



Teknologiätiedolla tuottavuutta

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiätiedon tulkkeina pk-yrityksille

toim. Mirka Leino

Teknologiatiedolla tuottavuutta

**Ammattikorkeakoulut kansainvälisen
teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille**

toim. Mirka Leino

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Pori
2014

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sarja B, Raportit 11/2014
ISSN 1457-0696 (painettu)
ISBN 978-951-633-133-4
ISSN 2323-8356 (verkkajulkaisu)
ISBN 978-951-633-134-1

Copyright Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät

Julkaisija:
Satakunnan ammattikorkeakoulu
PL 520, 28601 Pori
www.samk.fi

Copyright: Satakunnan ammattikorkeakoulu ja tekijät
Graafinen suunnittelu ja taitto: Heidi Valtonen, Vida Design Oy

Paperit: Kansi Multioffset 300 g, sisus / Multioffset 120 g
Paino: AllOne Print Oy / Plusprint palvelut, Ulvila

Sisältö

Esipuhe	5
Ammattikorkeakoulut – teknologiatiedonsiirron ammattilaisia	6
Patenttitiedonhaku.....	17
Konenäkötekniikan kustannustehokas hyödyntäminen	21
Valaistus – ratkaiseva osa konenäköjärjestelmää	25
Konenäkö tuotteiden yksilöllisessä tunnistamisessa	33
3D-kuvauksella lisää mahdollisuuksia laadunvalvontaan.....	39
Konenäkökirjastojen keskinäinen vertailu.....	47
Konenäön hyödyntäminen liikelaitteiden käytössä	52
Ohjelmoitavan elektroniikan soveltaminen savunhallintajärjestelmissä.....	63
Kevyt langaton lähiverkkotekniikka – Connecting objects.....	69
Siiplikarjan lannan hyödyntäminen lämmöntuotannossa	77
Biodieselin tuotanto ja raaka-ainepohja Brasiliassa	82
Mönkijän peräkärryn automaatioselektio.....	90
OPC UA vaatimien automaatioselektiin.....	97
Elintarviketeollisuuden sivuvirrat	105

Esipuhe

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille – AMK KV/TechTrans -projekti toteutettiin Satakunnan, Seinäjoen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen tiiviissä yhteistyössä 1.4.2011–30.9.2014. Satakunnan ammattikorkeakoulu koordinoi projektia; Seinäjoen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulut toimivat osatoteuttajina. Satakuntaliitto myönsi projektille rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta. Projektissa kehitettiin, testattiin ja mallinnettiin kolmen ammattikorkeakoulun muodostaman laaja-alaisen asiantuntijajoukon mahdollisuuksia toimia osana kansainvälisen teknologiatiedonsiirron prosessia, jossa uusia teknologiatietoja haetaan, suodatetaan ja tulkitaan helposti ymmärrettävään muotoon sekä siirretään pk-yritysten käyttöön. Yrityksissä tehtyjen haastattelujen perusteella projektin tiedonhaun aiheiksi nousivat automaatioon, bioenergiaan sekä elintarviketeollisuuden koneisiin ja laitteisiin liittyvät kokonaisuudet.

Projektin julkinen loppuraportti on koottu nyt luettavanasi olevaksi artikkelikokoelmaksi. Ensimmäinen artikkeli kertoo projektin toteutuksesta ja projektissa kehitetystä kansainvälisen teknologiatiedonsiirron mallista. Sitä seuraavat projektin aikaisen tiedonhaun tuloksista kertovat monipuoliset teknologia-artikkelit. Niihin on koottu pääkohdat projektissa tehdystä tiedonhausta ja huomioista.

Projektin monipuolisuudesta ja luonnikkaasta yhteistyöstä kiitos kuuluu niin projektiryhmän aktiivisille asiantuntijoille kuin projektiin osallistuneiden yritysten edustajillekin. Projektin alussa tunnistettuihin tiedontarpeisiin löytyi paljon vastauksia, mutta niiden lisäksi tiedonhaku on rönseyllä laajasti aihealueiden sisällä ja uutta teknologiatietoa on tulkittu hyvin erilaisissa kohteissa hyödynnettäväksi. Kiitokset myös rahoittajalle merkittävästä avusta ja aktiivisesta osallistumisesta projektin läpi viemiseen.

Kiitokset kaikille tämän projektin loppuraportin artikkelien kirjoittajille. Ahkeruutenne vuoksi projektin tuloksia voidaan jakaa suurelle yleisölle. Kiitos myös SAMKin viestintään Anne Sankarille kaikesta ohjauksesta ja rakentavista kommentteista artikkeleihin.

Porissa 16.7.2014

Mirka Leino
Projektipäällikkö, loppuraportin toimittaja

Ammattikorkeakoulut – teknologiatiedonsiirron ammattilaisia

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu
 Katajisto Kati, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
 Palomäki Juha, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
 Sauranen Tapani, Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Taustaa

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille – AMK KVTechTrans -projekti on toteutettu Satakunnan, Seinäjoen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen tiiviissä yhteistyössä 1.4.2011–30.9.2014. Satakuntaliitto myönsi projektille rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta. Projektin taustalla olivat huomiot siitä, miten erityisesti pk-yrityksissä uusimman teknologiatiedon hakuun ja hyödyntämiseen ei useinkaan ole riittäviä resursseja tai tarvittavaa taustaosaamista. Ammattikorkeakouluista (AMK) taas löytyy teknologiaosaamista monipuolisesti eri alueilta ja samalla ammattikorkeakoulujen opettajilla ja muilla asiantuntijoilla on myös kyky suodattaa ja tulkata teknologiatietoa sellaiseen muotoon, että pk-yritykset voivat hyödyntää tietoa omassa toiminnassaan. Tämän pohjalta projektin tavoitteeksi asetettiin ammattikorkeakoulujen ja alueen yritysten yhteiseen toimintaympäristöön sopivan kansainvälisen teknologiatiedonsiirron toimintamallin kehittäminen.

Projektin tavoitteet

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa testattiin kolmen ammattikorkeakoulun muodostaman laaja-alaisen asiantuntijajoukon mahdollisuuksia toimia osana kansainvälisen teknologiatiedonsiirron prosessia, jossa uusinta teknologiatietoa haetaan, suodatetaan ja tulkitaan helposti ymmärrettävään muotoon sekä siirretään pk-yritysten käyttöön. Kehittämällä toimintamallia kolmen eri ammattikorkeakoulun näkökulmasta voitiin varmistaa sen toimivuus ja yleiskäyttöisyys. Näin malli on projektin jälkeen juurrutettavissa osaksi mukana olleiden ammattikorkeakoulujen toimintaan ja vastavasti monistettavissa muihinkin ammattikorkeakouluihin.

Projektille asetettiin useita projektin aikaisia sekä pitkän aikavälin kehitystavoitteita. Pitkällä aikavälillä sel-laisella toimintamallilla, joka sopii erityisesti ammattikorkeakouluille, parannetaan AMKien ja pk-yritysten uusimman teknologiatiedon tuntemusta ja näin vahvistetaan niiden toimintaedellytyksiä. Samalla yrityksille avautuu uusi tiedonhakukanava paikallisen ammattikorkeakoulun kautta. Kun ammattikorkeakoulun asiantuntijat toimivat teknologiatiedon hakijoina, tulkkajina ja suodattajina, kasvattavat he samalla omaa osaamistaan. Näin varmistetaan myös AMK-koulutuksen sekä valmistuvien opiskelijoiden osaamisen ajanmukaisuutta. Teknologiatiedonhaun vuoropuhelu vahvistaa yritysten ja ammattikorkeakoulujen yhteistyösuhteita. Laaja, kansainväliseen tiedonhakuun keskittyvä, projekti palvelee myös AMKien kansainvälistymistä sekä sen sitomista aluevaikutustyöhön ja sitä kautta pk-yritysten kansainvälistymistavoitteisiin.

Projektinaikaisiksi tulostavoitteiksi asetettiin:

1. Erityisesti ammattikorkeakouluille sopivan hyvän teknologiatiedonsiirron toimintamallin kehittäminen ja juurruttaminen mukana oleviin ammattikorkeakouluihin.
2. Ammattikorkeakoulujen ja pk-yritysten osaamisen kasvattaminen sekä uusimman kansainvälisen teknologiatiedon hallinnan ja -haun kehittäminen.
3. Sellaisen ylimatekennallisen kolmen ammattikorkeakoulun monialaisen asiantuntijayhteistyön toimintamallin muodostaminen, jolla eri alojen asiantuntijat yhdessä suodattavat ja tulkitsevat yritysten teknologiatiedontarpeisiin mahdollisimman kattavat vastaukset.

Projektin toteutus

Koko projektin toteutus perustui siihen, että yrityksillä oli mahdollisuus hyödyntää ammattikorkeakoulujen tiedonhaun osaamista sekä kansainvälisiä yhteyksiä. Yritykset pääsivät vaikuttamaan tiedonhaun aiheisiin sekä hyödyntämään tietoa juuri oman yritystoiminnan kehittämiseksi. Haetut teknologiatiedot räätälöitiin vastauksiksi yrityksiltä tulleisiin kysymyksiin. Yrityksissä tehtyjen haastattelujen perusteella tehtiin tiedonhakuosuunnitelma, joka sisälsi kolmen aihealueen tiedonhaun. Aihealueet olivat automaatio, bioenergia sekä elintarviketeollisuuden koneet ja laitteet.

Automaatitiedonhaku rajattiin koskemaan kenttäväyliä, konenäköä ja tiedonkeruuta automaatiojärjestelmissä. Projektin alussa suunnitellut bioenergian tiedonhaun rajaukset olivat eteläeurooppalaiset biopolttoaineet, suomalaisen bioenergiaosaamisen soveltuvuus Etelä-Amerikan olosuhteisiin sekä etäluettavat lämpöenergian mittausjärjestelmät. Yritysten kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen tiedonhaun kohteiksi valikoituivat kuitenkin biodieselin tuotanto ja jalostus sekä siipikarjan lannan käyttö lämmöntuotannossa. Elintarviketeollisuuden koneet ja laitteet -tiedonhaku rajattiin vaikeasti hyödynnettävän energian hyötykäyttöön sekä konenäön hyödyntämiseen elintarviketeollisuuden laadunvarmennuksessa ja tuotetunnistuksessa. Projektin edetessä vaikeasti hyödynnettävän energian hyötykäytön aihe vaihtui elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksien selvittämiseen. Tiedonhaun edetessä yritysten kanssa käytiin keskusteluita projektin etenemisestä ja tiedonlevityksen toteuttamismuodoista.

