



Materiaali- ja ympäristötekniikan soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä

Hanne Soininen ja Matti Kilpiäinen (toim.)

Hanne Soininen • Matti Kilpiäinen (toim.)

MATERIAALI- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN SOVELTAVAA TUTKIMUSTA JA TUOTEKEHITYSTÄ

Mikkelin ammattikorkeakoulu

D: Vapaamuotoisia julkaisuja

- Free-form Publications

15



ETELÄ-SAVON
MAAKUNTALIITTO



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
Mikkeli 2012

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

D: Vapaamuotoisia julkaisuja

- Free-form Publications

PL 181, 50101 Mikkeli

Puhelin 0153 5561

© Tekijät ja Mikkelin ammattikorkeakoulu

ISBN 978-951-588-356-8 (nid.)

ISBN 978-951-588-357-5 (PDF)

ISSN 1458-7629

Ulkoasu: Maria Miettinen

Kannen ja sisällön painatus: Juvenes Print - Tampereen yliopistopaino Oy

LUKIJALLE

Mikkelin ammattikorkeakoulu tarjoaa koulutuksen lisäksi soveltavaa työelämän ja julkisen sektorin kilpailukykyä edistävää tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa (TKI) ja monipuolisia palveluja. Mikkelin ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan ensisijainen tehtävä on edistää aluekehitystä ja vahvistaa maakunnan osaamista ja kilpailukykyä. MAMKin tutkimus-, kehittämis- ja palvelutoiminta profiloituu TKI-strategian mukaisesti seuraaviin painoaloihin:

- kestävä hyvinvointi
- sähköinen arkistointi ja digipalvelut
- materiaalit ja ympäristöturvallisuus.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoala on monipuolinen tekniikan osaamiskeskittymä Mikkelin ammattikorkeakoulussa. Se on keskeinen toimija Etelä-Savon innovaatiostrategian määrittelemillä maakunnan teknologisten innovaatioiden painopistealueilla, metsäbiomassan hyödyntämisessä ja materiaali- ja ympäristöteknologiassa.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan TKI-toimintalinjat ovat materiaalitekniikka (sisältäen puutekniikan), ympäristöteknologia ja metsätalous. Painoalan TKI-ympäristöön kuuluvat Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen LVI-tekniikan, materiaalitekniikan, puutekniikan ja ympäristötekniikan laboratoriot, Sähkö- ja informaatiotekniikan laitoksen sähkötekniikan laboratorio, Savonlinnan Kuitulaboratorio ja Mikpolis Oy.

Ammattikorkeakoulujen alkuvaiheessa TKI-työtä on pääasiallisesti toteutettu irrallaan koulutustehtävästä. Viime vuosina TKI-työ ja opetus ovat linkittyneet vuorovaikutteiseksi kokonaisuudeksi Mikkelin ammattikorkeakoulussa. Tämän artikkeliteoksen tarkoituksena on kertoa materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan TKI-toiminnasta sekä opetuksen ja TKI-toiminnan välisestä vuorovaikutuksesta Mikkelin ammattikorkeakoulussa.

Tekijät kiittävät hankkeiden ja opinnäytetöiden rahoittajia ja yrityksiä yhteisen TKI-toiminnan mahdollistamisesta.

Mikkelissä 31.12.2012

Tekijät

KIRJOITTAJAT

Timo Aavakallio, ins., tutkimuspäällikkö, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
timo.aavakallio@mamk.fi

Johanna Arola, ins. (ylempi AMK), tuotekehitysinsinööri, Talotekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
johanna.arola@mamk.fi

Kari Dufva, TkT, tutkimuspäällikkö, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
kari.dufva@mamk.fi

Pia Haapea, TkL, tutkijayliopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
pia.haapea@mamk.fi

Marjatta Lehesvaara, FM, tuntiopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
marjatta.lehesvaara@mamk.fi

Tapio Lepistö, TkL, yliopettaja, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
tapio.lepisto@mamk.fi

Sami Luste, FT, projektipäällikkö, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
sami.luste@mamk.fi

Matti Kilpiäinen, TaM, Koulutusjohtaja, Painoalaryhmän vetäjä
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
matti.kilpiainen@mamk.fi

Kati Kontinen, MMM, tutkimuspäällikkö
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
kati.kontinen@mamk.fi

Anastasiia Koroleva, 4th year student in St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Double Degree student of Building Services engineering in MUAS

Petri Moisio, ins. (ylempi AMK), tekninen asiantuntija
Valio Oy, Haapaveden tehtaat
petri.moisio@valio.fi

Juha Pulkkinen, ins. (ylempi AMK), toimitusjohtaja
JPP-Kalibrointi Ky
jppkal@dlc.fi

Hanne Soininen, DI, tutkimusjohtaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
hanne.soininen@mamk.fi

Tapio Tirri, TkL, tutkimuspäällikkö, Kuitulaboratorion johtaja
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Savonlinnan Kuitulaboratorio
tapio.tirri@mamk.fi

Hannu Turunen, DI, projektiasiantuntija, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
hannu.turunen@mamk.fi

Aki Valkeapää, TkL, yliopettaja, Talotekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
aki.valkeapaa@mamk.fi

Martti Veuro, M.Sc. (Eng), lehtori, Talotekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
martti.veuro@mamk.fi

SISÄLTÖ

LUKIJALLE

JOHDATUS AIHEESEEN - SOVELTAVAA TUTKIMUSTA TYÖELÄMÄLLE 1

Hanne Soininen ja Matti Kilpiäinen

OPEN TIETOJÄRJESTELMÄT - ETÄMONITOROINNIN KEHITTÄMINEN OSANA YMPÄRISTÖTEKNOLOGIAN KOULUTUSTA JA INNOVAATIOTOIMINTAA.....5

Pia Haapea

YMPÄRISTÖTEKNOLOGIAN OPISKELIJOITA NEPALISSA KANSALAI SJÄRJESTÖHANKKEESSA 14

Pia Haapea

YMPÄRISTÖLABORATORIO OSANA TKI-TOIMINTAA.....23

Marjatta Lehesvaara

HIUKKASVERTAILUJA JYVÄSKYLÄSSÄ.....32

Juha Pulkkinen ja Pia Haapea

TKI-TOIMINNAN JA OPETUKSEN INTEGROINTI ESBIO – ENERGIOMAVARAINEN MAATILA -HANKKEESSA..... 39

Hanne Soininen ja Sami Luste

ETELÄ-SAVON METSÄT KASVUUN TUHKALANNOITTEILLA52

Hanne Soininen ja Kati Kontinen

YKSITYISTEIDEN MERKITYS ETELÄ-SAVON METSÄTALOUDESSA 61

Kati Kontinen

VALIO HAAPAVEDEN TEHTAAN HERA LTO -VERKOSTON TOIMINNAN TARKASTELU PINCH-ANALYYSIN AVULLA.....67

Petri Moisio ja Aki Valkeapää

JUVAN BIOSON OY TUOTTA A ENERGIAA MAATALOUDEN SIVUTUOTTEISTA77

Johanna Arola

EFFICIENCY OF THE HEAT RECOVERY UNIT TK43 USED IN A VENTILATION SYSTEM OF D-BUILDING IN MIKKELI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	85
--	----

Anastasiia Koroleva and Martti Veuro

LUJITEMUOVIKOMPOSIITTIIEN SOVELTAVA TUTKIMUS OSANA MATERIAALITEKNOLOGIAN TUTKIMUSTA MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULUSSA.....	93
---	----

Kari Dufva

SÄHKÖKÄYTTÖISEN KILPAVENEEN RAKENNUSPROJEKTI.....	102
---	-----

Kari Dufva

RUISKUVALUKONE OSANA UUTTA OPPIMISYMPÄRISTÖÄ.....	108
---	-----

Tapio Lepistö

MATERIAALILÄHTÖINEN INNOVOINTI JA MATERIAALIKIRJASTOT .	117
---	-----

Timo Aavakallio ja Hannu Turunen

TUPA - KUITULABORATORION TOIMINTAAN LISÄÄ TEHOA INVESTOINTIPROJEKTILLA	126
--	-----

Tapio Tirri

JOHDATUS AIHEESEEN - SOVELTAVAA TUTKIMUSTA TYÖELÄMÄLLE

Hanne Soininen ja Matti Kilpiäinen

Mikkelin ammattikorkeakoulu (MAMK) on Etelä-Savon alueen osaamisen, elinvoimaisuuden ja hyvinvoinnin kehittämistyön veturi. Mikkelin ammattikorkeakoulu tarjoaa koulutuksen lisäksi soveltavaa työelämän ja julkisen sektorin kilpailukykyä edistävää tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa (TKI) ja monipuolisia palveluja. MAMK tekee kehittämissuunnitelmansa mukaisesti tiivistä yhteistyötä alueen elinkeinoelämän, muiden koulutus-, tutkimus- ja kehittäjäorganisaatioiden, maakuntaliiton, ELY-keskuksen ja muun aluehallinnon kanssa. (Mikkelin ammattikorkeakoulu 2010; Mikkelin ammattikorkeakoulu 2011.) MAMKin toimipaikat sijaitsevat Mikkelissä, Pieksämäellä ja Savonlinnassa.

Mikkelin ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan ensisijainen tehtävä on edistää aluekehitystä ja vahvistaa maakunnan osaamista ja kilpailukykyä. MAMKin tutkimus-, kehittämis- ja palvelutoiminta profiloituu TKI-strategian mukaisesti seuraaviin painoaloihin:

- kestävä hyvinvointi
- sähköinen arkistointi ja digipalvelut
- materiaalit ja ympäristöturvallisuus.

Painoalat muodostavat osaamiskeskittymiä kokoamalla yhteen eri koulutusalojen asiantuntemusta ja varmistaen opetuksen kytkeytymisen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Osaamiskeskittymät lisäävät TKI-toiminnan tunnettuutta, vaikuttavuutta ja kansainvälistymistä sekä tehostavat hankevalmistelua. Liiketoimintaosaaminen ja yrittäjyyden edistäminen sekä venäjäosaaminen kytkeytyvät omalla tavallaan jokaiseen painoalaan. (Mikkelin ammattikorkeakoulu 2010; Mikkelin ammattikorkeakoulu 2011.)

Mikkelin ammattikorkeakoulun kehittämissuunnitelman mukaisesti TKI-toiminnan tavoitteena on tukea opetusta ja oppimista sekä päinvastoin. Tämä

tarkoittaa, että opettajien asiantuntijuus alansa kehittämisvaatimuksista ja ratkaisumalleista kasvaa ja opiskelijoiden osallistuminen hanketoimintaan tukee tutkivaa ja kehittävää oppimista. Opetuksen ja tutkimuksen integrointi synnyttää myös uusia kehittämistyötä ja innovaatioita tukevia ajattelutapoja. Uudet tuotteet tai toimintamallit syntyvät usein TKI-toiminnan tai vuosittain tehtävien 800 opinnäytetyön kautta.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoala on monipuolinen tekniikan osaamiskeskittymä Mikkelin ammattikorkeakoulussa. Se on keskeinen toimija Etelä-Savon innovaatiostrategian määrittelemillä maakunnan teknologisten innovaatioiden painopistealueilla, metsäbiomassan hyödyntämisessä ja materiaali- ja ympäristötekniologiassa.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan TKI-toimintalinjat ovat materiaalitekniikka (sisältäen puutekniikan), ympäristötekniologia ja metsätalous. Painoalan TKI-ympäristöön kuuluvat Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen LVI-tekniikan, materiaalitekniikan, puutekniikan ja ympäristötekniikan laboratoriot, Sähkö- ja informaatiotekniikan laitoksen sähkötekniikan laboratorio, Savonlinnan Kuitulaboratorio ja Mikpolis Oy.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus - painoalan yksi merkittävimmistä hankkeista on Etelä-Savon maakuntaliiton EU-osarahoittama ”Materiaali- ja ympäristöalojen soveltavan tutkimuksen rakenteiden vahvistaminen” -hanke (SOTU). SOTU-hankkeella vahvistetaan MAMKin materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan soveltavan tutkimuksen voimavaroja ja jatkuvuutta. Hanke tarjoaa tiedon tuottamiseen ja kehitystyöhön liittyviä palveluita maakunnan yrityksille. Hankkeen yksi merkittävimmistä tavoitteista on TKI-toiminnan integroiminen opetukseen kyseisten koulutusohjelmien vetovoiman parantamiseksi ja siten osaavan työvoiman saannin turvaaminen maakunnan ympäristöalan ja materiaalitekniologian yrityksiin.

SOTU-hanke tukee osaltaan maakunnallisia tavoitteita materiaali- ja ympäristöaloilla. Hanke vahvistaa MAMKin yrityksiä palvelevaa soveltavaa tutki-

mustoimintaa materiaalitekniikan lujuuslaskennan ja mekaniikkasuunnittelun, puun modifioinnin ja testauksen, komposiittien ja pinnoitteiden, sivuainevirtojen tuotteistamisen ja energiahyötykäytön, ympäristöterveyden, ekotehokkuuden, bioenergian ja ympäristöturvallisuuden aloilla.

Tässä artikkeliteoksessa esitellään MAMKin Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan TKI-toimintaa ja toiminnan integroitumista opetukseen. Pääosa painoalan TKI-toiminnasta on sidoksissa MAMKin Energia- ja ympäristötekniikan laitokselle. Muita painoalan aktiivisia TKI-toimijoita ovat Pieksämäeltä ensi vuonna Mikkelin Kasarmin kampukselle siirtyvä Metsätalouden laitos ja Savonlinnassa sijaitseva Kuitulaboratorio.

Ympäristötekniikan koulutusohjelmasta on teokseen kirjoitettu artikkelit Etelä-Savon maakuntaliiton EU-osarahoittamasta "OPEN - Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa"-hankkeesta, Etelä-Savon ELY-keskuksen Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta rahoittamista "ESBIO - Energiaomavarainen maatila"- ja "Biolannoite - Tuhkasta kasvuun metsissä"-hankkeista. Koulutusohjelman hankkeita yhdistää vahva TKI:n ja opetuksen integrointi sekä ympäristölaboratorion osallistuminen hanketoimintaan. Artikkeliteoksessa onkin esillä insinööri (ylempi AMK) -opinnäytetyö uuden pienhiukkasmittauksiin kehitetyn laitetyypin luotettavuus- ja vertailututkimuksesta, koulutusohjelman opiskelijoiden osallistumisesta kansalaisjärjestöhankkeeseen Nepalissa sekä katsaus ympäristölaboratorion TKI-toiminnasta.

Vuoden 2013 alusta käynnistyvä Biolannoite-hanke toteutetaan MAMKin Energia- ja ympäristötekniikan sekä Metsätalouden laitoksissa. Julkaisussa on lisäksi Metsätalouden laitokselta artikkeli yksityisteiden merkityksessä Etelä-Savon metsätaloudessa.

Energia- ja ympäristötekniikan laitoksella on TKI-toimintaa myös Talotekniikan koulutusohjelmassa ja LVI-tekniikan laboratoriossa. Tällä hetkellä koulutusohjelman TKI-toiminta kytkeytyy vahvasti laitoksella tehtyihin opinnäyte-

töihin. Julkaisu sisältää talotekniikan koulutusohjelmasta artikkelit laitokselta tehdyistä insinööri (ylempi AMK) -opinnäytetöistä liittyen biokaasulaitoksen energiataseeseen ja pinch-analyysin käyttöön LTO-verkoston analysoinnissa. Lisäksi julkaisussa on artikkeli lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen liittyvästä opinnäytetyöstä.

Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen materiaalitekniikan koulutusohjelmassa on syvällistä ja pitkäaikaista materiaali- ja puutekniikkaan liittyvää TKI- ja palveluliiketoiminnan osaamista. Materiaalitekniikan koulutusohjelman artikkelit kertovat laitoksen lujitemuovitutkimuksesta, TKI-toiminnan ja opetuksen integroinnista sähkökäyttöisen kilpaveneen rakennusprojektissa ja materiaalitekniikan laboratorion uudesta oppimisympäristöstä muovien ruiskuvaluteknologiassa. Laitokselta on myös artikkeli puutekniikan materiaalilähtöisestä innovoinnista ja materiaalikirjastosta, joihin liittyvä toimintamalli on tarkoitus kehittää Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulun yhteistyönä.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan vahva TKI-toimija on myös Savonlinnan Kuitulaboratorio. Kuitulaboratorion artikkelissa kerrotaan muun muassa laboratorion tutkimus-, analyysi- ja pilotointifaciliteeteista.

LÄHTEET

Mikkelin ammattikorkeakoulu 2010. Mikkelin ammattikorkeakoulun kehittämissuunnitelma 2010 - 2015. 16 s.

Mikkelin ammattikorkeakoulu 2011. Mikkelin ammattikorkeakoulun TKI-strategia 2015. 16 s.

OPEN TIETOJÄRJESTELMÄT – ETÄMONITOROINNIN KEHITTÄMINEN OSANA YMPÄRISTÖTEKNOLOGIAN KOULUTUSTA JA INNOVAATIOITOIMINTAA

Pia Haapea

EU-osarahoitteinen OPEN tietojärjestelmät -projekti sai positiivisen rahoituspäätöksen Etelä-Savon maakuntaliitosta vuoden 2011 lopussa. Kesään 2014 kestävä hanke toteutetaan kiinteässä yhteistyössä paikallisen kasvuyrityksen, Observis Oy:n kanssa, jolta Mikkelin ammattikorkeakoulu ostaa tarvittavat asiantuntija-, integraatio- ja ohjelmistopalvelut. Muita paikallisia osallistujia hankkeessa ovat Mikkelin kaupunki, Metsäsairila Oy ja Mikkelin vesilaitos, jossa sovelletaan online-seurantajärjestelmiä toimintojensa kehittämisen työkaluksi. Hankkeen ohjausryhmässä on edellä mainittujen lisäksi edustajia Environics Oy:stä, JPP-kalibroinnista, Miktech Oy:stä ja Tekesistä. Hankkeen aikana hyödynnetään, sovelletaan ja kehitetään ympäristönmonitoroinnin valvontajärjestelmiä ja niihin liittyvää osaamista erilaisten sovellustestausten kautta. Tärkein hankkeen aikana kehitettävä kenttätutkimuksiin perustuva osa-alue on ”Mikkeli-pilotti”, jossa erilaista mittaus- ja monitorointidatan tallentamista ja esittämistä varten rakennetaan avoin www-palvelu. Hankkeeseen sisältyy myös alustan ja erilaisten antureiden soveltuvuustestauksia, jota kautta saadaan pitkäaikaista dataa myös kunnalliseen suunnitteluun ja päätöksentekoon.

Mikkeli-pilot-kohteiden lisäksi online-monitorointia ja pilvipalvelujen soveltuvuutta testataan sisäilman- ja melunhallintaan. Hankkeeseen sisältyy myös niin sanottu avoin kehittämissympäristö, jossa tehdään erilaisia toimeksiantoja osana ympäristötekniikan projektiopintoja. Yksi hankkeen päätavoitteista on integroida etämonitorointi osaksi MAMKin koulutusta sekä TKI- ja palvelutoimintaa. Hanke tukee Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman lisäksi muutakin insinöörikoulutusta, kuten sähkö-, talo- materiaali- ja IT -tekniikkaa (mukaan lukien paikkatietokannat). Laajalajaisen yhteistyön kautta on mahdollista löytää synergiaetuja ja lisätä alustan käyttösovellutuksia. Erilaisia käyttötarkoituksia online-mittauksen sovelluksiin on lukemattomia.

Lähtökohta

Ympäristöriskejä ja niiden lähteitä on lukemattomia (vesi, maa, ilma, ravinto, säteily, kulutustuotteet), ja niiden valvonta nykyisillä menetelmillä on aikaa vievää vaatien paljon manuaalista, työntensivistä näytteenottoa ja laborato-

rioanalyysijä. Online-monitorointijärjestelmän kehittäminen yhdeksi tutkimus-, seuranta- ja valvontamenetelmistä niin perustarkkailuun ja valvontaan kuin kriisitilanteisiin on varteenotettava, useimmiten myös kustannustehokkain, vaihtoehto.

Ympäristön seuranta on lakisääteinen tehtävä, jonka tavoitteiden, strategioiden ja toteutumisen seurannasta vastaa ympäristöministeriö (YM) yhteistyössä muiden ministeriöiden kanssa. Ympäristön tilaa koskevaa tietoa tarvitaan viranomaisten, tutkimuksen, elinkeinoelämän sekä kansalaisten tarpeisiin. Seurantatietoja käytetään mm. hallinnollisten toimenpiteiden valmistelussa, päätöksenteossa sekä säädösten vaikuttavuuden arvioinnissa paikallisella, kansallisella ja EU:n tasolla.

Ympäristömonitoroinnin piirissä toimivia eri valvontaviranomaistahoja on paljon. Ympäristöministeriön lisäksi esimerkiksi maa- ja metsätalousministeriö (MMM), kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM), sosiaali- ja terveysministeriö (STM) ja sisäasiainministeriö (SM). Ministeriöiden alaiset keskushallinnon valvontaviranomaiset, kuten Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira), Kuluttajavirasto, Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV), Suomen ympäristökeskus (SYKE), Säteilyturvakeskus (STUK), Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto (Valvira) suunnittelevat, ohjaavat ja valvovat ympäristöterveydenhuoltoa valtakunnallisesti omilla toimi-alueillaan. Myös hätäkeskukset, pelastuslaitokset, aluehallinto- ja ELY-keskukset, puolustusvoimat, ilmatieteen laitos sekä kunnalliset ympäristö-, ympäristöterveys- ja työsuojeluviranomaiset vastaavat osaltaan valvonnasta. Myös yrityksille on entistä enemmän asetettu valvontavelvoitteita muun muassa ympäristöpäästöjen seuraamiseksi.

Nykyinen, näytteenottoon ja laboratoriossa tehtäviin analyysihin perustuva seurantajärjestelmä on työvoimavaltaista ja kustannustehotonta. Pelkästään veden laadun valvontaa varten kerätään vuosittain lähes 70 000 vesinäytettä yli 10 000 paikasta ja näistä tehdään 600 000 erilaista määritystä. Vaikka seuranta tehdään paljon, se ei nykyiselläänkään täytä EU-säädösten mukaisia ja

laajempia kansainvälisiä velvoitteita. Viime aikoina onkin pyritty kehittämään menetelmiä (kaukokartoitus, matemaattiset mallit sekä automaattiset mittausanturit), joissa työntensiivisyyttä voidaan vähentää. Uudet menetelmät ovat toistaiseksi käytössä lähinnä tutkimushankkeissa, eikä niillä ole vielä riittävää kansallista eikä kansainvälistä hyväksyntää, mikä on esteenä aiheiston laajamittaiselle hyödyntämiselle. Lisäksi kerätyn tiedon tallentamiseen liittyy vielä lukuisia teknisiä tietokantoihin liittyviä ongelmia. Tiedon hallinnan kehittämistyö on pitkäjänteistä ja vaatii paljon resursseja. Ympäristön seurannan ja raportoinnin kehittäminen onkin yksi valtion tuottavuusohjelman ympäristöhallinnon kehittämishankkeista.

Vaihtoehtoja erilaisille (etä)monitorointi- ja valvontajärjestelmille on lukuisia. Perinteisesti valvontajärjestelmään on kuulunut oma palvelin valvottavalla kohteella ja valvontaohjelmisto (server-client ratkaisu). Tällainen ratkaisu on kuitenkin kallis ylläpitää, nopeasti vanhentuva, rajallisesti skaalautuva ja kankea, ja toiminnallisuudet on sidottu pitkälti valvomoon. Nykyään kyetään kuitenkin tuottamaan skaalautuva, kustannustehokas, joustava, luotettava ja vikasietoinen monitorointijärjestelmä pilvipalveluteknologian avulla. Laitepilvi palveluineen tarjoaa rajoittamattoman määrän sovellusmahdollisuuksia tämän päivän ja huomisen tarpeisiin. Laitteille ja järjestelmille helppo liitettävyys ja avoimet rajapinnat ovat ominaisuuksia, joita tarvitaan, kun uusia laitteita tulee markkinoille kiihtyvällä tahdilla. Jatkuvaan seurantaan perustuvat järjestelmät ovat sovellettavissa lähes kaikkien ympäristössä olevien epäpuhtauksien ja muidenkin osa-alueiden seurantaan suorilla tai epäsuorilla menetelmillä. Sovellusalueiden kirjo on valtava, ja markkinat vielä suurelta osin avaamatta.

Ympäristöön liittyvää opetusta on annettu Mikkelissä yli 40 vuotta. Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelma on valtakunnallisesti tunnettu ympäristöterveysalan perus-, aikuis- ja täydennyskouluttaja. Neljä vuotta kestävänsä insinööri (AMK) -koulutuksen (240 op) aikana opiskelijoista *"koulutetaan ympäristö- ja terveystekniikan ammattilaisia, jotka ymmärtävät terveellisen ja viihtyisän elinympäristön merkityksen ja tuntevat*

menetelmiä, mittaus- ja arviointitekniikoita sen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti'. Hanke tukee siis erinomaaisesti ympäristöteknologian koulutusohjelman profiilia, jonka tärkeimpiä osa-alueita ovat sisäilma-, vesihygienia-, elintarvike-, kemikaali-, työ-, tuote- ja ympäristöturvallisuus. Myös kestävä kehitys, ympäristöriskien hallinta ja monitorointi sekä lainsäädäntö ja hallintomenettelyt ovat koulutusohjelman keskeisiä osaamis- ja kehittämiskohteita. MAMKssa on myös aihealuetta tukevia muitakin koulutusohjelmia, kuten sähkö-, talo-, materiaali- ja IT-tekniikan (ml. paikkatietokannat) insinöörikoulutus, joiden kautta on saatu synergiaetuja ja tarvittavaa kompetenssiosaamista.

Hankkeen ensimmäisen vuoden aikana tehtyjä toimenpiteitä

Hankkeen yhtenä tavoitteena on laajentaa ja kehittää ympäristömonitorointiin liittyvää koulutusta Mikkelin ammattikorkeakoulussa osana tutkintoon johtavaa ja täydennyskoulutusta. MAMKin ympäristöteknologian pitkäaikainen yhteistyö viranomaisten kanssa ja kouluttajana on selkeästi edistänyt hankkeen jalkauttamista ja edistänyt yhteistyötä tällä saralla. Aihealueesta on keskusteltu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Etelä-Savon ELY-keskuksen, Mikkelin seudun ympäristöpalvelujen ja pelastuslaitoksen henkilöstön kanssa. Myös muiden tahojen kanssa käytyjen keskustelujen kautta on vahvistunut käsitys siitä, että ympäristön monitorointiin liittyviä (etä)monitorointia ja paikkatietopalveluja tarvitsevia ja kehittäviä toimijoita on runsaasti.

Hankkeeseen suoraan ja epäsuoraan osallistuneiden määrä on ollut suhteellisen suuri. Opetushenkilöstölle ja paikkatietoasiantuntijoille on resurssoitu melko iso osa budjetissa. Myös projektiassistentteja palkataan hankkeelle vuosittain kolme. Usean henkilön toimintojen organisointi on ollut haastavaa, etenkin kun hankkeen projektipäällikkönä on toiminut varsinaisesti opetushenkilöstöön kuuluva henkilö ja tehnyt työtä muiden töiden ohella. Tämä on toisaalta ollut hankkeen kannalta hyvä asia. Näin toimintojen integrointi koulutukseen ja siihen liittyviin muihin toimintoihin on sujunut luontevasti. Täl-

lainen toimintamalli edistää tulosten ja osaamisen jalkauttamista sekä edistää eri tahojen yhteistyötä ja resurssien tehokkaampaa käyttöä. Yhteistyö kuitenkin henkilöstön, sidosryhmien ja etenkin Observis Oyn kanssa on toiminut erittäin hyvin. Myös yksityisen rahoituksen edustajat (Mikkelin vesilaitos ja Metsäsairila Oy) ovat osallistuneet aktiivisesti hankkeen käytännön toteutukseen tähtääviin toimiin. Hankkeesta tiedottamisen ja tietoisuuden kannalta tärkeää oli myös syksyllä MAMKIn muille aihealueesta mahdollisesti kiinnostuneille opettajille ja TKI-henkilöstölle (sähkö-, talo-, materiaali- ja IT-tekniikka sekä sähköiset palvelut) järjestetty tiedotus/ideointitilaisuus, jossa etämonitoroinnin soveltamiseen liittyviä mahdollisuuksia ideoitiin eteenpäin.

Integrointi- ja pilvipalvelujen hankkiminen ostopalveluna Observis Oy:ltä on ollut hankkeen etenemisen kannalta hyvä ratkaisu. Näin hankkeen alkuvaihe saatiin käynnistettyä suhteellisen nopeasti ilman, että erilaisiin sopimus- ja käyttöoikeus neuvotteluihin olisi kulunut turhaa aikaa. Työnjako Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Observis Oy:n välillä on ollut toimiva ja selkeä.

Yksi hankkeen päätavoite, etämonitorointiin liittyvän koulutuksen lisääminen (WP 4. Opintomodulien suunnittelu/integrointi) on edennyt hyvin. Ennen hankkeen käynnistymistä ympäristönmonitorointiin ja mittaustekniikkaan liittyviä opintoja koulutusohjelman tutkintoon johtavassa koulutuksessa oli noin 50 op. Keväällä 2012 tehdyssä OPS-uudistuksessa ympäristön monitorointiin kokonaan tai osittain liittyviä opintojen määrää lisättiin huomattavasti. 15 op:n laajuisia, ympäristönmonitorointiin liittyviä osaamiskokonaisuuksia on syksyllä 2012 käyttöön otettavassa opetussuunnitelmassa 7 (yht. 105 op), joista

- neljä pakollisissa ammattiopinnoissa: Soveltava rakennus- ja ympäristötekniikka, Ympäristö- ja terveysriskit, Ympäristönvalvonta, analytiikka ja monitorointi, Soveltava ympäristötekniikka, sekä
- kolme vaihtoehtoisissa ammattiopinnoissa: Asumisterveys ja sisäilmasto, Monitorointi ja mittaustekniikka sekä Green Engineering.

Yhteistyö alueellisten sidosryhmien kanssa on edelleen tiivistynyt osaltaan hankkeen suunnittelun ja toteutuksen aikana. Tästä esimerkkinä varsinaisten tähän hankkeeseen suoraan liittyvien toimintojen lisäksi keväällä 2012 toteutettiin työelämälähtöinen projektiopintokokonaisuus, jossa 18 kolmannen vuosikurssin ja aikuisryhmän opiskelijaa tekivät kokonaan tai osittain ympäristön monitorointiin liittyviä selvityksiä yhteistyössä eri yritysten ja viranomaistoimijoiden kanssa. Kokonaisopintopistemäärä näissä töissä oli 160 op, joka vastaa 4320:tä tuntia opiskelijan työpanosta. Hankkeen ensimmäisen vuoden aikana on käynnistynyt useita aihealueeseen liittyviä ympäristöteknologian opinnäytetyötä. Menetelmän ja hankkeen integrointi koulutukseen edistää yhtä hankkeen tärkeää tavoitetta eli toiminnan jatkuvuutta myös varsinaisen hankerahoituksen päättymisen jälkeenkin.

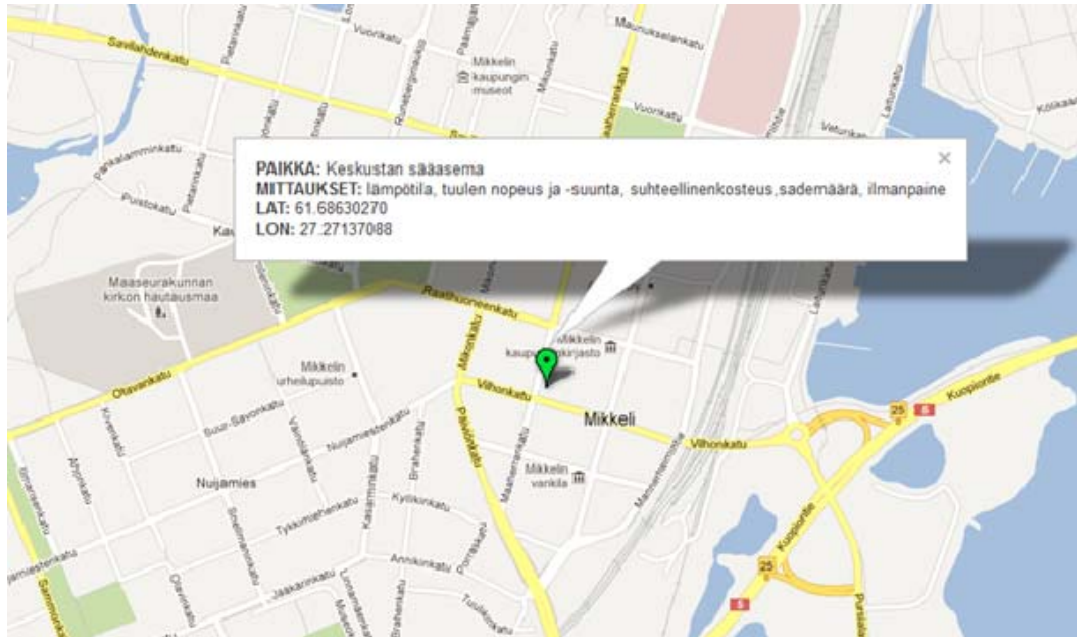
Hankkeeseen ja ympäristöteknologian koulutukseen liittyy tiiviisti myös syksyllä järjestetty kansallinen WSP -Vesiturvallisuus -foorumi (Forum Mikkeli XVIII) 13. - 14.9.2012, johon osallistui 130 maksavaa kuulijaa. Puhujat edustivat alan kansallista huippua muun muassa sosiaali- ja terveystieteiden, maa- ja metsätalouden- sekä ympäristöministeriöstä.

Kuten edellä jo todettiin, hankkeella työskentelee useita henkilöitä, mikä aiheuttaa sen, että varsinaiseen projektiin pelkästään keskittyvää henkilöä ei ole. Tämä saattaa hieman hidastaa projektin etenemistä.

Mittauskohteita

Niin sanottuun Mikkeli-pilottiin liittyviä mittauspaikkojen ja anturijärjestelmien valinta tehtiin yhteistyössä alueellisten asiantuntijoiden ja ohjausryhmän kanssa. Mittausantureita on sijoitettuna Saimaalle (happipitoisuus, pinnan korkeus, sähkönjohtavuus, pH, lämpötila, sameus ja kiintoaine), Pitkäjärvelle (sinilevä, lämpötila), Metsäsairilaan (kaatopaikkojen suotovedet) ja Mikkelin kaupungin virastotalon katolle (sääasema). Kuvassa 1 on esitetty tällä hetkellä käytössä oleva karttapohja (case sääasema/kaupungintalo),

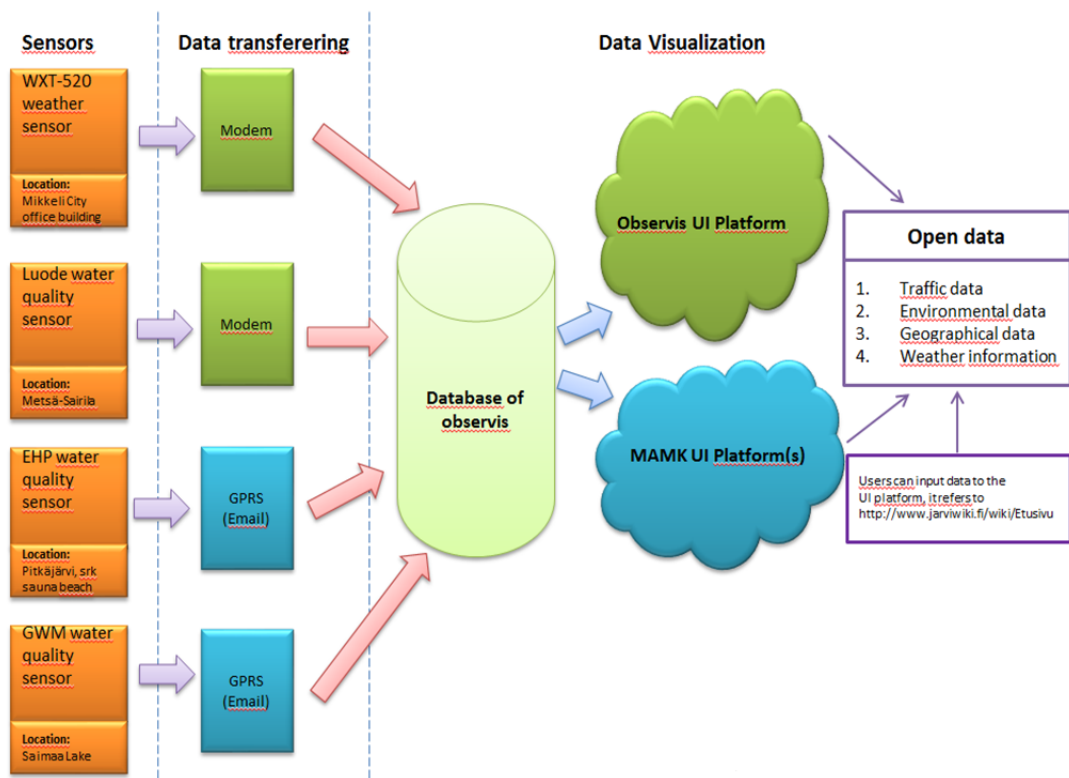
jonka kehittyneempään versioon integroidaan saatavat online-mittaustulokset.



KUVA 1. Ensimmäisen vaiheen paikkatietokantaan integroitu kartta-kuva ilmanlaatusensorista

Kuvassa 2 on esitetty periaatekuva hankkeelle ostettujen anturien liittymismenetelmistä tiedonkeräys- ja esittämisjärjestelmään.

Project Sensors Structure



KUVA 3. Hankkeen aikana hankittujen mittausantureiden integraatio MAMKin Platformiin

Mielenkiintoisia tuloksia on myös odotettavissa MAMKin sisäilmadatan ja paikkatietopohjaisen järjestelmän integraatiosta yhteistyössä Schneider Electronicsin kanssa. Tästäkin aiheesta on tekeillä opinnäytetyö, joka valmistunee vielä tämän vuoden aikana.

