin lautarakenteisessa hallissa, jossa ei ollut lainkaan lämmitystä. Sen sijaan joulukuun–huhtikuun aikana tehdyt kuivaukset suoritettiin hallissa, jossa oli lämmitys. Kerralla kuivattava hakemäärä oli 0,5 irtokuutiometriä.

Tulokset

Tuoreen hakkeen kosteuspitoisuus oli alhaisimmillaan toukokuussa ja korkeimmillaan marras-tammikuussa (taulukot 1 ja 2). Tuoreen hakkeen kosteuspitoisuus vaihteli 37,4 %:sta aina 47,7 %:iin. Korkein kosteuspitoisuus mitattiin maaliskuun lopussa kaadetusta ja haketetusta erästä ja alhaisin puolestaan marraskuun lopun erästä. Hakkeen irtotiheys vaihteli 207–318 kg/m³. Hake-eristä mitatut irtotiheydet olivat pääsääntöisesti korkeampia tavikuukausina kuin kesäkuukausina.

Hake kuivui selvästi nopeammin ja sähkönkulutus oli huomattavasti alhaisempaa kevät- ja kesäkuukausina verrattuna syys- ja talviajan kuivauksiin. Kevät- ja kesäkuukausina hake-erät kuivuivat noin 3–4 tunnissa, kun taas syys- ja talvikuukausina tarvittiin vähintään 5,5 tunnin kuivausaika. Hake-erien kuivumiseen tarvittiin sähköä 20–65 kWh. (Taulukot 1 ja 2.)

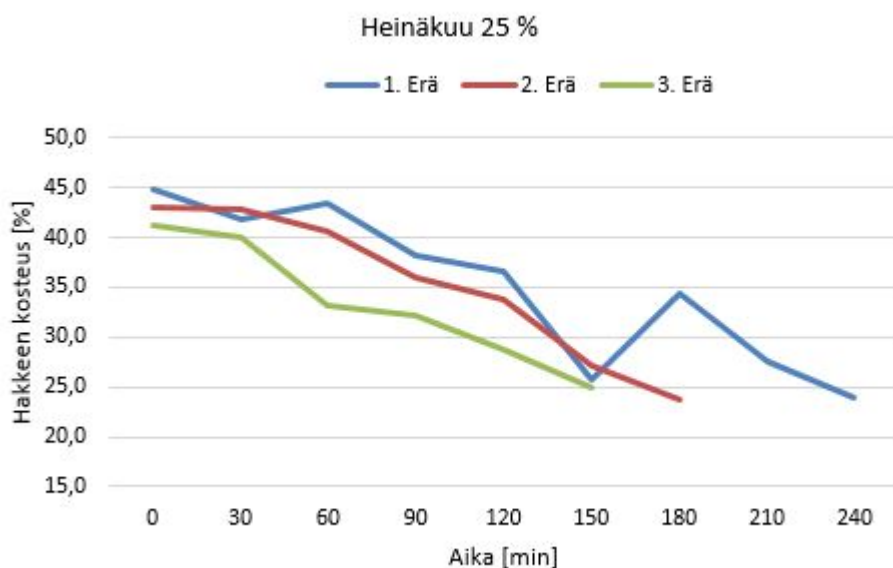
TAULUKKO 1. Hakkeen kuivaustulosten keskiarvot 25 % tavoitekosteuteen kuivattuna korjuuajankohdittain

Puun- korjuun ajankohta	Kuivaus- aika min	Kosteus- % alussa	Kosteus- % lopussa	Irto- tiheys kg/m ³	Irto- tiheys kg/m ³	Ilman- kosteus- %	Ilman lämpö- tila C°	Sähkön kulutus kWh
Toukokuu	131	38,5	27,6	277,3	241,2	62,3	21,0	19,8
Kesäkuu	192	40,3	26,2	207,3	249,4	66,9	19,9	27,3
Syyskuu	310	41,7	26,3	301,5	238,9	91,9	6,4	52,0
Marraskuu	350	45,6	23,6	291,0	219,3	64,6	8,0	52,1
Tammikuu	330	44,6	27,5	295,8	237,1	57,5	6,7	49,8
Maaliskuu	280	42,7	26,4	303,6	243,0	59,2	4,7	38,3

TAULUKKO 2. Hakkeen kuivaustulosten keskiarvot 20 % tavoitekosteuteen kuivattuna korjuuajankohdittain