Tiedonhaku

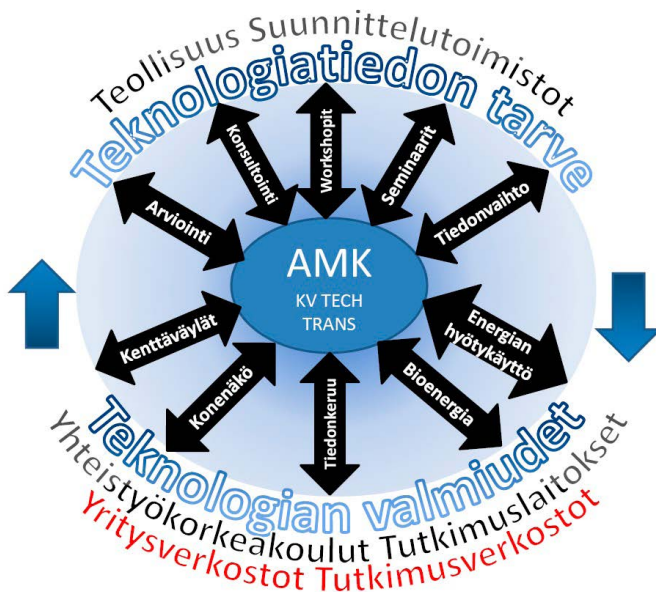
Tiedonhaku toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haettiin tietoa laajemmin tiedonhakualueella tapahtuneista/tapahtuvista muutoksista ja sovelluksista. Toisessa vaiheessa keskityttiin syvällisemmin ensimmäisen tiedonhakukierroksen aikana seuloutuneisiin aiheisiin. Molemmissa vaiheissa tiedonhaku koostui useista sisäkkäisistä toimenpiteistä. Tiedonhaun vaiheet aikataulutettiin yrityskohtaisesti ja niissä oli suurta ajallista vaihtelua.

Tiedonhaku toteutettiin ammattikorkeakoulujen asiantuntijoiden muodostamissa tiimeissä (kuva 1). Tiedonhaussa käytettiin hyväksi ammattikorkeakouluilla jo olemassa olevia kotimaisia ja kansainvälisiä verkostoja sekä luotiin uusia yhteyksiä ulkomaisiin korkeakouluihin, tutkimuskeskuksiin ja heidän yritysverkostoihinsa.



Kuva 1. Tiedonhaku toteutettiin ammattikorkeakoulujen asiantuntijoiden muodostamissa tiimeissä.

Koko projektin ajan yritysten edustajien kanssa keskusteltiin etenemismahdollisuuksista niin, että varmistettiin koko aihealueen kannalta hedelmällisimmät tiedonhakukanavat ja tiedonlevitystavat. Tiedonhaun suunnitelma muokkautui koko projektin ajan yrityksistä tulleiden toiveiden ja tiedontarpeiden perusteella. Tiedonhaun aiheissa ja laajuudessa oli asiantuntijan näkökulmasta laaja kirjo. Kun asiantuntija haki yhteen aiheeseen vain omaa osaamistaan täydentävää tietoa, niin toiseen aiheeseen tiedonhakuja pitikin tehdä laajemmin ja samalla oma osaaminen karttui merkittävästi. Projektin toimintamallia on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Projektin toimintamalli.

Tiedonhaun kanavat ja niiden arviointi

Tiedonhaun kanavat voidaan jakaa kolmeen kokonaisuuteen: tiedonhakumatkat, kirjalliset aineistot ja asiantuntijahaastattelut.

Tiedonhakumatkat

- Messut
- Konferenssit
- Seminaarit
- Koulutukset
- Kumppanuuskorkeakoulut
- Muut kv-yhteistyökumppanit

Projektin tiedonhakumatkat toteutettiin monipuolisiin ja maltillisen päämäärätietoisesti valittuihin kohteisiin. Tiedonhakumatkoilla muodostettiin toisaalta laajempaa kuvaa teknologian kehityssuunnista ja kypsyydestä sekä toisaalta haettiin spesifiä tietoa. Messut todettiin erittäin hyväksi tiedonhakukanavaksi silloin, kun messuille mentäessä on tarkasti mielessä, mihin kaikkiin kysymyksiin ja ongelmiin haetaan vastauksia. Messuilla tavattujen yritysten edustajien kautta pääsee kiinni yrityksen tietoihin ja osaamisiin eri tavalla kuin pelkästään sähköpostin ja Internetsivujen välityksellä. Tämän perusteella on taas helpompi ja hedelmällisempi lähteä etsimään yksilöityjä tietoja. Messuilla kuvattiin myös paljon videoita erilaisista sovellusesimerkeistä. Nämä videot jaettiin projektiin osallistuville yrityksille matkaraportteihin kirjattujen YouTube-linkkien kautta. Messut ovat myös soveltavan tutkimustiedon osalta erittäin hyvä tiedonlähde, koska niillä esitellään nyt ja aivan lähitulevaisuudessa sovellettavissa olevia teknologioita. Konferensseissa taas käsitellään usein pidemmällä aikavälillä tulossa olevia teknologioita ja verkostoidutaan kv-asiantuntijoiden kanssa.

Konferenssi- ja seminaarimatkat ovat myös hyviä kohteita uusien kansainvälisten kumppanien kartoittamiseen. Erilaisia seminaareja ja koulutuksia järjestetään hyvin eri laajuisina. Seminaareista ja koulutuksista onkin haastavaa löytää ne, joista oikeasti on hyötyä teknologiaosaamisen lisäämisessä tai jonkin selkeän kokonaisuuden kehittämisessä. Kumppanuuskorkeakoulujen kautta taas päästään kiinni määrättyihin yksityiskohtiin, joiden osajia ja hyödyntäjiä on tunnistettu näiden kumppanien henkilökunnasta sekä alueen yrityksistä. Kumppanuuskorkeakoulut ovat myös hyvä kanava niitä lähellä olevien tutkimuskeskusten kanssa käytäviin keskusteluihin ja sitä kautta teknologiatiedon hakuun.

Kirjalliset aineistot

- Artikkelit
- Laitetoimittajien dokumentit
- Patentit
- Kansainvälisten korkeakoulujen Internetsivujen kautta löytyvä kirjallinen aineisto
- Ammattikorkeakoulujen kirjastojen tietokantahauilla saatu aineisto

Kirjallisia aineistoja käyttäen selvitettiin muun muassa uusimpia tutkimustuloksia ja patenttihakemuksia. Hyviä artikkeleja löytyi sekä kansainvälisten korkeakoulujen kautta että erityisesti ammattikorkeakoulujen kirjastojen tietokantahauista. Projektissa ammattikorkeakoulujen asiantuntijat ovatkin oppineet hyödyntämään kirjastohenkilökunnan osaamista tietokantahauissa.

Erilaisia teknologia-artikkeleja löytyy useista tietokannoista ja niiden anti on hyvin kirjavaa. Tässä projektissa hyödyllisimmiksi koettiin artikkelit, joissa kerrottiin jonkin määrätyn teknologian hyödyntämisestä todellisissa kohteissa. Tällaiset teknologian soveltamisesta kertovat artikkelit antoivat nopeasti selkeän kuvan siitä, millaisiin kohteisiin kyseinen teknologia soveltuu ja millaisiin sitä ei kannata lähteä kokeilemaan.

Laitetoimittajat julkaisevat koko ajan enemmän erilaisia artikkeleja ja testiraportteja omien laitteidensa toiminnasta. Näistä julkaisuista löytyy selkeää ja helposti hyödynnettävää tietoa varsinaisista laitteen toimintaominaisuuksista. Jos siis teknologiatiedon tarve liittyy johonkin tiettyyn laitteeseen tai komponenttiin, on näistä artikkeleista usein hyötyä. Toisaalta laitetoimittajien julkaisut ovat aina myös mainoksia ja markkinointiaineistoa. Niissä julkaistuja testituloksia pitää siis lukea kriittisesti. Usein aineisto kuitenkin julkaistaan internetissä, joten pikkuhiljaa nämäkin julkaisut ja julkaisijat korjaavat toinen toisiaan.

Asiantuntijahaastattelut

- Toteuttajaorganisaatioiden asiantuntijat
- Yhteistyökumppanien asiantuntijat
- Laitetoimittajien asiantuntijat

Projektiin osallistuvilta yrityksiltä tulleet kysymykset olivat erittäin monisäikeisiä ja hyvinkin yksityiskohtaisia. Asiantuntijahaastattelut todettiin hyväksi tavaksi kokonaisuuden ymmärtämiseen ja erityisesti lähtötilanteen hahmottamiseen. Vastaavasti artikkeleista, seminaareista ja muista vastaavista lähteistä esiin nousseiden kysymysten kanssa oli hyvä kääntyä tunnistetun asiantuntijan puoleen ja selvittää asiaa tarkemmin. Asiantuntijahaastattelujen avulla saatiin myös muun muassa julkaisematonta hiljaista tietoa teknologioiden soveltamisesta. Projektiin saatiin mukaan iso joukko eri alojen asiantuntijoita kolmesta eri ammattikorkeakoulusta. He muodostivat vankan pohjan tiedonhaun asiantuntemukselle. Kun he kävivät keskusteluja ja haastattelivat sekä eri yhteistyökumppanien edustajia että laitetoimittajien asiantuntijoita, saatiin lähes kaikkiin kysymyksiin ja tiedontarpeisiin vastauksia. Laitetoimittajien edustajia vieraili myös projektissa järjestetyissä tiedonlevitysseminaareissa puhumassa sekä esittelemässä laitteitaan.