Yhteenveto

Paras hankkeen aikana koettu tapa toimia on ollut useiden eri toimijan (projektiassistentit, asiantuntijat, opettajat ja sidosryhmät) sujuva yhteistyö. Opetussuunnitelmatyöhön pyydettiin myös kommentteja hankkeeseen osallistuvilta sidosryhmiltä. Näin saimme sen tekemiseen aitoa tietoa työelämän osaamisvaatimuksista ja -tarpeista.

Suurimman työpanoksen hankkeessa ovat suorittaneet siihen palkatut projektiassistentit ja palkattomat harjoittelijat. Konsepti tarjoaa opiskelijoille hy-

vän tilaisuuden oppia projektityöskentelyä. Opiskelusta ja harjoittelusta ai-
doissa oppimisympäristöissä on luonnollisesti hyötyä myös opiskelijoiden
osaamisen kehittymisen kannalta.

Hankkeen aihealue (ympäristön) monitorointi ja avoin käyttöympäristö on jo
nyt, hankkeen alussa osoittanut, että on olemassa runsaasti erilaisia toteutta-
miskelpoisia mahdollisuuksia uusien innovatiivisten toimintojen ja sovellu-
tusten kehittämiseksi. Yksi suurimmista tekijöistä uusille sovellutusalueille
on poikkitieteellinen yhteistyö, joka on ollut yllättävän vähäistä jopa MAM-
Kin sisällä.

Avoimen tietojärjestelmän kehittämisen ja hyödyntämisen kannalta oleellista
on varmistaa osaamisen ja toimintojen pysyvyys ja pitkäaikainen hyödyntä-
minen. Pysyvyys on osaltaan varmistettu integroimalla online-monitorointi ja
alustan käyttö osaksi Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan
ja muiden koulutusohjelmien koulutusta ja muita toimintoja.

Hanke on edelleen täysin linjassa Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristö-
tekniikan koulutusohjelman profiiliin (Elinympäristön turvallisuus),
MAMKn kehittämislinjausten (esimerkiksi koulutuksen ja TKI-toimintojen
integrointi), ympäristöohjelman ja TKI-strategian kanssa. Myös muu
MAMKn ydinosaaminen, kuten IT, sähköinen arkistointi ja paikkatieto-
osaaminen tukevat hankkeen toteuttamista.

YMPÄRISTÖTEKNOLOGIAN OPISKELIJOITA NEPALISSA KANSALAI SJÄRJESTÖHANKKEESSA

Pia Haapea

”Ainoa asia, mikä länsimailta kannattaa oppia, on yksilöllinen ja kunnallinen hygienia” Mohandas Karamchand Gandhi (1869 - 1948)

Vuosina 2010 - 2012 viisi Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan insinööriopiskelijaa ovat olleet Nepalissa suorittamassa kv-harjoittelijavaihtoa. Opiskelijat ovat työskennelleet harjoittelijana pääosin ulkoministeriön rahoittamassa ja Mikkelin kehitysmaayhdistyksen (KEMA) hallinnoimassa hankkeessa ”Livelyhood and environmental awareness - project (LEAP) for Devichaur VDC”. Kehitysyhteistyöhankkeen tavoitteena on vahvistaa Devichaurin 3000 asukkaan kylän kykyä kestäväan ja omaehtoiseen kehittämiseen. Nepalissa yhteistyökumppanina hankkeessa on nepalilainen kansalaisjärjestö, Community Development Forum (CODEF), joka on vastannut opiskelijoiden käytännön toimintojen mahdollistamisesta Nepalissa.

Meneillään olevan kolmevuotisen hankkeen konkreettisia kehityskohteita ovat olleet hygieniatason sekä puhtaan veden ja terveyden laadun parantaminen sekä tietoisuuden lisääminen. Hankkeen aikana pyritään lisäämään myös kyläläisten mahdollisuuksia kestäväan ja omaehtoiseen tulonhankintaan. Yksi hankkeen päätavoitteista on myös vahvistaa kylän naisten asemaa.

Opiskelijoiden rooli hankkeen toimintojen kannalta on ollut merkittävää. Opiskelijat ovat toimineet tärkeänä linkkinä Keman ja CODEFin välillä, tehneet arvokasta kenttätyötä Nepalissa, järjestäneet Mikkelissä useita tapahtumia sidosryhmille sekä tiedotustilaisuuksia muille MAMKin opiskelijoille. Hankkeessa työskentely on myös antanut opiskelijoille paljon; täysin poikkeavissa olosuhteissa ja kulttuurissa työskentely ja siellä selviytyminen ovat varmasti opiskelijoille sellaisia taitoja, joiden ”opettaminen” ns. perinteisillä opetusmenetelmillä on mahdotonta.

Mikkelin kehitysmaayhdistys ja MAMKin rooli hankkeessa

Mikkelin kehitysmaayhdistys ry (KEMA) on perustettu 1986. KEMAlla on ollut 2000 luvulta asti erilaisia kehitystyöhankkeita. Ensimmäinen niistä oli ”jäteprojekti” Kairossa, Egyptissä (2000 - 2004), toinen Kiberan slummiprojekti Nairobissa, Keniassa ja nyt, kolmas, käynnissä oleva kyläkehityshanke Ne-

palissa (2010 - 2012). Kaikkien edellä mainittujen hankkeiden päärahoittajana on ollut Suomen ulkoministeriö, ja ne on toteutettu tiiviissä yhteistyössä Mikkelin ammattikorkeakoulun kanssa. Yhteistyötä edistää muun muassa se, että MAMKin henkilökuntaa on ollut KEMAn hallituksessa. Hallituksessa on myös MAMKin nykyisiä ja entisiä ympäristötekniikan opiskelijoita. MAMK vastaa osaltaan myös hankkeen omarahoitusosuudesta. Käytännössä omarahoitusosuus katetaan kansainväliseen vaihtoon tarkoitetun rahoituksen kautta.

Kylän kehittämisen lisäksi yksi hankkeen tavoitteista on niin sanottu globaalikasvatus. Hankkeisiin palkatut opiskelijat, jotka tekevät osan alakohtaisesta harjoittelustaan tai opinnäytetyön hankkeen aikana, saavat näin arvokasta kokemusta toimimisesta haastavissakin olosuhteissa ja erilaisissa kulttuureissa. Hankkeisiin on pyritty rekrytoimaan opiskelijoita myös mm. sosiaali- ja terveystieteiltä, mutta sieltä ei valitettavasti kiinnostuneita lähtijöitä ole löytynyt.

Nepaliin lähteviltä opiskelijoilta on toivottu aikaisempaa kokemusta kansainvälisyydestä, tiettyä kielitaitotasoa sekä tietysti sopivaa asennetta, joka auttaa selviämään erittäin poikkeavissa ja alkeellisissakin olosuhteissa (kuva 1). Onneksi kaikki Nepalissa olleet ympäristötekniikan opiskelijat ovat olleet todella itsenäisiä ja pystyneet täyttämään odotukset niin täällä Suomen kuin Nepalinkin päässä. Ulkoministeriökin on ollut tyytyväinen hankkeen aikana, suhteellisen pienellä rahamäärällä, saavutettuihin tuloksiin.



KUVA 1. Tyypillinen perheen asunto Devichaurissa (kuva Pia Haapea)

Perusselvitystä ja vedenlaadun tutkimista

Toukokuussa 2010 lähteneiden opiskelijoiden Jari Koposen ja Heli Stormin työnkuvaan Nepalissa kuului alkukartoituksen tekeminen: kyläläisen terveystilanteen, sanitaatio-olosuhteiden, veden saatavuuden ja laadun kartoitus, sekä selvitys kyläläisen nykyisistä tulonhankkimiskeinoista, yleisestä elintasosta ja naisten asemasta. Myös perusselvitys kylän/kulttuurin yleisistä piirteistä sekä hankkeen aikana rakennettavien kuivakäymälöiden rakenteiden ja kustannuksien selvitystyö kuului näiden ensimmäisten pioneeriopiskelijoiden toimenkuvaan. Opiskelijoiden tuli myös raportoida sähköpostitse vastuuopettaja Pia Haapealle ja hankkeen projektipäällikkö Raimo Liljalle.

Jari Koponen selvitti myös osana opinnäytetyötään (“Water Hygiene and Sustainable Development of Water Resources in Devichour VDC, Nepal”) kylässä käytettävän juomaveden laatua ja vesissä esiintyvien epäpuhtauksien yhteyttä kylässä esiintyvien ripulitapausten määrään sekä vertasi sairastapausten suhteellista määrää kuiva- ja sadekausina. Vesi valittiin tarkempaan tarkasteluun, koska heikkoihin saniteettioloihin, maatalouteen, sekä yleiseen vesihygienian puutteeseen ja useimmiten pelkkään tietämättömyyteen liitty-

vä veden epäpuhtaus on yksi merkittävimmistä kuolinsyistä kehitysmaissa. Veden laadun lisäksi Koponen tutki kyläyhteisöön soveltuvia veden laadun parantamis- ja puhdistuskeinoja sekä keinoja, joilla Devichourin kyläyhteisön veden laatu ja kulutus saadaan kestäväälle pohjalle. Selvityksen tulokset kertoivat heikkojen sanitaatio-olosuhteiden ja tottumusten sekä yleisen vedenkäsitteilyhygienian vaikuttavan selkeästi alueella esiintyvien ripulitapausten määrään. Tuloksista on myös havaittavissa syy – seuraus -suhde kuivan ja sadekauden aikana esiintyviin ripulitapauksiin.

Edellä mainitut selvitykset toteutettiin yhteistyössä paikallisen järjestön (CODEF) kanssa. Tiivis yhteistyö oli perusteltua jo kielellisistä syistä. Peruskartoituksessa selvitettiin muun muassa kylän asukkaiden määrä, ikä, sukupuolirakenne, uskontokunnat, lukutaitoisten määrä, terveydentila, elinkeinorakenne ja taloudellinen tila. Taloudellisesta tilanteesta hyvän kuvan antaa se, että 35 % kylän perheistä elää alle 400 NRP:llä/kk (40 €/kk). Vaikka elinkustannukset ovat Nepalissa huomattavan alhaiset, ei tällä rahasummalla pystytä varmistamaan edes riittävää ravinnon saantia. Niin sanotuiksi rikkaiksi perheiksi, joita kyläläisistä on noin 10 %, luetaan perheet, joiden tulot ovat yli 11 000 NRP (110 €).

Palattuaan Nepalista Jari Koponen toimi myös hankkeessa hankesihteerinä ja vastasi hankkeen yleisen hallinnoinnin lisäksi yhteistyökumppaneille järjestystä Nepalilaisesta illasta. Nepalilaiseen iltaan osallistui myös MAMKin englanninkielisen environmental engineering koulutusohjelman nepalilaisia opiskelijoita.

Huuseja ja aktivointia

Tammikuussa 2011 lähtivät Nepaliin ympäristötekniikan insinööriopiskelija Elina Muukkonen ja yhteisöpedagogi opiskelija Juho Karhu. Näiden opiskelijoiden tehtävänä oli jatkaa muun muassa vesihygieniaan ja naisten asemaan liittyvää kehittämistä. Muukkosen tehtävänä oli myös tutustua erityisesti kuivakäymälöiden rakentamiseen liittyvien käytännön seikkojen selvit-

tämiseen ja ohjaukseen sekä käynnistää kylään soveltuva järjestelmä veden laadun monitoroimiseksi ja puhtauden varmistamiseksi.

Käytännössä käymävaihtoehtoina olivat niin sanotut Wet EcoSan- ja Dry EcoSan- käymälät. Wet EcoSan-käymälöissä on kaksi reikää, joiden kautta virtsa ja ulosteet sekä niin sanottu huuhteluvesi saadaan eroteltua. Kerätty virtsa soveltuu erittäin hyvin käytettäväksi esimerkiksi ravinteena viljelyssä. Dry EcoSan-käymälöissä erotetaan lisäksi pesuvedet ja ulosteet (kolme reikää), jolloin uloste saadaan paremmin kompostoitumaan jatkokäyttöä varten.

Elinan harjoittelun aikana kylään rakennettiin 19 kuivakäymälää, joista suurin osa oli kaksireikäisiä Wet EcoSan-käymälöitä. Elinan havaintojen mukaan kyläläisten saama ohjeistus esimerkiksi käymälöiden sijoittamisesta oli puutteellista, tähän kiinnitettiin huomiota välittömästi. Suurimpana ongelmana nähtiin mm. se, että käymälöiden sijoittamisessa ei ollut huomioitu tyhjentämiseen liittyviä toimenpiteitä eikä myöskään sitä, mihin suotautuvat valumavedet pitäisi johtaa. Pahimmassa tapauksessa vedet suotautuivat naapurintontille. Alueelle palkattiinkin paikallinen asiantuntija, joka antoi ohjeita käymälöiden sijoittamisesta ja rakenteista.

Vesiryhmiä perustettiin kolmeen eri kylän osiin (ward). Vesiryhmissä oli 13 jäsentä, viisi miestä ja 8 naista. Kolmessa muussa kylänosassa oli 40 henkilöä koostuvat vastaavat ryhmät. Elina opasti ryhmäläisiä vesinäytteiden ottamisessa vesilähteistä ja veden varastotankeista sekä kertoi veden laatuun liittyvistä tutkimusmenetelmistä (kuva 2).

Kolmantena tavoitteena oli ympäristö- ja hygieniosaamisen aktivoiminen, joka aloitettiin kylän koululaisten kanssa. Koulutukseen kuului käytännön tasoista toimintaa kuten roskien keräystä ja käsien pesun tärkeyden korostamista. Kouluihin perustettiin tämän jälkeen myös ympäristöryhmät, jotka olivat jatkossa vastuussa ympäristöasioista.

Aikaa harjoittelussa vei myös 10 suomalaisen vapaaehtoisen vierailijan ohjelman järjestäminen. Allekirjoittanutkin sai osallistua tämän delegaation vierailuun, hankkeen monitoroijana. Muukkonen ja Karhu jatkoivat aktiivisesti toimintaa KEMAssa myös Suomeen paluunsa jälkeen.



KUVA 2. Elina Muukkonen tarkistuskäynnillä erään Devichaurissa sijaitsevan asuinrakennukseen rakennettavassa huussissa (kuva Pia Haapea)

Vedenlaadun ja sanitaatio-olojen edelleen kehittämistä

Alkuvuodesta 2012 Devichauriin (kuva 3) lähti jälleen kaksi innokasta ympäristötekniikan insinööriopiskelijaa, Jarkko Karjalainen ja Antti Soininen. Pojat jatkoivat edellä jo kerrottujen puhtaanveden laadun ja käymälöiden parissa. Tärkeänä osa-alueena poikien harjoittelussa oli myös tehtyjen toimenpiteiden evaluointi ja jatkotoimenpiteiden suunnittelu. Poikien evaluointiraporteissa korostuukin entistä enemmän kokonaisuuden huomiointi. Ei siis riitä että rakennetaan mahdollisimman paljon kuivakäymälöitä, jollei kokonaisuus (puhdas vesi, hygienia, ravinteiden hyödyntäminen) ole hallinnassa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää myös siihen, että köyhimmälläkin väestöllä tulee olla yhtäläinen mahdollisuus käymälöiden rakentamiseen sekä puhtaaseen veteen.

Jatkokehittämisen kannalta on myös tärkeää motivaation, ohjeistamisen ja sitouttamisen merkitys. Kyläläisten pitää ymmärtää toimenpiteiden merkitys kylän ja oman elämänlaadun kohentamisessa. Kokonaisvaltainen suunnittelu, esimerkiksi toilettien rakentamispaikka, niiden puhtaanapito, ulosteen kompostoituminen, virtsan hyödyntäminen monsuunisateiden huomioiminen tulevat jatkossa korostumaan.



KUVA 3. Devichaurin kylän (ward 4) meijeri (kuva Pia Haapea)

Kestävien toimintatapojen jalkauttaminen

Hankkeen tavoitteena on kestävän kehityksen ylläpitäminen, mikä tarkoittaa sitä, että kylän pitäisi pystyä kehittämään toimintojaan myös hankkeen päätymisen jälkeen. Meidän mittapuun mukaan köyhistä ja alkeellisista oloista huolimatta kyläläiset ovat perustaneet hankkeen aikana aktiivisesti toimivia naisryhmiä ja Water Watchers -ryhmät, jotka aktiivisesti tarkkailevat veden laatua. Kestävyyden varmistamiseksi kehittämiskohteiksi kirjattiin mm. työpaikkojen ja tulonhankintakeinojen luominen, luonnonvarojen kestävän kulutuksen, koulutustason ja osaamisen kehittäminen. Yhdeksi kehittämiskohteeksi nostettiin myös turismin lisääminen, niin sanottu Ekoturismi.

Ekomatkailu nousi monin paikoin esille eri yhteyksissä. Vaikka matkamme eikä projektinkaan tarkoitus ei ollut edistää ekomatkailua, epäsuorasti sen teimme mm. tutustumalla tulevan näköalatornin rakentamispaikkaan. Jo paikka itse ja etenkin maisemat olivat sellaiset, että emme täysin ymmärtäneet, mitä lisäarvoa rakennettava näköalatorni paikalle toisi. Ekomatkailu ei ryhmämme mielestä muutenkaan ole vielä ajankohtainen Devichaurissa, se vaatisi huomattavasti nykyistä enemmän infrastruktuurin kehittämistä etenkin majoituspaikkojen osalta. Kestävämpiä tuloksia saavutetaan etenkin kiinnittämällä huomio koskemattoman ja puhtaan ympäristön ylläpitämiseen. Elintason nousua seuraava lisääntynyt roskaaminen tulisi saada ehdottomasti loppumaan. Turistit haluavat puhdasta ympäristöä ja aitoja luontoelämyksiä.

Tulonhankintakeinoista ensisijaiseksi nousi lämmitykseen käytettävien brikkettien valmistus, joita pystytään tekemään suhteellisen ”kestävistä” materiaaleista, kuten nopeasti kasvavista pensaista ja havunneulasista. Briketeille, kuten muillekin tuotteille tulisi luonnollisesti löytää markkinat ja jakelukanavat.

Terveysneuvonta nousi myös tärkeäksi jatkotoimenpiteeksi. Joka kylänosassa (ward) pitäisi olla terveysneuvoja, joka kiertää alueen talouksissa. Pidettiin myös erittäin tärkeänä sitä, että jokaisella terveysneuvojalla olisi tietty varasto tärkeimpiä lääkkeitä, joita hän voi mahdollisuuksien mukaan myydä tai antaa, jollei tarvitsijalla olisi rahoja.

Wardien tasapuolinen kehittäminen tulisi myös huomioida paremmin. Vieraillemistamme alueista ehdottomasti kehittyneimmäksi arvioitiin wardit 1 ja 4, kun taas kauimpana oleva ward 7 vaikutti kaikkein vähiten kehittyneeltä. Esimerkiksi syrjäisimmissä kylän osissa naisten lukutaito oli 0 %. Naisten lukutaitoon tulisi ehdottomasti kiinnittää huomioita. Lukutaito on avain naisten omanarvontunteen, tietoisuuden ja tulonhankkimiskeinojen lisäämiseen, joka suoraan heijastuu myös koko perheen hyvinvointiin.

Yhteenveto

Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opiskelijat suorittavat aktiivisesti opintojaan ja harjoitteluun kuuluvia opintoja kansainvälisissä yhteistyökorkeakouluissa. Suosituimpia kohteita ovat olleet Hollanti, Englanti, sekä Nicaragua, missä kahden viime vuoden aikana on ollut seitsemän ympäristötekniikan opiskelijaa suorittamassa harjoitteluaan.

Yhteenvetona opettajan, globaalikasvatuksen ja kansalaisvaikuttamisen näkökulmasta voidaan todeta tämän kaltaisen yhteistyön olevan erinomaista monelta kannalta tarkasteltuna. Ennen kaikkea opiskelijat saavat tilaisuuden soveltaa koulussa teoriassa oppimiaan käytäntöjä aidoissa ja haastavissa olosuhteissa. Opiskelijoilta tämä vaatii paljon ennakkoluulottomuutta, itsenäisyyttä ja kiinnostusta aiheeseen. Onneksi meillä Mikkelissä tällaisia opiskelijoita riittää. Juuri saamamme ulkoministeriön positiivinen päätös rahoituksen jatkamisesta ainakin kolmen seuraan vuoden ajan on osoitus siitä, että konsepti on ollut toimiva ja laadukasta myös ulkoministeriön näkökulmasta. Tämä mahdollistaa edelleen pitkäjänteisen kehittämistyön jatkamista.

Opiskelijat ovat ylläpitäneet harjoittelunsa aikana blogia, johon he ovat kirjoittaneet havainnoistaan ja kokemuksistaan. Tätä kautta hankkeen hallinnoijat ovat saaneet arvokasta tietoa hankkeen etenemisestä. Loppuraporttiinsa opiskelijat ovat kirjanneet lisäksi toimenpideohjeita hankkeen etenemisen suunnittelua varten. Blogiin voi käydä tutustumassa Mikkelin kehitysmaayhdistyksen sivujen kautta (<http://kemamikkeli.blogit.fi/>).

YMPÄRISTÖLABORATORIO OSANA TKI-TOIMINTAA

Marjatta Lehesvaara

Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen ympäristölaboratorion päätehtävä on toimia opetuslaboratoriona, mutta sillä on tärkeä rooli myös ammattikorkeakoulun TKI- ja palvelutoiminnassa. Laboratorio tekee tiivistä yhteistyötä etenkin MAMKin ympäristö- ja materiaali-tekniikan TKI-toimijoiden kanssa. Laboratoriossa tuotetaan analyysipalveluja ja voidaan rakentaa erilaisia mittausympäristöjä, ja siellä tuotetaan analyysipalveluja projektien tarpeisiin.

Laboratoriotilat

Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratorio sai uudet ja hyvin varustellut tilat joulun alla vuonna 1995, jolloin silloinen ammattikorkeakoulun päärakennus (A-talo valmistui). Tätä ennen laboratorio oli toiminut C-rakennuksen pohjakerroksessa. Uuden ympäristölaboratorion tiloihin kuului useita pienehköjä laboratoriohuoneita ja kemikaalivarasto sekä varastohuone tarvikkeita ja pienlaitteita varten. Muuton yhteydessä myös laboratorion laitekantaa täydennettiin ja uudistettiin.

1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alkupuolella ympäristötekniikan projektitoiminta oli hyvin vilkasta. Ympäristöpuolen hankkeita oli sekä ammattikorkeakoulun TKI-toimintaa tuottavassa yksikössä YTIssä (Ympäristötekniikan instituutissa) että MAMKin ympäristöosastolla, johon myös ympäristölaboratorio kuului. Projektitoiminta vaati tilaa sekä laitteistoille että henkilökunnalle, ja tätä tilavajausta korjaamaan remontoitiin yksi kampuksen hevostalleista (niin sanottu Marskin talli) laboratoriokäyttöön. Tämä laboratoriotila otettiin käyttöön syksyllä 1999. Laboratorio oli pääosin projektitoiminnan käytössä, mutta siellä sijaitsi myös mikrobiologian opetuslaboratorio. Vuoden 2006 lopulla kaikki ympäristölaboratoriotoinnot sijoitettiin saman katon alle Marskin talliin (J-rakennukseen) ja A-talon laboratoriotiloista luovuttiin. Kuvassa 1 on yleisnäkymä kemian laboratoriotilasta.



KUVA 1. Kemian laboratoriotilaa (kuva Marjatta Lehesvaara)

Laatua ja hunajaa

Laboratoriotoimintojen selkiyttämiseksi käynnistettiin keväällä 1997 ESR-rahoitteinen laatuprojekti. Laboratorioon haluttiin projektin aikana luoda silloin voimassa olleen standardin (ISO 14001) mukainen laatujärjestelmä. Toimenpiteisiin kuului muun muassa laiterekisterin ja kemikaalirekisterin luominen sekä laitteiden käyttöohjeiden ja menetelmäohjeiden laatiminen. Projekti kesti kaksi ja puoli vuotta ja siinä työskenteli päätoimisesti kemisti ja hänen apunaan laborantti. Projektin aikana saatiin kartoitettua ja luetteloitua kaikki laboratorion laitteet ja tuotoksina syntyneet rekisterit; laitteiden käyttöohjeet ja analyysiohjeet ovat yhä käytössä.

Hunaja-analytiikalla on ollut suuri merkitys ympäristölaboratorion toiminnalle. Huhtikuussa 1998 alkoi Tekesin rahoittamana Suomen Mehiläishoitajain Liiton (SML ry.) ja MAMKin ympäristölaboratorion yhteishanke, jolla haluttiin käynnistää hunajan laadun valvontaan liittyvät rutiinianalyysit Suomessa. Suomen Mehiläishoitajain Liitto SML ry. oli teettänyt hunajan laa-

dun valvontaan liittyvät laboratorioanalyysit vuodesta 1995 lähtien Saksassa Hohenheimin yliopistossa (Hohenheimin Institut für Bienenkunde), jossa näytteitä tutkittiin vuosittain noin 200 kappaletta. Hohenheimin Institut für Bienenkunde on yksi maailman johtavista hunajan ominaisuuksia tutkivista laboratorioista, ja siellä haluttiin keskittyä tutkimustoimintaan, joten rutiini-analyysien suorittaminen ei enää tullut kyseeseen. MAMKin ympäristölaboratoriossa opeteltiin Suomessa hunajan laadun valvontaan kuuluvat laboratorioanalyysit (kosteuden, sähkönjohtavuuden, hydroksimetyylifurfuraalin ja invertaasiaktiivisuuden määrytykset) ja vuodesta 1998 lähtien vuoteen 2007 asti vuosittain tutkittiin noin 160 hunajanäytettä.

Yhteistyötä YTIin ja Helsingin yliopiston kanssa

MAMKin tutkimus- ja kehittämistoiminta oli vuosina 1994 - 2010 keskitetty Ympäristötekniikan instituuttiin eli YTIin (MAMK a). Ympäristölaboratorio teki varsin tiivistä yhteistyötä etenkin ympäristötekniikan, elintarviketekniikan ja puuteknologian tutkimusalojen kanssa.

Puumateriaalien testaukseen liittyvät laboratoriokokeet ovat olleet vuosia tärkeä osa ympäristölaboratorion palvelutoimintaa. Ne aloitettiin 1990-luvun puolivälissä YTIin puuteknologian toimialan käynnistäessä puun kuivaukseen ja modifiointiin liittyvää tutkimustaan. (Aavakallio 2012.) Ympäristölaboratorio aloitti standardin EN 113 mukaiset puun lahotuskokeet ”puhtaalta pöydältä” lahottajasienten (kuva 3) ja tarvittavien välineiden, lähinnä standardin mukaisten lasiastioiden, hankinnalla. Aluksi laboratorioissa tehtiin lahotuskokeita lämpökäsitellylle puulle muutamalla standardissa esitetyllä sienellä. Sittemmin testausvalikoima on laajentunut koskemaan eri tavoin käsiteltyjä puumateriaaleja ja mukaan ovat tulleet erilaiset kyllästys- ja liotuskokeet. Myös testeissä käytettävä mikrobikanta on laajentunut käsittämään erilaisten lahottajasienten lisäksi sinistäjä- ja homesieniä.



KUVA 3. Puun lahottajasienten kasvatusta (kuva Marjatta Lehesvaara)

Yrttitutkimus on ollut yksi merkittävistä ympäristölaboratorion tutkimusaloista. MAMKissa tehtiin omien tutkimusten lisäksi yhteistyötä muun muassa Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin kanssa (Galambosi 2012, 23). YTiin hankkeissa selvitettiin muun muassa yrttien antimikrobiologisia ominaisuuksia ja tätä kautta mahdollisuuksia korvata etenkin lihavalmisteen keinotekoisia lisäaineita luonnosta saatavilla aineilla. Ympäristölaboratorion tehtävänä oli pystyttää menetelmät haihtuvien öljyjen eristämiseksi kiinnostaviksi valituista yrteistä ja myös analysoida kaasukromatografisesti öljyjen sisältämät komponentit.

Ympäristölaboratorio toteutti vuosina 2001 - 2003 Helsingin yliopiston maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskuksen (nykyisen Ruralia-instituutin) kanssa yhteistyössä Tekes-rahoitteen hankkeen ”Tuotelaadullisten riskien hallinta ja analyysimenetelmien kehittäminen yrttituotannossa”. Hankkeessa testattiin erilaisten kuivausmenetelmien vaikutusta yrttien mikrobiologiseen laatuun ja haihtuvan öljyn määrään sekä sen ominaisuuksiin. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus (MTT) hankki tutkimuksissa käytetyt yrtit projek-

tissa mukana olleilta viljelijöiltä ja teki kuivauskokeet. MAMKin ympäristölaboratoriossa tutkittiin kuivattujen yrttien mikrobiologinen laatu ja haihtuvien öljyjen ominaisuudet. (Lampinen 2003, 89.)

Ympäristölaboratorio oli mukana useissa YTIn ympäristötekniikan hankkeissa joko tuottamalla projektien tarvitsemat analyysipalvelut tai tarjoamalla esimerkiksi projektin opinnäytetyöntekijöiden käyttöön laboratoriotilaa, laitteita ja ohjausta. Tällaisia hankkeita olivat muun muassa seuraavat EU-osarahoitteiset hankkeet: "Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta", "Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa", "Jätepolttoaineiden lentotuhkien prosessointi" ja "Tiedolla ja taidolla tavoitteisiin". Laboratorion kannalta merkittävä oli kaksi vuotta kestänyt MAVE-hanke "Etelä-Savon maaseutuyritysten ympäristö- ja elintarviketurvallisuuden kehittäminen", jonka aikana ympäristölaboratoriossa analysoitiin useita satoja vesinäytteitä. Näytteet koostuivat luonnonvesistä sekä talous- ja jätevesistä. (Soininen 2007, 176.)

Käynnissä olevaa TKI-toimintaa

Kuluvana vuonna ympäristölaboratorio on ollut MAMKin Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen EU-osarahoitteisissa hankkeissa "ESBIO - Energiaomavarainen maatila" ja "Open tietojärjestelmä". ESBIO-hankkeessa laboratorioon on rakennettu laboratoriomittakaavan koeympäristöjä biokaasun tuottokokeita varten. Biokaasun metaanipitoisuus on analysoitu kaasukromatografisesti. Open-hankkeessa tavoitteena on kehittää online-monitorointijärjestelmää yhdeksi ympäristön tutkimus seuranta- ja valvontamenetelmistä. (Mamk b.)

Ympäristölaboratorio tekee edelleen yhteistyötä Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin kanssa. Tällä hetkellä ollaan mukana valtakunnallisessa TUOPRO-hankkeessa (Tuorekasvien turvallisuuden parantaminen). Laboratorio on mukana järjestämässä hankkeeseen liittyvää näytteenottokoulutusta, ja laboratoriossa myös analysoidaan koulutukseen liittyviä vesinäytteitä. Paluuta

hunaja-analytiikkaan ollaan myös tekemässä. Ruralia-instituutissa ollaan kiinnostuneita hunajan antimikrobiologisista ominaisuuksista ja niiden hyödyntämisestä. MAMKin ympäristölaboratoriossa testataan analyysimenetelmää, jolla näitä antimikrobisten aineiden pitoisuuksia hunajassa pystyttäisiin määrittämään.

Haasteita

Laboratorioon luotua laatujärjestelmää on päivitetty vastaamaan standardin ISO- 17025 vaatimuksia siltä osin kuin se opetuslaboratoriossa on mahdollista. Laboratoriomittausten ja -analyysien laatuun on kiinnitetty yhä enemmän huomiota, mutta toimintaa on vielä systematisoitava, jotta jokaisen laboratorion lähtevän tuloksen laadukkuus on jollain tavalla tarkistettu.

Viranomaisten tarvitsemat tutkimukset tehdään pääsääntöisesti akkreditoituissa laboratorioissa. Akkreditointi on menettelytapa, jolla ulkopuolinen taho toteaa toiminnan pätevyyden. Akkreditoituissa laboratorioissa tehdyt tutkimukset ovat päteviä ja vertailukelpoisia myös kansainvälisesti. Suomessa laboratorion akkreditointia tulee hakea Finasilta, joka on Suomen Mittatekniikan keskuksen (Mikes) akkreditointielin. Ennen akkreditointia laboratorion tulee osoittaa tulostensa oikeellisuus ja vertailukelpoisuus. (Periaatteet laboratorioden laadunvarmistus- ja vertailumittauskäytäntöjen arvioinnille, FINAS-akkreditointipalvelu, Espoo 2012.) Tiettyjen ympäristölaboratorion analyysimenetelmien akkreditoinnin tarve nousee aika ajoin esille, mutta tähän asti akkreditointihaaveista on luovuttu lähinnä kalleuden ja työläyden takia.

Haasteita TKI- ja palvelutoiminnalle asettaa muun muassa toimivan ja ajan mukaisen laitekannan ylläpito. Jokaisen ympäristölaboratorion perusvarustukseen kuuluvat muun muassa spektrofotometri, pH-mittarit, sähkönjohtokykyymittarit, lämpökaapit ja -uunit, hehkutusuunit, autoklaavi ja näytteiden esikäsittelyyn (materiaalin hajotukseen) liittyvät laitteistot. Tällä perusvarustuksella pystytään tekemään muun muassa epäorgaanista vesianalytiikkaa,

jossa käsin tehty työ on suuressa roolissa. Vaativampaan analytiikkaan, esimerkiksi erilaisten orgaanisten yhdisteiden määrittämiseen, tarvitaan kuitenkin erikoislaitteita, joita MAMK:n ympäristölaboratoriossa ovat esimerkiksi nestekromatografi (HPLC, High Performance Liquid Chromatograph), kaasukromatografi (GC, Gas Chromatograph) (kuva 4) ja TOC-laitteisto (Total Organic Carbon). Kromatografisilla menetelmillä voidaan määrittää muun muassa erilaisia ympäristön orgaanisia kontaminantteja, kuten liuotinaineita, PAH-yhdisteitä ja kloorifenoleja. Laboratorioon ollaan hankkimassa uutta kaasukromatografi-massaspektrometrilaitteistoa. Tarjouskilpailu laitteiston hankkimiseksi on käynnissä, ja uusi laite tulee olemaan käyttökunnossa keväällä 2013. Raskasmetallien määrittämiseksi laboratorioissa on AAS-laitteisto (kuva 1).



KUVA 4. Ympäristölaboratorion AAS-laitteisto (kuva Marjatta Lehesvaara)

Lähes aina analysoitava näyte vaatii ennen laitteilla tehtävää määrittystä esikäsittelyn, mikä on riippuvainen näytematriisista. Näytteiden esikäsittelyä, analyysiliuosten valmistamista ja välineiden puhdistamista varten tarvitaan

hyvin puhdasta vettä, jota varten hankittiin syksyllä 2012 uusi vedenpuhdistuslaitteisto (kuva 5).



KUVA 5. Laboratorioveden puhdistuslaitteisto (kuva Marjatta Lehesvaara)

”Suuret” laboratoriolaitteistot ovat kalliita ja tyypillisesti laitteiden toimittajat takaavat varaosien saannin korkeintaan kymmeneksi vuodeksi. Tekniikan huima kehitys voi johtaa tilanteeseen, jossa itse analyysilaitte toimii, mutta esimerkiksi siihen liitetty tulostin on epäkunnossa eikä vastaavaa löydy markkinoilta laitteen korkean iän takia. Opetuksen ja TKI-toiminnan sijoittuminen samoihin tiloihin aiheuttaa joskus pulmia. Kemiallinen ja mikrobiologinen testaus- ja analyysitoiminta vaatii paitsi henkilökuntaa myös lattia- ja pöytäpinta-alaa, joten opetuksen ja tutkimuksen yhteensovittaminen on välillä haastavaa.

TKI-toiminnassa mukana oleminen on ympäristölaboratoriolle erittäin merkityksellistä. Projektit työllistävät laboratorion henkilökuntaa, ja hankkeiden myötä laboratorioon on kehittynyt paljon erikoisosaamista, jota olisi ollut vaikeaa tai mahdotonta muuten hankkia. Myös Mikkelin ammattikorkeakoulun hanketoiminnalle on etu, että räätälöityjä analyysipalveluja voidaan joustavasti saada omasta talosta.

LÄHTEET

Aavakallio, T. 2012. Seminaariesitelmä. PDF-dokumentti.

<http://www.metla.fi/tapahtumat/2012/puupaneeli/aavakallio.pdf> . Päivitetty 7.2.2012. Luettu 1.11.2012

Galambosi, B. 2012. Etelä-Savon merkitys yrttialan kehittämisessä Suomessa 1983 -2010. Helsingin yliopisto. Ruralia-intituutti. PDF-dokumentti.

(<http://www.helsinki.fi/ruralia/julkaisut/pdf/Raportteja85.pdf>). Päivitetty 2.7.2012. Luettu 1.11.2012

Lampinen, P. (toim.), Galambosi, B., Janatuinen, H., Lehesvaara, M., Vestergaard J., Leskinen, M. 2003. Mikrobit yrttien ongelmana. Julkaisuja 79. Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus.

Mamk a. www.mamk.fi/mamk_/organisaatio/historia. Luettu 12.11.2012.

Mamk b. www.mamk.fi/tutkimus_ja_kehitys/materiaalit_ja_ymparisto/kaynnissa_olevat_hankkeet. Luettu 28.11.2012

Soininen, H., Mäkelä, L., Oksa, S. 2007. Etelä-Savon maaseutuyritysten ympäristö- ja elintarviketurvallisuuden kehittäminen. Mikkelin ammattikorkeakoulu A: Tutkimuksia ja raportteja - Research Reports 28.

HIUKKASVERTAILUJA JYVÄSKYLÄSSÄ

Juha Pulkkinen ja Pia Haapea

Hiukkasten terveysvaikutukset ovat olleet laajan tutkinnan kohteena viime vuosina. Pienhiukkaset aiheuttivat Suomessa vuonna 2000 arviolta lähes 1 300 ennen aikaista kuolemaa ja yli 600 uutta pysyvää keuhkoputkentulehdusta. Pienhiukkasten määritykseen soveltuvia, luotettavia hiukkasfraktiot (PM_{2,5} - PM₁₀) erottavia hiukkasmittausmenetelmiä kehitetään jatkuvasti ja uusien mittareiden luotettavuuden todentaminen on pitkäkestoinen, erityistä ammattitaitoa vaativa prosessi.