Puun- korjuun ajankohta	Kuivaus- aika min	Kosteus- % alussa	Kosteus- % lopussa	Irto- tiheys kg/m ³	Irto- tiheys kg/m ³	Ilman- kosteus- %	Ilman lämpö- tila C°	Sähkön kulutus kWh
Toukokuu	143	38,4	22,7	263,1	212,4	66,1	20,1	21,8
Kesäkuu	191	43,0	23,0	306,6	247,4	61,0	21,2	28,9
Syyskuu	380	40,2	19,7	274,0	236,7	84,8	5,6	65,3
Marraskuu	441	41,9	18,5	284,0	220,0	63,6	5,8	65,2
Tammikuu	421	42,8	22,3	317,8	238,2	54,2	3,4	64,0
Maaliskuu	310	44,3	21,2	287,7	225,0	54,1	11,6	42,5

Hake-erien kuivumisessa oli vaihtelua. Huomattavinta hake-erien kuivumisen vaihtelu oli heinäkuussa (kuvio 1). Heinäkuussa kuivatuista hake-eristä kuivui selvästi nopeimmin erä 3. Kolmannen erän kuivausaikana ilmakeuhuspitoisuus oli 57–46 %, keskiarvon ollessa 49,7 % (taulukko 3). Sen sijaan hake-erien 1 ja 2 kuivausaikana ilman kosteusprosentti oli huomattavasti korkeampi. Kuivauksen alkaessa molemmissa erissä ilman kosteusprosentti oli yli 88 % ja kuivauksenaikainen keskiarvokin jäi noin 75 %:iin. Ilman lämpötila puolestaan oli korkein ensimmäisen hake-erän kuivauksen aikana, keskimäärin 23,4 astetta ja toisen ja kolmannen kuivauserän aikana pari astetta alhaisempi. Kolmannen kuivauserän sähkönkulutus oli selvästi alhaisin. (Taulukko 3.)

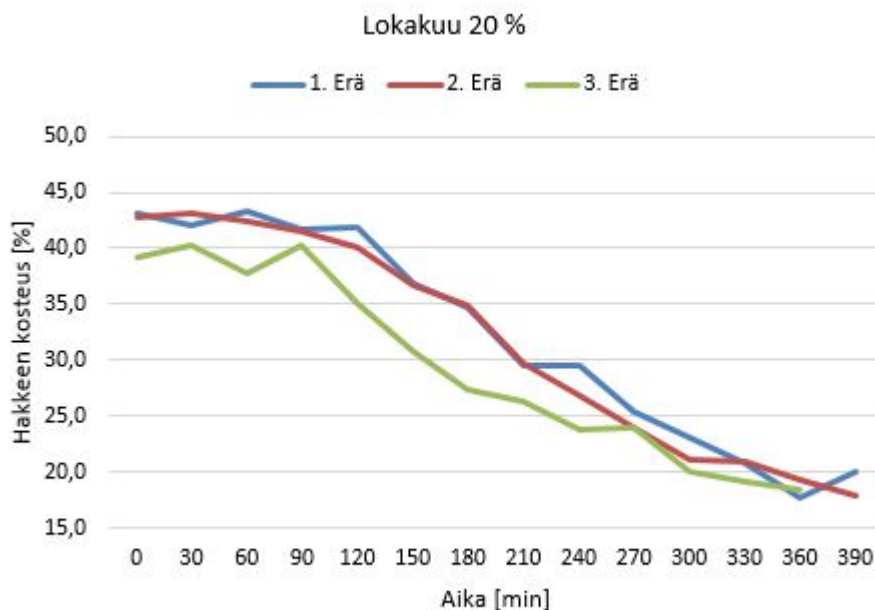


KUVIO 1. Heinäkuussa 25 %:n tavoitekosteuspitoisuuden kuivattujen hake-erien kuivuminen

TAULUKKO 3. Heinäkuussa kuivattujen hake-erien sähkönkulutus ja ilman lämpötilan sekä kosteuspitoisuuden keskiarvot kuivausaikana

Puun-korjuun ajankohta	Hake-erä	Ilmankosteus-%	Ilman lämpötila C°	Sähkön kulutus kWh
Kesäkuu	1	74,5	23,4	31,4
	2	76,5	22,1	27,2
	3	49,7	21,5	23,2

Syyskuun lopussa kaadetut ja haketetut koivurangat kuivattiin lokakuun alussa. Lokakuussa hake-erät kuivuivat huomattavasti tasaisemmin (kuvio 2). Tällöin ilmankosteuspitoisuus vaihteli 81:stä 90 %:iin ja ilmanlämpötila oli 4–7 astetta. Sähkönkulutus oli 62,2–67,1 kilowattituntia.