Tiedonlevitysmenetelmät ja niiden arviointi

Projektin aluksi listattiin seuraavat testattavat tiedonlevitysmenetelmät:

- kirjalliset aineistot, raportit
- workshopit
- webinaarit
- yrityskohtaiset palaverit ja asiantuntijalausunnot
- demonstraatiot
- kuvat ja videot + niiden selostukset
- asiantuntijapuheenvuorot
- case-kuvaukset
- tilaisuudet yrityksissä.

Tiedonhaun edetessä havaittiin, että kirjalliselle aineistolle tarvitaan tallennuspaikka, jossa kaikkien osallistuvien yritysten edustajien on mahdollista käydä lukemassa ja tutustumassa aineistoon. Tätä varten projektille avattiin Tietopankki SAMKin Moodle-verkko-oppimisympäristöön. Tietopankissa kaikki projektissa haettu tieto on yhdessä paikassa ja toisaalta kaikki käsitelty tieto on kaikkien projektiin osallistuvien yritysten

hyödynnettävissä. Näin yritykset voivat tutustua myös sellaisiin aineistoihin, joihin he eivät ole etukäteen osoittaneet kiinnostustaan. Tämä tieto voi myös aktivoida yritystä esittämään uusia tiedontarpeita. Projektin päättymisen jälkeen näitä tietoja voi lukea automaatio.samk.fi-sivulta. Lisäksi tiedot linkitetään Seinäjoen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen Internet-sivuille.

Teknologioita demonstroitiin yrityksille monin tavoin. Yleisen tason demonstraatioita tehtiin ammattikorkeakoulujen laboratorio-olosuhteisiin. Niillä demonstroitiin eri teknologioiden perusteita ja sitä, mitä teknologia vaatii ja miten se on hyödynnettävissä. Spesifit demonstraatiot taas tehtiin yritysten toiveiden mukaisesti ja niillä demonstroitiin teknologian soveltumista määrätyn ongelman ratkaisuun. Demonstraatioita esiteltiin seminaari- ja workshop-tilaisuuksissa sekä yrityskohtaisissa tapaamisissa. Demonstraatioista saatiin pelkästään hyvää palautetta. Demonstraatiot konkretisoivat teknologian hyödyntämismahdollisuudet, mutta tuovat myös esiin teknologian hyödyntämisessä eteen tulevat haasteet tai sulkevat pois epäkelvot ratkaisut. Demonstraatioiden perusteella kirjoitetut asiantuntijalausunnot ja case-kuvaukset antavat yrityksille konkreettista tietoa juuri heidän syventävään tiedontarpeeseensa. Yritykset voivat käyttää niitä päätöksenteon tukena esimerkiksi investointi- tai kehittämissuunnitelmissa.

Seminaarit ja workshopit järjestettiin aina määrätyn teknologian tai teknologia-alueen ympärille. Niissä puhuivat sekä ammattikorkeakoulujen asiantuntijat että laitetoimittajien edustajat. Teknologioita esiteltiin sekä kuvia ja videoita selittämällä että erilaisin demonstraatioin. Projektissa järjestettiin seuraavat seminaarit/workshopit:

- konenäköiltapäivä
- kenttäväylät ja tiedonkeruu -seminaari
- bioenergiailtapäivä
- konenäön demoiltpäivä.

Workshopien ja seminaarien järjestämisessä suurin haaste on osallistujien paikalle saaminen. Kun yritykset ovat kolmesta maakunnasta, on heidän osallistumisensa toisessa maakunnassa järjestettävään tilaisuuteen aina kiinni siitä, ehtivätkö he viettää kokonaisen päivän seminaarimatalla. Tilaisuuksiin osallistuneet yritykset ovat kuitenkin antaneet hyvää palautetta seminaarien sisällöistä ja hyödyllisyydestä.

Edellä mainitusta syystä johtuen projektin loppuseminaari päätettiin järjestää Road Show -tyyppisenä seminaarisarjana, jonka toisiaan muistuttavat osat pidetään eri päivinä Porissa, Seinäjoella ja Jyväskylässä.

Projektin arviointi

Projektissa tehty yhteistyö on ollut todella hedelmällistä. Eri ammattikorkeakoulujen asiantuntijat ovat oppineet tuntemaan toisiaan leveällä rintamalla. Keskustelut ja yhteiset suunnittelutilaisuudet ovat herättäneet paljon lisäideoita kunkin teknologia-casen osalta. Yhteiset tiedonhakumatkat ovat osaltaan lisänneet tietoisuutta syntyneen verkoston asiantuntijuudesta ja mahdollisuuksista.

Yksi tärkeimmistä projektin-aikaisista huomioista on se, että suurin haaste ei ole tiedonhaku. Suurin haaste on se, että voidaan osoittaa tiedonhakuun asiantuntija, jolla on riittävä substanssitausta. Hän kykenee suodattamaan ja tulkkamaan tiedosta yritysten kannalta oleellisen sekä muokkaamaan tiedon sellaiseen muotoon, että siitä on yritykselle oikeasti hyötyä. Toinen tärkeä huomio on se, että yritysten tiedontarpeiden tunnistus on tärkeää. Asiantuntijoiden tulee hoitaa tarvetunnistusvaiheessa yrityksissä käydyt keskustelut,

jotta yritysten tiedontarve tulee ymmärretyksi. Usein lopullinen tarve on jokseenkin erilainen kuin se, mistä lähdettiin liikkeelle.

Erittäin hyväksi hankkeessa havaittiin laajat asiantuntijaverkostot, jotka monen ammattikorkeakoulun asiantuntijat yhdessä muodostavat. Heidän mukanaan tulevat lisäksi muiden asiantuntijoiden verkostot, joiden kanssa tehdään yhteistyötä. Sujuva yhteistyö ja keskinäinen keskustelu koostuvat monista pienistä positiivisista asioista, joita ei välttämättä tule huomanneeksi arkisen työn tiimellyksessä.

Monenlaiset ja monen toimialan yritykset sekä niiden tiedontarpeista esille nousseet monipuoliset teknologia-caset ovat johdattaneet ammattikorkeakoulujen asiantuntijat useaan otteeseen ”mukavuusalueensa” ulkopuolelle. Näin asiantuntijat ovat oppineet paljon uutta ja ammattikorkeakoulujen henkilökunnan osaamisen taso on noussut. Tämä uusi osaaminen saadaan heti hyödynnettyä insinöörikoulutuksessa. Kun henkilökunnan osaamisen taso on noussut, uskalletaan ottaa opiskelijoille vaativampia opinnäytetöiden ja opiskelijaprojektien aiheita, kun koko työn ei tarvitse lähteä aivan nolliasta, vaan opettaja pystyy neuvomaan alkuun. Projektissa opittua ja organisaatioon juurrutettua osaamista pystytään tarjoamaan jo projektin aikana, mutta erityisesti sen jälkeen, paljon aiempaa laajemmalle yritysjoukolle monilla eri elinkeinoelämän alueilla.

Haasteelliseksi projektissa todettiin erityisesti yritysten rekrytointi mukaan projektiin. Siihen käytettiin runsaasti aikaa ja resursseja. Syitä tälle on mietitty ja yhtenä mahdollisuutena on tunnistettu projektin aiheen sittenkin liian abstrakti esittely. Projektin ja erityisesti teknologiatiedonsiirron idean kuvaukseen tuleekin seuraavalla kerralla kiinnittää vieläkin tarkempaa huomiota.

Toisena haasteena nähtiin yritysten aktivointi laajempaan tiedontarkasteluun kuin vain heidän oman tarpeensa mukaiseen tiedonhakuun. Kun yritys sai merkittäviä vastauksia kysymyksiinsä jo asiantuntijoiden ja yrityksen keskinäisissä keskusteluissa ja tiedonvaihtotilanteissa, he saattoivat jättäytyä pois muista tiedonlevitystilaisuuksista kuten seminaareista ja workshoppeista. Tietysti tähän vaikuttavat myös yritysten henkilöstön ajankäyttöhaasteet.

Muutaman kerran projektin aikana törmättiin myös ammattikorkeakouluissa niin tuttuun asiantuntijoiden ajalliseen resursointihaasteeseen. Kun yritysten tiedontarpeet vaativat asiantuntijoilta merkittävää työpanosta sellaisina aikoina, joina muu työ, kuten opetus, vei paljon aikaa, kohdattiin hetkellisiä ylikuormitustilanteita. Projekteissa työskentelevät ammattikorkeakoulujen asiantuntijat ovat kuitenkin melko tottuneita näihin tilanteisiin ja ovat valmiita joustamaan tarvittaessa.

Ammattikorkeakouluille sopiva kansainvälisen teknologiatiedonsiirron malli avuksi projektisuunnitelman laatimiseen

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa muodostettiin erityisesti ammattikorkeakouluille sopiva teknologiatiedonsiirron toimintamalli, joka tuotettiin seuraavassa esiteltävään kysymyssarjan muotoon. Malli muodostuu siis kysymyksistä, joihin vastaamalla saadaan aikaan kv-teknologiatiedonsiirron projektisuunnitelma.

Kysymykset

Miten toteuttajakumppanit valitaan?

Teknologiatiedonsiirron toteuttajakumppanien valinta on projektin suunnittelun ja toteutuksen kannalta ehkä merkittävin tehtävä. Kun toteuttajakumppanien valinta onnistuu, tulee projektikin mitä todennäköisimmin onnistumaan. Toteuttajakumppanit kannattaa valita niin, että kumppanilla on riittävästi täydentävää asiantuntemusta, mutta myös riittävästi päällekkäistä asiantuntemusta, jotta yhteiset keskustelut sujuvat. Aikaisemmat yhteistyökokemukset ovat merkittävä lähtökohta kumppanien valinnassa.

Miten yritykset valitaan?