Juha Pulkkinen (JPP-Kalibrointi Ky) tekemässä Ympäristötekniikan YAMK-opinnäytetyössä tutkittiin TEOM 1405D -hiukkasmittarin soveltuvuutta PM₁₀- ja PM_{2,5}-mittauksiin. Mittaukset tehtiin vertaamalla kyseisellä hiukkasmittarilla vuosina 2010 -2011 mitattuja tuloksia Jyväskylän Lyseon ilmanlaadun mittausasemalla aiemmin hyväksytyihin TEOM 1400a -mittareilla saatuihin tuloksiin. TEOM 1400a -mittari oli mukana kansallisen referenssilaboratorion järjestämässä vertailututkimuksessa 2007 - 2008.

Mittauksissa todettiin laitteen kelpaavan hyvin hengitettävän pölyn mittaukseen eikä korjauskertoimien määrittelyssä tullut esille selviä poikkeamia TEOM 1400a -laitteella mitattuihin tuloksiin. Pulkkinen työ on loistava esimerkki siitä, miten YAMK-opinnoissa pystytään integroimaan aitojen työelämälähtöisen ongelmien ja toimeksiantojen selvittämisessä, kun tekijöillä on (kymmenien) vuosien kokemus ja käytännön osaaminen.

Lähtökohta

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2008/50/EY) ilman laadusta ja sen parantamisesta määrittää muun muassa raja-arvot tiettyjen epäpuhtauksien suurimmille sallituille pitoisuuksille ulkoilmassa. Direktiivin tavoitteena on välttää, ehkäistä tai vähentää epäpuhtauksien haitallisia vaikutuksia ihmisen terveyteen ja ympäristöön. Raja-arvojen ohella direktiivi määrittää havaintoaineiston laatutavoitteet ja epäpuhtauksien mittaamiseen käytettävät vertailumenetelmät. Euroopan yhteisön jäsenmaa voi käyttää muutakin kuin mainittuja vertailumenetelmiä, jos tämän voidaan osoittaa olevan yhdenmukainen vertailumenetelmän kanssa.

Ilmanlaadun mittauksessa vertailumenetelmäksi on hyväksytty manuaalinen gravimetrinen menetelmä, jossa kerätään vuorokauden mittaisia näytteitä PTFE-suotimille vakioiduissa olosuhteissa (keräysvirtaukset, keräys- ja säilytyslämpötilat ja punnitusolosuhteet). Gravimetrinen vertailumenetelmän huono puoli on se, että sillä ei saa suoraan tietoja hiukkaspitoisuuksista, vaan tulosten saanti kestää usein viikkoja. Tämä tekee siitä soveltumattoman jatkuvatoimiseen ilmantarkkailuun. Jatkuvatoimisen hiukkasmittauksen laatu-tavoitteena on annettu sallitaksi epävarmuudeksi 25 % (Valtioneuvoston asetus 38/2011, liite 8).

Vertailumittaukset uudelle TEOM 1405D -laitteistolle tuli tehdä, koska uusi laite ei ollut mukana vuosina 2007 - 2008 tehdyissä vertailumittauksissa, eikä referenssilaitoksella ollut lähiaikoina suunnitelmia uusien vertailumittauksien järjestämiseen. TEOM 1405D -laitteen suurin ero TEOM 1400a -laitteeseen on se, että sillä voi mitata samaan aikaan sekä hengitettävää pölyä että pienhiukkasia jakamalla tuleva näytevirtaus kahteen eri hiukkasfraktioon virtuaali-impaktorin avulla. Laitteiden näyteilman sisäännotossa oleva PM10-esierotin on molemmissa laitteissa samanlainen, kuten varsinaiset mittausmenetelmätkin. Pulkkinen YAMK-opinnäytetyössä tehdyn vertailun tavoitteena olikin osoittaa TEOM 1405D:n yhdenmukaisuus vertailumenetelmän kanssa sekä määrittää pitoisuuksille korjauskertoimet hyödyntämällä edellä mainitussa tutkimuksesta saatuja tuloksia.

Mittauksien suoritus

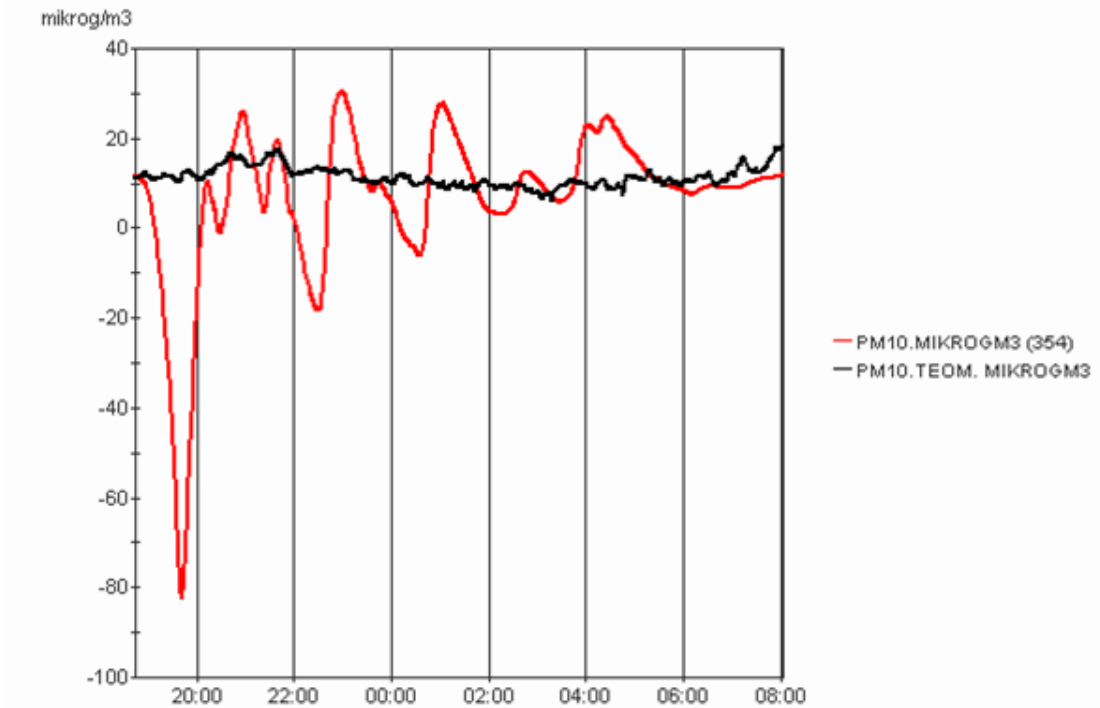
Pienhiukkasten ja hengittävän pölyn vertailumittaukset tehtiin Jyväskylän ympäristöviraston keskustassa Lyseon pihalla sijaitsevalla mittausasemalla vuosina 2010 - 2011 (kuva 1). Mittauksissa verrattiin uutta TEOM 1405d -laitteella saatuja tuloksia vanhemman TEOM 1400a -laitteella saatuihin tuloksiin tunti- ja vuorokausitasolla. Uudessa laitteessa mitattiin samanaikaisesti kahta eri hiukkaskokojaetta, alle 2,5 µm ja 2,5 - 10 µm. Jako eri kokoluokkiin tapahtui virtuaali-impaktorin avulla. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Jyväskylän kaupungin ympäristövirasto. Mikkelin ammattikorkeakoulun puo-

lta ympäristötekniikan YAMK-opinnäytetyön ohjaajina toimivat lehtori Martti Pouri ja yliopettaja Eino Sarkola. Työn tilaajan puolelta ohjaajana toimi valvontakemisti Timo Sahi.



KUVA 1. Mittauskoppi Jyväskylän Lyseon pihalla testijakson aikana vuosina 2010 – 2011 (kuva Juha Pulkkinen)

Mittauksia tehtiin kolmessa erillisessä mittausjaksossa vuosina 2010 - 2011. Ensimmäinen mittausjakso tehtiin 12.2.2010 - 8.12.2010. Heti mittauksien alkaessa, helmikuussa 2010 käynnistyneessä mittaussarjassa havaittiin pian ongelmia virtuaali-impaktorin toiminnassa erityisesti kosteissa ja kylmissä olosuhteissa, silloin kun yleinen ilmanala oli pakastuva (kuva 2).



KUVA 2. Esimerkki virtuaali-impaktorin "lumettumisesta" johtuva häiriö mittaustuloksissa 24. - 25.02.2010

Edellä mainittua häiriötä pienennettiin eristämällä virtuaali-impaktorin metallipinta suorasta ilmakosketuksesta. Eristys vähensi myös häiriön esiintymistaajuutta. Toinen mittausjakso kesti 11.12.2010 - 18.02.2011 ja päättyi, koska laitteen vaakayksikön kiinnitys rikkoontui. Tämän vuoksi vaakayksikkö muutettiin samanlaiseksi kuin mitä käytetään vanhoissa TEOMeissa.

Tiedonkeruu tapahtui mittauskopissa olevalla tietokoneella tiedonkeruuta varten suunnitellulla Synchron Tech Oy:n testiohjelmalla. Tiedot kerättiin RS232-portista 5 sekunnin välein, ja niistä muodostettiin yhden minuutin arvoja. Näistä arvoista tietokannassa laskettiin tuntikeskiarvot. Niitä ja niistä Excel2007-ohjelmalla laskettuja vuorokausiarvoja käytettiin tulosten käsittelyssä. Samalla uudistettiin laitteen ohjelma, joka mahdollisti myös laitteen mittauksen aikavakion muuttamisen vanhoja laitteita vastaavaksi. Mitatuista tunti-arvoista laskettiin myös korrelaatiokertoimet ja regressiosuorat sekä lajittelemalla mittaustulokset lämpötilan mukaan.

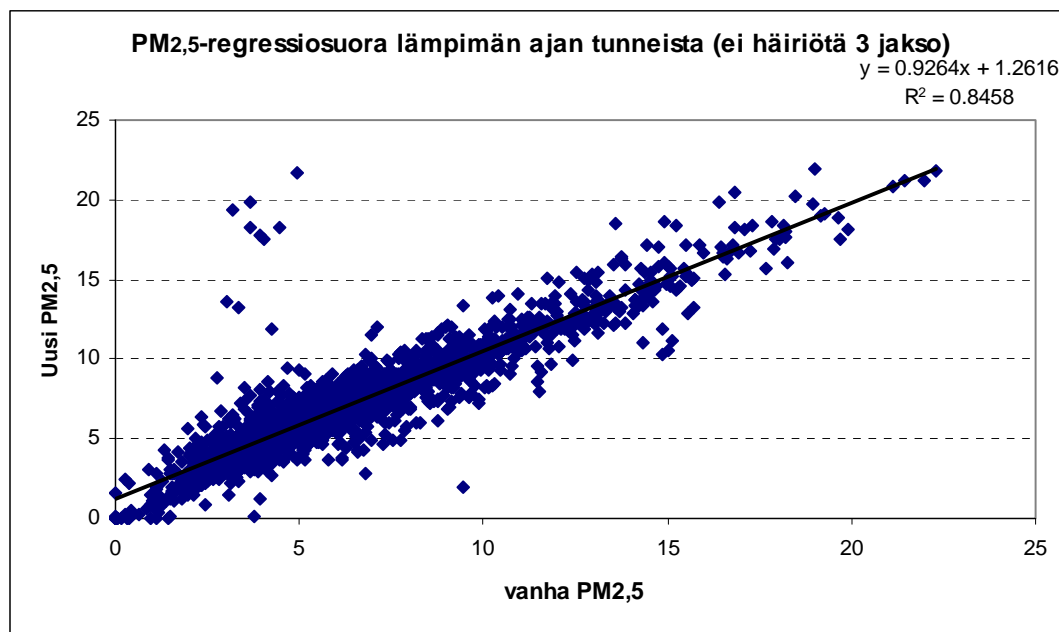
Ennen tulosten laskentaa mitatuista tuloksista poistettiin myös erilaiset käyttöhäiriöt, jotka aiheutuivat pääasiassa erilaisista huoltotoimenpiteistä (suoti-

mien vaihto, esierottimen puhdistus, virtaustarkistus sekä K0-vaakavakion määrittäminen). Laitteille tehtiin esierottimien puhdistus noin 3 kk:n välein ja virtauksen ja K0-vaakavakion tarkistus kahdesti vuodessa. Osa mittausaineistosta jouduttiin hylkäämään myös PM_{2,5}-vertailulaitteen vuodon takia toukokuussa 2011.

Mittaustulokset ja niiden analysointia

Yleisesti voidaan todeta, että uusi TEOM 1405D -laite mittaa samalla lailla kuin vanhemmat TEOM-laitteet. Muutaman kerran havaittiin pienhiukkasia, vaikka vanha hiukkasleikkurimenetelmä ei niitä havainnut. Kuvassa 3 esitetyssä regressiosuorassa on esimerkki poikkeavasta ryppästä, jossa näkyy uuden laitteen havaitsemia pienhiukkasia, joita TEOM 1400A ei havainnut lainkaan. Mittausaineisto jäi pienhiukkasilla talviajan mittauksissa pieneksi ja pitoisuustasot olivat pieniä.

Mitattujen tuntiarvojen perusteella laskettujen korrelaatiokertoimien ja regressiosuorien selitysasteet olivat erinomaisia. Tästä on esimerkkinä kuva 3, jossa on esitetty pienhiukkasten regressiosuora kolmannen jakson lämpimän ajan tuntiarvoista.



KUVA 3. Regressiosuora Jyväskylän PM_{2,5}-hiukkasvertailun lämpimän ajan (lämpötila yli 0 °C:sta) tuntiarvoista 10.03. - 29.12.2011

Pienhiukkasten mittauksissa oli testin aikana mittausteknisiä ongelmia myös vertailulaitteessa, joten laitteen sopivuutta em. mittaukseen ei voi pitää yksiselitteisenä. Mittauksissa todettiin laitteen kelpaavan hyvin hengitettävän pölyn mittaukseen, eikä korjauskertoimien määrittelyssä saatu selville selviä poikkeamia vanhaan TEOM 1400a -laitteeseen. Raportissa suositellaankin TEOM 1405d -mittausjärjestelmälle käytettäväksi samoja kertoimia, joita käytetään TEOM 1400a -laitteistolla.

Johtopäätökset

Hiukkasten ihmisen terveyteen vaikuttavat syyt eivät vielä ole täysin selvillä, varsinkaan ne osa-alueet, jotka ovat määrääviä tekijöitä (hiukkasen koko, muoto, aktiivinen pinta-ala, muodostumisaika, sisältämät aineet ja/tai lukumäärä). Näin ollen uusi mittalaite, joka tuo esiin myös uuden hiukkasfraktion mittaukseen (PM_{2,5}- PM₁₀), on tarpeellinen.

Yleisinä johtopäätöksinä työn aikana saatujen tuloksien perusteella voidaan päätellä seuraavasti:

- Mitattaessa hengitettävää pölyä TEOM 1405 -laitteella voi käyttää 1400a-laitteelle määriteltyjä kertoimia (nykyisin käytössä on kerroin 1,03 ja vakio +3)
- Mitattaessa pienhiukkasia TEOM 1405 -laitteella voidaan käyttää 1400a-laitteelle määriteltyjä kertoimia. Tässä tutkimuksessa käytettiin korjauskerrointa 1,03 sekä vakiota +3
- Mitatut tulokset muutetaan referenssilaboratorion antamiin korjauskertoimiin seuraavasti:
[(mitattu tulos – 3)/1,03]* 1,12 + 1,26 = referenssilaboratorion määrittämä arvo
- Käytetyn virtuaali-impaktorin toiminta sen jakaessa näytettä alle PM_{2,5} ja yli PM_{2,5}-fraktioon vaatii vielä jatkoselvittelyä. Lämpötilan ohella myös kosteuden vaikutusta virtuaali-impaktorin toimintaan tulisi edelleen selvittää.

LÄHTEET

Pulkinen, J. 2012. Hiukkasmittauksien vertaus (PM10 ja PM2,5) Jyväskylän keskustassa vuosina 2010 - 2011 TEOM 1405d:n ja TEOM 1400a:n välillä. Opinnäytetyö, ympäristötekniikan koulutusohjelma YAMK, kestävä kehitys, Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy.

TKI-TOIMINNAN JA OPETUKSEN INTEGROINTI ESBIO – ENERGIAOMAVARAINEN MAATILA -HANKKEESSA

Hanne Soininen ja Sami Luste

EU-osarahoitteen ”ESBIO – Energiaomavarainen maatila” -hankkeen biokaasuosion tavoitteena oli tarkastella energiaomavaraisesti toimivan maatilan kestävän alkutuotantoketjun energiateknistä toteuttamista. Hankkeen toteuttajia ovat Helsingin yliopiston Ruralia-insituutti (koordinaattori), Mikkelin ammattikorkeakoulu, MTT Mikkeli ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Hanke toteutettiin vuosina 2009 - 2012.

Mikkelin ammattikorkeakoulun osatehtävänä hankkeessa oli ”Biokaasulaitostarkastelu, pilot-biokaasulaitos maatilamittakaavaan”. Osatehtävään sisältyivät seuraavat työpaketit:

- Laitosvaihtoehtojen prosessin määrittäminen ja tekninen tarkastelu sekä kustannus- ja herkkyydentarkastelu
- Ympäristövaikutusten arviointi ja hyväksymismenettely
- Laboratorio- ja pilot-mittakaavan kokeet.

TKI:n ja opetuksen välisen vuorovaikutuksen kehitystarpeisiin liittyvään opintojaksoilla ja työharjoitteluissa tapahtuvan TKI-toiminnan lisääminen, joka tuottaa paitsi resurssien tehostamista myös synergiavaikutuksia eri sektorien välisen yhteistyön kehittymisen suhteen. Ympäristötekniikan koulutusohjelmassa TKI-toiminnan ja opetuksen vuorovaikutus on toteutunut opinnäytetöissä sekä harjoittelujaksoissa että projektiopinnoissa. Tässä artikkelissa tarkastellaan lyhyesti ESBIO-hankkeen yhteydessä toteutettua TKI-toiminnan ja opetuksen integroitumista.

Hankkeen tavoite ja toimenpiteet

ESBIO – Energiaomavarainen maatila -hankkeen Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen biokaasulaitostarkastelu, pilot-biokaasulaitos maatilamittakaavaan -osion tavoitteena oli tarkastella

- Energiaomavaraisesti toimivan maatilan kestävän alkutuotantoketjun energiateknistä toteuttamista
- Maatilamittakaavaisen biokaasulaitoksen sivutuotteiden tehokasta ja elintarvikehygienian kannalta turvallista hyödyntämistä

- Bioenergiavaihtoehtojen taloudellista kannattavuutta ja ekologista kestävyyttä.

Mikkelin ammattikorkeakoulun osatehtävän toteutukseen osallistui hankkeen aikana palkattomia opinnäytetyöntekijöitä sekä suomalaisia ja kansainvälisiä harjoittelijoita.

TKI-opintopisteillä mitattuna hankkeen painopiste oli opinnäytetöiden tuottamisella ja harjoittelulla. On kuitenkin huomioitavaa, että ES BIO-hankkeen aikana luotiin puitteet biokaasuteknologian käytännön projekti- ja harjoitustöille, biokaasuteknologian opetukselle sekä Etelä-Savo hyödyntävälle soveltavalle tutkimuksille, johon oppilaat osallistuivat tutustuen samalla paikallisten yritysryhmien edustajiin. TKI-toiminnan ja opetuksen tehokkaammalla integroimisella on tarkoitusperäinen mahdollisuus tehostaa myös TKI-toiminnan ja paikallisten yritysten välistä yhteistyötä ja yhteydenpitoa.

Uusi oppimisympäristö

ES BIO – Energiaomavarainen maatila -hankkeen aikana, vuosina 2009 - 2012, tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan laboratoriossa useita laboratoriomittakaavan kokeita Etelä-Savon alueelta saatavilla oleville orgaanisille materiaaleille. Kokeilla selvitettiin muun muassa materiaalien soveltuvuus biokaasuntuotantoon, biohajoavuutta, metaanintuottopotentiaalia ja materiaaliseoksien yhteisvaikutusta biokaasuntuotantoon. Lisäksi tarkasteltiin materiaalien ravinnepitoisuuksia, hygieenisyyttä sekä prosessin toimintaa ja sen optimointia niillä materiaalisekoituksilla, joita Etelä-Savon alueen biokaasuntuotannossa olisi mahdollista käyttää.

Laboratoriomittakaavan koetoiminnan toteutusta varten perustettiin Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen Ympäristötekniikan koulutusohjelman laboratorioon ympäristö panos- ja jatkuvatoimisten biokaasureaktorikokeiden toteuttamiseen (kuva 1). Perustetussa ympäristössä voitiin toteuttaa hankkeen toimenpiteiden lisäksi koulutukseen liittyviä toimintoja ja demonstraatioita.

tioita. Biokaasuun liittyvää uutta oppimisympäristöä oli suunnittelemassa ja perustamassa hankehenkilöstön lisäksi ympäristölaboratorion harjoittelija Markus Saloranta.



KUVA 1. Ympäristölaboratorion biokaasureaktoreiden näytteenotto metaanipitoisuuden määrittämistä varten (kuva Leena Mäkelä)

ESBIO-hankkeen aikana laboratorio varusteltiin niin, että laboratoriomittakaavan reaktoreista pystyttiin mittaamaan niiden tuottamat kaasumäärät ja kaasun metaanipitoisuus kaasukromatografian avulla (kuva 2). Itse tilan lisäksi laboratorioon rakennettiin oppilastyönä muun muassa vesivaaka, jolla tuotetun biokaasun määrä voitiin mitata veden tilavuuden syrjäytyksen perusteella (kuva 3).



KUVA 2. Metaaninäytteen injektoiminen kaasugromatografiin (kuva Sari Seppäläinen)

Testattujen orgaanisten materiaalien biohajoavuutta mitattiin prosessin kiintoainepoistuman kautta. Lisäksi mitattiin parametrejä, joiden avulla suoraan käytäntöön sovellettavaa tutkimustyötä voitiin tehdä. Näitä olivat muun muassa ravinteet, orgaanisten happojen pitoisuudet (VFA; Volatile Fatty Acids) ja alkaliniteetti.



KUVA 3. Biokaasun mittaaminen veden syrjäytymismenetelmällä (kuva Sari Seppäläinen)

Hankeistetut opinnäytetyöt

ESBIO-hankkeen hanketoimintaan liittyen tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulussa vuosina 2009 - 2012 neljä opinnäytetyötä. Opinnäytetyöt toteutettiin samoissa käytännön olosuhteissa kuin varsinainen hanke. Esimerkiksi hankkeissa hyödynnettävät materiaalit olivat Etelä-Savossa tuotettuja orgaanisia sivutuotteita, ja opinnäytetyön taustalla oli aikaisempi tieto hankkeessa jo suoritetuista kokeista. Opinnäytetyöt eivät olleet varsinaisen hanketoiminnan mukaisia, vaan ne laajensivat ja tukivat varsinaista hanketyötä sekä toimivat lisäselvityksinä aihealueesta esille nousseisiin lisäkysymyksiin hyödyntäen paikallisten yritysryhmien valmiutta biokaasun käyttöön liittyviin asioihin.

Opinnäytetöiden lisäksi tässä artikkelikokoelmassa on lyhyesti esitetty Johanna Arolan ins. (ylempi AMK) -opinnäytetyö ”Keskitetyn biokaasulaitoksen energiatase”, joka laajensi nykyistä hankekokonaisuutta ja selvitti ES BIO-hankkeen jälkeisiä tarpeita alueellisen biokaasunhyödynnyksen edistämiseksi. Opinnäytetöissä syntynyttä tietoa on hyödynnetty biokaasuntuotantoon tai orgaanisten jätteiden käsittelyyn liittyvässä ympäristötekniikan opetuksessa.

Työ 1: Kananlannan soveltuvuus biokaasun tuotannossa

Hankkeen ensimmäinen opinnäytetyö valmistui vuonna 2010. Riikka Viljasen opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kananlannan soveltuvuutta biokaasun tuotannossa. Kokeet tehtiin laboratoriomittakaavan panosreaktorikokeilla Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa. Laboratoriomittakaavan biokaasureaktorikokeissa käytettiin syötemateriaaleina lehmän- ja kananlantaa (Viljanen 2010).

Biokaasukokeiden lisäksi tutkittiin syötteiden ja mädätysjäätännöksen ravinteita ja hygieenisyyttä. Biokaasukokeissa tutkittiin reaktoreissa käytettyjen syötteiden biokaasun tuottokykyä ja muodostuneen biokaasun metaanipitoisuutta. Lanta- ja mädätenäytteistä analysoitiin lannoitepotentiaalintutkintaan liittyen kokonais- ja liukoinen typpi, kokonais- ja liukoinen fosfori, nitraatti, ammonium typpi, kokonaisbakteerit, E. coli, koliformiset bakteerit, sulfiittia pelkistävät Clostridium-bakteerit, enterobakteerit, sähkönjohtavuus ja pH. Analyysit tehtiin pääsääntöisesti SFS-standardien mukaan. (Viljanen 2010.)

Opinnäytetyön tutkimustuloksista voitiin päätellä, että vähäinen biokaasuntuotto ja alhaiseksi jääneet metaanintuottopotentiaalit johtuivat omalta osaltaan käytetyistä syötteistä ja niiden suhteista, sekä jatkuvatoimisen mekaanisen sekoituksen puuttumisesta. Reaktoreiden sisällä tapahtuviin biologisiin prosesseihin ei voitu kokeen aikana enää vaikuttaa, koska kyseessä oli panosperiaatteella toimiva reaktori. Jotta saavutettaisiin anaerobisen prosessin ja siten biokaasun muodostumisen kannalta optimaaliset olosuhteet, täytyisi

käytetyillä lannan seossuhteilla joukkoon lisätä esimerkiksi korkean hiilipitoisuuden omaavaa biomassaa. Varsinkin kananlanta sisältää runsaasti typpeä, jolloin suotuisan hiili-typpi-suhteen saavuttamiseksi olisi liiallisen typen inhiboivaa vaikutusta kaasun muodostumiseen vähennettävä hiilirikkaalla lisäsyötteellä. (Viljanen 2010.)

Työ 2: Biokaasun tuottaminen kananlannasta ja anaerobiproessin mikrobiologia

Hankkeen toinen opinnäytetyö valmistui vuonna 2011, ja myös se tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa (kuva 4). Markus Saloranta käsitteli opinnäytetyössään biokaasun tuottamista kananlannaudanlietelanta-syöteseoksesta ja anaerobiproessin mikrobiologiaa. Salorannan opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa laboratoriomittakaavan jatkuva-toimisella reaktorilla metaanipitoista biokaasua mesofiilisellä (35 °C) lämpötila-alueella. Tarkemmin työssä tutkittiin käytettävien syötteiden metaanintuottopotentiaalia sekä haettiin optimaalista kuormitusastetta käytetylle syöteseokselle. Työn aikana prosessista saadun kiinteän loppujäännöksen ominaisuudet määritettiin ja tuloksien perusteella arvioitiin mesofiilisen prosessin vaikutuksia ravinteiden muuntumiseen sekä lannan sisältämien patogeenien tuhoutumiseen. (Saloranta 2011.)



KUVA 4. Jatkuvatoimisen reaktorin syöttäminen Markus Salonrannan opinnäytetyön aikana (kuva Leena Mäkelä)

Opinnäytetyö tutki myös seoksen kaasuntuottoa jatkuvatoimisen prosessin aikana simuloiden täydenmittakaavan laitoksen toimintaa. Prosessista saatu loppujäännös oli juoksevaa, ja lannan hajuhaitta väheni merkittävästi. Syötemateriaalien hygieenisuus parani prosessissa kaikkien viiden indikaattorilajin osalta. (Saloranta 2011.) Opinnäytetyö tuotti prosessitason lisätietoa Etelä-Savossa saatavilla olevien materiaalien soveltuvuudesta, anaerobisesta hajoituksesta ja biokaasuntuotannosta.

Työ 3: Yhteismädätykseen perustuva laboratoriomittakaavan biokaasuprosessi

Hankkeen kolmas opinnäytetyö valmistui alkuvuonna 2012. Riina Kervisen opinnäytetyössä tutkittiin erilaisten prosessien ja käsittelyiden vaikutusta mädätejäännöksen hygieeniseen laatuun ja biokaasuntuottoon. Työssä käsitellään biokaasuprosessia, maatalouden materiaalisivuvirtojen käyttöä bio-

kaasun tuotannossa, lopputuotteen hygieenistä laatua ja siihen liittyvää lainsäädäntöä. (Kervinen 2012.)

Opinnäytetyön kokeiden aikana käynnissä oli kolme jatkuvatoimista reaktoria ja kahdeksan panostoimista reaktoria. Kaikista reaktoreista tarkastelussa olivat biokaasuntuotto, spesifinen metaanintuotto, biohajoavuus sekä hygienianalyysit. Hygienianalyysien avulla pyrittiin selvittämään prosessin viipymän, jälkimädätyksen ja hygienisoinnin (70 °C, 1 h) vaikutusta mädätteen jäännöksen hygieeniseen laatuun.

Opinnäytetyön aikana syötteen mikrobimäärät vähenivät jatkuvatoimisessa ja panostoimisessa prosessissa. Panostoimisen reaktorin hygienisointiteho oli kuitenkin parempi. Hygienisointikäsittely vähensi mikrobeja syötteessä, mutta panosreaktorissa sulfiittia pelkistävät klostridit alkoivat taas lisääntyä. Komission asetuksessa (EU) N:o 142/2011 hygieenisen laadun raja-arvot, enterobakteerien osalta, alittuivat kaikissa käsittelyissä. (Kervinen 2012.) Laboratoriomittakaavan tulosten lisäksi kokeita suoritettiin täyden mittakaavan laitoksen mädätteellä, jolloin voitiin todentaa täyden mittakaavan prosessin simuloinnin onnistuminen.

Työ 4: Haihtuvat rasvahapot anaerobisessa hajotuksessa

Hankkeen neljäs opinnäytetyö valmistui joulukuussa 2012. Sari Seppäläisen opinnäytetyössä selvitettiin VFA-analyysien avulla anaerobisen hajoamisprosessin toimivuutta ja käytettävän kaasukromatografisen menetelmän soveltuvuutta VFA-pitoisuuksien määrittämiseen. Kokeet suoritettiin kolmella laboratoriomittakaavan jatkuvatoimisella reaktorilla mesofiilisella (35 °C) alueella. Syötemateriaaleina käytettiin lehmän lietelantaa, kananlantaa ja vihannejätettä sekä glyserolia, jota syntyy sivutuotteena biodieseliä valmistettaessa. VFA-määritykset tehtiin kaasukromatografisesti käyttäen liekki-ionisaatiodektektoria. Muita seurattavia parametrejä olivat biokaasun- ja metaanintuotto, pH, kuiva-ainepitoisuus (TS) ja haihtuva orgaanisen aineen

määrä (VS) sekä liukoinen COD (chemical oxygen demand). (Seppäläinen 2012.)

Seppäläisen mukaan kaasukromatografinen menetelmä soveltui VFA-pitoisuuksien määrittämiseen ja tuloksia pystyttiin vertaamaan aikaisempiin tutkimuksiin. Glyserolin lisäys kasvatti VFA-pitoisuutta, metaanipitoisuus lisääntyi 10 %:lla ja biohajoaminen lisääntyi. Kananlannan suurempi määrä vaatii pitemmän käsittelyajan, mikä havaitaan pitempiketjuisten haihtuvien rasvahappojen suurempina pitoisuuksina ja matalana biohajoamisena. Tässä työssä esitettyjen tulosten pohjalta voidaan sanoa, että VFA-pitoisuudet antoivat vastetta biokaasuprosessin kuormituksen nostolle ja syötemateriaalin laadulle. (Seppäläinen 2012.) Määritettyjen rasvahappojen avulla on mahdollisuus tehdä prosessin toiminnasta jopa prosessin eri vaiheisiin osallistuvien bakteereja koskevia huomioita, joilla biokaasuprosessia voidaan tehostaa ja optimoida.

Vuorovaikutteinen yhteistyö opetuksessa ja TKI-toiminnassa

ESBIO-hankkeen tuloksien pohjalta on pidetty koulutustilaisuuksia 26.1.2010 (Savonlinna), 27.1.2010 (Pieksämäki) ja 2.2.2010 (Mikkeli) aiheesta ”Maatilojen energiaomavaraisuuden kohottaminen ja energiavaihtoehdot” ProAgrian ja Etelä-Savon metsäkeskuksen Maaseudun bioenergiat -hankkeen teemapäivillä. Tilaisuuksiin on osallistunut muun muassa eteläsavolaisia maaseutuyrittäjiä ja tutkijoita.

ESBIO-hankkeen tulosseminaarit vuosina 2010 ja 2012 ovat olleet avoimia tilaisuuksia, joihin on ollut mahdollista osallistua ilmaiseksi. Kevään 23.3.2012 seminaari järjestettiin ammattikorkeakoulun kasarmin kampuksen alueella, jotta opiskelijoiden oli helppo saavuttaa tilaisuus. Hankkeen tuloksia on esitetty Juvalla Bioson Oy:n biokaasulaitoksella 18.10.2011 ammattikorkeakoulun sähköinsinööriopiskelijoille sekä ympäristötekniikan opiskelijoille 29.3.2012. Hanketta on esitelty projektityö infossa 26.4.2012 Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelijoille ja paikallisille yritystoimijoille. Biokaasuosion

tuloksia sekä ES BIO-hanketta on esitetty on myös kansainvälisen Environmental Engineering -linjan opiskelijoille 16.02.2012 sekä Pietarista saapuneelle ympäristötekniikan intensiivikurssille (18.10.2012). Hanketta on esitelty myös Pietarinen polyteknillisen yliopiston ja Tallinnan teknillisen yliopiston opiskelijoille ja opetushenkilökunnalle.

ES BIO-hankkeessa ja siihen liittyvässä laboratoriotoiminnassa ovat suorittaneet pakollista palkatonta harjoittelua vuosina 2009 - 2012 muun muassa Markus Saloranta, Mari Tervo, Anni Laitinen, Riina Kervinen ja Tuija Ranta-Korhonen Mikkelin ammattikorkeakoulusta. Hankkeessa ovat olleet töissä palkallisina harjoittelijoina Riina Kervinen ja Tuija Ranta-Korhonen toteuttamassa hankkeen osatehtäviä.

Hankkeeseen on tehty harjoitustyö keväällä 2012 ympäristötekniikan koulutusohjelman insinööri (AMK) -projektiohjelmaan liittyen. Opiskelijoiden Joonas Mämmelän, Iiro Hannulan, Tatu Hiltusen ja Sari Seppäläisen aiheena oli "Maatalouden ja elintarviketeollisuuden sivutuotteiden biokaasutuottopotentiaalin määrittäminen". Projektityö tarkasteli eri materiaalien soveltuvuutta biokaasun tuotantoon, ja sen tulokset olivat suoraan hyödynnettävissä sekä alueellisten yrittäjien toiminnassa että hankkeeseen liittyvässä tutkimuksessa.

Biokaasulaitostarkastelu-hankeosioon liittyen on tehty myös kaksi kv-opiskelijan harjoitustyötä. Ranskalainen Julien Bogenschutz teki hankkeessa harjoittelua huhti-kesäkuussa 2009. Palkattoman harjoittelun aikana hän tuotti raportin "Farm-scale biogas technics and plant in Europe". Ranskalainen Thomas Vrillaud teki harjoittelua hankkeessa huhti - kesäkuussa 2012. Palkattoman harjoittelun aikana hän tuotti raportin "Current state of biogas technology in France". Molemmat kv-opiskelijat olivat pariisilaisen oppilaitoksen IUT de Ville d'Avrayn osastolta Génie Thermique et Energie.

TKI-toimintaan yhdistettävällä opetuksella ja projektitoiminnalla on mahdollista lisätä opintojaksojen merkitystä TKI-toiminnassa. Tämän uskotaan lisäävän opetuksen ja TKI-toiminnan vuorovaikutusta ja resurssien tehokkaampaa

hyödynnystä niin, että henkilöstön roolit opetuksen ja TKI-toiminnan välillä monipuolistuvat ja syntyy entistä laajempaa osaamista TKI-, opetus- ja palveluliiketoiminnan kehittämiseen ja toteutukseen.

Ajatuksia opetuksen ja TKI-toiminnan yhdistämisestä

ESBIO-hankkeen aikana tehdyt hankesuunnitelman mukaiset toimenpiteet ovat myötävaikuttaneet myös Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristöteknologian biokaasuun liittyvän opetuksen kehittämiseen. Hyötyä on ollut sekä kansainväliselle että suomenkielisille opintolinjoille. Erityisesti hankkeeseen liittyvät yleiset teemat, kuten orgaanisten sivutuotteiden ja jätteiden käsittely, ympäristöteknologiassa hyödynnettävät tekniikat, uusiutuvan energian tuotto ja ilmastonmuutos ovat olleet sellaisia laajempia aiheita, joissa ESBIO-hanketta on voitu hyödyntää.

Opetuksen ja TKI-toiminnan yhdistäminen vaatii suunnitelmallisuutta ja aikatauluttamista, joka olisi otettava huomioon jo hankesuunnittelun yhteydessä. Ammattikorkeakoulujen verkostoituminen yritysmaailmaan ja soveltava tutkimus, joka hyödyntää jo olemassa olevaa tietoa käytäntöön, tarjoaa tähän lähtökohtaisesti hyvät mahdollisuudet.

ESBIO-hankkeen kohdalla TKI-toiminnan ja opetuksen integraatiossa haasteita aiheutti lähinnä käytännön tekemisen aikatauluttaminen. Orgaanisten näytteiden analysointi ja biokaasukokeiden aloitus on esimerkiksi ajoitettava niin, etteivät materiaalit ja bakteerit ehdi pilaantua, altistua hapelle tai haihtua. Tällöin sovitusta aikatauluista on pidettävä kiinni ja on hyväksyttävä se, että päivä voi venyä pidemmäksi kuin on suunniteltu. Viestinnän rooli on myös tärkeässä asemassa. Ohjeistuksen on oltava selkeää ja saatavilla silloinkin, kun ohjaaja ei ole tavoitettavissa. Oppilaan tulee myös ymmärtää ja tiedostaa harjoittelua, opinnäytetyötä tai projektityötä suorittaessaan työnsä merkitys TKI-toiminnalle, joka on ensiarvoisen tärkeää oppilaan sitouttamiseen käytännön työtehtäviin.