KUVIO 2. Lokakuussa kuivattujen hake-erien kuivuminen 20 %:n tavoitekosteuteen

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tuoreen koivurankahakkeen kosteuspitoisuus vastasi kohtalaisen hyvin aiempien tutkimusten tuloksia tuoreen puun kosteudesta. Pieniläpimittaisen energiapuuksi harvennetun koivun kosteuspitoisuus on vaihdellut vuodenajan mukaan 38–50 %:iin. [151] Kosteuden luontainen vaihtelu hake-erien sisällä oli melko suurta. Myös aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että harvennusenergiapuulla ja latvusmassalla kosteuden luontainen vaihtelu energiapuuerien sisällä on huomattavaa [5]. Lisäksi puurunkojen kosteuspitoisuuden on todettu kasvavan tyvestä latvaan päin [5] [151], mikä voi näkyä hake-erien sisäisessä kosteuspitoisuuden vaihtelussa.

Hakkeen irtotiheydet olivat 207–318 kg/m³. Tulos oli yhteneväinen aiemmissa tutkimuksissa määritettyihin tuloksiin nähden, sillä rankahakkeen irtotiheydet vaihtelevat 250–320 kg/m³. [16] [17] Hakkeen irtotiheyteen vaikuttaa muun muassa puulaji, palakoko ja sen jakauma, hakkeen tiivistyminen kuljetuksen aikana sekä haketuksen vuodenaika. Irtotiheydet olivat talvikukausina korkeimmat, sillä jäätyneestä puusta muodostuu haketuksen yhteydessä enemmän hienojaetta kuin sulasta puusta.

Ilman kosteuspitoisuudella ja lämpötilalla oli huomattava merkitys hakkeen kuivumiseen ja sähkönkulutukseen. Ilman kuivauskykyyn vaikuttaa ilmanlämpötila ja suhteellinen kosteus. Jos hake-erän läpi puhallettavaa kuivausilmaa saadaan lämmitettyä asteella, ilman suhteellinen kosteus alenee viisi prosenttiyksikköä. Tällöin ilman vedensitomiskyky paranee noin 0,3 g/m³. [18] Lämpimän ilman käyttö puun kuivauksessa lyhentää kuivausaikaa merkittävästi [19]. Hake-erät kuivuivat selvästi nopeammin ja sähkönkulutus oli vähäisempää

kevät- ja kesäkuukausina, jolloin ilmanlämpötila oli korkeimmillaan ja puolestaan kosteuspitoisuus alhaisimmillaan. Myös aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että lämpöenergiaa tarvitaan talvella hakkeen kuivaukseen selvästi enemmän kuin kesällä. [\[20\]](#)

Aiemmissa tutkimuksissa aksiaalipuhaltimilla on kuivauksen sähkönkulutus ollut keskimäärin 10 kWh/i-m³ ja keskipakopuhaltimilla 15–25 kWh/i-m³ [\[21\]](#). Keskipakopuhaltimen toimintaperiaate on, että ilmavirtaus ohjataan pyörivän yhdensuuntaisen säleikön välistä, jolloin läpivirtaus kääntyy häviöittä aksiaalisesta virtauksesta säteensuuntaiseksi. Sen sijaan aksiaalipuhaltimissa ilman virtauksen saa aikaiseksi pyörivä siipipyörä, joka on samankeskisesti sylinteripinnan kanssa eli ilma virtaa akselin suuntaisesti. Ilman virtausnopeuteen vaikuttavat aksiaalipuhaltimissa siipikulma ja kehänopeus. Nyt tutkituissa erissä kuivauksen sähkönkulutusta nosti kuivausilman lämmittäminen sähkövastuksella. Lämmitettyä ilmaa ei hyödynnetty, sillä kokeet tehtiin avolavakuivurilla. Kuivauskustannusten alentamiseksi hake tulisi kuivata kuivurilla, jossa kuivausilmaa voidaan kierrättää ja joka on varustettu poistoilman lämmön talteenotolla.

Yhteenveto

Hakkeen kosteuspitoisuus vaihteli korjuuajankohdan mukaan (38–45 %). Veden haihduttaminen hakkeesta vaatii noin yhden kilowattitunnin energiamäärän kutakin vesikiloa kohden [\[11\]](#). Tämän lisäksi koneellisessa kuivauksessa käytettävä puhallin ja mahdolliset kuivausilman lämmittämiseen tarkoitetut järjestelmät vievät sähköenergiaa. Mikäli tuoreen hakkeen kuivauksessa käytetään puhallinkuivausta, kokonaisenergiankulutuksen kannalta parhain kuivausajankohta on toukokuusta elokuuhun, jolloin ilman vedensitomiskyky on suurimmillaan, sillä kuivausilman vedensitomiskyky on suoraan riippuvainen lämpötilasta [\[11\]](#).