Pk-yritykset ovat riippuvaisia epämuodollisesta oppimisesta ja epävirallisista kontakteista. Tästä syystä pk-yrityksillä ja ammattikorkeakouluilla tulee olla riittävästi epävirallisia tilaisuuksia tavata, keskustella ja verkostoitua ilman, että joka hetki tavoitteena on uuden hankkeen käynnistäminen. Ammattikorkeakoulujen kontaktit uusien yritysten kanssa syntyivät oman aktiivisuuden, yhteistyöverkostojen ja ”sattumien” kautta. Mahdollisuuksien markkinointi eli viestin saaminen perille yrityksiin oikeille henkilöille siitä, mitä kehittämispua ja osaamista ammattikorkeakoulu voi tarjota, vaatii monenlaisia kanavia. Teknologiatiedonsiirron projektit räätälöidään aina yritysten tarpeisiin. Tarvitaan laaja kirjo erilaisia teknologiatiedonsiirron palveluja, jotta yksittäisten yritysten erityiset tarpeet voidaan täyttää. Kontaktien luominen voidaan tiivistää: Korkeakoulun tulee suunnitelmallisesti ja aktiivisesti hakeutua yritysyrityksiin, mutta antaa sattumalle riittävästi tilaisuuksia. Kun ammattikorkeakoulu tuntee alueen yritykset, on teknologiatiedonsiirron projekteihin mukaan otettavien yritysten valinta melko helppoa. Kun yritysten haasteet ja kehittämistarpeet tunnetaan, voidaan niiden priorisoinnilla ja monien yritysten yhteisiä kehittämistarpeita yhteen kokoamalla tehdä lopulliset yritysvalinnat. Tärkeää on kuitenkin tähän ”asiantuntijoilla olevaan tuntumaan” lisätä myös kaikille avoin mahdollisuus tulla mukaan. Avoimen mahdollisuuden markkinointi riippuu paljon aihealueesta ja sillä toimivista yrityksistä.

Tiedonhaun kohteiden valinta?

Korkeakoulu–yritys-yhteistyön onnistumisen perusta on ymmärtää pk-yritysten toimintaympäristöä heidän omasta näkökulmastaan. Pk-yrityksillä on rajalliset kehittämisresurssit, eikä niillä pääsääntöisesti ole omaa tutkimus- ja kehitysosastoa – usein ei edes yhtä henkilöä, jonka päätyö se olisi. Yleensä pk-yrityksillä on loppuasiakas tiedossaan jo kehittämistyön alkaessa. Kehittämisessä luotetaan pitkälti laitetoimittajiin ongelman ratkaisijoina. On kuitenkin tilanteita, joissa liikutaan yrityksen osaamisen ”harmilla alueilla”, jolloin tarvitaan ulkopuolista apua hankkimaan tarvittava tieto ja osaaminen sekä siirtämään se yrityksen osaamiseksi. Ammattikorkeakoulu on riippumaton tiedonlähde, kun esimerkiksi laitetoimittajat kertovat usein vain omista laitteistaan ja siitä, miten ne ovat parhaita valintoja.

Kun keskustelu teknologiatiedonsiirtoon liittyvästä yhteistyöstä käynnistyy, on pk-yrityksellä näkemys osaamisesta, jota se hakee hankkeeseen ammattikorkeakoululta. Yksittäistä yritystä kiinnostaa heidän ongelmansa ratkaisu, mutta haastavampaa on tunnistaa, mikä on kulloinenkin ongelma. Todellisen kehittämistarpeen tunnistaminen ja sitä kautta resurssien ohjaaminen oikeiden ja oleellisten ongelmien ratkaisuun varmistaa onnistuneen lopputuloksen saavuttamista. Teknologiatiedonsiirron prosessi käynnistyy ensimmäisen keskustelun myötä. On muistettava myös, että onnistunut lopputulos voi joskus olla myös päätös olla ryhtymättä ajateltuihin toimenpiteisiin.

Tarpeiden tunnistusprosessin lopputuloksena tavoitellaan teknologiatiedonsiirron projektin suunnitelmaa ja yhteistyösopimusta. Tarpeiden tunnistuksessa oleellisen tärkeää on, että keskusteluissa ovat mukana oikeat henkilöt kummaltakin osapuolelta. Molemmilta osapuolilta eli pk-yritykseltä ja ammattikorkeakoululta

tarvitaan sekä asiantuntemusta että päätöksentekokykyä, kumpikaan ei yksin riitä. Korkeakoulun tulee kyetä joustavasti edistämään yritysten kehittämishankkeita ilman turhaa byrokratiaa. Keskusteluosapuolella on oltava valtaa neuvotella asiasta ja hänen tulee pistää itsensä likoon sen toteutuksessa.

Yrityksen tarpeita ja sen tarvitsemaa asiantuntemusta tulee aina ajatella yrityksen saaman liiketoiminnallisen hyödyn näkökulmasta. Niissä tilanteissa, joissa nähdään oman asiantuntemuksen riittämättömyys, se on tuotava rehellisesti esiin ja ohjattava yritys eteenpäin toiselle teknologiatiedonsiirtoon erikoistuneelle organisaatiolle. Tässä vaiheessa perustellun ”ein” sanominen voi olla perusta pitkäjänteiselle yhteistyölle, mutta vääränlainen ”kyllä” pilaa koko kumppanuuden. Molempien osapuolten kannalta jatkuva kumppanuus on tavoiteltavampaa kuin kertaprojektit. Usein käynnissä olevien projektien yhteydessä tulee esiin uusia kehittämistarpeita, joihin tulee tarttua. Yhteistyöhankkeet eivät monestikaan jatku välittömästi, vaan niiden välillä voi kulua kalenteriaikaa. Tarpeiden tunnistamisprosessin lopputulos voidaan tiivistää: ”Yrityksen tarpeiden tunnistukseen ei ole yhtä toimintamallia, vaan korkeakoulun on sopeuduttava yrityksen toimintatapoihin. Niihin vaikuttavat muun muassa yrityksen koko sekä pienissä yrityksissä omistajan persoona.”

Mikä on hyvää useassa tiedonhaun aiheessa; mikä olisi hyvää, jos aihealueita olisi vähemmän?

Oikean tiedonhaun aihealueiden määrän määrittäminen on haastavaa. Jos aiheita on useita, mahdollistetaan laaja teknologiatiedon tarjonta mukana oleville yrityksille. Jos taas aihealueita on vähemmän, voidaan syventyä ja tehdä tarkempaa tiedonhakua useamman henkilön yhteistyönä. Tähän kokonaisuuteen löytyy kuitenkin useimmiten luonnollinen vastaus, kun yrityksissä käytyjen haastattelujen jälkeen yritysten tiedontarpeet ja projektin toteutuskumppanien asiantuntemus on tunnistettu. Näitä sekä etukäteen tunnettuja tiedonhakukanavia evaluoimalla saadaan aikaiseksi kokonaisuus tiedontarpeista ja niiden ratkaisemiseksi tarvittavista toimenpiteistä.

Tiedonhakukanavien valinta? Mitä kannattaa huomioida?

Teknologiatarpeet yrityksissä ovat niin moninaiset, että ei voida osoittaa yhtä tai muutamaa kanavaa, josta tietoa hankitaan. Korkeakoulun tulee tehdä strategisia valintoja, millä aloilla se itse tuottaa uutta tietoa ja minkä alojen uutta tietoa se aktiivisesti seuraa ja mitä kanavia se käyttää. Ammattikorkeakoulujen vahvuus ja mahdollisuus on monialaisuus. Pk-yrityksissä uusia innovaatioita syntyy hyödyntämällä jo jollakin toisella toimialalla sovellettuja teknologioita. Tärkeitä teknologiatiedon lähteitä ovat myös toiset yritykset. Etenkin pk-yritykset, joilla on rajalliset resurssit ja onnistumisen paineet jokaisessa teknologiansiirtoprojektissa, suosivat jo koeteltuja teknologioita soveltaen niitä omiin tuotteisiinsa ja tuotantoprosesseihinsa. Uusi teknologiatieto yritykselle ei useinkaan tarkoita todella uutta radikaalia teknologiaa, vaan uudenlaista sovellusta.

Projektin suunnittelussa kannatta huomioida, että osa haettavasta tiedosta ei ole saatavissa maksuttomasti julkisten kanavien kautta. Näihin panostuksiin kannattaa siis varata jo projektin aluksi pieni siivu kustannusarviosta. Aina sellaisessakaan projektissa, jossa asiantuntijapohja on laaja, ammattikorkeakoulujen omat verkostot eivät riitä. Tällöin tulee olla valmis tunnistamaan uusia yhteistyökumppaneita ja uusia tiedonlähteitä. Täysin uusien kanavien tunnistamisessa tärkeää on kanavien kriittinen arviointi ja sitä kautta luotettavien ja hyödyllisten kanavien ja lähteiden löytäminen.

Taito hankkia tarvittavaa tietoa monipuolisesti eri lähteistä ja nähdä innovatiivisesti niiden soveltamiskohteita kumppanuusyritysten ongelmanratkaisuun on oleellinen osa korkeakoulun teknologiansiirtoa tekevien asiantuntijoiden osaamista. Kansainväliset kumppanuudet ja kyky tulkata ja suodattaa kansainvälistä teknologiatietoa niin kielellisesti kuin teknologisesti tekevät ammattikorkeakoulujen tekemästä teknologiatiedonsiirrosta ylivoimaista. Uuden teknologiatiedon hankinnasta voidaan tiivistetysti todeta: ”Teknologiatiedon

lähteet ovat moninaiset. Korkeakoulun on tehtävä valintoja toimialoista joiden teknologian kehittymistä se seuraa aktiivisesti ja kehittää taitoja hankkia uutta tietoa monipuolisesti.”

Tiedonlevitystapojen valinta? Mitä kannattaa huomioida?

Tarpeiden tunnistusprosessin aikana keskustellaan substanssiosaamisesta ja määritellään kehittämistyön tavoitteet. Projektin käynnistyessä on sovittava myös toimintatavoista teknologiatiedonsiirron prosessin aikana. Ketkä pitävät yhteyttä ja millä intensiteetillä sekä miten projektista raportoidaan ja kenelle? Kaiken päätöksenteon, joka suuntaa projektin jatkovaiheita, täytyy tapahtua yrityksessä.