LÄHTEET

Arola, J. 2012. Keskitetyn biokaasulaitoksen energiatase. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniologia, YAMK. 57 s. + liitteet (6 kpl).

Kervinen, R. 2012. Yhteismädätykseen perustuva laboratoriomittakaavan biokaasuprosessi - Prosessin vaikutus mädätteen hygieeniseen laatuun. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniologian koulutusohjelma. 52 s.

Saloranta, M. 2011. Biokaasun tuottaminen kananlannasta ja anaerobiprosessin mikrobiekologia. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniologian koulutusohjelma. 51 s.

Seppäläinen, S. 2012. Haihtuvat rasvahapot anaerobisessa prosessissa. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniologian koulutusohjelma.

Viljanen, R. 2010. Kananlannan soveltuvuus biokaasun tuotannossa. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniologian koulutusohjelma. 72 s.

ETELÄ-SAVON METSÄT KASVUUN TUHKALANNOITTEILLA

Hanne Soininen ja Kati Kontinen

Vuoden 2013 alusta alkaen käynnistyy Etelä-Savon ELY-keskuksen EU-osarahoittama hanke ”Biolannoite – Tuhkasta kasvuun metsissä”. Hanke on Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy:n ja Suomen metsäkeskuksen Etelä-Savon alueyksikön yhteishanke. Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy:n Energia- ja ympäristötekniikan laitos toimii hankkeen koordinaattorina.

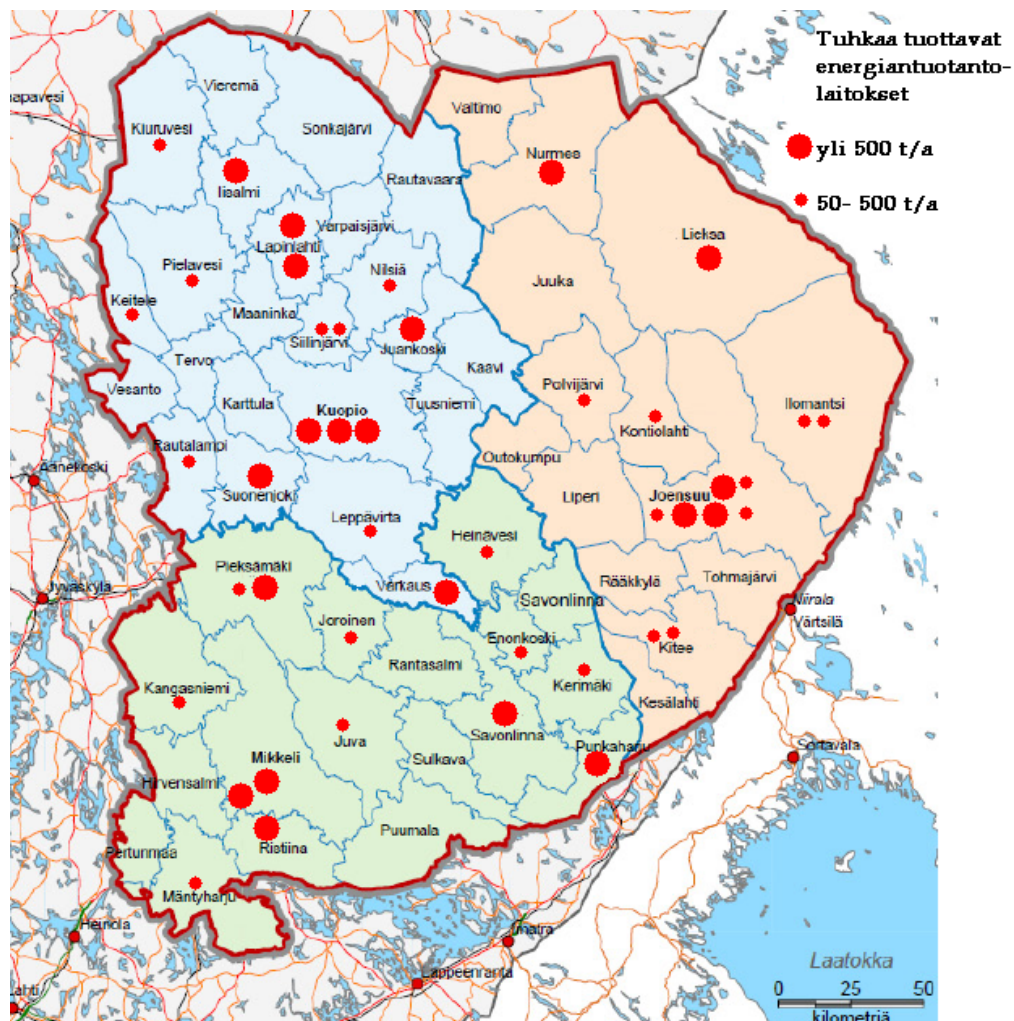
Hankkeen tavoitteena on tiedonvälityksen keinoin lisätä puu- ja turvetuhkan käyttöä turvemaiden metsänlannoituksiin aktivoimalla eteläsavolaisia metsänomistajia, metsätoimihenkilöitä sekä maa- ja metsätalousyrittäjiä. Tavoitteena on ohjata lannoitustoimintaa metsänhoidollisesti ja ympäristön kannalta oikeisiin kohteisiin ja parantaa toiminnan suunnitelmallisuutta ja kannattavuutta. Hanke kasvattaa maaseutuyritysten työmahdollisuuksia muun muassa tuhkalannoitteiden levityksessä. Hankkeen avulla saavutetaan tuhkeviroille ekologisesti ja ympäristön kannalta nykyistä paremmat käyttökohteet ja parannetaan lannoitustoiminnan kautta turvemaametsien ravinnetaloutta ja lisätään puuston kasvua ja elinvoimaisuutta.

Puu- ja turvetuhkan lähteet ja nykykäyttö Etelä-Savossa

Suomen valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteena on, että energiantuotantolaitosten jätteille saavutetaan 70 prosentin hyödyntämisyhteysaste. Turpeen- ja puuntuhkan määrä on lähes kaksinkertaistunut Suomessa kymmenessä vuodessa niiden energiahyötykäytön kasvun myötä. Uusiutuvien energialähteiden käytön edistäminen EU:n tavoitteiden mukaisesti kasvattaa edelleen muodostuvien biopolttoaineiden tuhkien määrää. (Soininen et al. 2010.) Etelä-Savossa metsäenergian käyttöpotentiaali on 1,8 milj. m³, ja tällä hetkellä käytetään noin 0,5 milj. m³. Realistista on olettaa, että metsäenergian käyttö kaksinkertaistuu jo lähivuosina.

EU-osarahoitteisessa ”Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa” -hankkeessa selvitettiin, että Itä-Suomen alueen (Etelä-Savo, Pohjois-Karjala ja Pohjois-Savo) biopolttoaineita käyttävillä energiantuotantolaitoksilla syntyy vuosittain noin

100 000 tonnia arina- ja lentotuhkaa (kuva 1). Viime aikoina alueen tuhkia on käytetty tie- ja kaatopaikkarakenteisiin ja muuhun maarakentamiseen sekä metsien lannoitteeksi. Pääasiassa alueen energiantuotantolaitosten tuhka loppusijoitetaan tällä hetkellä tavanomaisen jätteen kaatopaikoille, jossa niitä voidaan hyödyntää luonnonmateriaaleja korvaavina rakenteina. Varsinaiseen muuhun hyötykäyttöön tuhkavirroista ohjautuu 28 % (muu maarakentaminen ja metsien lannoitus). (Soininen ym. 2010, 97.)



KUVA 1. Itä-Suomen alueen energiantuotantolaitosten vuodessa tuottamat tuhkamäärät (yli 500 t/a ja 50 - 500 t/a) (Soininen ym. 2010, 95)

Etelä-Savon alueella muodostui tuhkia vuonna 2008 noin 21 400 t. Tuhkamäärä sisältää energiantuotantolaitosten arina- ja lentotuhkan. Alueen suurimmat biopolttoaineista peräisin olevan tuhkantuottajat ovat Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitos, Suur-Savon Sähkö Oy:n Savonlinnan voimalaitos, Versowood Oy, Järvi-Suomen Voima Oy:n UPM:n Pelloksen vaneritehdas, Finnforest Oy:n Punkaharjun vaneritehdas sekä Savon Voima Oyj:n Pieksämäen voimalaitos (kuva 2). Näiden kuuden laitoksen osuus alueen kokonaistuhkamäärästä on noin 93 %. Vähän tuhkaa tuottavien laitosten (alle 100 tonnia vuodessa) osuus tuhkan kokonaismäärästä oli alle kolme prosenttia.



KUVA 2. Etelä-Savon alueen energiantuotantolaitokset tuottavat biopolttoaineista peräisin olevia tuhkia vuodessa noin 20 000 t (kuvat Hanne Soininen ja Leena Mäkelä)

Etelä-Savon alueella tuhkan vastaanottajia ovat tavanomaisen jätteen kaatopaikat Metsäsairila Oy:n jätekeskus Mikkelissä ja Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy:n Nousialan jäteasema Savonlinnassa. Pohjois-Savon alueella tuh-

kan vastaanottajia ovat tavanomaisen jätteen kaatopaikka-alueet Varkauden seudun jätehuollon Riikinnevan jätekeskus Leppävirralla, Ylä-Savon Jätehuolto Oy:n jätekeskus Iisalmella sekä Jätekuukko Oy:n Heinälammirinteen jätekeskus Kuopiossa. Pohjois-Karjalan alueella tuhkan vastaanottaja on tavanomaisen jätteen kaatopaikka-alue Joensuun Seudun Jätehuolto Oy:n Kontiosuon jäteasema Joensuussa. (Soininen ym. 2010, 96.)

Lisäksi Itä-Suomen alueella on teollisuuslaitosten omia kaatopaikka-alueita, joita on hyödynnetty tuhkien loppusijoitukseen. Itä-Suomen alueella tuhkien hyötykäyttöä edistää nykyisin laajemmassa mittakaavassa FA Forest Oy, jonka vastaanotto- ja tuotantolaitokset sijaitsevat Liperin Ahonkylässä ja Viitasaarella.

Jotta Etelä-Savon alueen tuhkavirrat ohjautuisivat jatkossa entistä kustannustehokkaammin ja ekologisemmin hyötykäyttöön, tarvittaisiin alueelle tuhkien välivarastointialueita sekä tuhkia prosessoivia ja hyödyntäviä yrityksiä. Tuhkien välivarastointialueet voisivat myös jatkossa olla alueen teollisuuden sivuainevirtojen hyötykäyttöä edistäviä materiaalipankkeja. (Soininen & Luste 2012; Soininen et al. 2012.)

Välivarastointialueet vähentäisivät tuhkan käsittelyn logistiikkakustannuksia ja sen kuljettamisesta aiheutuvia CO₂-päästöjä. Välivarastointi tehostaisi myös tuhkan hyötykäyttöä muun muassa maa- ja kenttärakentamisessa. Tuhkan rakeistaminen ja lannoitekäyttöön siirtäminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi Etelä-Savossa sijaitsevalta välivarastointialueelta käsin niin sanotusta tuhkaterminalista.

Tuhkan käyttömahdollisuudet metsälannoituksiin Etelä-Savossa

Uusiutuvien energialähteiden lisäystavoite kaksinkertaistaa metsähakkeen käytön tulevina vuosina energiantuotannossa, mikä kasvattaa huomattavasti poltossa syntyvän puutuhkan määrää. Tuhkalannoituksilla voidaan parantaa ja korjata turvemaiden ravinnetaloutta sekä lisätä puuston kasvua ja elinvoi-

maisuuutta. Tuhkalannoituksia tehdään nykyisin vain vähäisessä määrin hyötyyn, tarpeeseen ja käyttömahdollisuuksiin nähden Etelä-Savossa, johtuen muun muassa tuhkalannoituksen ja sen vaikutusten vähäisestä tuntemuksesta.

Metsien lannoitukseen voidaan käyttää sellaista tuhkaa, joka on syntynyt puun, turpeen tai peltobiomassojen poltossa. Metsäntuhka pitää kovettaa tai rakeistaa ennen käyttöä. Metsäntuhkassa pitää fosforin (P) ja kaliumin (K) yhteispitoisuuden olla vähintään 1 %, kalsiumin (Ca) vähintään 8 % ja kloorin (Cl) enintään 2 % kuiva-aineesta. (Makkonen 2008.)

Luontaisia tuhkalannoituskohteita ovat turvemaat, ojitetut suometsät. Puuston kasvun ja ravinnetalouden suhteen turvemaat sisältävät pääosin riittävästi typpeä, mutta niukkuutta on yleisesti muista pääravinteista, kaliumista ja fosforista (Ahtikoski ym. 2007). Erityisesti puun poltosta syntynyt tuhka sisältää kaliumia ja fosforia oikeassa suhteessa ja soveltuu hyvin turvemaiden lannoitukseen. Turpeentuhka sisältää puuntuhkaa niukemmin kaliumia, mutta soveltuu fosforin puutteesta kärsivien turvemaiden lannoitukseen kaliumilla terästettynä. Puu- ja turvetuhkan sekoitus voi olla käyttökelpoinen lannoite sellaisenaan, tai jalostettuna niin, että tuhkaan lisätään kaliumia ja booria. (Makkonen 2008.)

Etelä-Savon Metsäohjelman mukaan Etelä-Savon 1,2 milj. hehtaarin metsäalasta soita on 260 000 ha. Suoalasta on ojitettu metsätaloustalouteen 210 000 ha. Ojitettujen turvemaiden puuston vuotuinen kasvu on 1,6 milj. m³ ja hakkuumahdollisuudet reilut 1 milj. m³/a. Suometsien pinta-alasta 2/3 on ensiharvennus- tai varttuneita kasvatusmetsiä, tulevaisuuden tukkipuustoja. Suometsissä on tällä hetkellä nuoresta ikäluokkajakauman johdosta myös runsaasti energiapuun käyttömahdollisuuksia. (Vento ym. 2011.)

Tuhkalannoituksella (kuva 3) voidaan korjata turvemaiden ravinnetilannetta ja parantaa puuston kasvua aivan niukkaravinteisimpia kasvupaikkoja lukuun ottamatta. Tällaisia ravinneköyhiä, ojitettuja soita on noin 15 % turve-

maiden pinta-alasta. Tuhkalannoitus soveltuu siis käytettäväksi valtaosalla turvemaista, ja sillä voidaan lisätä puuston kasvua erityisesti ravinnee-pätasapainosta kärsivillä alueilla. Kasvun lisäys voi olla 1 - 6 m³/ha/a met-sän kiertoaikana, ja yhden lannoituskerran vaikutus voi kestää jopa 40 vuotta. Tuhkalannoitusta on kokeiltu hyvin tuloksin myös turvetuotannosta vapau-tuvien suopohjien metsittämislannoitteena. (Makkonen 2008.)



KUVA 3. Tuhkarakeita ja -lannoitesäkkejä FA-Forest Oy:n Viitasaaren tehtaalla (kuvat Hanne Soininen)

Tietyillä ojitettujen turvemaiden kasvupaikoilla (kuva 4) ravinnee-pätasapaino, eli fosforin ja kaliumin niukkuus, korostuu metsän kiertoajan keski- ja loppuvaiheilla, kun puuston määrä lisääntyy. Tällaisia ravinnee-pätasapainosta selkeästi kärsiviä suometsiä, jotka ovat ensisijaisia terveyslannoituskohteita, on Etelä-Savossa todennäköisesti kymmeniä tuhansia hehtaareita. (Vento ym. 2011.)



KUVA 4. Ylhäällä turvemaakohde, jossa metsän hoitotoimenpiteet tekemättä. Alla kohde, jossa harvennus ja kunnostusojitus on tehty. (kuvat Kati Kontinen)

Kangasmaiden lannoitukseen tuhkaa ei suositella sellaisenaan, koska tuhka ei sisällä typpeä. Kangasmaiden potentiaalisimmat tuhkalannoituskohteet ovat viljavia alueita, joilla on boorin puutoksesta johtuvia kasvuhäiriöitä. Suurin

osa puussa olevasta boorista on runkopuussa, oksissa ja kannoissa. Energia-puun tehostuneen korjuun myötä poistuu kangasmaiden viljavista kuusikois-ta yhä enenevässä määrin booria. Tuhkalannoituksella voitaisiin palauttaa booria takaisin kasvukiertoon erityisesti kuusen boorinpuutosalueilla. Puus-ton tilavuuskasvun lisäämiseksi tulisi kangasmaiden tuhkalannoitukseen li-sätä tyyppä. (Makkonen 2008.)

Hankkeen tulevat tilaisuudet

Biolannoite-hankkeen kohderyhmänä ovat Etelä-Savon alueen metsänomista-jat, metsäalan ammattilaiset sekä metsäalan yrittäjät. Mikkelin ammattikor-keakoulu järjestää hankkeessa vuosien 2013 - 2014 aikana tiedonvälitys- ja asiantuntijaseminaareja.

Hankkeen työnäytökset on tarkoitettu metsäalan toimihenkilöille, metsän-omistajille sekä alalle tuleville ja toimiville koneyrittäjille. Työnäytöksiä järjes-tetään kolme kappaletta metsänhoitoyhdistysalueittain Etelä-Savossa.

Työnäytökset järjestetään käytännön lannoituskohteilla yhteistyössä Metsä-group Oy:n, metsänhoitoyhdistyksien, metsänomistajien, tuhkalannoiteval-mistajan sekä tuhkalannoitteen levittäjäurakoitsijoiden kanssa. Näytökset suoritetaan pääosin maalannoituksena.

Suomen metsäkeskuksen Etelä-Savon alueyksikkö tekee hankkeen aikana puu- ja turvetuhkan käytettävyysselvityksen metsänlannoitukseen Etelä-Savon alueella. Selvityksen tavoitteena on ohjata lannoitustoimintaa metsän-hoidollisesti ja ympäristön kannalta oikeisiin kohteisiin.

LÄHTEET

Ahtikoski, A., Hökkä, H., Joensuu, S., Kojola, S., Kuusela, M., Moilanen, M., Penttilä, T., Ruotsalainen, M., Saarinen, M. 2007. Turvemaiden metsien käsittely- ja hoito. Laskelmia ja tutkimustietoa taustamateriaaliksi turvemaiden metsänhoitosuosituksen kehittämistä varten. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 132 s.

Makkonen, T. (toim.) 2008. Tuhkalannoitus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Tuotenumero 1197. Metsäkustannus Oy. 31 s. ISBN 978-952-5694-36-9.

Soininen, H., Kontinen, K., Luste, S. 2012. Quality and Characteristics of Ash Material from Energy Plants in Eastern Finland. Session 4BV.4.15, pag. 1963 - 1967. Proceedings (DVD) of the 20th European Biomass Conference and Exhibition (EU BC&E 2012), Proceedings of the International Conference held in Milan, Italy 18 - 22 June 2012. ISBN 978-88-89407-54-7.

Soininen, H., Luste, S. 2012. Utilisation and Quality of Ash Material Flows from Biofuel Consuming Energy Plants in Eastern Finland. Pag. 254 - 261. In: Book of Proceedings (CD) of the International Bioenergy from Forest 2012, Conference held in Jyväskylä, Finland 27.8. - 31.8.2012. Editor BENET. 263 p.

Soininen, H., Mäkelä, L., Kyyhkynen, A., Muukkonen, E. 2010. Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa. Mikkelin ammattikorkeakoulu, A: Tutkimuksia ja raportteja nro 59. 111 s. ISBN978-951-588-303-2.

Soininen, H., Mäkelä, L. & Valkeapää, A. 2010. Utilisation of Biofuel Consuming Energy Plants' Ash Material Flows in Eastern Finland. Session OD1.2 S. 190 - 194. (5 pages). Proceedings (CD) of the 18th European Biomass Conference and Exhibition From Research to Industry and Markets, Proceedings of the International Conference held in Lyon, France 3 - 7 May 2010. ISBN 978-88-89407-56-5.

Vento, P., Repo, S., Karppinen, H., Granander, M. (toim.) 2011. Etelä-Savon metsäohjelma 2012 - 2015. Suomen metsäkeskus, Julkiset Palvelut, Etelä-Savo. 52 s.

YKSITYISTEIDEN MERKITYS ETELÄ-SAVON METSÄTALOUESSA

Kati Kontinen

Uuden metsäohjelman mukaisesti hakkuita oli vuosina 2006 - 2010 tehty Etelä-Savossa noin 5,8 milj. m³/v, tavoitetasoa ollaan nostamassa 7 miljoonaan kuutioon vuositasolla. Samalla Itä-Suomen bioenergiaohjelman tavoitteena on nostaa metsähakkeen käyttöä 344 000 kuutiometristä 480 000 kuutiometriin. Lähes kaikki puu kuljetetaan ainakin alkuvaiheessa puutavara-autoilla, mikä edellyttää toimivaa tieverkostoa.

Metsätalouden tarpeita palvelevia metsäteitä on rakennettu maahamme yhteensä noin 125 000 km. Muita yksityisteitä on noin 160 000 km. Kattava ja hyväkuntoinen tieverkko on puuhuollon toimintaedellytys. Se vaikuttaa osaltaan siihen, että puunkorjuun ja -kuljetuksen kustannustaso säilyy Suomessa kilpailukykyisenä ja hyvälaatuista raaka-ainetta voidaan toimittaa teollisuudelle ympäri vuoden. Maatalouden osalta Etelä-Savon alueen peltolohkot ovat pieniä ja sijaitsevat hajallaan talouskeskuksista; myös eteläsavolainen mökkiasutus käyttää yksityistiestöä, ja siksi yksityisteiden riittävä rakenteellinen kunto on koko seudulle välttämätön.

Metsäteiden rakentaminen oli huipussaan 1970 – 1980-luvuilla. Metsätiet rakennettiin silloiselle kalustolle, jonka painot olivat 30 - 40 tonnia. Tänä päivänä puutavara-autojen mitoitus on aivan toista luokkaa, sallittu kokonaispaino on 60 tonnia ja sallittu pituus 25 metriä. Tarkasteltaessa metsäteiden kuntoa ja mitoituksia voidaan todeta metsäteiden olevan kipeästi perusparannustarpeessa. Perusparannukseen ja tien rakentamiseen on saatavilla avustuksia.

Yksityistiekuntien hallinnossa on meneillään muutos. Yhä useampi tiekunta ei toimi kunnolla. Syynä voivat olla vanhemman polven väistyminen syrjään tehtävistä (keski-ikä toimijoilla yli 60 vuotta), nuorten haluttomuus ottaa tehtäviä vastaan, tiedon puute ja mielenkiinnon puute hoitaa asioita. Maaseudun väestön ikääntymisen ja haja-asutusalueiden väestön vähenemisen seurauksena yksityisteiden hallinnosta ja kunnossapidosta kiinnostuneita asuu maaseudulla yhä vähemmän. Maaseudun tieverkko pidetään jatkossakin yllä pääasiassa tieosakkaiden toimesta. Kuntien ja valtion jatkuvasti niukkenevat avustukset pystyvät korvaamaan vain osan yksityisteiden tienpidon kustannuksista. Tärkeää olisikin välittää tiekunnille asiantuntevaa opastusta tien hoidosta ja perusparantamisesta. Tätä varten Etelä-Savossakin toimii jo useampia tieisännöitsijöitä, joiden palveluja monet yksityistiekunnat käyttävät jo. Mikkelin ammattikorkeakoululla, metsätalouden laitoksella valmistuu

opas metsäteiden rakentamiseen kemera-rahoituksen avulla. Oppaassa kuvataan havainnollisesti tienrakennusprosessiin liittyvät asiat ja rahoitukseen liittyvät vaatimukset, ja lisäksi siinä on esimerkki suunnitellusta hankkeesta kaikkine lomakkeineen.

Johdanto

Riittävän kattava ja hyväkuntoinen tiestö on elintärkeä Suomen metsäteollisuuden puuhuollolle, koska tehtaiden puuhuolto on suurimmilta osin suoraan metsistä tulevien puutoimitusten varassa. Se on toimivan metsätalouden perusedellytys ja samalla tärkeä osa maaseudun palvelutieverkkoa. (Uusitalo 2003, 189.) Metsätiet ovat tärkeässä roolissa kun pyritään pitämään puunkorjuun ja -kuljetusten kustannukset kilpailukykyisinä. Metsätiet mahdollistavat sen, että tuoretta raaka-ainetta pystytään toimittamaan tarvitsijoille, eli pääasiassa teollisuudelle, ympärivuotisesti. (Tapio 2003, 5.)

Suomen yksityismetsiin on rakennettu noin 77 000 kilometriä metsäteitä ja kokonaisuudessaan niitä löytyy maastamme noin 125 000 kilometriä. (Kontinen 2010, 2). Metsäteiden tiheyden on arvioitu yleisellä tasolla Suomessa olevan jo lähes optimaalinen, mutta paikallisesti silti esiintyy merkittävää tarvetta uusien metsäteiden rakentamiselle. (Uusitalo 2003, 190). Tarvetta uusien teiden rakentamiselle arvioidaan olevan vielä jäljellä noin 15 000 km. Esimerkiksi vuonna 2001 rakennettiin 1600 km. (Tapio 2003, 4.)

Metsäteitä rakennettaessa Etelä-Suomessa tavoitteena voidaan pitää, että tien vaikutuspiirissä keskimääräiseksi metsäkuljetusmatkaksi saadaan 200 metriä. Tietiheys normaalitapauksissa puuntuotannollisesti edullisimmilla alueilla ei kuitenkaan saisi olla suurempi kuin 15 metriä tien vaikutusalueen hehtaaria kohden. (Kemera-opas 2009, 27.)



KUVA 1. Tierungon teko (kuva Kati Kontinen)

Metsätiet ovat tärkeitä teollisuudelle, mutta mikä tärkeintä, myös metsänomistaja hyötyy hyväkuntoisesta ja oikein sijoitetusta metsätiestä. Metsätie nostaa tilan käyttöarvoa ja tilalla kasvavien puiden kantohintaa tien vaikutusalueella. Paremmat kulkuyhteydet myös tehostavat ja helpottavat metsänhoitotöiden tekemistä. Metsätie palvelee myös virkistyskäyttöä. (Metsäkeskus 2011.)

Tienteon kannattavuus

Kannattavuuden laskenta on erittäin tärkeä osa tientekoa, koska metsäteitä rakennetaan pääasiassa taloudellisen hyödyn tavoittelun takia. Vaikka metsätien rakentamisen tuoma taloudellinen hyöty onkin pitkällä aikavälillä melko

mahdoton laskea tarkkaan, kannattaa sen tuomat hyödyt ja haitat kuitenkin puntaroida ennen suurten euromäärien sijoittamista tienrakennukseen. (Metsäteho 2001, 25.)

Kannattavuuden ratkaisee suurimmilta osin tien vaikutuspiiristä nyt ja tulevaisuudessa hakattava puusto. Se on rakentamisen kannattavuuden kannalta yksi tärkein vaikuttava tekijä. (Metsäntutkimuslaitos 1999.) Metsäkuljetusmatkan lyhentyessä hyötyvät sekä puun ostaja, myyjä että korjuun eli metsäkuljetuksen suorittaja. Hyvät tieyhteydet helpottavat leimikon suunnittelua, puun myyjä saa paremman kantohinnan korjuukustannuksien laskiessa, ja korjuun työteho paranee. Metsänomistaja saa varastointimahdollisuuden omalle maalleen tien viereen, ja näin välttyään mahdollisilta varastopaikan vuokrilta. Kulkeminen metsänhoitotöihin tilalle helpottuu ja virkistyskäyttö lisääntyy. Kesällä ja mahdollisesti kelirikkoaikana käytössä olevat tiet tasaaivat olennaisesti puunkorjuun kausivaihtelua. Uuden tien rakentaminen voi myös joissain tapauksissa lyhentää autokuljetusmatkaa. Myös palo- ja pelastustoiminta tien vaikutusalueella helpottuu. (Metsäteho 2001, 27)

Tien rakentamisen kannattavuutta voidaan laskea optimaalisen tietiheyden laskennan avulla, jossa vertaillaan tienrakennuksen ja metsäkuljetuksen kustannuksia. (Uusitalo 2003, 191). Toisin sanoen pyritään laskemaan, missä tapauksissa on halvempaa rakentaa uutta tietä kuin kuljettaa puita metsätraktorilla.

Jokainen tienrakennusprojekti on yksilöllinen, ja kustannusarvioihin liittyy aina monia epävarmuustekijöitä, joten kannattavuuslaskentaa ei kannata pitää ehdottomana totuutena, vaan lähinnä päätöksentekoa auttavana välineenä.

Rakentamisen tekniset ohjeistukset

Onnistuneen tienrakentamisen tärkeimpiä seikkoja on saada aikaan tarvittavan kantavuuden omaava tie. Tavoitekantavuutta tielle voidaan siis määrit-

tää arvioimalla puumääriä, joiden kuljetuksen tien tulisi kestää. Haluttuun kantavuuteen pääsemiseksi tarvitaan tieto pohjamaasta. Rungon muotoilussa ja mitoituksessa on otettava huomioon myös pohjamaan kantavuus. Eri kantavuusluokille on määritelty erityyppiset rungon mitoitukset. Käytännössä vaihtelua on ojien syvyyksissä, kaltevuuksissa, puuston poistoleveyksissä ja sorastuskerroksien paksuuksissa. Tierungon päälle ajettavalla soralla on suuri merkitys tien kantavuuteen ja käytettävyyteen. Sorastuksessa voidaan käyttää kalliomursketta, soramursketta, moreenimursketta tai luonnonsoraa. Metsätien päähän tarvitaan kunnollinen kääntöpaikka, jossa puutavara-auton pystyy kääntämään helposti ympäri. Hyvällä metsäautotiellä ei tee mitään, ellei sen päässä pysty kääntämään puutavara-autoa ympäri.



KUVA 2. Valmis tierunko (kuva Kati Kontinen)

Metsätien rakentamiseen ja sen suunnitteluun on mahdollista saada kestävän metsätalouden rahoituslain mukaista tukea eli kemera-tukea. Kemera-tuen saaminen velvoittaa myös 15 vuoden ajan tien kunnossapitoon, johon kuuluu rumpujen, ojien ja siltojen kunnossapito sekä tarpeelliset tien sorastukset.

LÄHTEET

Hartikainen, P., Kontinen, K., Leinonen, T. 2012. Metsätiensuunnitteluopas – metsä- ja piennartiet. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Kemera-opas 2009. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja metsäkeskus Pirkanmaa 2002 - 2008.

Kontinen, K. 2010. Kumimatot maaperän vahvistusratkaisuna puunkorjuussa. Mikkeli. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Metsäkeskus 2011. Metsätien rakentaminen. www-dokumentti. <http://www.metsakeskus.fi/metsapalvelut/uudet-metsatien-rakentaminen>. Päivitetty 15.12.2011. Luettu 22.1.2012.

Metsäntutkimuslaitos 1999. Optimaalinen tietiheys yksityismetsätalouden kannalta. Pdf- dokumentti. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff99/ff992167.pdf> Päivitetty 8.7.1999. Luettu 1.1.2012.

Metsätien kunnossapito. 2003. Tapio. Helsinki. Libris Oy

Metsätieohjeisto 2011. Metsäteho. Helsinki.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

VALIO HAAPAVEDEN TEHTAAN HERA LTO -VERKOSTON TOIMINNAN TARKASTELU PINCH-ANALYYSIN AVULLA

Petri Moisio ja Aki Valkeapää

Tutkimuksessa on tarkasteltu Valio Haapaveden tehtaan hera LTO -verkostoa pinch-analyysillä. Tavoitteena oli tutkia pinch-analyysin soveltuvuutta meijeriprosessien energiankäytön analysoimisessa. Analyysitulosten mukaan optimaalisesti toteutetulla hera LTO -verkostolla on teoriassa mahdollista kattaa 75 - 90 % prosessin tehontarpeesta riippuen pinch-pisteen lämpötilaerosta. Mittausten mukaan hera LTO -verkostolla on katettu 50 % tehontarpeesta, joka sekin on jo erittäin hyvä arvo. Erot analyysitulosten ja mittausten välillä johtuvat suurelta osin siitä, että prosessit tehtaan sisällä vaihtelevat päivittäin ja virtaukset pääsevät siten sekoittumaan varaajassa. Tehdyn analyysin perusteella voidaan todeta, että pinch-analyysin kautta päästään kuitenkin erittäin hyvin kiinni siihen, mikä on ulkopuolinen lämmitys- ja jäähdytysenergian tarve sekä millä lämpötilatasoilla lämmitystä- ja jäähdytystä kannattaa tehdä. Jo tämä tieto tehostaa energiankäyttöä tehtailla. Pinch-analyysi näyttäisikin soveltuvan hyvin Valion tuotantolaitoksien jo olemassa olevien järjestelmien ja uusien järjestelmien energiankäytön optimointiin.

Tausta

Valiolla on suunnitteilla ja meneillään useita energiankäytön tehostamishankkeita, joissa pyritään esimerkiksi tehostamaan hukkalämpövirtojen talteenottoa lämpöpumppujen avulla. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu Valio Haapaveden tehtaan hera LTO -verkostoa pinch-analyysillä. Tavoitteena oli tutkia pinch-analyysin soveltuvuutta meijeriprosessien energiankäytön analysoimisessa.

Pinch-analyysi perustuu termodynamiikan pääsääntöihin, lisäksi se sisältää myös taloudellisuus- ja laitevalintatarkasteluja. Analyysissa tarkastellaan kylmiä ja kuumia virtauksia, ja niiden jäähdyttämistä ja lämmittämistä. Virtauksien lämpötehot lasketaan yhtälöllä

$$\Delta H = FC_p \Delta T \quad (1)$$

H	on teho, kW
FC_p	on lämpökapasiteettivirta, kW/K
T	on lämpötilaero, °C.

Kylmät ja kuumat virtaukset esitetään yleensä lämpötila-lämpötehotasossa kuuma- ja kylmävirtakäyränä (kuva 1) tai yhdistelmäkäyränä (kuva 3). Kuum- ja kylmävirtakäyrät saadaan laskemalla ensin erikseen tehot (ΔH) kaikilta lämpötilaväleiltä.

Yhdistelmäkäyrä saadaan lasketuista tehoista kaskadilaskennan avulla. Yhdistelmäkäyrästä nähdään esimerkiksi tarvittava ulkopuolinen jäähdytys- sekä lämmitysenergian tarve tietyllä valitulla verkoston minimilämpötilaerolla. Yhdistelmäkäyrästä nähdään myös ulkopuolisen lämmityksen ja jäähdytyksen lämpötilatasot.

Pinch-analyysi ja analyysin tulokset

Hera LTO -verkoston pinch-analyysissä käytettiin Pinch Analysis Spreadsheet -taulukkolaskentapohjaa, joka toimii Microsoft Excel -ohjelmistossa. Hera LTO -verkosto koostuu yhteensä kuudesta tuotevirtauksesta (taulukko 1). Virtauksista viisi on kuumia virtauksia, ja yksi virtaus on kylmä.

TAULUKKO 1. Hera LTO -verkon pinch-analyysin lähtöarvot sekä lasketut lämpökapasiteettivirrat (FC_p) ja aikapainotetut tehot (TAM-teho)

Positio	Selite	TAM Teho (kW)	Pysyvyys (h/a)	T_{alku} (°C)	T_{loppu} (°C)	Virtaus (kg/s)	C_p (kJ/(kg·K))	FC_p (kW/K)
L7.4	YL22 Heran jäähdytys	653,67	5892,0	36,0	6,0	7,94	4,08	21,79
L7.5	YL23 Heran jäähdytys	310,52	4282,0	36,0	6,0	5,19	4,08	10,35
L7.1	YL51 Kerman jäähdytys	63,07	4600,0	55,0	4,0	0,64	3,68	1,24
L7.2	YL71 Kerman jäähdytys	63,07	4600,0	55,0	4,0	0,64	3,68	1,24
L16	IEW-tiiviste	63,68	2100,0	55,0	4,0	2,08	2,50	1,25
K15	Juustolan kattilamaidon lämmitys	938,89	2800,0	6,0	32,0	9,26	3,90	36,11

Panosprosessien ja prosessien ajoitusten takia analyysissä päädyttiin käyttämään aikapainotettua tehoa (Time Averaged Model):

$$TAM_{\text{teho}} = \frac{t_{FC_p}}{8760} \cdot FC_p \Delta T \quad (2)$$

TAM_{teho} on aikapainotettu teho, kW

t_{FC_p} on virtauksen pysyvyys, h

FC_p on lämpökapasiteettivirta, kW/K

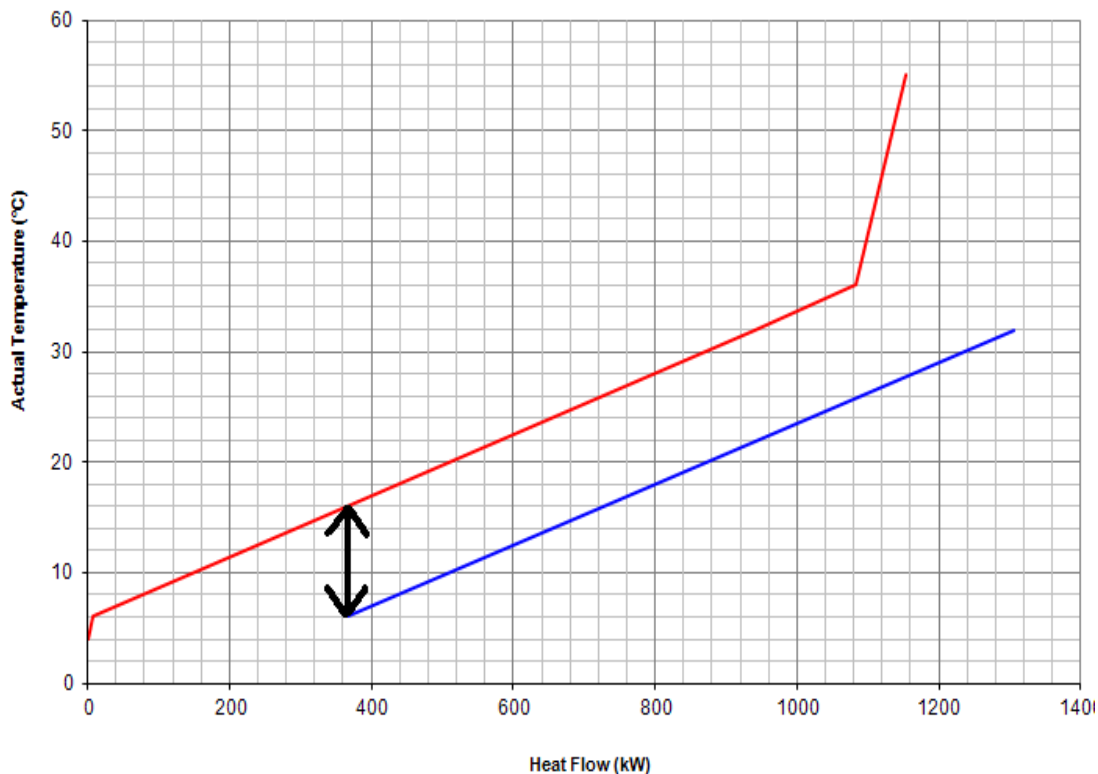
T on lämpötilaero, K.