Myös energiapuun luonnonkuivaus kannattaa hyödyntää (kuva 2), sillä luonnonkuivauksella energiapuun kosteuspitoisuutta saada huomattavasti laskettua verrattuna kaatotuoreen puun kosteuspitoisuuteen. Luonnonkuivauksella saadaan hakkeeksi käytettävän energiapuun kosteuspitoisuus parhaimmillaan jopa 30 %:iin, mutta toki sääolosuhteilla on suuri merkitys kuivumisen onnistumiseen. [\[9\]](#) [\[10\]](#)



KUVA 2. Energiapuun kuivumista edistää varastointi aurinkoiselle ja tuuliselle paikalle (kuvaaja: Anu Hilli)

Varastoidun energiapuun kuivauksessa kannattaa hyödyntää kevään ja kesän kuivattava vaikutus. Loppukevääseen mennessä korjattu kuivalle, aurinkoiselle ja tuuliselle paikalle hyvin varastoitu energiapuu voidaan hakettaa jo kesän lopulla.

Artikkeli on laadittu osana PUUTA-hanketta (Puuraaka-aineen hyödyntäminen Utajärven kunnassa). Hanketta rahoittaa Pohjois-Pohjanmaan liitto ja Euroopan aluekehitysrahasto. Yksityisrahoitus tulee alueen yrityksiltä. Hanke toteutetaan yhteistyössä Utajärven kunnan, Oulun yliopiston kauppaikorkeakoulun ja Oulun Ammattikorkeakoulun kanssa.



Lähteet

1. [△]Ylitalo, E. 2016. Metsähakkeen käyttö supistui vuonna 2015. Luonnonvarakeskus. Uutiset. Hakupäivä 23.10.2017.
<https://www.luke.fi/uutiset/metsahakkeen-kaytto-supistui-2015/>
2. [△]Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT. Tiedote 2045. Espoo. Hakupäivä 23.10.2017.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/t2045.pdf>
3. [△]Hillebrand, K. & Nurmi, J. 2001. Hakkuutähteiden laadunhallinta. VTT Energian raportteja 2. VTT.
4. [△]Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Metsäkustannus Oy.
5. ^{^ abc}Ronkainen, P., Sirkiä, S. & Lindbland, J. 2014. Harvennusenergiapuun ja latvusmassan kosteuden määrittäminen metsäkuljetuksessa. Metsätieteen aikakauskirja 4, 211–228.
6. [△]Routa, J. 2014. Energiapuuvarastojen kosteusmallit. Laava-seminaari. Vantaa 9.2.2014.
7. [△]Jahkonen, M. & Ikonen, T. 2014. Toimijoiden näkemykset metsähakkeen toimitusketjun laadusta Pohjois-Karjalan alueella. Metlan työraportteja 280. Hakupäivä 23.10.2017.
<http://www.metla.fi/julkai-sut/workingpapers/2014/mwp280.pdf>
8. [△]Ikonen, T., Jahkonen, M., Pasanen, K. & Tahvanainen, T. 2013. Laadunhallinta ja keskeiset laatutekijät metsäenergian toimitusketjussa. Metlan työraportteja 275. Hakupäivä 23.10.2017.
http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp_275.pdf
9. ^{^ ab}Lepistö, T. (toim.) Metsäkeskukset. 2010. Laatu-hakkeen tuotanto-opas. Sastamala: Vammaspaino.
10. ^{^ ab}Raitila, J., Virkkunen, M. & Heiskanen, V-P. 2014. Metsäpolttoaineiden varastoitavuus runkoina ja hakkeena sekä lämmöntuotantoon integroitu metsäpolttoaineen kuivaus. Tutkimusraportti VTT-R-04524-14. VTT.
11. ^{^ abc}Etelätalo, E. 2013. Erilaatuisten hakkeiden käyttökohdemahdollisuuksista ja tuotanto-kustannuksista. KARELIA-Ammattikorkeakoulu, Biotalouden keskus, Hajautetut biojalostamot-hanke. Raportti 74.
12. [△]Norrkniivilä, M. 2011. Biopolttoaineiden kuivauslaitteisto. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Hakupäivä 23.10.2017.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29432...>
13. [△]SFS-Käsikirja 35-1. 2012. Kiinteät biopolttoaineet. Osa 1: Terminologia, luokitusjärjestelmät ja laadunvarmistus sekä analyysitulosten muuntaminen eri ilmoittamisperustoille. Suomen standardoimisliitto SFS RY.
14. [△]SFS-Käsikirja 35-2. 2012. Kiinteät biopolttoaineet. Osa 2: Terminologia, näytteenotto ja näytteen esikäsittely, fysikaaliset ja mekaaniset testimenetelmät sekä analyysitulosten muuntaminen eri ilmoittamisperustoille. Suomen standardoimisliitto SFS RY.
15. ^{^ ab}Hakkila, P. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 54 (4), 82.
16. [△]Bioenergianeuvoja. 2017. Energia-arvot ja muuntokertoimet. Hakupäivä 23.10.2017.
<http://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/biopolttoaineiden-muuntokertoimia/>
17. [△]Hilli, A., Posio, M., Kylmänen, E., Åman, E. & Åman, K. 2017. Aurinkoenergian hyödyntäminen puuhakkeen kuivaamisessa. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 7. Hakupäivä 23.10.2017.
<http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe201703031957>
18. [△]Borén, H. & Pietilä, J. 1995. Hakkeen kuivaus imuilmalla. Maatalouden tutkimuskeskus. Vakolan tiedote 70.