Teknologiatiedonsiirron projektissa toteutetaan samanaikaisesti sekä projektin sisäistä tiedonlevitystä että projektin ulkopuolelle tapahtuvaa julkista tiedonlevitystä. Projektin sisällä tiedonlevitys voi tapahtua suppeimmillaan yrityskohtaisesti ja laajimmillaan kaikille projektissa mukana oleville yrityksille ja ammattikorkeakouluille. Projektin päätyttyä siitä kerrotaan vielä laajasti erityisesti muiden ammattikorkeakoulujen sekä yritysten edustajille. Projektin tiedonhaun tuloksia on hyvä esitellä myös teknologiakohtaisesti erilaisissa tilaisuuksissa ja ammattikorkeakoulujen julkaisuissa sekä internetsivuilla.

Projektin aikana käytettävien tiedonlevitystapojen valintaan vaikuttavat erityisesti yritysten toiveet, ammattikorkeakoulujen aikaisemmat kokemukset tiedonlevityksen onnistumisesta sekä asiantuntijoiden pedagogiset taidot ja intressit. Tässä ammattikorkeakouluilla on merkittävä etu asiantuntijoiden opettajuudesta ja sen mukanaan tuomasta pedagogisesta osaamisesta ja usein monipuolisista tiedonlevitysmenetelmistä. Tärkeää on kuitenkin keskustella projektin eri vaiheissa yritysten kanssa myös tiedonlevitystavoista, jotta laajemmat tiedot ja toisaalta syvälliset tiedot voidaan siirtää yrityksiin sellaisessa muodossa, että ne voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Tehokkaan osaamisensiirron vaatimat resurssit voivat olla vain murto-osa yrityksen määrättyyn kehittämistyöhön käyttämistä kokonaiskustannuksista, mutta vajavainen toteutus voi pilata koko lopputuloksen. Tiivistäen voidaan todeta teknologiatiedonsiirron prosessista: ”Teknologiatiedonsiirron projektissa yrityksen kannalta onnistuneeseen lopputulokseen pääseminen edellyttää sellaista yhteistyön toimintamallia, joka takaa tehokkaan osaamisen siirtymisen yritykseen koko hankkeen ajan. Toimintamallista on sovittava projektin käynnistyessä.”

Projektin onnistumisen kannalta merkittävimmät asiat?

Teollisuudelle voidaan tehdä paljon soveltavaa tutkimusta hyvinkin menestyksekkäästi korkeakouluissa, jotka eivät ole huipputasoa uuden tiedon tuottajina. Lopputuloksen ratkaisee kyky soveltaa teknologiaa yrityksen tarpeisiin. Teknologiatiedonsiirron prosessi on kompleksinen, monensuuntainen ja vahvasti riippuvainen osapuolten olemassa olevasta tiedosta, uskomuksista ja kokemuksista. Onnistumisen mittarit tulee määritellä yrityksen näkökulmasta. Siirrykö uusi tieto yrityksen tiedoksi ja johtaako teknologiatiedonsiirron prosessi tavoiteltuihin liiketaloudellisiin tuloksiin uusien tuotteiden muodossa tai tuotantomenetelmien kehittymisenä?

Eri projekteissa aikaperspektiivi voi olla erilainen välittömästä uuden tuotteen lanseerauksesta vuosien määrätietoiseen strategiseen osaamisen rakentamiseen. Teknologiatiedonsiirron prosessin avainkysymys on se, miten varmistetaan yrityksen kyky ottaa uusi teknologia tehokkaaseen käyttöön ja hyödyntää sitä myös myöhemmin muuttuvissa olosuhteissa.

Yrityksen oma sitoutuminen ja osallistuminen ovat siten avainasemassa onnistuneeseen lopputulokseen pääsyssä. Teknologiansiirtäjän on varmistuttava, että yritys ymmärtää tulokset. Niiden hyväksyminen ja käyttö jäävät yrityksen vastuulle. Koska yritys on päätenyt hankkimaan osaamista ulkopuolelta, on oletettavaa, että sen henkilöstöllä ei ole vastaavia pohjatietoja kuin korkeakoulun asiantuntijalla. Teknologiatiedon siirron prosessissa on ihmisten välisellä suoralla kommunikoinnilla oleellinen merkitys. Vain hyvin harvoin riittää pelkkä kirjallinen raportointi, vaikka sekin on välttämätön.

Patenttitiedonhaku

Luomanmäki Toni, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Patentti on viranomaisen hakijalle keksintönsä hyödyntämiseen myöntämä yksinoikeus, joka estää muilta keksinnön ammattimaisen hyväksikäytön. Patentti on aina määräaikainen ja yksinoikeus on mahdollista säilyttää 20 vuotta maksamalla vuosittaiset patenttimaksut. Patentti on aina maakohtainen eli patentti on voimassa vain niissä maissa, mihin sitä on erikseen haettu. Nykyiset hakujärjestelmät tosin helpottavat patenttien hakua kerralla useaan maahan.

Patentit antavat kuvan uusimmasta teknisestä tiedosta, yritysten ja alojen tuotekehityksen suunnasta, ja niiden avulla voidaan analysoida yksittäisten yritystenkin tuotekehitystilannetta. Patenteja on syytä hyödyntää myös omaa tuotetta kehiteltäessä, sillä ilman asiallista tutkimusta voi olla vaarana, että keksintö on jo patentoitu ja tehty työ osoittautuu turhaksi. Patenteja tutkittaessa niihin on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti, sillä patenttijulkaisut saatetaan kirjoittaa osittain tahallisestikin vaikeaselkoisiksi, jotta niistä ei pystyttäisi nopeasti omaksumaan patentin ydintietoa. Lisäksi patenteja voi olla hyvinkin turhista ja teknologian kannalta merkityksettömistä keksinnöistä. Patenteja tutkittaessa on oltava tarvittavat taidot löytää haetun alan keskeiset patentit ja minimoida turhien patenttijulkaisujen lukeminen.

Selvitettäessä ja kartoitettaessa johonkin tiettyyn alaan liittyvää tietoa, on yleisempien tiedonhakukanavien jälkeen hyvä muistaa myös patenttitiedonhaku ja sen tuomat mahdollisuudet. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -hankkeen yhdeksi tiedonhakukanavaksi valittiin patenttitiedonhaku, koska se edesauttaa kaikkein uusimman tiedon löytämistä. Patenttitiedonhausta tehtiin myös selvitys, jonka avulla patenttitiedonhaku voidaan aloittaa tehokkaasti heti projektin alusta alkaen. Siitä tehtiin hankkeen tietopankkiin ohjeen kaltainen raportti patenttitiedonhausta ja yleisimmistä ilmaisista patenttitietokannoista ominaisuuksineen.

Patenttitietokannat

Patenttitietokannat ovat patenttivistojen tietokantoja, joista patenteja voi hakea erilaisilla hakuehdoilla. Ilmaisista tietokannoista hyödyllisimpiä ovat Espacenet, USA:n patenttiviston tietokannat, ja Google Patents, jossa haut ja mahdolliset viittaukset kohdistuvat ainoastaan US-patentteihin. Maksulliset tietokannat ovat yleensä hakuliittymiltään ja ominaisuuksiltaan ilmaisia kattavampia ja saattavat sisältää esimerkiksi tilastolliseen patenttianalyysiin tarvittavia työkaluja.

Tunnetuin ilmaisista patenttitietokannoista on Espacenet, jossa patenttijulkaisuja voidaan hakea yli 80 miljoonan yksittäisen patenttijulkaisun joukosta. Espacenetä hallinnoi Euroopan patenttiviston ja sitä voi käyttää veloitusetta internetissä. Espacenet soveltuu hyvin patenttitiedonhaakuun ensisijaisesti sen laajan kattavuuden vuoksi, mutta myös sen vapaan käytettävyyden vuoksi. Toisaalta ilmaisten tietokantojen sisältämien patenttijulkaisujen tiedot voivat olla usein puutteellisia ja niiden ajantasaisuus merkittäviä päätöksiä tehtäessä on syytä tarkistaa muista lähteistä.

Ilmaisten patenttitietokantojen rajoitusten vuoksi niitä ei esimerkiksi kannata käyttää selvityksiin, joiden perusteella tehdään investointi- ja rahoituspäätöksiä, tutkitaan keksinnön uutuutta tai aloitetaan valmistus tai vienti. Näissä tapauksissa on syytä käyttää ammattilaislähteitä ja antaa tiedonhaun ammattilaisten selvittää asia. Ilmaisia patenttitietokantoja voidaan kuitenkin käyttää hyvinkin ideoiden hakemiseen, teknologioiden seuraamiseen, kilpailijoiden seuraamiseen ja yleiseen tiedonhankintaan.

Patenttitiedonhaku

Patenttien haku aloitetaan valitsemalla haluttu tietokanta. Yleensä kannattaa käyttää maailmanlaajuisia tietokantaa, mutta tarvittaessa voi haun kohdistaa ainoastaan esimerkiksi Eurooppa-patenttijulkaisuihin tai suomalaisiin julkaisuihin. Espacenetillä on useille maille omat maakohittaiset sivustot. Suomen maakohittaisen sivuston www-osoite on <http://fi.espacenet.com>.

Alkuvaiheessa hakusanat kannattaa valita kattamaan haettua tekniikkaa hyvin laajalta alalta ja hakutulosten perusteella tarkentaa hakusanoja. Mikäli tuloslistauksessa on satoja osumia, on hakua syytä tarkentaa; toisaalta taas vähäiset osumat kertovat siitä, että haku on liian suppea ja se saattaa jättää tärkeitä osumia haun ulkopuolelle. Hakusanoja kannattaa myös etsiä muistakin lähteistä, kuten alan kirjallisuudesta ja muista julkaisuista.

Yksi ongelmista patenttitiedonhaussa ilmaisista tietokannoista on hakujen kohdistuminen ainoastaan tunniste-, nimike- ja tiivistelmä tietoihin, koska näitä saatetaan tarkoituksenmukaisesti kirjoittaa mahdollisimman vähän kertoviksi ja yleisiä termejä käyttäen, että niitä olisi haastavaa löytää.

Patenttitiedonhakua tietokannoista voidaan rajata pelkkiä hakusanoja useammalla kriteerillä, jotta hausta saataisiin tarpeeksi kattava ja turhat osumat jäisivät pääosin pois. Haettaessa isompaa joukkoa patenteja yksi tärkeimmistä hakukriteereistä on patenttiluokka. Myös julkaisupäivää ja keksinnön keksijää tai hakijaa kannattaa käyttää hakujen tukena.