Taulukossa 2 on taulukon 1 arvoilla kaskadilaskennalla määritetyt eri lämpötilatasoja vastaavat tehotarpeet. Kaskadilaskennan mukaan (taulukko 2) hera LTO -verkoston lämmitystarve on 939 kW ja jäähdytystarve 1154 kW.

TAULUKKO 2. Kaskadilaskennalla määritetyt prosessin tehontarpeet

Virtaus	T_{interval} (°C)	H (kW)
Kuuma	6 - 4	7
Kuuma	36 - 6	1076
Kuuma	55 - 36	71
Kylmä	32 - 6	-939

Kaskadilaskennan jälkeen voidaan piirtää kuuma- ja kylmävirtakäyrät lämpötila-lämpötehotasoon (kuva 1), kun ensin on valittu verkostolle minimilämpötilaero ΔT_{\min} eli pinch-pisteen lämpötilaero.



KUVA 1. Hera LTO -verkoston kuuma- ja kylmävirtakäyrät lämpötila-lämpötehotasossa esitettynä, kun minimilämpötilaero ΔT_{\min} pinch-pisteessä on 10 °C

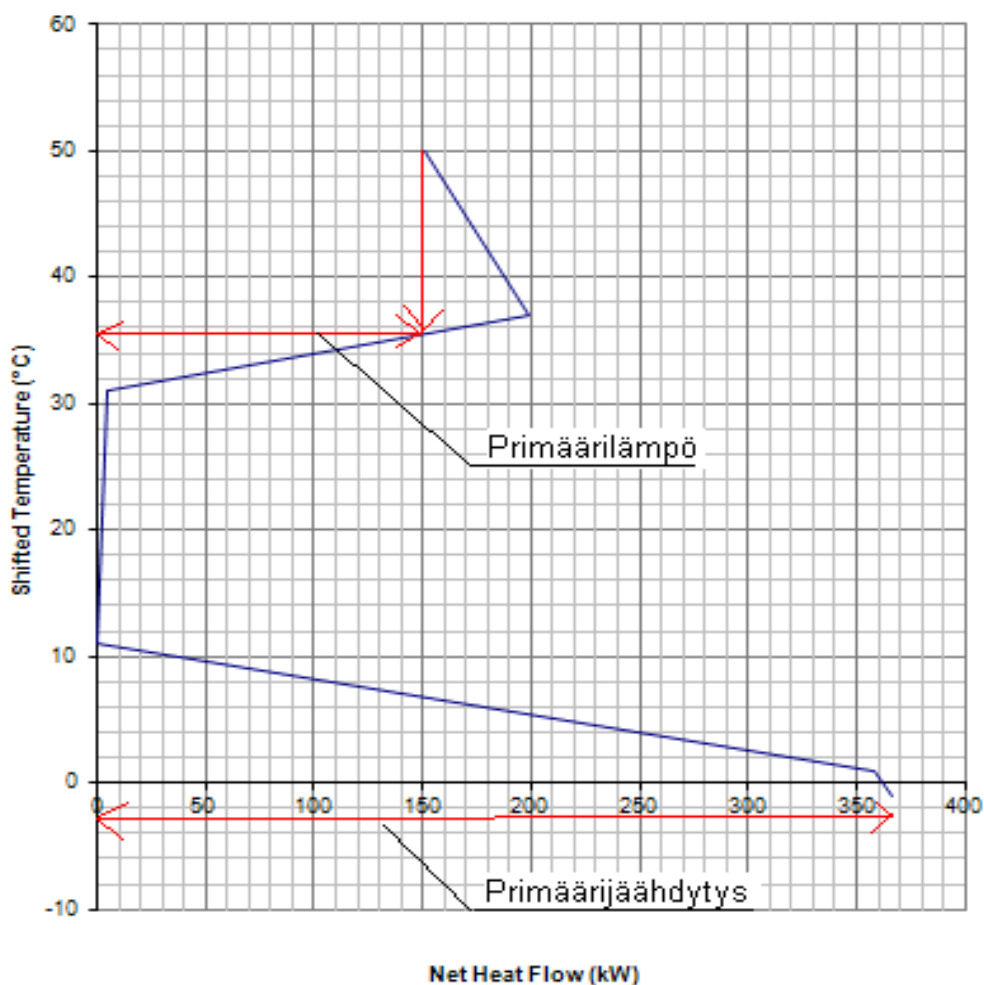
Ennen kuin kuuma- ja kylmävirtakäyrät voidaan yhdistää, ne on yhteismitallistettava lämpötilan suhteen. Yhteismitallistamisessa kylmävirran lämpötilaan lisätään puolet pinch-pisteen lämpötilaerosta ja vastaavasti kuumavirran lämpötilasta vähennetään saman verran. Yhteismitallistetut hera LTO -verkoston kuumat ja kylmät virrat on esitetty kuvassa 2. Yhteismitallistamisen jälkeen kaskadilaskenta suoritetaan uudelleen, jolloin laskennan lopuksi saadaan yhdistelmäkäyrä (kuva 3).

Shifted Streams

Stream		L 7.4	L 7.5	L 7.1	L 7.2	L 16	K15
mCp (kW/K)		21,7891	10,3507	1,2367	1,2367	1,2486	36,1111
Heat Flow (kW)		653,673	310,5213	63,0742	63,0742	63,6772	938,8889
Interval	Shifted Temp (°C)	HOT	HOT	HOT	HOT	HOT	COLD
	50			•	•	•	
1							
	37						▲
2							
	31	•	•				
3							
	11						•
4							
	1	▼	▼				
5							
	-1			▼	▼	▼	

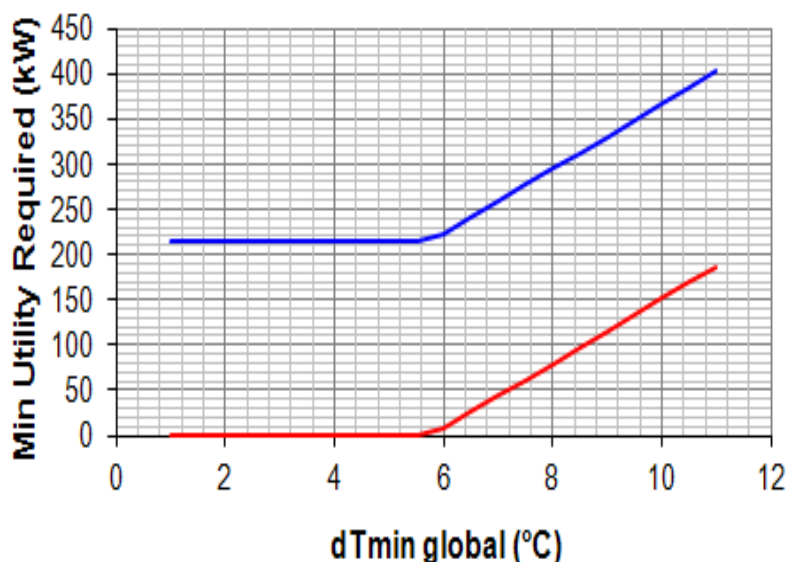
KUVA 2. Hera LTO -verkoston yhteismitallistetut lämpötilat kuumille ja kylmälle virtaukselle

Taulukon 2 mukaan prosessin lämmitystehontarve on 939 kW ja jäädytystarve 1154 kW ilman LTO-verkostoa. Kuvasta 3 nähdään, että LTO-verkostolla, jonka pinch-pisteessä ΔT_{\min} on 10°C , tarvitaan ulkopuolista lämmitystä 151 kW ja ulkopuolista jäädytystä 366 kW. LTO-verkoston sisäinen lämmitys- ja jäädytysteho on siis 788 kW (939 kW - 151 kW tai 1154 kW - 366 kW).

Grand Composite

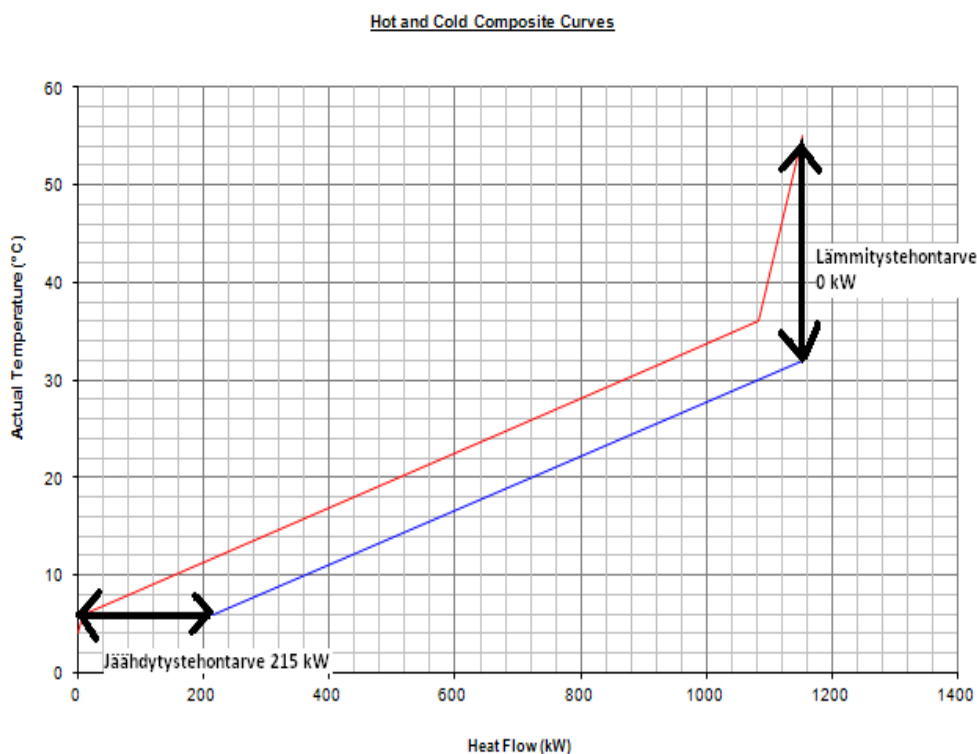
KUVA 3. Hera LTO -verkoston yhdistelmäkäyrä, kun ΔT_{\min} pinch-pisteessä on 10°C

Hera LTO -verkoston pinch-pisteelle haettiin myös iteroimalla minimilämpötilaeroa T_{\min} eli rajatapausta, jonka alapuolella sisäistä lämmöntalteenottoa ei enää saada kasvatettua. Pinch-pisteen minimilämpötilaeroksi iteroinnin tuloksena saatiin 5,79 °C, tätä pienemmillä T_{\min} -arvoilla hera LTO -verkoston sisäinen lämmöntalteenotto ei enää siis kasva (kuva 4).



KUVA 4. Hera LTO -verkoston ulkopuolinen jäähdytys- ja lämmitystehontarve, kun pinch-pisteen lämpötilaero T_{\min} on välillä 1 - 11 °C

Rajatapauksessa, siis kun pinch-pisteen lämpötilaero on 5,79 °C, ulkopuolista lämmitystehontarvetta ei ole, koska kylmä- ja kuumavirtakäyrät päättyvät samaan kohtaan x-akselilla (kuva 5). Rajatapauksessa ulkopuolisen jäähdytyksen tarve on 215 kW, kuten kuvasta 5 käy ilmi.



KUVA 5. Hera LTO -verkoston kylmä- ja kuumavirtakäyrät, kun pinch-pisteessä T_{\min} on 5,79 °C (raja-arvotapaus)

Lämmönvaihtimien asteisuuksia ei siis kannata mitoittaa pienemmäksi kuin 6 °C, koska pienemmän asteisuuden käyttö kasvattaisi vain lämmönsiirtimiä, se ei parantaisi sisäistä lämmönsiirtoa. Taulukossa 3 on esitetty vertailuna hera LTO -verkoston ulkopuolinen lämmitys- ja jäähdytystarve pinch-pisteen lämpötilaeroilla 10 °C ja 5,79 °C.

TAULUKKO 3. Hera LTO -verkoston ulkopuolinen lämmitys- ja jäähdytystehontarve, kun pinch-pisteen lämpötilaero $T_{\min} = 10 \text{ °C}$ tai $5,79 \text{ °C}$

Pinch-piste T_{\min}	Ulkopuolinen lämmitystarve	Ulkopuolinen jäähdytystarve
10 °C	151	366
5,79 °C	0	215

Taulukossa 4 on yhteenveto lasketuista sisäisistä ja ulkoisista lämmitys- ja jäähdytystehoista sekä mitatuista sisäisistä lämmitys- ja jäähdytystehoista. Taulukon 4 hera LTO -verkoston mitattu teho on laskettu vuoden 2011 mittauksista, jotka eivät kuitenkaan kata aivan koko vuotta.

TAULUKKO 4. Prosessien kokonaistehontarve, hera LTO -verkoston sisäinen laskennallinen ja mitattu lämmitys- ja jäähdytysteho sekä LTO-verkoston laskennallinen ulkoinen lämmitys- ja jäähdytysteho

	Prosessin kokonaistehon- tarve	LTO- verkoston teho sisäinen mitattu	LTO- verkoston teho sisäinen teho ($T_{\min} = 10 \text{ °C}$)	LTO- verkoston teho sisäinen teho ($T_{\min} = 10 \text{ °C}$)	LTO- verkoston teho sisäinen teho ($T_{\min} = 10 \text{ °C}$)	LTO- verkoston teho sisäinen teho ($T_{\min} = 5,79 \text{ °C}$)
Lämmitysteho (kW)	1154	577	788	366	939	0
Jäähdytysteho (kW)	939	475	788	151	939	215
Yhteensä (kW)	2093	1052	1576	517	1878	215

Johtopäätökset

Pinch-analyysin mukaan optimaalisesti toteutetulla hera LTO -verkostolla pystyttäisiin teoreettisesti kattamaan 75 - 90 % prosessien tehontarpeesta

riippuen valitusta pinch-pisteen lämpötilaerosta. Mittausten mukaan hera LTO -verkostolla on voitu kattaa käytännössä kuitenkin 50 % tehontarpeesta, joka sekin on jo erittäin hyvä arvo.

Erot analyysitulosten ja mittausten välillä johtunevat suurelta osin siitä, että eri prosessit tehtaan sisällä eivät toteudu samassa rytmissä toisiinsa nähden. Kyseessä on eripituisia panosprosesseja, joiden ajoitus voi muuttua toisiinsa nähden päivittäin. Ajoitusten vaihdellessa varaajaan voi siis virrata samanaikaisesti hyvin erilämpöisiä vesiä, jonka seurauksena virtaukset sekoittuvat, ja tällöin lämpimiä virtauksia ei voida täysimääräisesti hyödyntää enää verkostossa. Sekoittumista voitaisiin vähentää hallitsemalla prosessin ajoituksia paremmin tai lisäämällä varaajia ja ohjaamalla erilämpöisiä vesiä eri varaajiin.

Tässä tutkimuksessa tehontarpeita on tarkasteltu TAM-tehoperiaatteella (Time Average Model). On myös olemassa TSM-tehoperiaate (Time Slice Model), joka ottaa paremmin huomioon panosprosessin ajoitukset ja käytännössä määrittelee eri lämpötilatasot eri virtauksille paremmin. TSM-periaatteella pystytään myös paremmin arvioimaan mahdollista energian varastointia suoran lämmönsiirron lisäksi. Koska TAM-tehojen ja -virtausten käyttö näyttäisi antavan liian optimaalisen kuvan energian käytöstä ja sisäisestä lämmönsiirrosta hera LTO -verkostossa, on seuraavana selvityksen kohteena testata pinch-analyysiä TSM-tehoilla ja virtauksilla.

Tehdyn analyysin perusteella voidaan todeta, että pinch-analyysin kautta päästään erittäin hyvin kiinni siihen, mikä on primäärinen lämmitys- ja jäähdytysenergian tarve sekä millä lämpötilatasoilla lämmitys- ja jäähdytysenergiaa kannattaa tehdä. Jo tämä tieto tehostaa energiankäyttöä.

Pinch-analyysi näyttäisikin soveltuvan hyvin Valion tuotantolaitoksien jo olemassa olevissa järjestelmien ja uusien järjestelmien energiankäytön optimointiin. Analyysin avulla pystytään avaamaan aivan uusi ulottuvuuksia Valiolla energiatehokkuuden osalta.

LÄHTEET

Kemp, I. 2007. Pinch analysis and process integration. England.

Moisio, P. 2012. Valio Haapaveden tehtaan hera LTO-verkon toiminnan tarkastelu Pinch-analyysin avulla. Opinnäytetyö, ympäristötekniikan koulutusohjelma YAMK, kestävä energiatalous, Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy.

Peltonen, A. 2011. Motiva energiakatselmusraportti Liite 18. Jyväskylä: Seurantakatselmus Valio Oy. Haapaveden tehdas.

JUVAN BIOSON OY TUOTTAA ENERGIAA MAATALOUDEN SIVU- TUOTTEISTA

Johanna Arola

Uusiutuvan energian käyttöä tulee tulevaisuudessa lisätä. Tähän tähtäävät sekä EU:n ilmasto- ja energiapaketti, joka velvoittaa jäsenmaitaan vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä, että uusiutuvaa energiaa koskeva EU-direktiivi, joka velvoittaa jäsenmaita nostamaan uusiutuvan energian käytön osuutta energian kokonaiskulutuksesta. (Ympäristöministeriö 2012; EU-direktiivi 2009.) Suomessa uusiutuvan energian osuus oli vuonna 2010 noin 26 %, josta alle 1 % oli tuotettu biokaasusta. Biokaasua tuotetaan kaatopaikoilla, yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamoilla, maatiloilla ja usean maatilan yhteismädätyslaitoksilla. (Huttunen & Kuittinen 2011, 15.)

Opinnäytetyön tavoite oli selvittää Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen energiatase. Energiatasetta laskettaessa huomioitiin prosessin vaiheet syötteiden kuljetuksesta biokaasun muuntamiseen sähkö- ja lämpöenergiaksi. Energiataselaskentaa varten laitoksen toimintaa seurattiin neljän viipymän (21 vuorokautta / viipymä) ajan. Tulokset osoittavat, että laitoksen energiatase on positiivinen, eli laitos tuottaa energiaa enemmän kuin kuluttaa.

Uusiutuvan energian käyttöä tulee lisätä

Euroopan unionin hyväksymä ilmasto- ja energiapaketti tulee voimaan vuonna 2013, ja se velvoittaa jäsenmaita vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 %:lla vuoteen 2020 mennessä vuoteen 1990 verrattuna (Ympäristöministeriö 2012). Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi vuonna 2009 voimaan tullut uusiutuvaa energiaa koskeva EU-direktiivi velvoittaa jäsenmaita nostamaan uusiutuvan energian osuuden energian kokonaiskulutuksesta EU-tasolla 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä (EU-direktiivi 2009). Suomen osuudeksi on asetettu nostaa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta 38 %:iin (Ympäristöministeriö 2012).

Biokaasusta energiaa

Suomen kokonaisenergian kulutus oli vuonna 2010 yhteensä 1 460 PJ, josta uusiutuvan energian osuus oli noin 26 % (Motiva 2012). Biokaasusta tuotetun

energian osuus Suomessa tuotetun uusiutuvan energian määrästä oli alle 1 %. Suomen biokaasun tuotanto oli vuonna 2010 yhteensä 139,1 milj. m³, josta hyödynnettiin noin 66 %. Hyödynnetyistä biokaasusta tuotettiin energiaa yhteensä 421,4 GWh, josta lämpöä 314,5 GWh ja sähköä 107,0 GWh. (Huttunen & Kuittinen 2011, 15.)

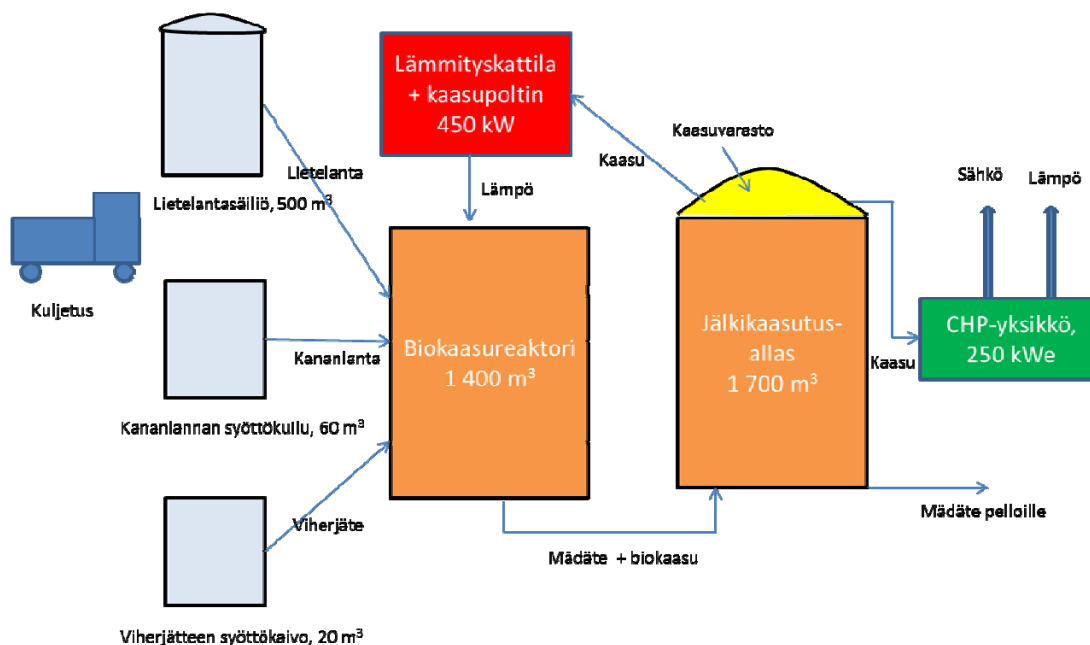
Biokaasua muodostuu mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa eli anaerobisissa olosuhteissa. Syntynyt biokaasu sisältää metaania 55 - 75 %, hiilidioksidia 30 - 45 % sekä pieniä määriä muita yhdisteitä, kuten rikkivetyä, vetyä, typpeä ja hiilimonoksidia. Metaani on biokaasun tärkein komponentti energiantuotannon kannalta, sillä biokaasun lämpöarvo on riippuvainen juuri metaanipitoisuudesta. Biokaasun metaanipitoisuus vaihtelee välillä 55 - 75 % ja biokaasun lämpöarvo välillä 20 - 28 MJ/Nm³. (Soininen ym. 2007, 5 - 6.) Metaani sisältää energiaa noin 50 MJ/kg (36 MJ/Nm³ = 10 kWh/Nm³ = 0,01 MWh/Nm³), eli metaanikuutio vastaa energiasisällöltään noin yhtä litraa kevyttä polttoöljyä (Lehtomäki ym. 2007, 39).

Biokaasun tuotantoa Juvalla

Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos on rakennettu ja otettu käyttöön vuonna 2011. Laitos toimii Juvan kunnassa usean maatilan yhteismädättämönä. (Suontausta & Soininen 2009, 5.) Laitoksella käsitellään vuosittain naudon lietelantaa noin 15 100 m³, kananlantaa noin 2 000 m³ ja viherjätettä noin 2 000 m³ (Suontausta 2011). Laitos on jatkuvatoiminen, ja sitä käytetään 365 päivää vuodessa. Biokaasun tuotanto perustuu märkämenetelmään, ja prosessi toimii mesofiilisessä (+ 35 °C) olosuhteessa. (Suontausta & Soininen 2009, 11.)

Juvan Bioson Oy:n biokaasuprosessi muodostuu neljästä eri vaiheesta. Laitokselle kuljetettu syöte varastoidaan ja esikäsitellään mekaanisesti laitoksella, syöte mädätetään reaktorissa, mädätystuote varastoidaan ja käsitellään jälkikaasutusaltaassa ja mädäte kuljetetaan edelleen hyötykäyttöön viljelijöiden pelloille. Biokaasusta tuotetaan lämpöä ja sähköä, josta suurin osa myy-

dään läheiselle Turakkalan Puutarha Oy:lle ja osa käytetään laitoksen omassa toiminnassa. (Suontausta & Soininen 2009, 8 - 9.) Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen toimintaperiaate on esitetty alla olevassa kuvassa 1.



KUVA 1. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen toimintaperiaate

Juvan Bioson Oy:n energiataseen selvittäminen

Mikkelin ammattikorkeakoulussa tehdyssä opinnäytetyössä selvitettiin Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen energiatase. Energiataseen selvittämiseksi laitoksen toimintaa seurattiin neljän viipymän (21 vrk/viipymä) ajan. Seuranta tapahtui tammi-huhtikuussa 2012. Energiatasetta laskettaessa huomioitiin prosessin vaiheet syötteiden kuljetuksesta biokaasun muuntamiseksi sähkö- ja lämpöenergiaksi. Seurantajaksojen ajoilta selvitettiin syötteiden kuljetukseen käytetyn energian määrä, laitokselle tuodun syötemateriaalin laskennallinen energiasisältö sekä laitoksen oma energiankulutus eriteltynä sähkön ja lämmön kulutukseen. Lisäksi selvitettiin laitoksen tuottaman biokaasun määrä ja metaanipitoisuus sekä laitoksen tuottaman energian määrä eriteltynä sähkön ja lämmön tuottamiseen.

Seurantajaksoilla prosessiin syötettiin naudanlietelantaa, kananlantaa, viherjätettä ja glyserolia. Syötemäärä vaihteli 640,7 m³:sta 1 006,5 m³:iin. Eri seuran-

tajaksojen syötemäärät ja syötemateriaalit on kuvattu alla olevassa taulukossa 1. Erilaisilla syötemateriaaleilla on erilaiset biokaasuntuotantopotentiaalit, eli ne tuottavat eri määrän biokaasua. Syötteen biokaasupotentiaali riippuu muun muassa syötteen kuiva-ainepitoisuudesta, eli mitä enemmän syötemateriaali sisältää vettä, sitä huonompi on sen kaasuntuotantopotentiaali. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että biokaasuprosessin kaasuntuottoa voidaan lisätä lisäämällä prosessiin glyserolia. Glyseroli on alkoholi, jota syntyy biodieselin valmistuksen yhteydessä, ja sen energiasisältö voidaan hyödyntää lisäämällä sitä biokaasuprosessiin muiden syötteiden joukkoon. Pelkän glyserolin mädättäminen ei onnistu, sillä se ei sisällä riittävästi mädätysprosessiin osallistuvien mikrobien tarvitsemia ravinteita.

TAULUKKO 1. Seurantajaksoilla käytetyt syötteet ja niiden määrä

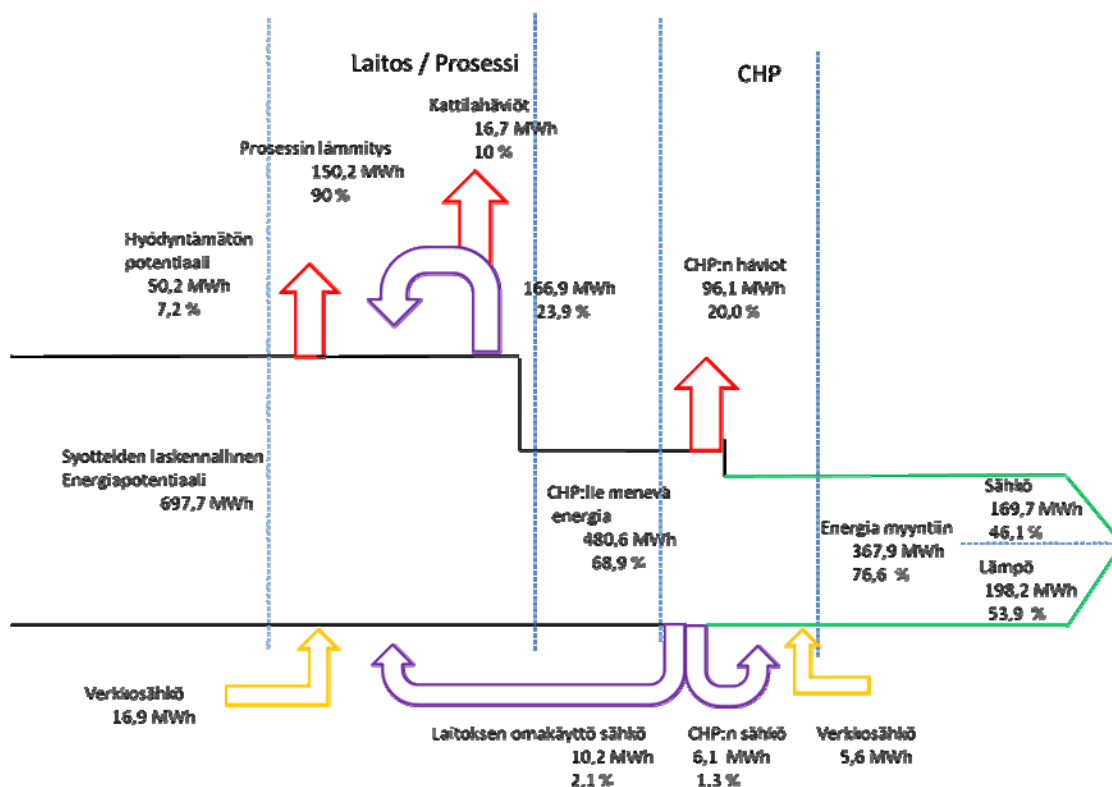
	Seuranta 1		Seuranta 2		Seuranta 3		Seuranta 4	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Naudan lietelanta	450,6	70,3	865,3	86,0	764,1	79,9	638,8	80,0
Kananlanta	123,5	19,3	62,9	6,2	102,5	10,7	89,0	11,1
Viherjäte	52,6	8,2	65,3	6,5	85,8	9,0	70,7	8,9
Glyseroli	14,0	2,2	13,0	1,3	4,0	0,4	-	-
Yhteensä	640,7	100	1 006,5	100	956,4	100	798,5	100

Prosessiin syötettyjen syötteiden laskennallinen biokaasuntuotantopotentiaali ja sitä kautta laskennallinen energiantuotantopotentiaali laskettiin Mikkelin ammattikorkeakoulussa aikaisemmin eri syötemateriaalien biokaasupotentiaaleista ja kuiva-ainepitoisuuksista tehtyjen laboratoriomittakaavan kokeiden tulosten perusteella.

Biokaasulaitos energian tuottajana ja kuluttajana

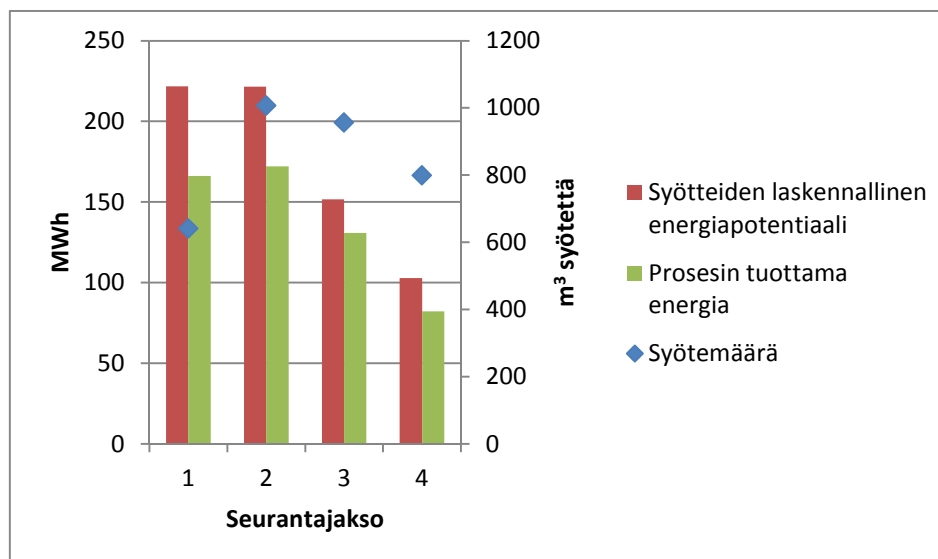
Seurantajaksojen aikana syötteiden kuljetuksiin käytettiin energiaa noin 6 - 13 % laitoksen myyntiin tuotetusta energiasta. Prosessin lämmitysenergian valmistus vei noin 24 % syötteiden laskennallisesta energiasta. Tästä 90 % johdettiin prosessin lämmitykseen ja kattilan häviöt olivat 10 %. CHP-yksikön käyttöön johdettiin noin 69 % syötteiden sisältämästä energiasta, ja hyödynnetty potentiaali oli noin 7 %.

Biokaasulaitos tuotti myytävää energiaa noin 77 %:sta käyttämästään biokaasusta. CHP:n häviöt olivat 20,0 %, ja lisäksi CHP-yksikkö tuotti sähköä prosessin käyttöön ja CHP-yksikölle 3,4 % CHP:n käyttämän biokaasun energiamäärästä. Seurantajaksojen aikana laitos osti verkosta sähköä yhteensä 22,8 MWh. Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty laitoksen yhteenlasketut energiavirrat seurantajaksoilta.



KUVA 2. Energiavirrat seurantajaksoilla (84 vuorokautta)

Biokaasuprosessin tuottaman energian määrä riippuu monesta tekijästä, muun muassa syötteiden biokaasuntuotantopotentiaalista ja kuiva-ainepitoisuudesta, syötemateriaalien sekoitussuhteesta sekä prosessin tuottaman biokaasun metaanipitoisuudesta. Seurantajaksojen aikana biokaasulaitoksen metaanipitoisuus vaihteli 59 prosentista 66 prosenttiin ja oli korkeimmillaan ensimmäisellä seurantajaksolla ja alhaisimmillaan viimeisellä seurantajaksolla. Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty eri seurantajaksojen syötemateriaalien laskennallinen energiapotentiaali sekä prosessin todellisuudessa tuottama energia.



KUVA 3. Prosessin tuottama energia suhteessa syötteiden sisältämään laskennalliseen energiapotentiaaliin

Kuvasta nähdään, että kahdella ensimmäisellä seurantajaksolla laitoksen tuottama energiamäärä on selvästi laskennallista energiamäärää alhaisempi, kun taas kahdella jälkimmäisellä seurantajaksolla laskennallinen ja tuotettu energia ovat lähellä toisiaan. Tämä voi johtua siitä, että glyserolin käyttö on tehostanut prosessin toimintaa, jolloin prosessi on saanut hyödynnettyä syötemateriaalin biokaasupotentiaalin kahdella jälkimmäisellä seurantajaksolla kahta ensimmäistä paremmin. Tulokseen voi vaikuttaa myös se, että laskennallinen energiapotentiaali ei ole vastannut todellista tilannetta.

Juvan Bioson Oy:n energiatase kunnossa

Tutkimuksessa saadut tulokset osoittivat, että Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen energiatase on positiivinen, eli laitos tuottaa energiaa enemmän kuin kuluttaa. Laitoksen omakulutus oli 37 % laitoksen tuottamasta kokonaisenergiasta ja 56 % laitoksen myyntiin tuottamasta energiasta. Kun laitoksen omaan energian kulutukseen huomioitiin myös syötteiden kuljetuksiin kuluva energia, oli laitoksen energiankulutus vuositasolla 64 % myyntiin tuotetusta energiasta. Vuositason energiataseita arvioitaessa täytyy huomioida, että seurantajaksot ajoittuivat talvi/kevätaikaan, joten tuloksissa ei ole huomioitu laitoksen energiatasetta kesä/syysajalta. Laitoksen energiatasetta voidaan

tulevaisuudessa hieman parantaa käsittelemällä laitoksella nykyistä enemmän hyvän biokaasupotentiaalin omaavia syötemateriaaleja. Lisäksi laitoksen toimintaa voidaan hieman optimoida ja sitä kautta vähentää laitoksen omaa energiankulutusta.

Glyserolilla positiivinen vaikutus laitoksen energiantuotantoon

Tutkimuksesta saatiin myös hieman tietoa glyserolin vaikutuksesta biokaasuprosessiin. Kahdella ensimmäisellä seurantajaksolla, joissa glyserolia käytettiin enemmän (1,3 - 2,2 % syötemäärästä), biokaasua syntyi 31,0 - 47,9 m³/syöte-m³, kun taas kahdella jälkimmäisellä seurantajaksolla, joissa glyserolia käytettiin vähän (0,4 % syötemäärästä) tai ei lainkaan, biokaasua syntyi 21,1 - 25,2 m³/syöte-m³. Biokaasun metaanipitoisuus oli noin 5 %-yksikköä korkeampi kahdella ensimmäisellä seurantajaksolla verrattuna kahteen jälkimmäiseen seurantajaksoon. Glyserolin käyttö siis paransi laitoksen energiatehokkuutta.

LÄHTEET

Arola, J. 2012. Keskitetyn biokaasulaitoksen energiatase. Opinnäytetyö, ympäristötekniikan koulutusohjelma YAMK, kestävä energiatalous, Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy. urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012091413654.

EU-direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi 2009/28/EY. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/>. Ei päivitystietoa. Luettu 3.2.2012.

Huttunen, M. & Kuittinen, V. 2011. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 14. Itä-Suomen yliopisto. Raportteja 5.