19. [Hillebrand, K. & Kouki, J. 2006. Pilkkeen kuivaus – luonnonkuivaus, keinokuivaus ja laadun hallinta. Työtehoseuran julkaisu 398. Työtehoseura.](#)
20. [Heiskanen, V-P. & Raitila, J. 2014. Tärkeimpiä puun kuivaamiseen vaikuttavia tekijöitä. Teoksessa V-P. Kauppinen \(toim.\) Puupolttoaineen kuivuriopas. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.](#)
21. [Niemitalo, V. 2011. Hakkeen kuivaus. Yhteenvetoa eri koe- ja tutkimustoiminnasta. Puuenergiatoimisto-hanke. Ammattiopisto Lappia. Hakupäivä 23.10.2017.](#)

Metatiedot

Nimeke: Korjuuajankohdan merkitys hakkeen kosteuspitoisuuteen ja kuivauksen sähkönkulutukseen

Tekijä: Hilli Anu

Aihe, asiasanat: kuivaus, laatu, metsähake

Tiivistelmä: Metsähakkeen laadun merkitys on korostunut käyttömäärien kasvaessa ja uusien biojalosteiden valmistamisen seurauksena. Metsähake määritellään hakkeeksi, joka on haketettu rangasta, kokopuusta tai hakkuutähteistä. Tässä työssä selvitettiin koivurangasta valmistetun hakkeen korjuuajankohdan vaikutusta hakkeen kuivauksen sähkönkulutukseen. Hakkeen kuivauksessa käytettiin avolavakuivuria ja kuivausilmaa lämmitettiin sähkövastuksella.

Hake kuivui selvästi nopeammin ja sähkönkulutus oli vähäisempää kevät- ja kesäkuukausina verrattuna syys- ja talviajan kuivauksiin. Puolen irtokuution hake-erien kuivumiseen kului sähköä 20–65 kWh ja aikaa reilusta kahdesta tunnista yli seitsemään tuntiin. Kuivauskustannusten alentamiseksi energiapuu kannattaa ensin kuivata luonnonkuivauksella, jolloin hakkeen lähtökosteus saadaan alhaisemmaksi. Hakkeen kuivauksessa kannattaa käyttää kuivuria, jossa kuivausilmaa voidaan kierrättää ja joka on varustettu poistoilman lämmön talteenotolla.

Julkaisija: Oulun ammattikorkeakoulu, Oamk

Aikamääre: Julkaistu 2017-11-27

Pysyvä osoite: <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2017111350629>

Kieli: suomi

Suhde: <http://urn.fi/URN:ISSN:1798-2022>, ePooki - Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut

Oikeudet: Julkaisu on tekijänoikeussäännösten alainen. Teosta voi lukea ja tulostaa henkilökohtaista käyttöä varten. Käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on kielletty.

Näin viittaat tähän julkaisuun

Hilli, A. 2017. Korjuuajankohdan merkitys hakkeen kosteuspitoisuuteen ja kuivauksen sähkönkulutukseen. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 40. Hakupäivä 27.11.2017. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2017111350629>.