- Espacenetissä patenttiluokituksella hakemista voi suorittaa kahdesta eri patenttiluokitusjärjestelmästä: CPC (Cooperative Patent Classification) ja IPC (International Patent Classification). CPC-patenttiluokitus on IPC-patenttiluokitusta tarkempi johdannainen, mutta Espacenetissä merkittävälle osalle patenteista ei ole annettu CPC-patenttiluokitusta, joten hakuja kannattaa tehdä molemmista luokista. IPC-patenttiluokitusta käytettäessä saa todennäköisesti laajemman osuvuuden hakuihin, mutta hakutuloksissa voi olla paljon epäolennaisia osumia. CPC-patenttiluokituksella haettaessa saa todennäköisesti tarkempia osumia, mutta osa olennaisista osumista voi jäädä haun ulkopuolelle. IPC-patenttiluokituksen hierarkiaa voi tarkastella osoitteesta <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/> ja CPC-patenttiluokituksen hierarkiaa osoitteesta <http://worldwide.espacenet.com/classification>. Patenttiluokituksella haettaessa on syytä muistaa, että kaikki etsittyyn alaan liittyvät patentit eivät ole välttämättä saman luokituksen alla ja näin olennaisia julkaisuja voi jäädä huomioimatta, jos hakee vain yhdellä luokituksella.
- Julkaisupäivällä hakeminen kannattaa ainakin siinä tapauksessa, kun tiedetään, että haettu tekniikka on syntynyt vasta esimerkiksi viime vuosina. Tällöin on hyvä rajata aiemmat vuodet hausta pois. Esimerkiksi tietyn ajanjakson patenteja haetaan antamalla varhaisin ja myöhäisin vuosi ja erottamalla nämä kaksoispisteellä, esimerkiksi 2001:2012.
- Keksinnön keksijällä tai hakijalla voi rajata hakua esimerkiksi tiettyyn yritykseen, jolloin voidaan helposti nähdä tietyn yrityksen patentit ja hakemukset. Alkuvaiheessa hakusanoja voidaan kartoittaa myös ha-

kemalla haetun tekniikan alan tunnettujen valmistajien patenteja ja sitä kautta etsiä haettuun tekniikkaan liittyviä patenteja ja niistä mahdollisia termejä.

- Espacenetin haussa on muitakin hakukriteereitä (julkaisunumero, hakemusnumero, etuoikeutusnumero), mutta ne koskevat lähinnä yksittäisten patenttien tai hakemuksien hakemista.

Patenttijulkaisut

Patenttijulkaisujen lukeminen ja mahdollinen kääntäminen voi olla haastavaa, varsinkin jos julkaisuja on paljon. Patenttijulkaisuilla on tietty ennalta määrätty rakenne, jonka tunteminen helpottaa oleellisen tiedon nopeammin löytämistä. Patenttijulkaisu sisältää seuraavat osiot: kansilehti, selitysosa, vaatimukset. Espacenetissä nämä osiot ovat jaoteltu erikseen, joten koko julkaisua ei tarvitse selata läpi. Kuvassa 1 on esitelty Espacenetissä erään patentin tunnistetiedot. Se on ensimmäinen näkymä patenttijulkaisua avattaessa. Tunnistetiedoista voidaan nopeasti tehdä jo alustavat arvioinnit patenttijulkaisun sisällöstä ja sen osuvuudesta omaan hakuun.

CN103338322 (A)	Tunnistetiedot: CN103338322 (A) — 2013-10-02
Tunnistetiedot	★ Julkaisuluettelossani Edellinen ◀ 16/500 ▶ Seuraava ▶ EP Register Kerro virheestä Tulosta
Selitys	
Vaatimukset	System and method for expansion of field of view in a vision system
Mosaikkinäyttö	
Alkuperäinen julkaisu	Sivu kirjanmerkiksi CN103338322 (A) - System and method for expansion of field of view in a vision system
Villejulkaisut	Keksijä(t): NUNNINK LAURENS; GERST CARL; EQUITZ WILLIAM ±
Sitteenavut julkaisut	Hakija(t): COGNEX CORP ±
INPADOC legal status	Patenttiluokitus - kansainvälinen (IPC) H04N5/225; H04N5/232
INPADOC patenttiperhe	cooperative G02B27/1066; G02B27/14; G02B27/143
	Hakemusnumero: CN2013146887 20130205
	Etuoikeusnumero(t): US201213367141 20120206; US201213645241 20121004
	Muita julkaisuja ▷ EP2624042 (A2) ▷ EP2624042 (A3) ▷ US2013201563 (A1)
	Tiivistelmä CN103338322 (A)
	Käännä teksti [i]
	Finnish patenttranslate powered by EPD and Google
	This invention provides a field of view expander (FOVE) removably attached to a vision system camera having an image sensor defining an image plane. In an embodiment the FOVE includes first and second mirrors that transmit light from a scene in respective first and second partial fields of view along first and second optical axes. Third and fourth mirrors respectively receive reflected light from the first and second mirrors. The third and fourth mirrors reflect the received light onto the image plane in a first strip and a second strip adjacent to the first strip. The first and second optical axes are approximately parallel and a first focused optical path length between the scene and the image plane and a second focused optical path length between the image plane and the scene are approximately equal in length. The optical path can be rotated at a right angle in embodiments.

Kuva 1. Erään patenttijulkaisun tunnistetiedot.

Seuraavassa listauksessa käsitellään Espacenetin patenttijulkaisujen sisältämät eriteltyt tiedot ja niiden tar-koitukset:

- Tunnistetiedoissa esitellään patentin otsikkotiedot, hakijat, keksijät, patenttiluokitus, hakemusnumero, etuoikeutusnumero ja patenttiperheen muut patenttijulkaisut. Näiden lisäksi osio sisältää tiivistelmän keksinnöstä ja yleensä yhden siihen liittyvän kuvan.
- Selitysosiossa käydään keksintö läpi tarkemmin. Tähän osioon on syytä tutustua, jos patentti vaikuttaa mielenkiintoiselta. Selitysosio noudattaa tiettyä kaavaa, jonka mukaan teksti laaditaan. Selitysosiossa

asiat esitellään yleensä seuraavasti: keksinnön käyttöala, jo olemassa oleva tekniikka ja sen puutteet, keksinnön ominaisuudet ja sen edut olemassa olevaan tekniikkaan, sovellusesimerkkejä sekä kuvia ja niiden selitykset.

- Vaatimuserosiossa esitellään keksinnön sisältö täsmällisesti ja juridisesti. Vaatimukset kertovat sen, mitä tarkkaan ottaen on patentoitu ja mihin patentinhaltijalla on yksinoikeus.
- Mosaiikkinäyttö esittää patenttijulkaisun kaikki kuvat pienennettynä yhdellä sivulla, mutta osa kuvista saattaa olla niin pieniä ja epäselviä, että niistä ei saa välttämättä selvää. Mosaiikkinäyttöä voi kuitenkin käyttää jos haluaa saada patenttijulkaisusta nopeasti käsityksen.
- Viitejulkaisut esittää patenttijulkaisussa viitteenä käytetyt lähteet. Siteeraavat julkaisut esittää patenttijulkaisua siteeraavat julkaisut. Viitteitä ja siteeraavia julkaisua seuraamalla voi löytää muita merkittäviä julkaisuja, ja esimerkiksi paljon viitattu patenttijulkaisu voi olla jonkin tietyn alan perusta.
- INPADOC legal status -osiossa esitellään patenttijulkaisun käsittelyn vaiheet ja sen nykyinen status. Espacenetin tiedot eivät välttämättä ole aina ajantasaisia, joten asia on tarpeen vaatiessa syytä tarkistaa esimerkiksi kansallisista lähteistä.
- INPADOC-patenttiperhe esittelee kyseiseen patenttijulkaisuun liittyvät muihin maihin tai järjestelmiin jätetyt patenttijulkaisut.

Pohdinta

Yleisesti ottaen patenttitiedonhaku on yksi monista vartenotettavista tiedonhakukanavista. Sen avulla voidaan saada yleiskuvaa haetusta tekniikan alasta, mutta myös syvempää tietoa eri teknologioista ja alueen toimijoista. Haettua tekniikan alaa ennalta tuntemattoman on syytä tutustua alaan ensin muista helpommista lähteistä, koska patenttitiedonhaussa on tärkeää, että mahdollisimman paljon turhia julkaisuja pystytään rajaamaan pois vähällä vaivalla. Tässä auttaa merkittävästi haetun tekniikan ennalta tunteminen.

Patenttitiedonhakua aloitettaessa on hyvä tehdä useita hakuja eri tekijöillä ja jalostaa hakuja osumien mukaan. Patenteja kannattaa lukea pintapuolisesti hakuja tehtäessä ja seurata patenttien viitetietoja, jolloin kokonaiskuva haetusta teknologiasta alkaa muodostua. Lopulta saadaan selville olennaiset patenttiluokat, sopivat hakusanat, aikarajaukset ja teknologiaa patentoivat yritykset, jolloin haku saadaan rajattua sopivasti ja tuloksia voidaan kohtuullisella vaivalla analysoida.

Patenttitiedonhaku voi olla työlästä, mutta toisaalta sen avulla voi löytää tietoa, mitä ei ole vielä saatavilla mistään muusta lähteestä. Lisäksi se antaa uudenlaisen perspektiivin selvittävään teknologiaan ja sen keskeisiin toimijoihin. Patenttitiedonhaku kannattaa ehdottomasti sisällyttää yhdeksi lähteeksi tiedonhakuprosessiin ja peilata patenteista saatua tietoa muiden lähteiden tietoihin. Näin haetuista tiedoista pystytään muodostamaan kokonaisuus, joka antaa etsitystä teknologiasta kattavan kuvan.