Lehtomäki, A. & Paavola, T. & Luostarinen, S. & Rintala, J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopisto. Tiedonantoja 85.

Motiva Oy 2012. Uusiutuvan energian käyttö Suomessa. WWW-sivut. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuvan_energian_kaytto_suomessa. Päivitetty 12.3.2012. Luettu 15.3.2012.

Soininen, H. & Kiukas, I. & Mäkelä, L. 2007. Biokaasusta bioenergiaa eteläsavolaisille maaseutuyrityksille. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimuksia ja raportteja 24.

Suontausta, M. 2011. Henkilökohtainen tiedonanto 25.11.2011. Toimitusjohtaja. Juvan Bioson Oy.

Suontausta, M. & Soininen, H. 2009. "Biokaasulaitos Juvalle" liiketalous-suunnitelma maatilojen yhteisen biokaasulaitoksen käynnistämiseksi Turakalan Puutarhan yhteyteen.

Ympäristöministeriö 2012. EU:n ilmasto- ja energiapaketti. WWW-sivut. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=397598&lan=FI>. Ei päivitystietoa. Luettu 3.2.2012.

EFFICIENCY OF THE HEAT RECOVERY UNIT TK43 USED IN A VENTILATION SYSTEM OF D-BUILDING IN MIKKELI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anastasiia Koroleva and Martti Veuro

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde Mikkelin ammattikorkeakoulun Kasarmin kampuksen D-rakennuksen ilmanvaihtokoneessa TK43

Mikkelin ammattikorkeakoulun Kasarmin kampuksen D-rakennusta perusparannettiin vuonna 2010, ja samassa yhteydessä rakennettiin rakennusautomaatiojärjestelmän yhteyteen tiedonkeruujärjestelmä ilmanvaihtokoneeseen TK43. Järjestelmä kerää tuntikohtaiset tiedot iv-koneen lämpötiloista ennen ja jälkeen lämmön talteenottolaitetta sekä tiedot iv-koneen käyttämästä sähkö- ja lämpöenergiasta. Tavoitteena oli saada tietoja todellisen iv-koneen energiankäytöstä siten, että tietoja voidaan hyödyntää kiinteistöjen energiataloudellisessa seurannassa, sekä luoda oppimisympäristö opiskelijoiden käyttöön mm. opinnäytetöiden tekemiseksi.

Tietojen perusteella voitiin laskea iv-koneen vuoden aikana käyttämä sähkö- ja lämpöenergia sekä saada selville, kuinka paljon lämmöntalteenotolla voitiin saada lämpöä talteen poistoilmasta tuloilman lämmittämiseen. Tuloilman lämmittämisessä tarvittavasta lämpöenergiasta saatiin noin 77 % poistoilmasta ja loput energiasta otettiin D-rakennuksen lämmitysverkostosta. Lämmityskustannukset olivat tarkastelujaksolla vastaavasti 77 % pienemmät, kuin ne olisivat olleet ilman lämmöntalteenottoa. Käyttökustannuksista iv-koneen puhaltimien ja pumppujen sähkön osuus oli 62 % kokonaiskustannuksista, joten jatkossa on entistä enemmän kiinnitettävä huomiota iv-koneiden sähkökustannuksiin ja SFP-lukuun eli sähkötehontarpeeseen verrattuna koneen ilmamäärään.

Air handling units use a considerable amount of energy in buildings. In Finnish climate they are almost always equipped with heat recovery which utilizes the heat of the exhaust air before it is extracted out of the building. Heat recovery helps to lower heat energy costs in buildings in a reasonable and cost efficient way. In the renovation of the D-building in Mikkel University of Applied Sciences (MUAS) the building automation was equipped with a data collecting system. This hourly based data is used to monitor and evaluate the performance of heat recovery.

The air handling unit (AHU) with heat recovery (TK43) was chosen for research. This AHU is in D-building in the university campus. The main aim of the research was to calculate the annual energy efficiency of the heat recovery and the temperature ratios of the heat recovery and compare them with the manufacturer's values and also with the requirements of Finnish or European standards. Another aim was to estimate the influence of using the heat recovery on heat energy consumption of the AHU. Furthermore, one aim was to compare real costs of heat energy for the AHU with heat recovery and without heat recovery.

The type of the heat recovery unit is a rotating wheel (also called thermal wheel). Operation time of AHU TK43 is from 7 am to 8 pm on working days. The ventilation system doesn't work at night and at weekends. But small exhaust fans work at that time to provide air exchange rate 0.2 1/h according to D2. The supply air flow is more than the exhaust air flow because part of the exit air is exhausted through toilets. Furthermore, the exhaust ventilation in toilets is working all the time.

The research is based on data which was obtained from the measuring devices of the handling unit. Three devices have been installed for measuring the air temperature in the air-handling unit. The first one measures the supply air temperature after the heat recovery unit (t_{SHR}). The second one measures the exhaust air temperature before the heat recovery unit (t_{ex}). The third one measures the exhaust air temperature after the heat recovery unit (t_{EHR}). Furthermore, two flow meters have been installed for measuring the supply and exhaust air flows. There are devices for measuring electricity consumption (for fans) and heat energy consumption (for coil) as well. There is a device which measures outdoor air temperature (t_{outd}) in the automation system. It provides values of outdoor air temperature for all air handling units of the building. The data from measuring devices are sent every hour and logged in reports which are made for every month. The data used for the research are from a period of more than one year. Data collecting was started at the the end of 2010. The calculations of the annual efficiency and the temperature

efficiency of the heat recovery unit were performed according to EN308 and other reliable sources. The scheme of the air handling unit used for calculation is shown in Figure 1.

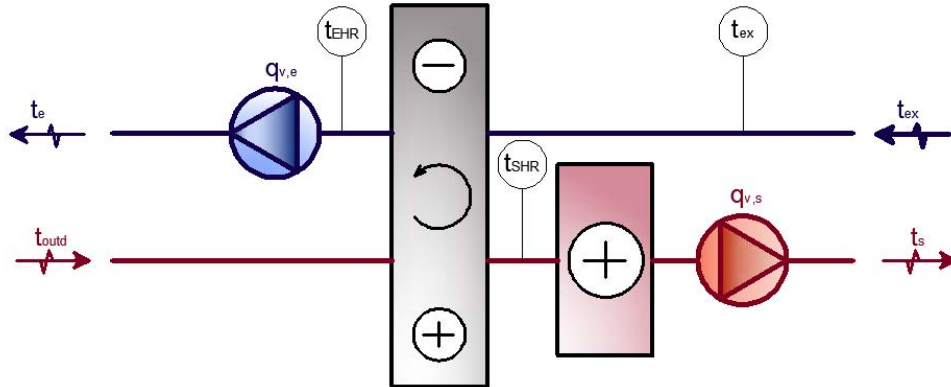


FIGURE 1. Scheme of the air handling unit TK43

The research period of 11 months of 2011 (from February to December) and 1 month of 2012 (January) was chosen for analysing and obtaining the values of the annual heat recovery energy efficiency, annual energy consumption and annual costs of operation of the air handling unit. The results of the analysis are shown in Table 1.

TABLE 1. The results of the calculations per year (from February, 2011 to January, 2012)

<i>Annual values</i>					
Temp. ratio for supply air (mean value)	63,9	%	Annual energy efficiency of heat recovery	77,3	%
Temp. ratio for exhaust air (mean value)	77,9	%	Time which was ignored	6736	h
Temp. ratio for exhaust air (mean value) (with air flows)	77,0	%	Total time of the year	8735	h
Difference between temp. ratios for exhaust air	1,1	%	Operation time of HRU	1999	h
Heat energy consumption of the AHU for coil (Q_{coil})	35,1	MWh	Operation time of AHU	3776	h
Electricity consumption of the AHU (for fans)	30,9	MWh	Mean supply air flow rate per month	3,43	m ³ /s
Heat energy saved by the HRU (Q_{HR})	119,2	MWh	Mean exhaust air flow rate per month	2,83	m ³ /s
Total heat energy consumption of AHU ($Q_{HR} + Q_{coil}$)	154,2	MWh	Volume flow ratio (R)	1,21	
<i>Annual costs</i>					
Costs of DH with HR	1 930 €				
Costs of operation(electricity)	3 089 €				
Costs of DH without HR	8 488 €				

The monthly energy consumption and mean air flow rates of TK43 is shown in Figure 2.

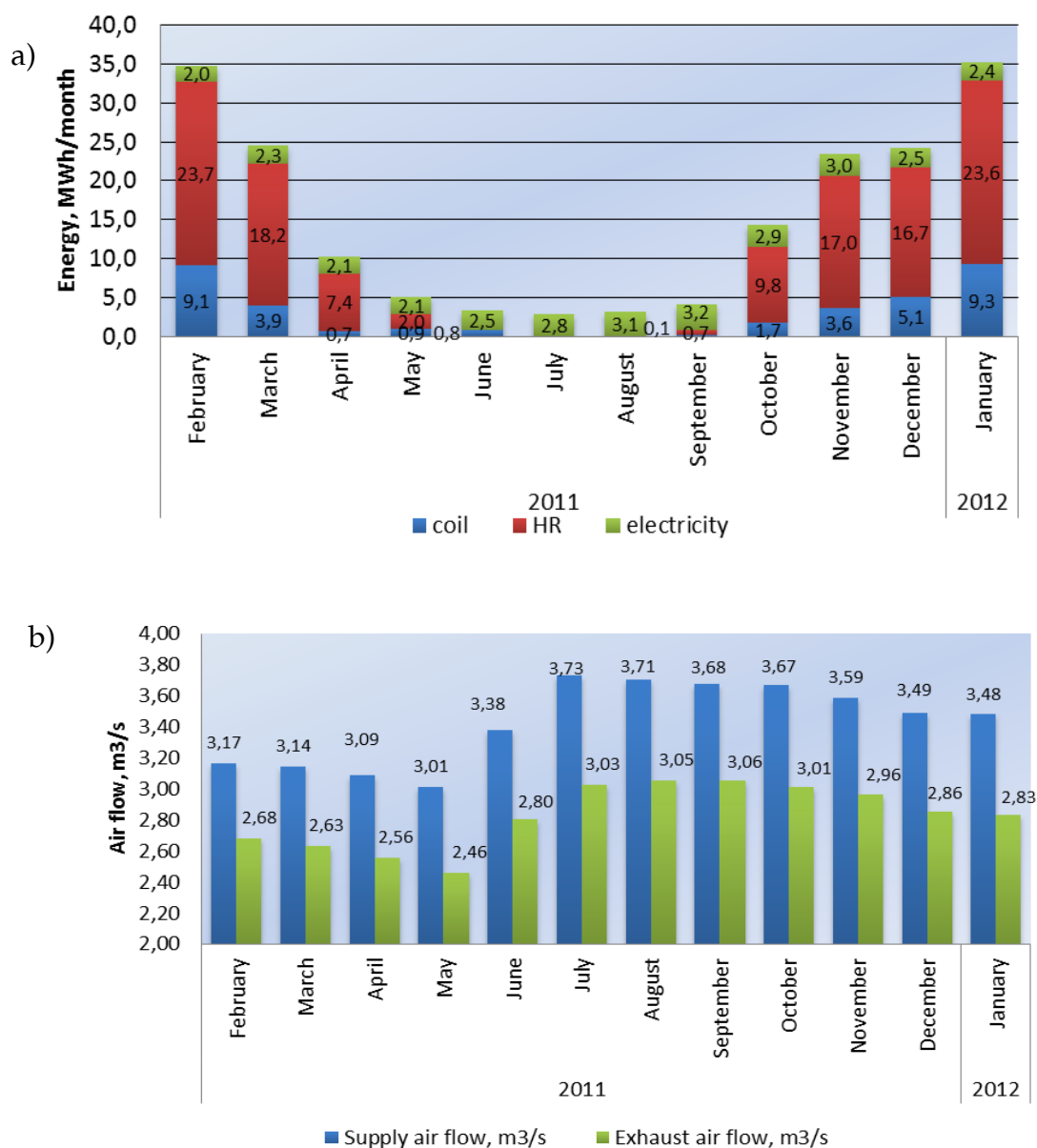


FIGURE 2. Monthly values for TK43: a) energy consumption; b) mean air flow rates

The main results of the research are that the heat recovery has high annual energy efficiency for supply air (77.3%) and high temperature efficiency for cold months (the maximum value is 83.4% on the 3th of January, 2011 at 9:00). It must be taken into account that the supply air temperature is not a room temperature but lower +17 °C.

Comparing with manufacturer's data wasn't successful because the manufacturer's data was obtained in different conditions from the conditions of the research. There isn't any information about the annual energy efficiency and

the temperature ratio of the heat recovery unit in European standards. So the comparing with standards was impossible. But the calculated value of annual heat recovery energy efficiency of the heat recovery unit was compared with the annual heat recovery efficiency of the heat recovery unit for the standard year of the second climate zone. Mikkeli is located in this climate zone. The value is 74.4 %. The difference is only 2.9 %. So, these values are very close to each other and have the same order. It means that the operation of the heat recovery unit was effective in the given year and the weather was close to average year values.

Exit air temperature after the heat recovery is generally limited to a certain minimum value, usually between +0...-5 °C. This is because otherwise the moisture of the exhaust air may freeze in the heat recovery. This reduces annual energy efficiency. In this case, however, there are very low temperatures in exit air like -14.5 °C after heat recovery. In spite of those low exit air temperatures there were no problems with freezing in the heat recovery unit.

Another result is that using the heat recovery unit really leads to saving the heat energy for the air handling unit (by 119 MWh per calculated year) and significantly reduces costs of heat energy (6559 EUR was saved). At the same time the annual heat energy consumption of the coil was 35.1 MWh per year and the annual heat energy costs were 1930 EUR per year.

Costs of operation of the air handling unit per month are shown in Table 2. There are costs for air-handling unit with the heat recovery unit and costs for the air handling unit without a heat recovery unit.

TABLE 2. Costs of the operation of the air handling unit per month/per year of TK43, 2011

Year	Month	Costs, EUR/month		
		Electricity	Coil+HRU	Coil
2011	February	197	501	1803
	March	233	216	1219
	April	211	37	446
	May	214	48	156
	June	252	42	42
	July	284	0	0
	August	305	2	2
	September	321	7	46
	October	287	92	633
	November	295	196	1132
	December	246	279	1199
	2012	January	243	509
Sum		3089	1930	8488

Specific fan power (SFP) of the air handling unit is $2.6 \text{ kW} / (\text{m}^3/\text{s})$. According to D3 (2012) SFP of mechanical supply and exhaust air ventilation system shouldn't be more than $2.0 \text{ kW} / (\text{m}^3/\text{s})$. The obtained value is bigger than that. The ventilation system was designed when standards hadn't so strict requirements. The value of SFP which is $2.0 \text{ kW} / (\text{m}^3/\text{s})$ was approved in 2012 in the new version of D3. So there is a problem with the electricity consumption of the air handling unit. It is important because the price of electricity is high. Costs of electricity of the air handling unit are 61.6 % of total annual costs of the operation of the air handling unit. It is recommended to decrease pressure losses in new ventilation systems, for example, by increasing the diameters of the ducts which cause lower pressure losses. These measures will lead to the reduction of the fan power and lower power demand and SFP. Therefore, the electricity consumption of the air handling unit will become lower.

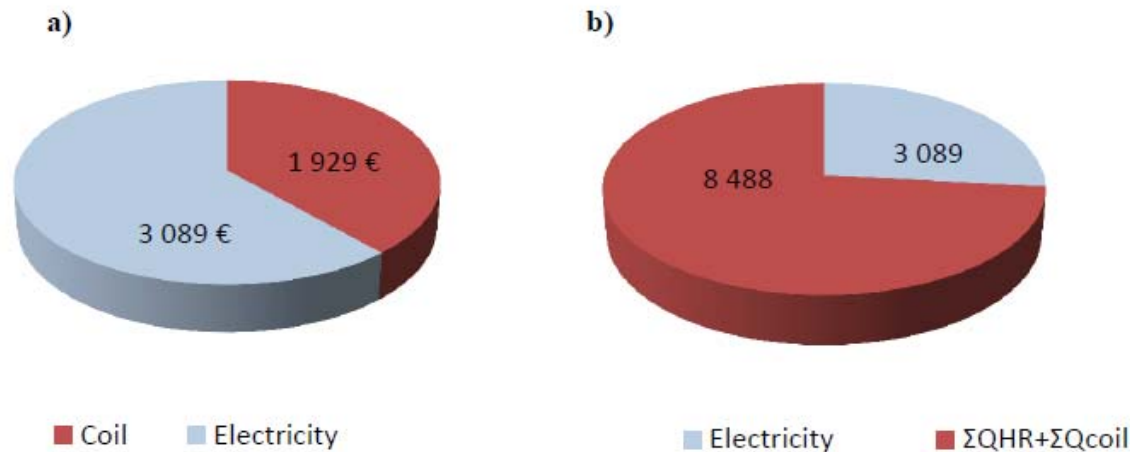


FIGURE 3. Annual costs of TK43 AHU, 2011: a) with the heat recovery, b) without heat recovery

In the future more research should be done to analyse the operation of heat recovery at low outdoor and exit temperatures. Freezing of exhaust air moisture is relevant research question, because it seems that freezing in such buildings does not occur very easily and limitation of exit air temperature may lead to unnecessary use of heating energy in coil. This limitation also reduces the annual energy efficiency of heat recovery.

SOURCES

Koroleva, A. 2012. Efficiency of heat recovery unit TK43 in ventilation system. Bachelor`s Thesis, Building Services Engineering, Department of Energy and Environment, Mikkeli University of Applied Sciences.

LUJITEMUOVIKOMPOSIITTIIEN SOVELTAVA TUTKIMUS OSANA MATERIAALITEKNOLOGIAN TUTKIMUSTA MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULUSSA

Kari Dufva

Lujitemuovit kuuluvat merkittävänä materiaalityhmänä Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaaliteknologian tutkimukseen. Lujitekuitujen ja muovimatriisien muodostaman komposiitin ominaisuudet ja mahdollisuudet ovat hyvin moninaiset, ja siten ne tarjoavat laajan tutkimusalueen, johon yhä enemmässä määrin panostetaan myös kansainvälisesti. Mikkelin ammattikorkeakoulussa on toteutettu useita aihepiiriin liittyviä projekteja ja tutkimuksia. Tässä artikkelissa luodaan katsaus lujitemuovikomposiittien aihepiiriin tehtyjen tutkimusten valossa ja esitellään niitä mahdollisuuksia, joita tutkimuksen ja paremman materiaalihallinnan kautta voidaan saavuttaa.

Lujitemuovikomposiitit

Lujitemuovikomposiittien ja niistä valmistettujen komposiittimateriaalien ja -rakenteiden hallitseminen on materiaalitehokkuuden kannalta homogeenista materiaalia monin verroin haastavampaa. Toisaalta juuri näiden monimuotoisten ominaisuuksien räätälöintimahdollisuus luo paljon mahdollisuuksia komposiittien hyödyntämiseen. Materiaalin käyttäytyminen kussakin sovelluskohteessa riippuu hyvin paljon eri tekijöistä, jotka muodostuvat materiaalia suunniteltaessa ja valmistettaessa, sillä toisin kuin esimerkiksi teräs, kulloinkin käytettävä komposiittimateriaali valmistetaan juuri kyseistä sovellusta silmälläpitäen ja sen ominaisuuksiin räätälöitynä, vieläpä usein eriasteisena käsityönä. Esimerkiksi lasikuitulujitteesta valmistetun ohuen levyn mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus ja jäykkyys, ovat riippuvaisia siitä suunnasta, josta sitä tarkastellaan. Tämä ominaisuuksien suuntaaminen voi olla hyvin voimakasta tai haluttaessa täysin neutraalia.

Tuotetun komposiitin ominaisuudet riippuvat täysin sen komponenttien asettelusta. Esimerkiksi hiilikuituisesta lujitemateriaalista voidaan valmistaa kappale, jolla ei käytännössä esiinny lämpöpiteneistä laisinkaan. Komposiittimateriaalien kehitys ja niihin panostetut suuret tutkimusvoimavarat ovat

tuottaneet tulosta, ja tämä on nähtävissä suurten teollisuudenalojen, kuten ilmailu- energia- ja autoteollisuuden, suurina investointeina komposiitteihin. Vaikka nämä teollisuudenalat mielletään korkean teknologian aloiksi, joiden komponentit voivat olla hinnaltaan korkeita, tulee muistaa komposiittimateriaalien loistavien ominaisuuksien hyödyntäminen arkisissa kulutustuotteissa ja jo perinteisessä veneteollisuudessa. Veneteollisuus onkin hyvä esimerkki siitä, kuinka perusteiltaan samoista materiaalikomponenteista voidaan mm. erilaisin valmistusteknisin keinoin räätälöidä korkeahintainen osa ilmailuteollisuuteen tai edullinen komponentti veneteollisuuteen. Verrattaessa vene- ja autoteollisuutta huomataan komposiittimateriaalien sopivan niin piensarjoihin kuin massatuotantoon. Viime vuosikymmenen pyrkimys automaatioasteen nostoon valmistustekniikoissa on mahdollistanut myös autoteollisuuden laajamittaisen kiinnostuksen lujitemuovikomposiitteja kohtaan.

Mikkelin ammattikorkeakoulussa toteutetuissa tutkimushankkeissa on käsitelty usein lujitemuovikomposiitteja, jotka koostuvat pitkistä, jatkuvista kuiduista, kuten lasi- ja hiilikuiduista. Komposiittimateriaali muodostuu, kun kuidut asetellaan vierekkäin ja kastellaan nestemäisellä muovilla. Muovin kovettuessa syntyy lujitemuovi, jonka ominaisuudet määräytyvät molempien materiaalien, kuitujen ja käytetyn muovin, ominaisuuksien mukaan. Molempien materiaalien ominaisuudet siis määrittelevät muodostuvan komposiitin ominaisuudet. Kuvassa 1 on esitetty osa basalttikuitujen kuitukimppua. Komposiitissa materiaalien tulee toimia yhdessä, jotta muodostunut materiaali olisi hyödyllinen ja käyttökelpoinen. Lasikuitukomposiitti toteuttaa esimerkillisesti tämän komposiittimateriaalin määritelmä, jonka mukaan komposiitin osamateriaalien tulee yhdessä olla komponenttejaan toiminnallisesti parempia.



KUVA 1. Lujitteena käytettävää basalttikuitua (kuva Kari Dufva)

Kussakin sovelluksessa tai tuotteessa käytettävän komposiittimateriaalin kehitys alkaa jo tuotesuunnitteluvaiheessa. Tuotteen määrittelyssä painotetaan joitakin ominaisuuksia, joita materiaalilta vaaditaan. Tällaisia komposiittimateriaalille hyvin soveltuvia ominaisuuksia ovat keveys, lujuus tai lämmöneristävyys. Jotta materiaalin ominaisuudet osataan oikein hyödyntää, tulee sen ominaisuudet luonnollisesti tuntea hyvin. Suunnittelijan tulee osata rakentaa komposiitti siten, että se parhaalla mahdollisella tavalla toteuttaa vaaditun toiminnon. Tiedon puuttuessa suunnittelussa voidaan päätyä käyttämään ominaisuuksiltaan heikompaa materiaalia, jolloin tuote ei ole onnistunut. Tämän vaadittavan tietotaidon sekä valmistustekniikoiden asettamien vaatimusten vuoksi komposiittimateriaaleja valmistavat yritykset valmistavat lähes aina valmiita tuotteita tai tuotteiden osakomponentteja eivätkä varsinaista komposiittimateriaalia, jota myöhemmin jalostettaisiin tuotteiksi. Poikkeuksen tästä tekevät ohuista levyistä ja profiileista jalostettavat tuotteet. Näissäkin tapauksissa materiaali on jo ennalta määrättyssä muodossa, jota ei juuri voida muokata.

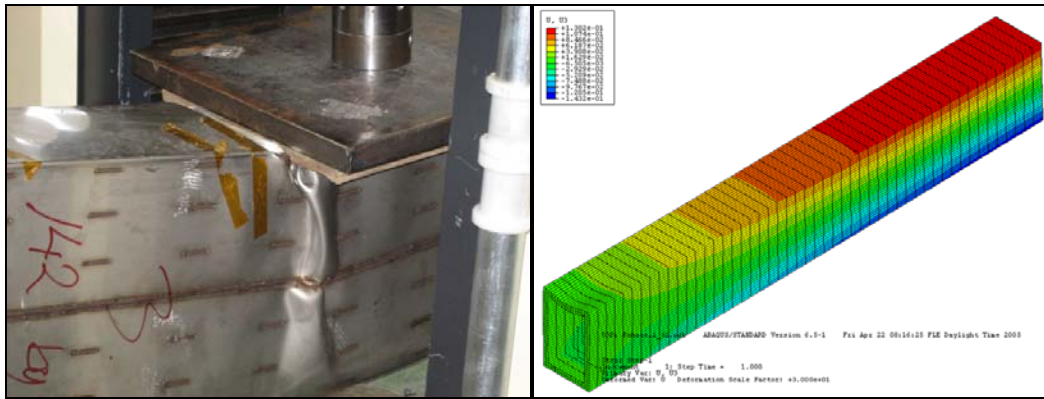
Jotta haluttu tuote olisi optimaalisesti suunniteltu, kustannustehokas ja turvallinen käyttää ja täyttäisi siltä vaaditut ominaisuudet, toteutetaan sen suunnittelussa ja valmistuksessa ennen prototyypin tai esisarjan valmistusta

usein seuraavat vaiheet: materiaalin suunnittelu yhdessä rakenneanalyysin kanssa, fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen, koesauvatason testaaminen ja tuoteominaisuuksien selvittäminen. Erona perinteiseen, esimerkiksi metallisen tuotteen suunnitteluun, on erityisesti materiaaliominaisuuksien suunnittelu ja optimointi. Tämä asettaa erilaisia laskennallisia haasteita, joita varten on kehitetty joukko numeerisia analysointityökaluja ja simulointiohjelmaa. Näiden laskentamenetelmien ja ohjelmistojen käyttö vaatii lähtöarvoja, joiden saaminen taas edellyttää laboratoriotestejä ja fyysistä testaamista. Usein myös lopputuotteet testataan fyysisesti, jotta tuote olisi turvallinen ja luotettava käyttää.

Edellä kuvatun osaamisen, laboratoriotestauksen ja valmistuksen kehittämiseksi tarvitaan tutkimustyötä ja tuloksia, jotka palvelevat alan teollisuutta Suomessa. Esimerkkinä innovatiivisesta tutkimustyöstä voidaan mainita Oxeon Ruotsissa. Yritys on pitkäjänteisellä tutkimustyöllä onnistunut luomaan alalle kokonaan uutta teknologiaa.

Tuotesuunnittelu

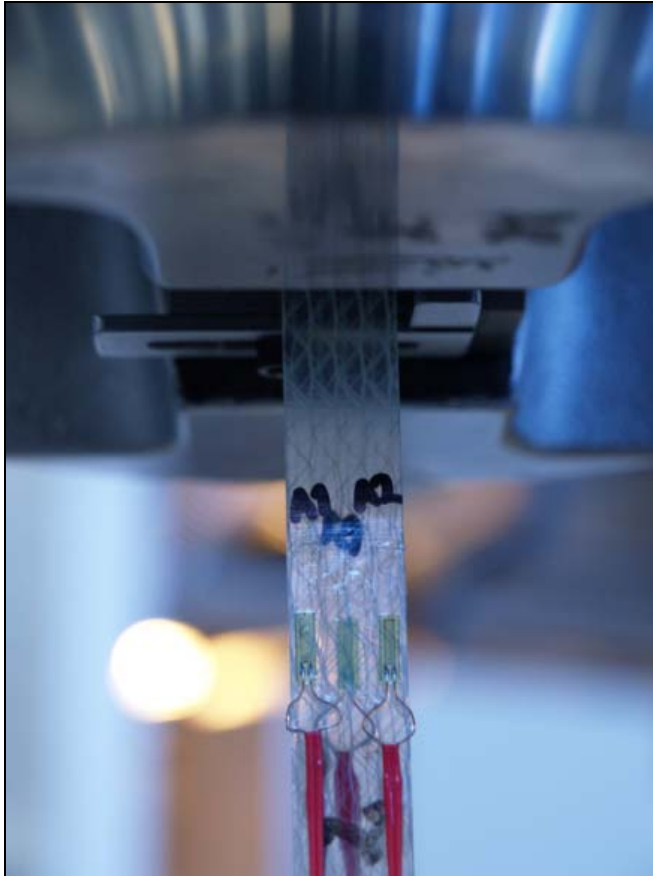
Nykyaikainen tuotesuunnittelu tapahtuu pitkälle tietokoneavusteisesti. Tuotteesta tehdään kolmiulotteinen malli, jota muokattuna voidaan soveltaa kaikissa tuotantovaiheissa. Materiaaliteknologian tutkimusryhmällä on käytössä nykyaikaiset mallinnusohjelmistot ja projektikohtaisesti käyttömahdollisuuksia hyvin monipuolisiin laskenta- ja simulointiohjelmistoihin, kuva 2. Näitä ohjelmistoja hyväksi käyttäen ryhmässä on tutkittu komposiittimateriaalin soveltuvuutta junanvaunuihin, törmäystolppiin, valaisinpylväisiin ja monenlaisiin muihin sovelluksiin. (Kajatsalo ym. 2006, 131.) Lisäksi erilaisilla simulointimenetelmillä on kehitetty erilaisia valmistusmenetelmiä ja tutkittu erilaisten materiaalien toiminnallisuutta tuotantoprosesseissa.



KUVA 2. Komposiittirakenteen käyttäytymisestä kuormituksessa sekä palkkirakenteen lujuustarkastelu (kuvat Mikkelin ammattikorkeakoulu)

Puhtaiden materiaaliominaisuuksien tuntemiseksi tehtävän tutkimuksen lisäksi tutkimusryhmässä on useissa eri yhteyksissä selvitetty komposiittimateriaalien liittämismenetelmiä. Liimaliitosten lisääntyvän käytön myötä niiden testaustarve on kasvanut, ja yksinkertaisten testimenetelmien kehittäminen on ollut tarpeen. Näin yritykset ovat saaneet tutkimustuloksina tietoa komposiittimateriaalien liittämisestä liimaliitoksin sekä kehittyneitä testimenetelmiä tuotannon tueksi. (Karttunen ym. 2012, Dufva ym. 2012.)

Kuvassa 3 on esitetty testimenetelmä, jolla määritetään materiaalin mekaanisia ominaisuuksia. Tässä periaatteeltaan yksinkertaisessa testimenetelmässä materiaalia kuormitetaan sen murtumiseen asti.

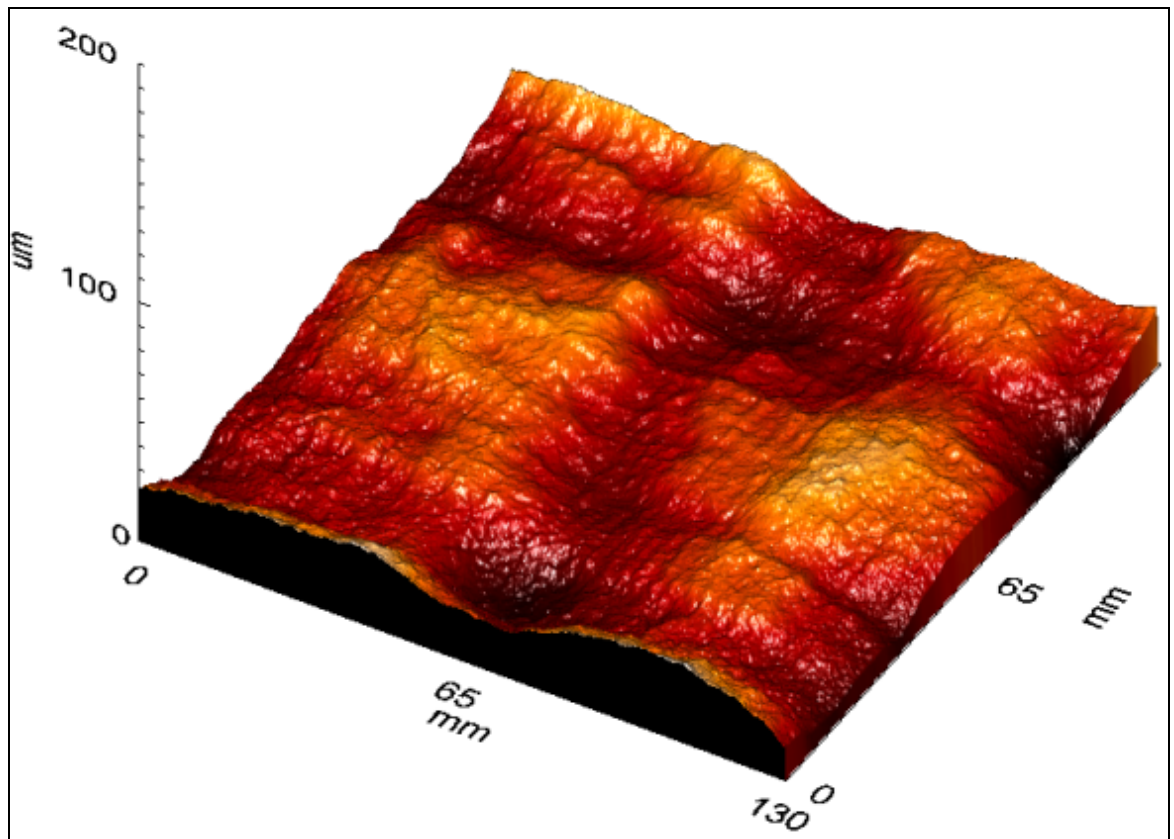


KUVA 3. Materiaalin kuormitus ja venymän mittaus venymäliuska-tekniikalla (kuva Tero Karttunen)

Valmistusteknologia

Lujitemuovituotteiden valmistus vaatii perinteisin menetelmin toteutettuna paljon käsityötä ja sisältää monia eri työvaiheita. Suurten kappaleiden käsittely on usein vaativaa ja virhealtista. Kustannustehokkaan tuotanto- ja valmistusprosessin kehitys on erittäin tärkeätä, jotta pystytään kilpailemaan muiden menetelmien ja materiaalien kanssa. Mikkeliissä toteutetuissa hankkeissa on tuotanto- ja valmistustekniikan alueilla tutkittu mm. pitkien, yleensä kuitukelausella valmistettujen kappaleiden vaihtoehtoisia valmistusmenetelmiä, kehitetty rotaatiovaluun perustuvaa valmistustekniikkaa kertamuoveille ja tutkittu eri pakkaus- ja kuljetusmenetelmien teknistaloudellista optimointia. Injektioon perustuvien tekniikoiden tutkimusalustana laboratoriossa on tehty useita erittäin vaativia koekappaleiden muovikomposiittilaminaatteja, ja sen kehittämiä menetelmiä on hyödynnetty muissa tutkimuslaitoksissa.

Materiaalitekniikan laboratoriossa on monipuoliset testausmahdollisuudet materiaalien ominaisuuksien tutkimukseen. Mikkelissä on onnistuneesti kehitetty laminaattien pinnanlaatuun soveltuvaa testausmenetelmää tuotantoprosessiin ja laadunvalvontaan soveltuvana tekniikkana. Eräänä keskeisenä osana tutkimustoimintaa on käytettyjen menetelmien kehittäminen, niin laitteistojen kuin analyysien osalta. Menetelmäkehityksen tuloksena syntyy usein teollisuudessa käyttökelpoinen uusi analysointimenetelmä, jonka avulla voidaan parantaa esimerkiksi laadunhallintaa. Kuvassa 4 on esitetty lujitemuovikomposiittisen materiaalin pinta kolmiulotteisena. Kuvassa havaittavat virheet voidaan selvästi nähdä esteettisinä virheinä esimerkiksi veneenrakenuksessa.



KUVA 4. Pinnan 3D-profiili (kuva Antti Ylhäinen)

Väsymistutkimus

Kehittyneiden koneiden ja laitteiden vaatimukset käytettäviä konstruktiomateriaaleja kohtaan ovat automaation ja kasvaneiden liikenopeuksien vuoksi viime vuosikymmenen aikana kasvaneet merkittävästi. Myös yhä useampien

kulutushyödykkeiden tulee kilpailullisista syistä olla optimoidumpia ja kustannustehokkaampia kuin aikaisemmat versiot. Nämä vaatimukset pakottavat suunnittelijat ja materiaalitoimittajat miettimään tuotteiden pitkäaikaisominaisuuksia ja mitoitusperusteita entistä tarkemmin.

Materiaaliteknologian tutkimusryhmässä on vuosien aikana tehty useita komposiittimateriaalien väsymistutkimuksia sekä materiaali- että menetelmätasolla. (Kajatsalo ym. 2006, 711.) Lasikuitulujitettujen komposiittien väsymiskäyttäytyminen eroaa merkittävästi teräksen väsymiskäyttäytymisestä ja vaatii mitoitukselta erilaista lähestymistapaa. Näiden, usein hyvin yksityiskohtaisten, väsymisanalyysien huomioiminen suunnittelussa on vasta saamassa kunnolla jalansijaa mitoitusperustana. Tutkimustoiminnalla on pystytty ymmärtämään väsymismekanismien toimintaa materiaalissa ja luomaan edellytyksiä komposiittien käytölle vaativimmissa sovelluksissa.

Yhteenveto

Toteutettujen tutkimushankkeiden laaja-alaisuus, joka jakaantuu useille eri muovikomposiittimateriaalien osa-alueille, on luonut monipuolista osaamista Mikkeliin ja materiaaliteknologian laitokselle ammattikorkeakoulussa. Tuotesuunnittelun, valmistusteknologian ja väsymistutkimuksen alueilla voidaan yrityksille tarjota kehitysapua myös kansainvälisellä tasolla. Toteutettujen hankkeiden myötä syntyneiden kansainvälisten verkostojen kautta voidaan uusinta osaamista ja tietoa hankkia useilta eri alueilta. Ajankohtaisina tutkimusalueina ovat luonnonkuitukomposiitit sekä ympäristön kannalta erittäin merkityksellinen lujitemuovien kierrätykseen liittyvä hankekokonaisuus. Nyt käynnissä olevassa liimaliitosten väsymiseen liittyvässä tutkimuksessa on onnistuttu kehittämään teollisuuden laadunvalvonnassa käyttökelpoinen testimenetelmä.

LÄHTEET

Dufva, K., Karttunen, T., Nemovb, A., Novokshenovb, A., Borovkovb, A., 2012, Finite element analyses of the strain energy release rate in an iron-epoxy ENF –specimen, NAFEMS NORDIC Conference: Engineering Simulation: Best Practices, New Developments, Future Trends, s. 66-67.

Kajatsalo, M., Karttunen, T., Kovanen, J. 2006. Lujitemuovien väsytestaus: menetelmät, ongelmia ja esimerkkitapaus, IX Suomen mekaniikkapäivät, s. 711 - 721. ISBN 952-214-227-1.

Kajatsalo, M., Karttunen, T., Kovanen, J., 2006, Kevytrakenteisten ontelopalkkien laskenta ja testaus, IX Suomen mekaniikkapäivät, s.131 - 143. ISBN 952-214-227-1.

Karttunen, T., Dufva, K., Ylhäinen, A., Kempainen, M., 2012. Väsyttävästi kuormitettujen liimaliitosten testimenetelmän kehitys, Mikkelin ammattikorkeakoulu A: Tutkimuksia ja raportteja - Research Reports 70. 45 s. ISBN 978-951-588-332-2.

SÄHKÖKÄYTTÖISEN KILPAVENEEN RAKENNUSPROJEKTI

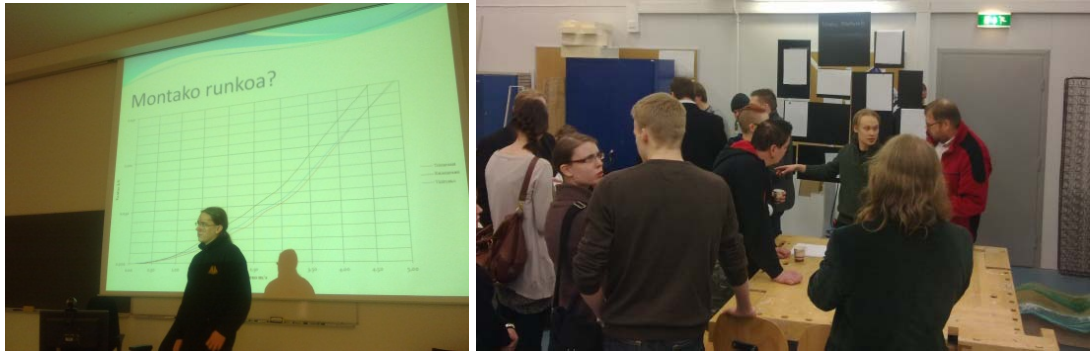
Kari Dufva

Mikkelin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulujen muodostama Midnight Sun -venekunta osallistui heinäkuussa 2012 järjestettyihin aurinkovoimalla toimivien sähkökäyttöisten pienveneiden MM-kilpailuun, josta kotiin tuomina oli kolmas sija omassa luokassa ja kokonaiskilpailun 14. sija. Joukkue koostui Mikkelin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulujen opiskelijoiden muodostamasta kahdeksan hengen kisajoukkueesta. Projektin taustalla oli kuitenkin huomattavan laaja tukijoukko, joka koostui koulujen muotoilun, veneteknologian, sähkötekniikan ja materiaalitekniikan opiskelijoista ja henkilökunnasta. Työn tuloksena syntyi paitsi kahdeksan metrinen hiilikuituinen trimaraani, myös paljon osaamista, uusia ideoita ja opintopisteitä.

Projektin toimintaympäristö

Idea osallistumisesta Dong Energy Solar Challenge -kilpailuun oli elänyt Mikkelissä ja Kotkassa omaa elämäänsä jo muutaman vuoden ennen vuoden 2011 marraskuuta. Päätös osallistumisesta tehtiin yhteistuumin 3.11.2012 Mikkelissä pidetyssä tapaamisessa, ja tästä alkoi projektin ja samalla veneen suunnittelu. Ensimmäiset ideat laitettiin pöydälle jo samana päivänä. Projektin ensiaskeleita ohjasivat vahvasti kilpailun säännöt, jotka edellyttävät projektien etenemistä tietyn kaavan ja ennalta määriteltyjen askelten mukaisesti. Ensimmäisenä aikarajana 1.1.2012 oli ilmoitus osallistumisesta sisältäen muun muassa vakuutukset ja suunnitelmat veneen rungosta.

Koska suunnittelu toteutettiin kahden, toisistaan yli 150 km:n etäisyydellä olevan ryhmän välillä, luotiin Moodle-alustalle kurssi, jonka välityksellä suunnitteluinformaatiota ja projektin edistymistä voitiin jakaa ja seurata. Yhteydenpitoa ja opiskelijoiden kommunikaatiota helpotettiin myös yhteisillä tapaamisilla ja seminaarilla, jossa opiskelijat pääsivät käsiksi muun muassa ohjaamon prototyyppiin ja tunnustelemaan materiaaleja, joita kokeilumielessä oli jo valmistettu (kuva 1).



KUVA 1. Esitys runkolaskelmista suunnitteluseminaarissa ja keskustelua prototyypin ympärillä (kuvat Kari Dufva)

Koulujen tilat ja laboratoriot tarjoavat erinomaiset puitteet aurinkoveneprojektin kaltaiselle toiminnalle, jossa opiskelijoiden omaehtoinen työskentely edistää oppimista käytännön tavoitteiden ja tekemisen kautta. Projektissa hyödynnettiin Mikkelin sähkö- ja materiaalitekniikan sekä muotoilun laboratoriotiloja ja laitteistoa. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun laboratoriotiloista ensiarvoisen tärkeitä olivat Kotkan veneteknologian laboratorio sekä Kouvolan tiloissa toimiva työstölaboratorio. Veneteknologian komposiittilaboratorio mahdollisti rungon valmistamisen state-of-the-art-tekniikalla tilojen, osaamisen ja omistautumisen puitteissa. Oppilaiden mahdollisuus hyödyntää koulujen laboratoriotiloja koettiin ensiarvoisen tärkeäksi, ja tämän myös opiskelijat kokivat tärkeäksi.

Dong Energy Solar Challenge -kilpailussa on kolme luokkaa, joissa hieman erityyppiset veneet kilpailevat omissa luokissaan sekä kokonaiskilpailussa. Midnight Sun osallistui luokkaan, jossa veneessä tulee olla kaksi kuljettajaa ja viisi aurinkopaneelia, joiden tyyppi on ennalta määrätty. Paneelit saa järjestäjältä lainaksi tai ne voi ostaa omaksi. Muissa luokissa on yksi kuljettaja, ja ero luokkien välillä tehdään käytettävien aurinkopaneelien tehokkuudella ja lukumäärällä. Pituutta Midnight Sun veneellä on 8 m.

Suunnitteluprosessi

Veneen runko suunniteltiin veneteknologian opiskelijoiden toimesta mahdollisimman suorituskykyiseksi ja energiaa säästäväksi. Auringosta taiteenotet-

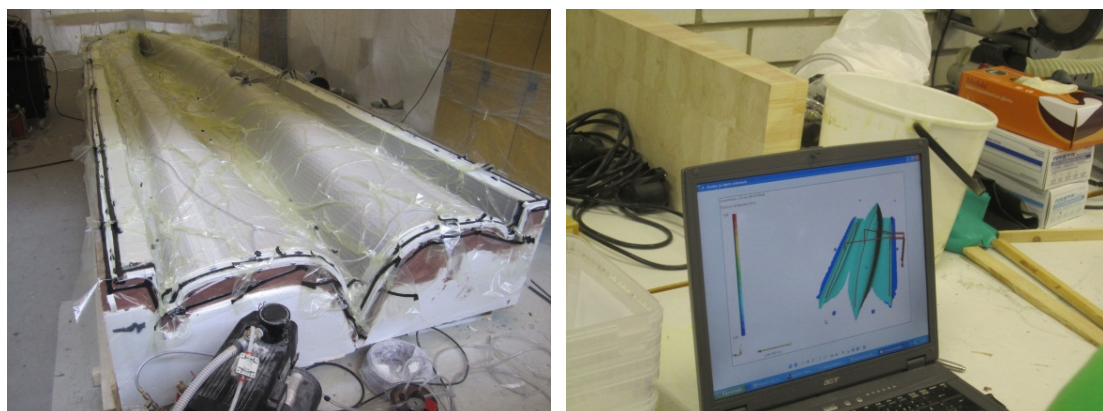
tavan energian määrä on kilpailussa rajattu, ja täten se on hyödynnettävä mahdollisimman tehokkaasti. Rungon suorituskyvyn lisäksi pääpaino suunnittelussa tulee olla energian varastoinnilla ja tehokkaalla siirrolla auringosta veteen. Kilpailun sääntöjen mukaan veneessä saa olla akku, mutta sitä ei kilpailun aikana saa ladata muutoin kuin veneen aurinkokennojen avulla.

Suunnittelutyö alkoi siis toisaalla sähköjärjestelmien suunnittelulla ja toisaalla rungon suunnittelulla. Akustossa päästiin hyödyntämään lähialueen osaamista European Batteries -yrityksen tuella. Yrityksen valmistamat akut sopivat hyvin käytettävään teknologiaan, ja näin saatiin vahva pohja tehokkaalle energian varastoinnille. Käytettävissä oleva akkuteknologia myös muutoin mahdollisti kilpailukykyisen järjestelmän suunnittelun, ja siten odotukset kilpailumenestyksestä alkoivat kasvaa. Kuvassa 2 on veneen moottori asennettu sähkötekniikan laboratorion testipenkkiin, jossa moottorin hyötysuhdetta mitataan vastuksen avulla.



KUVA 2. Moottorin testaus käynnistymässä Mikkelin sähkötekniikan laboratoriossa (kuva Kari Dufva)

Veneen materiaaliksi valikoitui lujitemuovi, joka on tyypillinen veneenrakennuksessa käytettävä materiaali. Materiaalin lujitteena käytettiin hiilikuitua ja matriisina epoksihartsia. Tällaista materiaalia käytettäessä veneestä valmistetaan ensin muotti, jota vasten materiaali rakennetaan, ja kovettuaan se pitää muotonsa ja omaa erittäin korkean lujuuden suhteessa omaan painoonsa. Kuvassa 3 on hiilikuitulaminaatin valmistusta alipainemenetelmällä sekä simulaatio nestemäisen matriisiaineen jakautumisesta muotissa. Veneen rungon muodostavat kaksi sivukelluketta ja ontto keskiosa.



KUVA 3. Veneen rungon valmistus ja simulaatio epoksihartsin virtauksesta muotissa (kuvat Kari Dufva)

Projekti aikataulutettiin kilpailun sääntöjen mukaisesti siten, että eri osakokonaisuuksien piirustukset, laskelmat ja suunnitelmat tuli esittää noin kahden kuukauden välein kilpailuorganisaatiolle. Aikataulutus helpotti ryhmän työskentelyä, mutta asetti myös rajoituksia projektin työjärjestykselle. Joukkue joutui käyttämään sääntöjen sallimaa mahdollisuutta palata suunnittelukierroksissa taaksepäin. Tällöin tehtyjen muutosten johdosta jouduttiin aikaisempien vaiheiden suunnitelmat tekemään uudestaan. Tähän tilanteeseen jouduttiin, koska vielä projektin puolivälissä rinnakkaissuunnittelussa oli kaksi vetolaitejärjestelmää, joiden toteutus poikkesi täysin toisistaan, ja näistä loppuratkaisuun valittu konstruktiio aiheutti rakenteellisia muutoksia veneeseen. Veneessä päädyttiin käyttämään sisämoottoria ulkolaitamoottorin sijaan. Sisämoottoria varten veneeseen tuli rakentaa vetolaite sekä monimutkaisempi kiinnitys moottorille veneen runkoon.

Kilpailumatka

Kilpailu käytiin 8. - 14.7.2012 Hollannin Leeuwardenissa. Kokonaismatka on jaettu osiin, joita päivän aikana ajettiin kahdesta neljään. Reitillä on kokonaisuutena mittaa noin 220 km, ja se noudattelee kuuluisaa luistelureittiä, jota päästään käyttämään hyvin harvoin. Kilpailun aloitukseen kuuluvat olennaisena osana katsastukset, jotka toimivat paitsi veneen turvallisen toiminnan varmistamisena, myös suunnitteluprojektin lopputarkastuksena niin, että rakennetun veneen voidaan todeta vastaavan tarkasti suunnitelmia.

Kilpailumatka tehtiin ajamalla läpi Ruotsin, mistä jatkettiin lauttayhteyksillä Tanskan kautta Saksaan ja edelleen Hollantiin. Leeuwardenissa oltiin perillä aamuyöstä 6.7., jolloin aloitettiin leirin pystytys. Joukkueen väsymystä kompensoi hyvä valmistautuminen matkalle, sillä muiden joukkueiden tehdessä viime hetken korjauksia ja sähkötöiden viimeistelyjä, Midnight Sun oli täysin valmis ja valmis koeajolle todellisessa ympäristössä. Kilpailujoukkueita osallistui myös Brasiliasta, USA:sta ja Kiinasta. Veneen koeajot onnistuivat hyvin, ja joukkue pääsi illalla viettämään hyvin ansaittua lepohetkeä leirintäalueelle pystytetyssä telttasaunassa, josta alkujännityksen hälvettyä muiden kilpailijoiden keskuudessa tuli suuri menestys.

Veneellä ei ollut ongelmia selvitä vaaditusta aikarajasta ja nopeusvaatimuksista kilpailuun pääsemiseksi, ja se osoittautui heti kilpailukykyiseksi muita venekuntia vastaan. Kilpailu sai suurta huomiota kansallisessa mediassa ja reitin varrelle osuneissa pienissä kylissä ja kaupungeissa. Kunakin päivänä palkittiin päivän nopein vene jokaisessa sarjassa, ja Midnight Sun saavutti yhden ykköstitilan ja useita palkintosijoituksia. Kokonaiskilpailussa venekunta tuli omassa luokassa kolmanneksi ja kokonaiskilpailussa 14:ksi. Lisäksi vene oli ehdolla parhaasta suunnittelutyöstä. Joukkueen epäonneksi matalassa vedessä vetolaitteeseen tarttuneet roskat hidastivat menoa ja ensimmäisen etapin taktiikkavirheen johdosta kilpakumppanit saivat ylimääräistä tasoitusta. Tiukan kilpailun ohella tiimin jäsenet saivat uusia ystäviä ja paljon kontakteja useiden maiden joukkueista (kuva 4).



KUVA 4. Veneen ensimmäisiä koeajoja Suomessa ja leiri Leeuwardenissa (Kari Dufva)

Toiminnan kehittäminen oppimisympäristönä

Mikkelin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulujen yhteisprojekti toteutettiin pääasiassa oppilastöinä, mutta vaati opettajien vahvaa sitoutumista hankkeeseen, toisaalta juuri monipuolinen ohjaus mahdollisti kilpailukykyisen veneen toteutuksen ja projektin valmistumisen. Hanke on opiskelijoiden mittapuussa erittäin haastava, mikä näkyi monien joukkueiden viimeistelyvaiheen ja toteutuksen keskeneräisyytenä. Monet joukkueet koostuivat täysin opiskelijoista ja heitä ohjaavista edellisvuosien konkareista. Joidenkin venekuntien vene joutui perumaan osallistumisen vielä paikan päällä veneen osoittautuessa epäluotettavaksi. Opiskelijat eivät myöskään keskimäärin olleet saaneet mainittavasti opintosuoritteita työstään, ja joissakin joukkueissa opiskelijat pitivät välivuoden tai osan vuodesta vapaana opiskeluista.

Vastaavantyyppistä toimintaa harrastetaan paljon muun muassa Formula Student -sarjoissa, joissa opiskelijat rakentavat autoja kilpailuja varten ja tekevät työtä pääasiassa opiskelujen lomassa. Projektimuotoinen työskentely käytännön toteuttamisen kautta tarjoaa kuitenkin oppilaita motivoivan toimintamallin kurssien toteutukseen. Nyt toteutetussa projektissa oppilaat käyttivät paljon omaa aikaa esimerkiksi rungon valmistukseen, mutta kokivat sen myös hyvin mielenkiintoiseksi.

RUISKUVALUKONE OSANA UUTTA OPPIMISYMPÄRISTÖÄ

Tapio Lepistö

Mikkelin ammattikorkeakoulun Materiaalitekniikan koulutusohjelmaan hankittiin vuoden 2012 syksyllä ruiskuvalukone, jota käytetään sekä materiaalitekniikan insinöörikoulutuksessa että materiaalitekniikan tutkimuksessa. Ruiskuvalukoneen varustus mahdollistaa muovien lisäksi myös metallien ja keraamien ruiskuvalun, niin sanotun jauheruiskuvalun.

Koulutuksessa ruiskuvalukonetta hyödynnetään osana ns. ideasta tuotteeksi -oppimisympäristöä ja -prosessia, jossa opiskelijoille annetaan kokonaisvaltainen käsitys ruiskuvalutuotteen suunnittelusta ja valmistuksesta. Ideasta tuotteeksi -oppimisympäristö kokoaa yhteen 14 materiaalitekniikan insinöörikoulutuksen opetussuunnitelmaan kuuluvaa opintojaksoa, ja kunkin opintojakson sisältöjä opiskellaan ja opittuja asioita sovelletaan ruiskuvalutuotteen kehitysprosessin eri vaiheissa. Oppimisprosessi lähtee tuotteen ideoinnista ja mallinnuksesta ja etenee tuotteen rakenteellisen suunnittelun ja ruiskuvalun simuloinnin, muottisuunnittelun ja -valmistuksen kautta tuotteen ruiskuvaluun ja valmiin tuotteen analysointiin. Uudenlainen oppimisympäristö antaa opiskelijalle selkeän käsityksen ja käytännön kokemuksen tuotekehitysprosessin vaiheista, ja opiskelu ja konkreettinen tekeminen tavoitteen eteen motivoivat opiskelijaa oppimaan ja omaksumaan työelämän oikeita toimintatapoja. Opiskelija ei opi ainoastaan yksittäisten opintojaksojen sisältöjä, vaan havaitsee niiden keskinäisen riippuvuuden, osaa hyödyntää eri tilanteissa opittuja asioita ja oppii hahmottamaan suurempia kokonaisuuksia. Hän näkee myös edellisten suunnittelu- ja työvaiheiden ja niiden tuotosten merkityksen jatkotyössä ja oppii kantamaan vastuuta tuotosten sisällöstä ja laadusta.

Johdanto

Mikkelin ammattikorkeakoulun opetusta ohjaa mm. ammattikorkeakoulun kehittämissuunnitelma (2010 - 2015) ja pedagoginen strategia (2008 - 2012), joissa korostuvat mm. opetuksen ja tutkimuksen keskinäinen yhteistyö ja sen tukeminen oppimisympäristöjen ja -menetelmien kehittämisen avulla, opettajien asiantuntijuuden kehittäminen, opiskelijoiden osallistuminen hanketoimintaan ja tutkiva ja kehittävä oppiminen. Mikkelin ammattikorkeakoulun yksi painoala on materiaalit ja ympäristöturvallisuus, ja painalojen yhtenä tavoitteena on myös opetuksen kytkeytyminen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Materiaalitekniikan koulutusohjelma on mukana painoalan työskentelyssä ja on hakenut omaa profiloitumistaan tavoitteena tukea ammattikor-

keakoulun tutkimus- ja kehitystoimintaa ja lähentää opetuksen ja tutkimuksen yhteistyötä ammattikorkeakoulun TKI-strategian mukaisesti. Koulutuksen suunnittelussa on huomioitu myös pedagogisessa strategiassa (2008) ja Valtion taloudellisen tarkastusviraston tuloksellisuustarkastuskertomuksessa (2009) esitetty toive ammattikorkeakouluopetuksen järjestämisestä työelämäläheisiä oppimismalleja hyödyntäen.

Materiaalitekniikan koulutusohjelmassa uudenlaisen opetusmenetelmän ja oppimisympäristön kehittäminen aloitettiin vuonna 2010. Koulutusohjelmassa opetuksen haasteena nähtiin se, että opittuja asioita ei aina pystytä soveltamaan tai siirtämään uuteen ympäristöön, vaan oppiminen on usein hyvin kontekstisidonnaista. Opintojaksot nähdään usein erillisinä kokonaisuuksina ja yhtymäkohdat ja liitokset toisiin opintojaksoihin jäävät heikoksi. Opintojaksojen irrallisuus heikentää myös opiskelumotivaatiota, kun ei nähdä suurempia kokonaisuuksia ja sen hetkisen oppimisen hyödyllisyyttä laajemmin. Koulutus sisältää myös paljon luokassa opettamista ja oppimista, ja moniin opintojaksoihin liittyvistä laboratoriotöistä huolimatta käytännön tekeminen jää opiskelijoiden mielestä liian vähälle huomiolle.

Oppimisympäristö

Materiaalitekniikan koulutusohjelmassa on alkamassa vuoden 2013 alussa ammatillisten opintojen opetus uudenlaisen Ideasta tuotteeksi - oppimisprosessin ja -ympäristön avulla. Prosessin ideana on koota yhteen ammatillisia opintojaksoja tuotekehitysprosessissa, jossa ideoidaan, suunnitellaan ja valmistetaan ruiskuvalettava tuote ja lopuksi arvioidaan tuotteen ja materiaalin ominaisuuksia sekä työprosesseja. Menetelmän tavoitteena on totuttaa opiskelijoita suurempien osaamiskokonaisuuksien hallintaan ja työelämän todellisiin oppimis- ja työskentely-ympäristöihin ja tapoihin, lisätä TKI-toiminnan ja opetuksen integraatiota ja kehittää tutkivaa ja kehittävää työtötta. Opetushenkilöstölle menetelmä antaa uusia opetusmenetelmiä ja asiantuntemusta ja lisää opiskelijoiden ja opettajien yhteisöllisiä työtapoja.

Oppimisympäristön rakentamiseksi koulutusohjelmaan on hankittu kuvassa 1 esitetty ruiskuvalukone, joka soveltuu muovien lisäksi myös metallien ja keraamien ruiskuvaluun ja näin mahdollistaa myös uusien yhdistelmämaterialien tutkimus- ja kehittämistyön. Metall- ja keraamituotteiden valmistaminen ruiskuvalamalla, ns. jauheruiskuvalu, on Suomessa vähän tunnettu valmistusmenetelmä, ja jauheruiskuvalun osaamisen ja koulutuksen kehittämiseksi ollaan kokoamassa kansallista tutkimus- ja kehittämishanketta menetelmätietoisuuden ja käytön lisäämiseksi. Myös jauheruiskuvalua koskevaa kansainvälistä yhteistyötä ollaan aloittamassa. Jauheruiskuvaluosaamisen kehittyminen koulutusohjelmassa monipuolistaa jatkossa oppimisympäristössä kehitettävät tuotteet, kun myös materiaalitekniset innovaatiot voidaan hyödyntää tuotteissa.

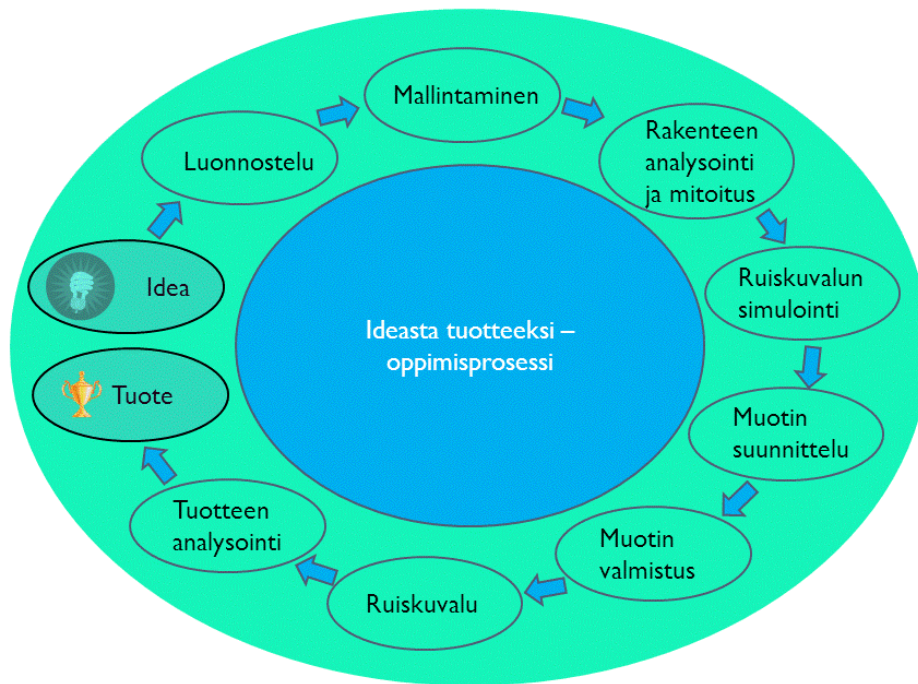


KUVA 1. Ruiskuvalukone Battenfeld HM 65/130 (kuvat Tapio Lepistö)

Materiaalitekniikan insinöörikoulutus koostuu suunnittelukoulutuksesta, materiaalikoulutuksesta ja valmistustekniikan koulutuksesta. Koulutus antaa pätevyyden kone-, laite- ja rakennetekniseen suunnitteluun ja vahvan tietämyksen rakennemateriaaleista, kuten metalleista, polymeereistä, keraameista, komposiiteista ja pinnoitteista. Myös materiaalien lämpö- ja muokkauskäsittelyt sekä vaurioitumismekanismit käsitellään koulutuksessa. Opetuksessa käydään myös läpi tuotteiden yleisimmät valmistusmenetelmät ja syventävänä osiona NC/CAM -tekniikka.

Koulutuksen kehittämisessä ammattiaineiden opintojaksoja sitovaksi teemaksi nähtiin tuotekehitysprosessi idean synnystä valmiiksi tuotteeksi, mikä käsittelee kaikki kolme koulutuksen pääaluetta. Ruiskuvalutekniikka nähtiin sopivaksi tuotteen valmistustekniikaksi monestakin syystä. Ensinnäkin materiaalitekniikassa koulutukseen sisältyy muovien, elastien ja muovikomposiittien opetus sekä peruskursseissa että osaamista syventävissä opintojaksoissa. Ruiskuvalutekniikka pitää myös sisällään muotin suunnittelun ja valmistuksen, jolloin suunnittelutekniikka yleisesti, mutta myös erityisesti työkalusuunnittelua ja työkalun valmistusta käsittelevät ja sivuavat opintojaksot voidaan sisällyttää mukaan oppimisprosessiin. Ruiskuvalutekniikan kehittyminen myös metalli- ja keraamiosien valmistukseen mahdollistaa myös tutkimuksellisia tavoitteita mm. erilaisten komposiittimateriaalien kehittämisen suuntaan ja tuo prosessiin tutkimuksellisen ja kehittävän toiminnan ulottuvuuden. Näin voidaan edistää tutkimuksen ja opetuksen integraatiota. Ruiskuvalutekniikka mahdollistaa myös koko tuotekehitysprosessin toteuttamisen atk-luokkien ja materiaalitekniikan laboratorion laitteistoilla ja ohjelmilla, joten opiskelijat saavat käytännön kokemusta ruiskuvalutuotteen koko kehitys- ja valmistusprosessista.

Ruiskuvalutekniikka toimii opetuksessa esimerkkinä yhdestä tuotteen valmistusprosessista, eikä koulutuksen tavoitteena ole erikoistua erityisesti ruiskuvaluun. Ideasta tuotteeksi -oppimisprosessia voidaan yleisesti soveltaa minkä tahansa tuotteen kehitys- ja valmistusprosessissa, ja opiskelijoiden on kokemuksensa hyödyntäen helpompi toimia yrityksissä suunnittelijoina ja tuotekehittäjinä riippumatta tuotteen valmistuksessa käytettävästä menetelmästä. Kuvassa 2 on havainnollistettu ideasta tuotteeksi -oppimisprosessia esitettynä yksisuuntaisesti vaiheesta toiseen etenevänä prosessina, mutta todellisuudessa voidaan joutua palaamaan edellisiin työvaiheisiin, mikäli esim. tuotteen ruiskuvalun simulointi osoittaa puutteita tuotteen geometriassa tai valittu materiaali ei ole sovelias tuotteen geometrialle ja muotti ei täyty asianmukaisesti.



KUVA 2. Ideaasta tuotteeksi -oppimisprosessi

Ideaasta tuotteeksi -oppimisprosessi aloitetaan heti ensimmäisellä vuosikursilla ja ensimmäisellä lukukaudella osana tekninen piirustus, materiaalitekniikan perusteet, valmistustekniikka ja projektiosaaminen -opintojaksoja. Opiskelijoista kootut ryhmät ideoivat projektissaan kehitettävän tuotteen ja mainittujen opintojaksojen sisältöjä hyödyntäen alkavat hahmotella tuotetta siinä käytettävää materiaalia, keräävät tietoa valmistustekniikasta, kehittävät projektin läpivientiin tarvittavan organisaation, aikatauluttavat toiminnan ja sopivat toimintatavoista ja raportoinnista. Projektiosaamisen opintojaksolla opiskelijat tutustuvat myös yleisesti tekniseen tuotekehitysprosessiin. Ensimmäisen lukukauden tavoitteena projektissa on käsin piirretty malli kehitettävästä tuotteesta ja alustava esitys valmistuksessa käytettävästä materiaalista.

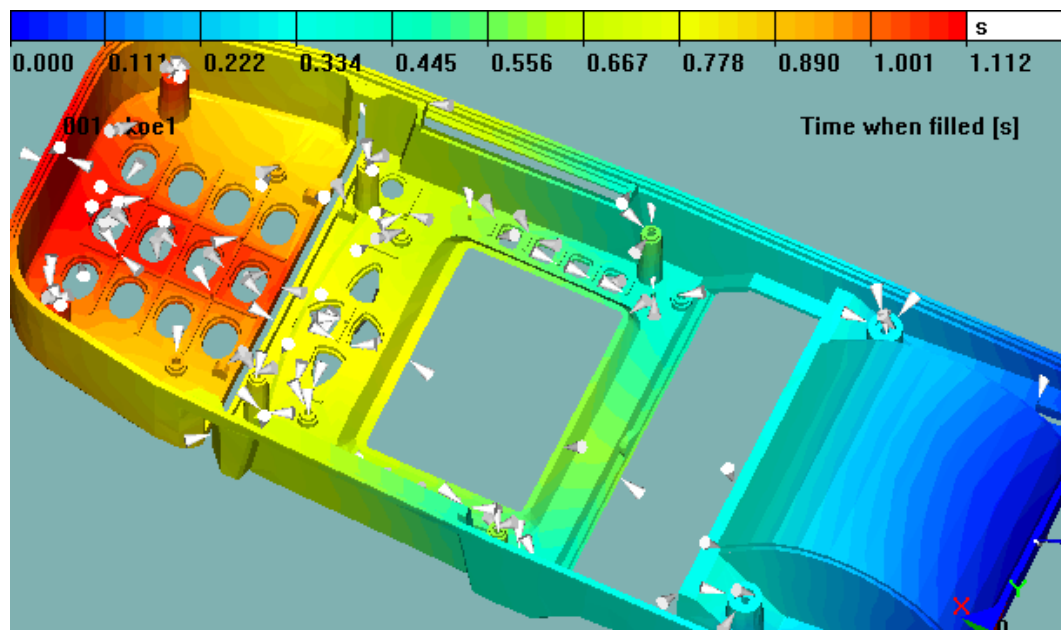
Toisena lukukautena tuotekehitysprosessiin liittyvinä opintojaksoina ovat CAD, statiikka ja dynamiikka sekä materiaalitekniikan sovellukset. Tuotteen mallinnus tehdään nyt tietokoneella ja tuotteen rakennetta analysoidaan statiikan ja dynamiikan opintojen yhteydessä. Materiaalitekniikan sovellukset -opintojaksolla perehdytään mm. materiaalien murtumis-, kulumis- ja korroosiomekanismeihin ja projektin kannalta tässä yhteydessä erityisesti muo-

vien käyttäytymiseen mekaanisten, termisten ja kemiallisten kuormitusten alaisena. Opittavia asioita voidaan hyödyntää muovimateriaalin valinnassa ja tuotteen rakennesuunnittelussa. Ensimmäisen lukuvuoden lopussa opiskelijaryhmillä on esittää kehitettävästä tuotteesta yksityiskohtaiset rakennekuvat ja alustavat rakennetta koskevat tarkastelut.

Toisena opiskeluvuotena ruiskuvalutuotteen kehittäminen keskittyy rakenteelliseen suunnitteluun ja materiaalin valintaan. Toisen vuoden ensimmäisenä lukukautena opiskellaan polymeerikemiaa ja lujuusoppia. Polymeerikemia-opintojaksolla perehdytään syvällisemmin muovimateriaaleihin ja niiden ominaisuuksiin ja ominaisuuksien määrittämiseen, mitä voidaan hyödyntää myös tuotekehitysprosessin loppuvaiheessa valmista tuotetta analysoitaessa. Opintojakson tavoitteena on varmentaa tuotteen materiaalin valintaa. Lujuusopissa opitaan määrittämään tuotteeseen kohdistuvien kuormitusten aiheuttamat muodonmuutokset ja jännitykset ja mitoittamaan tuote näiden perusteella huomioiden kuitenkin myös materiaalitekniikan sovelluksissa opitut asiat muovien virumisesta. Toisena lukukautena opiskellaan komposiittimateriaaleja ja siinä yhteydessä tutustutaan mm. muoveissa käytettäviin täyteaineisiin ja lujitteiden käyttömahdollisuuksiin ruiskuvalettavissa tuotteissa. Näitä tietoja hyödyntäen toisen opiskeluvuoden lopussa ryhmällä on esittää tuotteesta yksilöity suunnitelma sen geometriasta, materiaalista ja mitoituksista.

Kolmantena opiskeluvuotena keskitytään muovien ruiskuvaluun, muotin suunnitteluun ja muotin valmistukseen sekä ruiskuvaletaan projektissa suunniteltu tuote. Kolmantena opiskeluvuotena opiskellaan suunnittelutekniikkaa, materiaalisuunnittelua, CN/CAM-tekniikkaa ja ruiskuvalutekniikkaa. Suunnittelutekniikan opintojaksolla tutkitaan tuotteen valmistukseen tarvittavan muottipesän täyttymistä numeerisen simuloinnin ohjelmilla kuvan 3 mukaisesti. Simulointien tarkoituksena on havaita muotin täyttymiseen mahdollisesti liittyvät ongelmat ja virheiden, kuten vääntymien ja kutistumien, muodostuminen ruiskuvalettavaan tuotteeseen. Myös ruiskuvalun prosessiparametrien säätöä voidaan simuloida. Suunnittelutekniikan opintojak-

solla opetellaan myös ruiskuvalumuotin suunnittelua. Ruiskuvalussa käytetään kasettimuottijärjestelmää, joten muotin suunnittelu käsittää ainoastaan muottilevyjen suunnittelun.



KUVA 3. Ruiskuvalun simulointi

Materiaalisuunnittelun opintojaksolla tehdään materiaalin lopullinen valinta määrittämällä tuotteen vaatimusprofiili ja materiaalin ominaisuusprofiili. Valinta tehdään tietokoneavusteisesti CES-ohjelmalla. Kun muottilevyt on suunniteltu ja muotin toimivuus on varmistettu simulointiohjelmalla, muutetaan CAD-mallin geometriatieto työstöradoiksi ja työstöradat postprosessoidaan NC-ohjelmaksi työstökoneen ohjauksen tarvitsemaan muotoon NC/CAM-opintojaksolla. Tämän jälkeen muottilevyt jyrsitään materiaalitekniikan laboratorion 5-akselisella NC-jyrsinkoneella, kuva 4.

Ruiskuvalutekniikan opintojaksolla käsitellään mm. ruiskuvalettavia kesto-
muoveja, ruiskuvaluprosessia, ruiskuvalukoneen prosessiparametrien säätöä ja ruiskuvaletun tuotteen tyypillisiä virheitä. Kun tuotteen valmistuksessa tarvittava muotti on saatu valmiiksi, projektissa suunniteltu tuote ruiskuvaletaan. Valmiin tuotteen rakenne ja materiaali analysoidaan ja tulokset raportoidaan. Myös kolmivuotinen oppimisprosessi ruiskuvalutuotteen kehittämiseksi analysoidaan ja toimintaa reflektoidaan.



KUVA 4. Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratorion NC-jyrsinkone (kuva Tapio Lepistö)

Tulokset

Ideasta tuotteeksi -oppimisprosessi otetaan koulutuksessa käyttöön tammi-kuussa 2013 opintonsa aloittavalla ryhmällä, joten tuloksia ja kokemuksia käytännön toteutuksesta ei tässä vaiheessa ole vielä käytettävissä. Vuonna 2012 käyttöön otetussa uudessa opetussuunnitelmassa on huomioitu ideasta tuotteeksi -oppimisympäristön edellyttämät muutokset opintojaksoihin, niiden sisältöihin ja ajoitukseen. Tuleva vuosi tulee näyttämään, miten koulutuksen suunnittelussa on onnistuttu.

Johtopäätökset

Materiaalitekniikan koulutusohjelman kehittämä ideasta tuotteeksi -oppimisympäristö kokoaa opiskeltavat asiat yhtenäiseksi kokonaisuudeksi työelämläheisiä oppimismalleja käyttäen. Toiminnassa korostuvat myös tutkiva ja kehittävä työote ja vastuu omasta tekemisestä ja toiminnan eri vaiheissa syntyvistä tuotoksista. Oppiminen on myös yhteisöllistä ja murtaa perinteisiä käsityksiä opettajan ja opiskelijoiden rooleista oppimisprosessissa. Käytännön toteutus tulee näyttämään prosessin toimivuuden ja mahdolliset

muutostarpeet. Uusi oppimisprosessi ja -ympäristö ovat periaatteeltaan suoraan siirrettävissä mihin tahansa ammatilliseen koulutukseen.

LÄHTEET

Ammattikorkeakoulutuksen työelämälähtöisyyden kehittäminen, Valtiontalouden tarkastusviraston tuloksellisuustarkastuskertomukset 188/2009, ISBN 978-952-499-095-0, Edita Prima Oy, Helsinki 2009, 65 s. +liitteet.