Konenäkötekniikan kustannustehokas hyödyntäminen

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Valo Pauli, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Taustaa

Konenäköjärjestelmän laadukas ja kustannustehokas suunnittelu varmistaa järjestelmän toimivuuden ja minimoii takaisinmaksuajan. Kustannustehokkaaseen valintaan vaikuttavat järjestelmän osille asetetut vaatimukset. Kameroita, valaistuksia, optiikoita ja ohjelmistoja löytyy nykyisin hyvin eritasoisia ja erihintaisia. Kaikkia vaihtoehtoja ei ole tarpeen osata, mutta muutamat pääkohdat on hyvä tuntea, jotta valinnat onnistuvat. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektin yksi päätavoite konenäön osalta oli tuottaa sellaista teknologiatietoa, jonka perusteella yritysten on mahdollista aloittaa konenäön hyödyntäminen tuotantojärjestelmiensä automatisoinnissa.

Konenäön kustannustehokas valinta

Konenäköjärjestelmä voidaan suunnitella ja toteuttaa yrityksen sisäisenä projektina tai se voidaan tilata ulkopuoliselta asiantuntijalta valmiina pakettina. Alusta asti itse toteutettuna järjestelmän suunnittelu vaatii tietysti moninkertaiset resurssit ja hyvää suunnitteluosaamista, mutta perusasioiden tunteminen on tärkeää myös valmiin, räätälöidyn järjestelmän hankinnassa.

Aluksi on mietittävä, millaista järjestelmää ollaan suunnittelemassa tai hankkimassa. Mitä tarkemmin järjestelmän vaatimukset pystytään määrittelemään suunnittelun alkuvaiheessa, sitä varmemmin valitaan oikeanlainen kamera ja muut osat järjestelmää varten.

Kameran valinta

Kameran valinta aloitetaan resoluutiovaatimuksen määrittelyllä. Kameran tai oikeastaan kennon spatiaalinen eli tilallinen tarkkuus määräytyy pikselimäärän eli resoluution perusteella. Esimerkiksi resoluutio 1600x1200 tarkoittaa kuvaa, jossa on 1600 pikseliä vaakasuunnassa ja 1200 pikseliä pystysuunnassa. Valittavan kameran resoluution tulee olla riittävä, jotta analysoinnin kohteet saadaan riittävän hyvin näkyviin. Liian suurta resoluutiota ei kuitenkaan kannata valita ihan vain varmuuden vuoksi. Mitä suurempi resoluutio kamerassa on, sitä kauemmin analysointi kestää, koska analysoinnin nopeus riippuu suuresti käsittelyssä olevien pikselien määrästä. Useimmiten resoluution määrittelyssä päädytään kompromissiin.

Järjestelmän kuvakoon tulee olla niin iso, että kohteen kaikki mahdolliset sijainnit saadaan kuvattua. Jos kohde saapuu kuva-alalle aina samaan kohtaan, voidaan kuva-ala valita suunnilleen kohteen kokoiseksi ja näin resoluutiokin valitaan kohteen koon perusteella. Jos taas kohde voi tulla kuva-alalle vaihteleviin pisteisiin, pitää kuva-ala valita isommaksi. Tällöin tulee kameraankin valita suurempi resoluutio, jotta kohteesta saatavan kuvan tarkkuusvaatimukset täyttyisivät. Toisinaan tällaisissa tapauksissa voidaan tarvita useampiakin kamera. Joskus kustannustehokkaan valinnan kannalta voi olla järkevämpää valita kaksi tai useampia pieniresoluutioisia kameroita kuin yksi erittäin suurella resoluutiolla varustettu kamera.

Mikä sitten on riittävä määrä pikseleitä? Tähän ei ole yksiselitteistä vastausta, mutta muutamia tarkkuusvaatimusten yleissääntöjä voidaan kirjata:

- Kohteen paikalla olon tai puuttumisen havaitsemiseen tarvitaan vähintään 3–4 pikseliä kohteen alalla.
- Kohteen tunnistamiseen, kuten kohteen muodon tarkastukseen, tarvitaan minimissään satoja, mutta usein jopa tuhansia pikseleitä kohteen alalla. Mitä monimutkaisempi kohteen muoto on, sitä enemmän pikseleitä sen tunnistamiseen tarvitaan.
- Kohteen mittaamiseen tarvitaan 3–10 pikseliä toleranssiarvoa kohti eli jos mittauksen toleranssivaatimus on 1 mm, tarvitaan kohteessa 1 mm:n matkalle vähintään 3 pikseliä.
- Datamatriisin lukemiseen tarvitaan 8–10 pikseliä / solu eli datamatriisin mustia ja valkoisia pisteitä kohden tarvitaan 8–10 pikseliä pisteen alalla.

Pelkkä resoluution määrittely ei kuitenkaan riitä, koska tarkkuuteen vaikuttaa myös optiikka. Optiikkaa valittaessa onkin tärkeä huomioida, että valittava optiikka riittää valitun resoluution kanssa käytettäväksi.

Toinen kameran valinnassa eteen tuleva ominaisuus on ehdottomasti kameran nopeus. Millaisella nopeudella kuvia pitäisi ottaa? Kamerassa nopeus ilmoitetaan kuvina sekunneissa eli frames/second, fps. Tässäkin valinta kannattaa tehdä tarpeen mukaan, mutta kuitenkin niin, että aivan kameran suurinta nopeutta ei tarvitse käyttää.

Kolmas kameran valintaan vaikuttava tekijä on se, halutaanko tehdä perinteinen konenäköjärjestelmä vai älykamerajärjestelmä. Perinteisessä konenäköjärjestelmässä kamera ottaa kuvan ja lähettää sen tietokoneelle analysoitavaksi. Älykamerajärjestelmässä taas kamera ottaa kuvan, analysoi sen ja lähettää vain analysointitulokset eteenpäin. Älykamera ei siis vaadi toimiakseen erillistä tietokonetta, vaan se sisältää analysointiin tarvittavan elektroniikan kuten prosessorin ja muistit jne. Älykameroiden hinnat ovat vielä selvästi korkeammat kuin perinteisten kameroiden, mutta stand-alone -ominaisuutensa vuoksi älykamerajärjestelmä on monesti vakaampi ja nopeampi. Älykamerajärjestelmät ovat kuitenkin vielä esimerkiksi laskentatehtäviin kaukana kameran ja tietokoneen yhteistoiminnasta, joten älykamerajärjestelmää ei kannata suunnitella kovin monimutkaista analysointia vaativiin kohteisiin.

Vielä neljäntenä tehdään valinta, tarvitaanko värikamera vai riittääkö harmaasävykamera. Tätä valintaa tehtäessä tulee muistaa, että värikamera kannattaa hankkia vain, jos halutaan tehdä värien tunnistusta tai värien tunnistuksella on muuten merkitystä. Muuten kannattaa valita harmaasävykamera, jolla saadaan samalla resoluutiolla tarkempi kuva. Tavallisimmissa värikameroissa värien muodostamiseen käytetty tekniikka aiheuttaa sen, että tarkkuus tippuu noin kolmasosaan vastaavan harmaasävykameran tarkkuudesta.

Optiikan valinta

Konenäkökameran optiikan valintaan vaikuttavat erityisesti:

- haluttu kuvakoko (vaakasuuunta x pystysuuunta) = FOV, Field Of View
- kuvausetäisyys kohteesta optiikan etureunaan
- kameran kennon koko (format, inch).

Kuva-alan koko määritellään kohteen koon ja kohteen mahdollisten erilaisten sijaintien perusteella riittävän isoksi niin, että kohde näkyy kuvassa kaikissa mahdollisissa paikoissaan. Tämän perusteella mitataan kuva-alan leveys ja korkeus millimetreissä. Kuvausetäisyys valitaan sen perusteella, mihin kamera on hyvä

kiinnittää. Tässä on yleensä mietittävä, kiinnitetäänkö kamera kattoon, mahdollisesti olemassa oleviin rakenteisiin vai pitääkö kameralle rakentaa oma kiinnitysmekanismi. Kameran kennon koko selvitetään kameran manuaalista. Näiden tietojen perusteella lasketaan tarvittavan optiikan polttoväli. Se tapahtuu esimerkiksi käyttämällä erilaisia internetistä löytyviä laskureita. Eräs yksinkertainen laskuri löytyy seuraavan linkin kautta: <http://www.graftek.com/lensselect.php>.

Optiikan valinnassa tulee varmistaa myös se, että optiikka sopii kiinnitykseltään valittuun kameraan.

Valaistuksen valinta

Valaistuksen valinta on yksi konenäköjärjestelmän kriittisistä vaiheista. Huolellinen valaistuksen suunnittelu takaa onnistuneet kuvaolosuhteet. Valaistukseen on olemassa suuri määrä erilaisia valaisintyyppejä sekä valaisutekniikoita, joita testaamalla varmistetaan hyvä lopputulos. Valaistuksen valinnasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä kannattaa lukea tarkemmin tämän raportin artikkelista, jossa perehdytään valaistukseen.

Järjestelmän kustannuksista

Konenäköjärjestelmän kustannukset riippuvat monista asioista. Komponenttien hinnat ja suunnittelun kustannukset ovat näistä merkittävimmät. Suunnittelun kustannukset vaihtelevat sen mukaan, kuka suunnittelun tekee ja mitä osioita suunnitteluun kuuluu. Järjestelmän komponenttien hinnatkin vaihtelevat kovasti, mutta joitain suuntaviivoja kustannuksille voidaan arvioida.

Konenäkökameroiden hinnat vaihtelevat matalaresoluutioisten perinteisten konenäkökameroiden muutamasta sadan euron hinnoista aina tarkkojen, esimerkiksi älykameroiden, yli kymmenen tuhannen euron hintoihin. Resoluution, nopeuden ja perinteinen/älykamera -valinnan lisäksi hintaan vaikuttavat myös muun muassa kameran kennon laadukkuus sekä älykameroissa ohjelmiston monipuolisuus ja käytettävyys. Värikameroiden ja harmaasävykameroiden hintojen erot eivät enää ole kovin merkittäviä. Erikoiskamerat, kuten näkyvän valon aallonpituusalueen ulkopuolella kuvaavat kamerat, suurnopeuskamerat tai vaikka spektraalikalamerat, ovat sitten hinnoiltaan täysin eri asioita.

Optiikoiden hinnat vaihtelevat perustason ja yleisen polttovälin optiikoiden muutamien kymppien hinnoista erikoisoptiikoiden tuhansien eurojen hintoihin.