Mikkelin ammattikorkeakoulun kehittämissuunnitelma 2010 - 2015, 15 s.

Mikkelin ammattikorkeakoulu pedagoginen strategia 2008 - 2012, 18 s.

MATERIAALILÄHTÖINEN INNOVOINTI JA MATERIAALIKIRJASTOT

Timo Aavakallio ja Hannu Turunen

Vuosituhanen vaihteessa on perustettu ensimmäiset laajempaa huomiota saaneet materiaalikirjastot ja materiaalitietokannat. Näitä palveluja ovat perinteisesti hyödyntäneet yritykset sekä oppi- ja tutkimuslaitokset. Vuosina 2010 - 2012 on Mikkelin ammattikorkeakoulussa selvitetty materiaalilähtöistä innovointia, tuotekehitystoimintaa ja materiaalikirjastojen toimintamalleja. Tyypilliset materiaalikirjastot Suomessa toimivat pienimuotoisesti esimerkiksi oppilaitosten yhteydessä. Laajemmin ja monipuolisesti toimivia materiaalikirjastoja ei Suomessa ole.

Vuonna 2011 pilotoitiin MAMK:n TKI-toimijoiden, opettajien, opiskelijoiden ja OR Group Oy:n yhteistyöprojektina materiaalilähtöistä innovointia. Kaikkien osapuolten näkökulmasta tulokset olivat positiivisia ja kehittäviä. Pilotoinnin yhteydessä suunniteltiin ja toteutettiin pienoisanäyttely, järjestettiin materiaalipäivä sekä innovointisessio. Toimintamallia on tarkoitus kehittää Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulun yhteistyönä. Tämän artikkelin pääasiallisena lähteenä on diplomi-insinööri Hannu Turusen Tampereen teknillisessä yliopistossa tekemä diplomityö.

Mitä ovat materiaalikirjastot

Materiaalikirjasto voi toimia kuten kirjojakin lainaava tavanomainen kirjasto. Fyysiset materiaalinäytteet ja materiaalitiedot ovat kirjastossa nähtävissä ja lainattavissa. Usein materiaalikirjastojen toimintaan liittyy myös tietokantapalvelut, jolloin asiakas voi itse etsiä verkon kautta käyttötarpeeseensa sopivia materiaalivaihtoehtoja. Materiaalikirjastojen asiakkaina ovat esimerkiksi suunnittelijat, yritykset, tutkijat ja oppilaitokset. Asiakkaat voivat myös esittää kehittämiään materiaaleja kirjastojen kokoelmiin.

Materiaalikirjastojen toiminta on saanut alkunsa kun, Material ConneXion perustettiin vuonna 1997. Nykyään materiaalikirjastoja on useita ja toimipaikkoja on ympäri maailmaa. Suomessa fyysisiä materiaalikirjastopalveluja tarjoavat Ammattikorkeakoulut Centria ja Savonia (Kuopion muotoiluakatemia). Näiden lisäksi esimerkiksi Sto Finexter Oy tarjoaa suunnittelu- ja materiaalikirjastopalveluita. Aktiiviseen innovaatiotoimintaan ja tiedonvälityk-

seen tähtäviä materiaalikirjastoja ei kuitenkaan tiettävästi Suomessa ole. Seuraavissa kohdissa on esitelty lyhyesti neljän eri materiaalikirjaston toimintaa. (Turunen 2012.)

Material ConneXion

Material ConneXion on konsultointiyritys, jossa työskentelee usean alan ammattilaisia. Toiminnan tarkoituksena on lähentää kulttuurin ja tekniikan toimialoja keskenään sekä luoda käytännönläheisiä materiaalien valmistusmenetelmiä. Material ConneXion esittäytyy johtavaksi ympäristöystävällisten materiaalien, materiaaliratkaisujen ja innovaatioiden parissa toimivaksi yritykseksi. Material ConneXion tarjoaa konsultointi- ja materiaalikirjastopalveluita.

Material ConneXionin perusti George M. Beylerian vuonna 1997. Tarkoituksena oli luoda palvelu, joka tarjoaisi luoville ammattilaisille mahdollisuuden tutkia materiaaleja ja tarjota mahdollisuuden rakennetun ympäristön tulevaisuuden suunnitteluun. Kuluvien vuosien saatossa yrityksen toiminta laajeni kattamaan seuraavat kaupungit: Milano (2002), Köln ja Bangkok (2005), Daegu (2008), Istanbul, Peking ja Soul (2011). Vuonna 2011 Material ConneXionin osti Sandow Media.

Material ConneXionin kirjastoissa on yli 6500 materiaalinäytettä, mukaan lukien maailman suurin kokoelma kestävän kehityksen periaatteiden mukaisia materiaaleja sekä kehdestä kehtoon -materiaaleja. Kirjastojen valikoima kasvaa 50 - 60 materiaalilla kuukaudessa. (Material ConneXion 2011.)

Innovathèque (The Innovathèque of the FCBA)

FCBA on ranskalainen teknologiainstituutti, jossa tutkitaan metsä-, selluloosa-, puurakennus- ja kalusteteollisuutta sekä niiden tuotteita. VIA on ranskalaisen muotoilun arvostusta kehittävä ja etua ajava organisaatio. Innovathèque on FCBA:n ja VIA:n kehittämien innovatiivisten materiaalien materi-

aalikirjasto ja tutkimuskeskus. Innovathèque perustettiin vastaamaan teollisuuden ammattilaisten tarpeita. Sen on tarkoitus toimia keskustelualustana luovien ammattilaisten, ja materiaaleja valmistavien ja niitä markkinoivien yritysten välillä.

Materiaalikirjasto sijaitsee Pariisin keskustassa. Siellä on esillä yli 2000 näytettä. Lisäksi Innovathèque tarjoaa palveluita innovoinnin edistämiseen:

- Tiettyyn teemaan perustuvan tapahtuman järjestäminen
- Neljä kertaa vuodessa ilmestyvä ”The Innovation letter” nettilehti
- ”Material Sheets” esitteet innovatiivisimmista materiaaleista (Innovathèque 2011).

Materia - Today’s inspirations is tomorrow’s innovation

Materia tähtää toiminnallaan ”rakentamaan tulevaisuuden visioita luovien ammattilaisten kanssa”. Sen tarkoituksena on stimuloida ja inspiroida arkkitehtejä, suunnittelijoita ja tuotteiden valmistajia.

Materia tiedottaa innovatiivisista materiaaleista, niiden käyttökohteista sekä arkkitehtuurin ja suunnittelun trendeistä uutissähkein, julkaisuin, esitysten ja näyttelyiden avulla. Materiaalikirjastopalveluiden lisäksi Materia tarjoaa konsultointi-palveluita. Materia järjestää vuosittain kansainvälisen Material Xperience tapahtuman. Tapahtuma pidetään Material Inspiration Centressä Amsterdamissa. Samaisessa rakennuksessa sijaitsee Materian materiaalikirjasto. Materian tietopankin käyttö on maksutonta. (Materia 2011.)

M@tériO

MatériO on vuonna 2001 perustettu yksityinen verkosto, joka seuraa materiaalitekniisiä innovaatioita sekä uusia tekniikoita. MatériO tarjoaa tuhansien materiaalien fyysisen kirjaston, verkkotietopankin sekä joukon ammattilaisia ympäri Eurooppaa. MatériOlla on toimitilat Antwerpenissa Belgiassa, Pariisissa Ranskassa sekä Prahassa Tšekissä. Toimitilojen sijoittelulla on haluttu

lisätä mahdollisuuksia teknologisen kanssakäymisen kasvattamiseksi eri ta-
lousalueiden välillä.

Toiminnassaan MateriO omistautuu materiaalien parissa työskentelevien
ammattilaisten palvelemiseen; arkkitehdit, suunnittelijat, insinöörit, markki-
nointi- ja kehitystiimit, teknologiakeskukset sekä yliopistot. (Materio 2011.)

Materiaalilähtöisen innovoinnin pilotointi Mikkelissä

Erilaisia materiaaleihin liittyviä tai aihetta sivuavia hankkeita ja toimintoja on
suunniteltu Mikkelin Ammattikorkeakoululla vuodesta 2007 lähtien. Näiden
toimien tuloksena Mikkelissä järjestettiin vuonna 2009 Ranskalaisen FCBA
Innovathequen kaksi materiaalinäyttelyä, Growing Materials ja Chaméléon,
yhteistyössä norjalaisen suunnittelutoimisto Transplantin kanssa (kuva 1).
Näyttelyiden keräämän positiivisen palautteen innoittamana kiinnostus ver-
kostotoiminnan lisäämiseen kasvoi. Tavoitteena oli aloittaa Nordic Materials
-hanke aiheeseen liittyen. Nordic Materials -hankkeen pilottijakso aloitettiin
huhtikuussa 2011. Pilottijakson tarkoituksena oli kokeilla toimintaa käytän-
nössä. Tavoitteena olisi saada alueella toimiva monialainen yritys kiinnostu-
maan verkostopalveluiden kokeilemisesta (Turunen 2012).

Pilottiyritykseksi ryhtyi Olavi Räsänen Group, joka on tehnyt myös aikai-
semmin yhteistyötä MAMKin kanssa. Olavi Räsänen Group valmistaa muun
muassa massiivipuuparketteja, vanerisia pakkauksia sekä kaiuttimia. Pilotti-
jakson jälkeen yritykseltä kerättiin rakentavaa palautetta palveluiden toimi-
vuudesta ja mahdollisia kehittämisideoita. Pilottijakson pohjalta tarjolla ole-
via palveluita oli tarkoitus muokata vastaamaan suomalaisten asiakkaiden
(organisaatioiden, yritysten ja instituutioiden) tarpeita. Suurimpana haaste-
na pilottijakson onnistumiselle oli toiminnan erilaisuus verrattuna aikaisem-
piin TKI-toimintoihin MAMKissa. (Turunen 2012.)



Kuva 1. Growin materials näyttely Mikkelin ammattikorkeakoulun Mikpolissa vuonna 2009 (kuva Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy)

Huhtikuussa 2011 MAMKin materiaalitekniikan laitokselle palkattiin insinööri Hannu Turunen tekemään diplomityötä materiaali-innovoinnista ja verkostohankkeesta. Kevään ja kesän 2011 aikana kerättiin tietoa verkostotoimintojen käynnistämisen mahdollisuuksista Etelä-Savossa, erityisesti Mikkelissä. Tämä tarkoitti muun muassa jo mahdollisesti olemassa olevien kilpailevien palveluiden selvittämistä, pilottiyrityksen sekä nykyisten ja uusien mahdollisten yhteistyökumppaneiden, kuten Kymenlaakson ammattikorkeakoulun ja Miktech Oy:n mielenkiintoa Nordic Materials -toimintoja kohtaan. Pilottijakson edetessä yhteistyöyritysten kanssa käytiin keskustelua mahdollisesta hankkeesta ja siihen liittyvistä toiminnoista. Yhteistyöyritysten kanssa käydyistä epävirallisista keskusteluista kävi ilmi yritysten kiinnostus erityisesti materiaalikirjastoa kohtaan (Turunen 2012).

MAMK tarjoaa opiskelijoille mahdollisuutta suorittaa opintojen ohessa projektiopintoja. Projektiopinnot ovat yritysmaailmaan tehtäviä selkeitä kokonaisuuksia, esimerkiksi jokin TKI-palvelu. Pilottijakso katsottiin sopivaksi projektiopintoihin soveltuvaksi kokonaisuudeksi, ja MAMKin opiskelijoille päätettiin tarjota projektiopintomahdollisuutta. Toiminta herätti opiskelijoissa mielenkiintoa, ja neljästä teollisen muotoilun opiskelijasta ja yhdestä materiaalitekniikan opiskelijasta perustettiin projektiryhmä. Projektiryhmä teki pilottijakson aikana erialaisia toimintaa tukevia töitä, kuten teollista muotoi-

lua (Material Spot / materiaalinäytteiden pienoisnäyttely) ja graafista suunnittelua (materiaalipäivän kutsut ja visuaalisen ulkonäön suunnittelua). Vaikka pilottijakso ei edennyt aikataulusuunnitelman mukaan, eivät viivästykset vaikuttaneet opiskelijoiden projektiopintojen etenemiseen. Projektiopinnot etenivät opetussuunnitelman mukaisesti. Kaksi teollisen muotoilun opiskelijaa, Jenna Avikainen ja Jesse Talsi, suorittivat opintoihin kuuluvaa pakollista harjoittelua pilottijakson aikana projektiopintojensa lisäksi (Turunen 2012).

Materiaalipäivä Mikkelissä

Syyskuun 28. päivänä vuonna 2011 järjestettiin MAMKissa Mikpolin auditoriossa materiaalipäivä. Materiaalipäivään osallistui henkilökuntaa MAMKista, Transplantista, Olavi Räsänen OY:sta, KyAmkista sekä MAMKin teollisen muotoilun ja materiaalitekniikan opiskelijoita. Materiaalipäivä koostui kaikille kutsutuille avoimesta aamupäivän luennoista sekä iltapäivän workshopista. Aamupäivään kutsuttiin henkilöitä Olavi Räsäseltä, MAMKista, Miktechistä, KyAmkista, Mikkelin kaupungilta, ELY-keskukselta. Iltapäivän Workshop oli avoin vain Olavi Räsäsen henkilökunnalle (Turunen 2012).

Yhtenä pilottijakson tavoitteena oli järjestää materiaalitapahtuma, jossa käyttäisiin läpi yritykselle tehdyt selvitykset, esiteltäisiin verkostotoimintaa ja pidettäisiin workshop yhdessä yrityksen ja verkoston edustajien kanssa. Aamupäivän tarkoituksena oli tarjota hyödyllistä tietoa ja luoda innovatiivisuuden kannustavaa henkeä läsnä oleviin henkilöihin (kuva 2). Iltapäivän workshopissa oli tarkoitus hyödyntää aamupäivän aikana syntynyttä luovaa henkeä yrityksen toiminnan kehittämiseksi.



KUVA 2. Materiaalitapahtumassa puhumassa Alexander Bau Norjasta (kuva Jyri Tiusanen)

Materiaalipäivän esityksiä ja Materiaali Spotia varten Olavi Räsänen Groupin edustajia pyydettiin valitsemaan kolme heitä kiinnostavaa teemaa. Teemoiksi valikoitui akustiikka, lattiat ja pakkaukset. Teemojen perusteella Transplant koosti Material Update (materiaalipäivitykset), jotka Alexandre Bau esitteli omalla puheenvuorollaan. Transplantin tietoiskuissa esiteltiin temakohtaisesti uusia, innovatiivisia materiaaleja, menetelmiä sekä ajattelutapoja (Turunen 2012).

Aamupäivän aikana Mikkelin ammattikorkeakoulun teollisen muotoilun opiskelijat esittelivät suunnitteleman ja rakentamansa Materiaalispotin. Materiaalispotti on siirreltävä ja kokoon menevä materiaalinäyttelypöytä. Materiaalispotti koostuu 20 sektorista joille näytteet voidaan asettaa. Pakattuna spotti vie tilaa noin 0,8 x 0,8 x 1,3 m, ja kasattuna sen halkaisija on noin 2,3 m (kuva 3). Materiaalispottia varten Alexandre toi mukanaan 20 materiaalinäytettä, Olavi Räsänen Groupin valitsemien teemojen mukaisilta aihealueilta. Alexandren lisäksi materiaalipäivässä puhuivat Timo Aavakallio MAMKista sekä Kai Hannonen Miktechistä (Turunen 2012).



KUVA 3. Jenna Avikainen ja Jesse Talsi kasaamassa materiaalinäyttelypöytää (Materiaalispottia) (kuva Jyri Tiusanen)

Toiminnan jatkosuunnitelmat

Pilotoinnin ja diplomityön pohjalta laadittiin projektisuunnitelma, jonka avulla toimenpiteitä voitaisiin viedä eteenpäin. Mahdollisten rahoittajien kanssa on käyty myös alustavia neuvotteluja. Projekti liittyisi pääasiallisesti ammattikorkeakoulun palvelutoiminnan ja opetustoiminnan kehittämiseen sekä TKI-toiminnan tukemiseen. Mikkelin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulut ovat syksyn 2012 aikana käyneet keskusteluja yhteisen kehittämishankkeen käynnistämiseksi. Hanke keskittyisi materiaalilähtöisen innovointi- ja materiaalikirjastotoiminnan kehittämiseen organisaatioissa.

LÄHTEET

Innovathéqué, The Innovathèque of the FCBA, Materiaalikirjasto [WWW] 2011. http://www.innovathequectba.com/present_whorwe.php?rub=1&srub=1.

Material ConneXion, materiaalikirjasto [WWW] 2011.
<http://www.materialconnexion.com/Home/AboutUs/WhoWeAre/tabid/85/Default.aspx>.
<http://materialconnexion.com/Home/Services/MaterialsLibrary/tabid/89/Default.aspx>.

Materia, materiaalikirjasto, [WWW] 2011. Saatavissa
<http://www.materia.nl/538.0.html>, <http://www.materia.nl/531.0.html>.

Materio, materiaalikirjasto, [WWW] 2011. Saatavissa
<http://www.materio.es/en/us/presentation>, <http://www.materio.es/en>,
<http://www.materio.com/>.

Turunen, H. 2012. Nordic Materials – Verkostotoiminnan aloittaminen ja kehittäminen Suomessa. 56 s. DI-työ.

TUPA - KUITULABORATORION TOIMINTAAN LISÄÄ TEHOA INVESTOINTIPROJEKTILLA

Tapio Tirri

Savonlinnan Kuitulaboratorion tutkimus-, analyysi- ja pilotointifasileetteja parannettiin huomattavasti Etelä-Savon maakuntaliiton rahoittamalla investointihankkeella. Hankkeen ansiosta Kuitulaboratoriolla on nyt standardit täyttävä paperilaboratorio, uutta analytiikkaa ja laboratoriotekniikkaa, uusia kuvantavia mittausmenetelmiä sekä uusi nopeiden sekoitusilmiöiden tutkimiseen soveltuva laborioreaktori.

Hankkeen ansiosta pilot-hallin MC-kierrätysjärjestelmän pumppauskapasiteetti vastaa suuruudeltaan uusimpien sellutehtaiden tuotantokapasiteettia. Siirrettävässä paperikemikaalien sekoitusluupissa voidaan nyt mitata kuvantavalla mittauksella online-periaatteella mm. kuitususpension flokkisuutta. Lisäksi Kuitulaboratoriossa (nyt myös tehdasympäristössä) on ensimmäisenä maailmassa kuvattu ja mitattu online-periaatteella keskisakean massan ja kaasumaisen kemikaalin muodostaman dispersion kuplakokojakauma kemikaalisekoittimessa.

Projektin lähtökohdat ja tavoitteet

Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Lappeenrannan teknillinen yliopiston / LUT Savon Savonlinnan tutkimusyksiköt ovat yhteistyössä alueen kehittämisorganisaatioiden sekä teollisuuden kanssa luoneet Savonlinnaan alueellisesti ja kansallisesti merkittävän kuitu- ja prosessitekniikoiden tutkimus- ja tuotekehitysympäristön – Kuitulaboratorion, joka yleisesti tunnetaan myös FiberLaboratory -nimellä. Tutkimus- ja tuotekehitysympäristö on yksi Etelä-Savon maakunnan kärkihankkeista ja tärkeä osa Kaakkois-Suomen osaamiskeskuksen, KOSKEN Kuitu-erotusprosessit-elinkaari-teeman kehittämistoimintaa sekä osana Uusiutuva metsäteollisuus -osaamisklusteria.

FiberLaboratoryn toiminta pääsi Savonlinnassa varsinaisesti käyntiin maaliskuussa 2006. Toiminta alkoi LUT-vetoisena ja MAMKilla oli Savonlinnassa alusta alkaen sellutekniikan tutkimusryhmä silloisen YTI-tutkimuskeskuksen osana. Vuoden 2011 maaliskuun alusta lähtien analyysilaboratorion ja pilot-

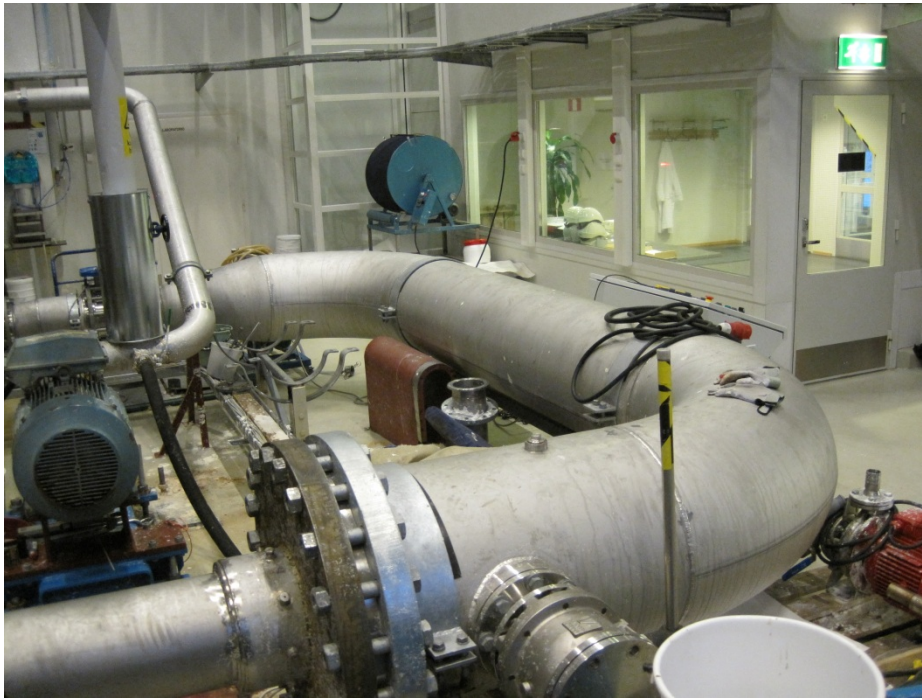
hallin toiminta sekä koko silloinen henkilöstö ja tutkimusprojektit siirtyivät MAMK:n alaisuuteen. Lisäksi Kuitulaboratoriossa toimii tällä hetkellä LUT Savon älykkäiden materiaalien tutkimusryhmä.

Laboratorion tutkimus- ja tuotekehitysverkostossa on käynnistetty ja toteutettu useita merkittäviä kuitu-, sellu- ja paperitekniikan kehityshankkeita, ja yritykset ovat sitoutuneet vahvasti yhteistyöverkostoon. Toiminnan käynnistysvaiheesta on päästy hyvään ja tuloksia tuottavaan alueelliseen ja kansalliseen innovaatioyhteistyöhön.

Alan kilpailukyvyn, työllisyyden ja uusien innovaatioiden tehokas kehittäminen edellyttää myös FiberLaboratoryltä lisäinvestointeja laboratorion toiminnan tehostamiseksi ja tutkittavien prosessialueiden fokusalueiden täydentämiseksi. TUPA-hankkeen tavoitteita olivat mm. Kuitutekniikoiden ja prosessikonseptien tutkimusalueiden vahvistaminen kuidun jauhatuksen ja sellun pesun ja valkaisun yksikköprosesseihin, paperin ja lisäainekemian tutkimusympäristöjen vahvistaminen, FiberLaboratoryn analyysivalmiuksien vahvistaminen sekä laitoksen ympäristötehokkuuden parantaminen.

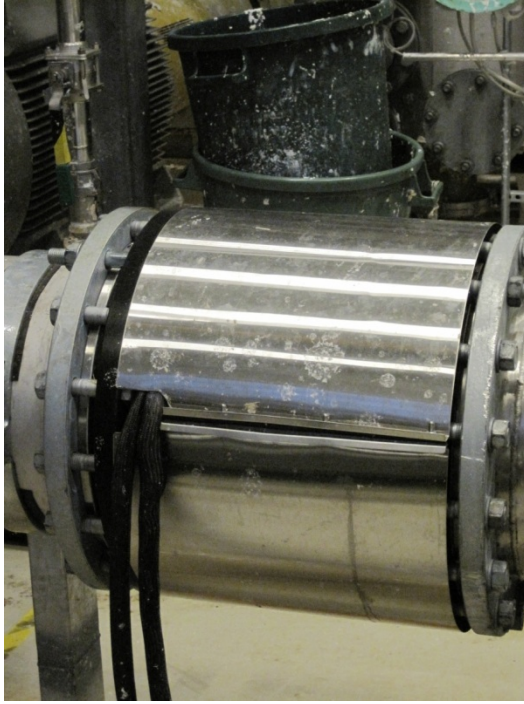
Pilot-hallin kehittäminen

FiberLaboratoryn pilot-hallin laitteet on alun perin suunniteltu palvelemaan sellu- ja paperiteollisuuden laitevalmistajia sekä alan loppukäyttäjiä. Sen vuoksi muuntamon kapasiteetiksi valittiin hieman yli 2 MW:n kokoluokka. Tämä mahdollistaa täysimittaisten tehdaskokoa olevien laitteiden koeajot. Uusien rakennettavien kuitulinjojen kapasiteetit ovat melkein aina suurempia kuin muutamaa vuotta vanhempien laitosten. Tästä syystä TUPA-projektin yksi tavoite oli laajentaa Kuitulaboratorion pilot-hallin keskisakean kuitumassan kierrätysjärjestelmän eli MC-luupin (Medium Consistency) putkistokokoa vastaamaan nykyisiä ja lähitulevaisuuden vaatimuksia. Tällä hetkellä muutoksen jälkeen luupiston putkikoko on 600 mm (kuva 1) ja hetkellinen kapasiteetti on suurempi kuin uusimpien sellutehtaiden kapasiteetit.



KUVA1. FiberLaboratoryn pilot-hallin MC-luupin laajennuksen ansiosta voidaan laitteita testata uusimpien suurten sellutehtaiden tuotantokapasiteeteilla (kuva Tapio Tirri)

FiberLaboratoryn tämän hetken tärkeimpänä tutkimusalueena on nopeiden sekoitusilmiöiden tutkiminen. TUPA-projekti mahdollisti uuden johtokykytomografiaan perustuvan mittausjärjestelmän hankkimisen MC-luuppiin (kuva 2). Tähän asti MC-massan sekoittumista on mitattu putken reunoilta lämpötila-anturien avulla. Tomografia-anturin mittausmittausdatasta saadaan monimutkaista laskentaa käyttämällä muodostettua 3d-kuva anturiputken tilavuuden homogeenisuudesta. Tämä parantaa ja nopeuttaa oleellisesti sekoittimien kehitystyötä.



KUVA 2. MC-luuppiin sijoitettu, putkessa virtaavan massan homogeneisuutta mittaava tomografia-anturi (kuva Tapio Tirri)

Pilot-hallin MC-luuppiin hankittiin myös pH-anturi ja paineantureita parantamaan koeajojen mittausjärjestelyjä. Paperimassojen jauhatustutkimusedellytyksiä parannettiin uudella sellun pilottijauhimella. Koejauhimella voidaan tutkia erilaisten massojen jauhatuskäyttäytymistä ja suorittaa automaattisesti useita jauhatusjaksoja automaattisine näytteenottoineen. Koejauhimella voidaan tehdä myös jauhinkehitystä, sillä teräsegmentit ovat vaihdettavissa kuten tehdasmittakaavan jauhimissakin (kuva 3).



KUVA 3. TUPA-hankkeen rahoituksella hankittu 12 tuuman pilot-levyjauhain (kuva Tapio Tirri)

Kuvantavat mittausjärjestelmät

Nopeiden sekoitusilmiöiden tutkiminen on erittäin haastavaa. Varsinkin ilmiöiden mittaaminen perinteisillä mittausmenetelmillä on vaikeaa. Yksi mahdollisuus näiden ilmiöiden tutkimiseen ja mittaamiseen on käyttää kuvantavia mittausmenetelmiä.

FiberLaboratory on mukana laajassa Tekesin rahoittamassa PulpVision-projektissa, jonka tavoitteena on tutkia ja kehittää konenäkömenetelmiin perustuvia mittausmenetelmiä hyödynnettäväksi pääasiassa massan- ja paperinvalmistuksen märkäosalla sekä näiden prosessien kehittämiseen liittyvässä työssä.

TUPA-projektissa FiberLaboratoryyn hankittiin kuvausjärjestelmä (kamera ja optiikkaa), jonka avulla on ensimmäisenä maailmassa kuvattu koeajon aikana (on line) MC-massaan sekoitetun kaasun kuplakokojakauma tehdasoloissa. Aiheesta on tehty FiberLaboratoryssä jo kolme diplomityötä, joissa kuplako-

kojakauma määritettiin ensin kooreaktorissa ja pienessä kemikaalisekoittimessa. Ensimmäinen tieteellinen artikkeli tästä aiheesta on lähetetty arvioitavaksi.

Projektin rahoituksella hankittiin myös kuvauslaitteisto, jolla voidaan kuvata massavirtauksesta esim. kuitususpension flokkisuutta tai arvioida formaatioita viiraosalla. Kuvausjärjestelmä on liitetty pilottiluupistoon (kuva 4), joka voidaan helposti kuljettaa esim. paperitehtaalle ja liittää paperikoneen massajärjestelmän sivuvirtaan, ja näin voidaan paikan päällä tutkia mm. erilaisten kemikaalien käyttäytymistä aidossa ympäristössä.



KUVA 4. Massan formaatiokuvausjärjestelmä (kuva Petteri Paananen)

Nopeiden sekoitusilmiöiden tutkiminen

FiberLaboratoryn tutkimushankkeissa tarvitaan tietoa nopeista sekoitusilmiöistä ja reaktioista sekä niihin vaikuttavista tekijöistä. Tämänkaltaisten ilmiöiden tutkimuksen avuksi hankittiin laboratorioreaktori, jossa sekoituksen aikaansaamiseksi voidaan käyttää suuria leikkausvoimia (eli reaktorin sekoitusroottorin kierrosluku voidaan nostaa äkillisesti suureksi) (kuva 5). Tällaista koeympäristöä tarvitaan mm. valmistettaessa esim. paperin täyteainetta kiteyttämällä. Reaktio-olosuhteita muuttamalla voidaan vaikuttaa esim. syn-

tyvien kiteiden morfologiaan. Nämä eri kiderakenteet puolestaan antavat paperille erilaisia ominaisuuksia.



KUVA 5. Laboratorioreaktori nopeiden sekoitusilmiöiden tutkimista varten (kuva Tapio Tirri)

Paperilaboratorio

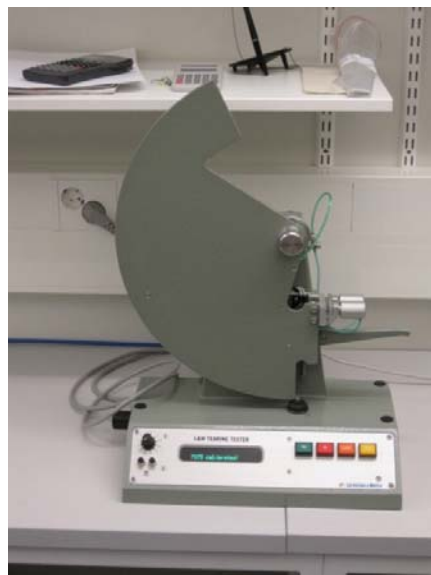
Projektin ainoa itse rakennukseen liittyvä muutos oli paperilaboratorion rakentaminen. Paperilaboratorio rakennettiin kolmannen kerroksen toimistuhuoneesta (kuva 6). Paperista ja paperinvalmistukseen tarkoitettua massasta valmistettujen koearkkien eri ominaisuuksien testaus (erilaiset lujuudet, vaaheus, paksuus jne.) tehdään kansainvälisesti sovitussa standardiolosuhteissa. Tämä sen vuoksi, että koska paperi on hygroskooppinen materiaali, sen em. ominaisuudet muuttuvat, kun ulkopuoliset olosuhteet muuttuvat. Niinpä paperilaboratorioissa kaikkialla vallitsee samat olosuhteet: suhteellinen kosteus $50 \% \pm 2 \%$ ja lämpötila $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Standardiolosuhteissa mitatut paperin ominaisuudet ovat näin vertailukelpoiset keskenään. Aiemmin, kun FiberLaboratoryssa ei ollut vakio-olosuhteita paperin testaukseen, emme voineet vertailla analyysituloksia muualla tutkimuslaitoksissa tehtyihin tuloksiin, ja julkaistaviksi tarkoitetut paperianalyysit oli teetättävä muualla, esim. LUTin paperilaboratoriossa. Nyt FiberLaboratoryn tutkijoilla on mah-

dollisuus julkaista paperiteknologiaan liittyvien tutkimusten tuloksia kansainvälisissä julkaisuissa.



KUVA 6. FiberLaboratoryn uusi paperilaboratorio, jossa on standardin mukaiset olosuhteet; suhteellinen kosteus (RH) $50 \% \pm 2 \%$ ja lämpötila $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (kuva Tapio Tirri)

Paperilaboratorion lisäksi paperin testausta saatiin monipuolistettua paksaus- ja repäisyyluusmittarilla sekä väri- ja vaaleusmittarilla (kuva 7). Aiemmin hankittuina olivat vetolujuus- ja Scott-Bond-mittarit sekä roskalaskentajärjestelmä.



KUVA 7. Paperilaboratorioon hankittiin mm. väri- ja vaaleusmittari (vas.) sekä repäisylujuusmittari (oik.) (kuva Tapio Tirri)

Analyysilaboratorion kehittäminen

TUPA-projektin rahoituksella parannettiin analyysilaboratorion toimintaedellytyksiä. Uusia analyysilaitteita rakeisen materiaalin, esim. täyteaineen, rae-koon mittaamiseen ovat märkäseulontaominaisuuden omaava seulakone ja -sarja sekä partikkelikokoanalysointilaite (kuva 8).



KUVA 8. FiberLaboratoryyn hankittu partikkelikokoanalysointilaite (kuva Tapio Tirri)

Jauhemaisen materiaalin ominaispinta-alan määrittämiseen hankittiin kaasua absorptioon perustuva Bet-analysaattori (kuva 9). Ominaispinta-ala korreloi myös materiaalin reagoon kanssa. Tätä ominaisuutta voidaan jossakin määrin hyödyntää erittäin pienten, ns. nanokokoa olevien partikkelien koon määrittämisessä. Nanopartikkelitutkimusta tehdään erittäin laajalti ympäri maailmaa, ja nanopartikkelisovellutukset ovat lisääntyneet räjähdysmäisesti. Nanopartikkelien koon mittaaminen on kuitenkin vaikeaa, sillä nykyisin käytössä olevien partikkelikokoanalysointilaitteiden erotuskyky ei riitä pienimpien partikkelien havaitsemiseen.



KUVA 9. Bet-analysaattori jauhemaisen tai huokoisen materiaalin ominaispinta-alan määrittämistä varten (kuva Tapio Tirri)

Yksi FiberLaboratoryn tutkimusalueista on jätevesien ja erilaisten biojalostamoprosessien tutkimus. Näissä molemmissa ratkaiseva yksikköprosessi on veden poistaminen biomassasta. Tämän tutkimuksen edistämiseksi TUPA-projektissa hankittiin laboratorioon lietepuristin, jonka avulla voidaan määrittää erilaisten lietteiden vedenpoisto-ominaisuudet. Biolietteiden vedenpoistoon ja kuivaamiseen kulutetun energian minimointi on yksi suurimmista tulevaisuuden biotuoteteollisuuden haasteista.

Analyysilaboratorion toiminnan tehostamiseen liittyviä hankintoja oli uuden aikaisen laboratorioastianpesukoneen, vaakojen, pikakuivaajien, johtokyky- ja pH-mittarin hankinta. Laboratorioon hankittiin vanhan epäkuntoisen lämpökaapin tilalle kaksi erillistä lämpökaappia (kuva 10). Lämpökaappien käyttöaste FiberLaboratoryn analyysilaboratoriossa on erittäin korkea, sillä lähes kaikkiin täällä tehtäviin analyysihin liittyy kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen. Kahden lämpökaapin etuna on, että loppuvaiheessa oleva kuiva-aineen määrittäminen ei häiriinny siksi, että suuri määrä uutta kosteaa materiaalia lisätään samaan lämpökaappiin.



KUVA 10. TUPA-hankkeen ansiosta analyysilaboratorioon saatiin uudet lämpökaapit (kuva Tapio Tirri)

TUPA-projektin hankintojen ansiosta FiberLaboratoryn tutkimus- ja toimintaedellytykset ovat parantuneet oleellisesti. FiberLaboratoryn asiakkaana oleva perinteinen paperi- ja selluteollisuus sekä laitetoimittajat ovat yhä kiristävämmässä kilpailutilanteessa uusista tilauksista. Tilanne vaatii entistä luotettavampien takuuarvojen täyttymistä ja uuden teknologian toiminnan osoittamista. Lisäksi vaaditaan uusia innovaatioita, joilla kustannussäästöjä voidaan saavuttaa. Näiden innovaatioiden testaaminen ja mittaaminen luotettavasti vaativat alati kehittyvän teknologian hyödyntämistä.

Analyysilaboratorion ja pilot-hallin käyttöaste on noussut ja toiminnan edelleen parantamiseksi ja kyetäksemme vastaamaan asiakkaittemme tarpeisiin suunnittelemme jo uutta investointiprojektia, sillä mittaus- ja analyysimenetelmät kehittyvät vauhdilla koko ajan ja uusien innovatiivisten mm. bioraaka-ainetta käyttävien prosessien ja laitteiden kehitystyö vaatii jatkuvasti uutta testausta ja uusia pilotointikokeita.

Julkaisusarjat:

A Tutkimuksia ja raportteja | Research Reports

B Artikkeleita, opinnäytetöitä, tiedotteita | Articles, Bachelor's or Masters Thesis, Bulletins

C Oppimateriaalia | Study Material

④ Vapaamuotoisia julkaisuja | Free-form Publications



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

Myynti:

Patteristonkatu 2, 50100 Mikkeli, PL 181, 50101 Mikkeli

Puh. 040 868 6450

julkaisut@mamk.fi

④ Vapaamuotoisia julkaisuja | Free-form Publications | 15

ISBN 978-951-588-356-8 (nid.)

ISBN 978-951-588-357-5 (PDF)

ISSN 1458-7629

YKL 60; 50.1; 67.5

UDK 620; 504; 630