Valaistuksen valinta tapahtuu täysin kohteen tarpeiden mukaan. Hintaan vaikuttaa useimmiten eniten se, miten monimutkainen tai moniosainen valaistus kohteeseen täytyy valita. Valaisinten hinnat vaihtelevat aivan normaalikäyttöön tarkoitettujen valaisinten muutamien kymppien hinnoista aina erikoisvalojen tai erityismuotoiltujen valaisinten jopa tuhansien eurojen hintoihin.

Ohjelmiston valinta

Konenäköjärjestelmän analysointiohjelmiston valinta voi olla hyvinkin helppoa, jos kameran kanssa toimii vain jokin määrätty ohjelmisto. Näin on esimerkiksi monien älykameroiden kanssa. Tällöin tietysti jo kameraa valittaessa tulee selvittää ohjelmiston kyky suoriutua tarkoituksenmukaisista analyyseistä.

Jos kamera ei kuitenkaan ole ohjelmistosidottu, tulee ohjelmisto valita kohteeseen sopivaksi. Tähän taas vaikuttavat esimerkiksi seuraavat ominaisuudet:

- käytettävyys
- kohteen kannalta tarpeellisten työkalujen tai algoritmien löytyminen
- hinta
- mahdollinen käytön osaaminen.

Ohjelmistojen hinnat sisältyvät usein kameroiden hintoihin, mutta markkinoilla on muutamia hyviä yleiskäyttöisiä ohjelmistoja, joista osa sisältää erittäin laajat työkalukirjastot. Tällaisia ohjelmistoja kannattaa miettiä ainakin silloin, kun järjestelmä vaatii monimutkaista analysointia. Silloin tulee tietysti varmistaa, että valittu kamera soveltuu käytettäväksi kyseisen ohjelmiston kanssa. Ohjelmistoista on usein tarjolla demoversioita, joilla ohjelmiston ominaisuuksia ja käytettävyttä voidaan testata, mutta joilla esimerkiksi tallentaminen tai ohjelman ajo reaaliaikaisesti ei onnistu. Tällaisia kannattaa käyttää ohjelmistoon tutustumiseen ennen hankintapäätöstä. Analysointiohjelmistoista myydään usein täysversioiden lisäksi myös sellaisia versioita, joilla ohjelmistoa voidaan pyörittää kohteessa, mutta jolla ei voida hoitaa varsinaista ohjelmointia. Tällöin hinta on tietysti huokeampi. Tällaista versiota käytetään yleensä tilanteissa, joissa ohjelmointi tehdään muualla ja ohjelmiston käyttö tapahtuu kohteessa. Ohjelmistojen lisenssien hintaan vaikuttaa usein myös se, käytetäänkö ohjelmistoa yhdellä vai useammalla koneella ja niin edelleen. Ohjelmistojen täysversioiden hinnat ovat yleensä noin tuhannesta muutamaan tuhanteen euroon.

Pohdintaa

Konenäköjärjestelmän suunnitteluun vaikuttavat monet sellaisetkin asiat, jotka eivät liity suoraan komponenttien, ohjelmistojen tai edes järjestelmän tukirakenteiden valintaan. Järjestelmän sijoituspaikka tulee analysoida, jotta tiedetään, miten konenäköjärjestelmä integroidaan osaksi kokonaisuutta. Ympäristön analysointi on erittäin tärkeää myös toimivan valaistusjärjestelmän aikaansaamiseksi. Vastaavasti konenäköjärjestelmälle tulevien ja siitä lähtevien signaalien tarve tulee selvittää, jotta kokonaisuuteen soveltuvat tiedonsiirtotekniikat voidaan valita.

Kaikkien järjestelmän toiminnan kannalta merkittävien toiminnallisuuksien ja olosuhteiden kartoittaminen on haastavaa, mutta samalla kokonaisuuden onnistumisen kannalta erittäin tärkeää. Kun työ tehdään huolellisesti ja sen tuloksena saadaan aikaan toimiva järjestelmä, tulos palkitsee varmasti.

Valaistus – ratkaiseva osa konenäköjärjestelmää

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Valo Pauli, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Taustaa

Yksi konenäköjärjestelmän suunnittelun kriittisimmistä vaiheista on valaistussuunnittelu. Sen merkitystä ei voi korostaa liikaa, kun tavoitteena on toteuttaa vakaa ja oikea-aikainen konenäköjärjestelmä. Hyvin suunniteltu valaistus tuottaa sellaiset olosuhteet, joissa kohteen kuvaaminen onnistuu, minimoi kuvankäsittelyn tarpeen ja varmistaa, että kohteen kiinnostavat piirteet näkyvät kuvassa riittävän hyvin. Jos taas valaistusta ei suunnitella kunnolla, voi yksinkertainenkin järjestelmä vaikuttaa mahdottomalta toteuttaa.

Valaistuksen suunnittelu aloitetaan aina järjestelmän käyttöympäristön analysoinnilla. Kun käyttöympäristön valot ja varjot sekä niiden vaihtelut tunnetaan, lähdetään suunnittelemaan ja testaamaan varsinaisen järjestelmän valaistusta. Suunnittelussa käydään läpi kuvattavien kohteiden asettamat vaatimukset valaistukselle, valaistusgeometriat ja -tekniikat, valonlähteet, suodatustekniikat sekä kameran, kohteen ja valaisimen vuorovaikutus. Tässä artikkelissa esitellään näitä valaistuksen perusteita sekä valotetaan niiden merkitystä esimerkein.

Valaistusgeometriat

Kohteen tarkan kuvaamisen ja virheettömien mittaustulosten aikaansaamisen edellytyksenä on olosuhde-
muutoksista riippumaton, hyvin suunniteltu valaistus. Kun kuvaolosuhteet on analysoitu ja tiedetään, miten ympäristön valaistus vaikuttaa kuvaamiseen, suunnitellaan käytettävä valaistus. Kohteen valaistusta suunniteltaessa tulee miettiä, millaisia valonlähteitä käytetään, mutta ennen kaikkea, millaista valaistusgeometriaa käytetään.

Konenäössä valaisuun voidaan käyttää melkein mitä tahansa valonlähdeä. Kaikilla valonlähteillä on omat hyvät ja huonot puolensa. Parhaan tuloksen saa usein kokeilemalla ja testaamalla. Tietysti kokemuksen karttuessa valonlähteiden ominaisuudet tulevat tutuiksi ja valinta on helpompaa. Käyttökelpoisia valonlähteitä ovat esimerkiksi:

- LED – Light Emitting Diode
- halogeenivalot
- loisteputket
- ultravioletivalaisimet
- monimetallilamput
- xenon-valot
- infrapunavalot.

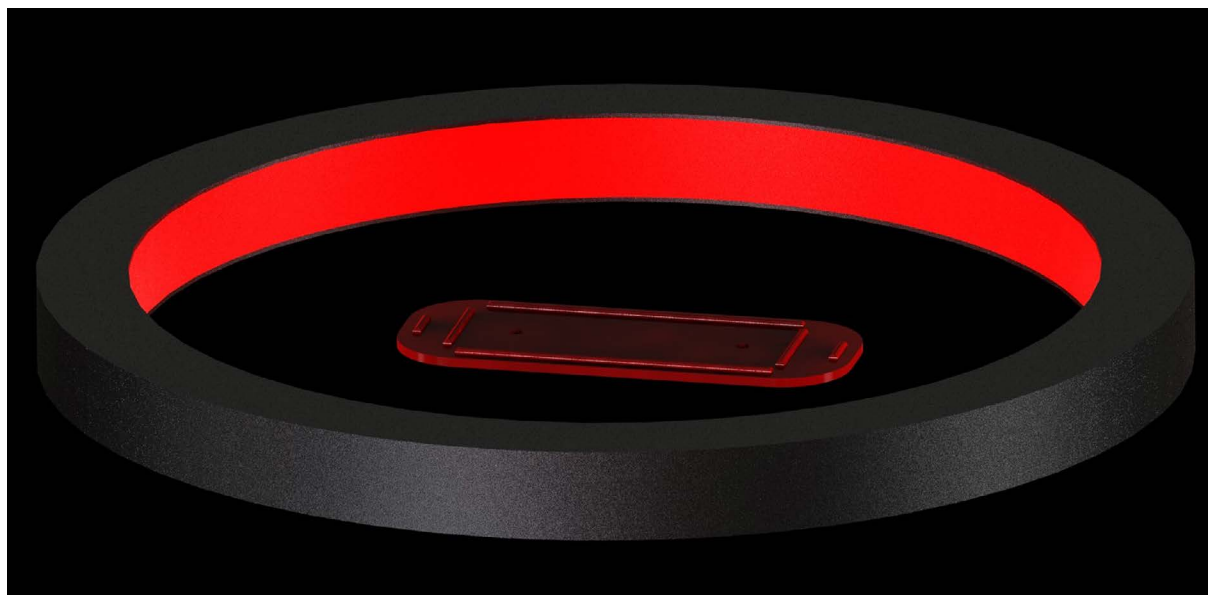
Enemmän kuin valonlähteen tyyppillä, merkitystä on valaistusgeometrialla. Valaistusgeometria tarkoittaa valaistuksen suuntaa suhteessa kohteeseen ja kameraan. Tyypillisimmät valaistusgeometriat on esitelty seuraavissa kappaleissa.

Kohtisuora valaisu

Kohtisuora valaisu toteutetaan niin, että valonlähde osoittaa kohteeseen suunnilleen samasta suunnasta kuin kamera kuvaa. Kohtisuoralla valolla saadaan aikaa hyvä yleisvalaistus, mutta sen ongelmaksi muodostuvat usein niin kutsutut peiliheijastukset. Kun valonsäteet osuvat kohteen pintaan, kohtisuorasti kameran suuntaan tapahtuu voimakkain heijastus. Tällöin kuvaan muodostuu kirkas, vaalea alue, josta ei voida tehdä analysointia.

Sivuvalaisu

Sivuvalaisu (Dark field, kuva 1) toteutetaan niin, että valo osoitetaan kohteen pinnalle pienessä kulmassa suhteessa tasoon, jolla kohde on.

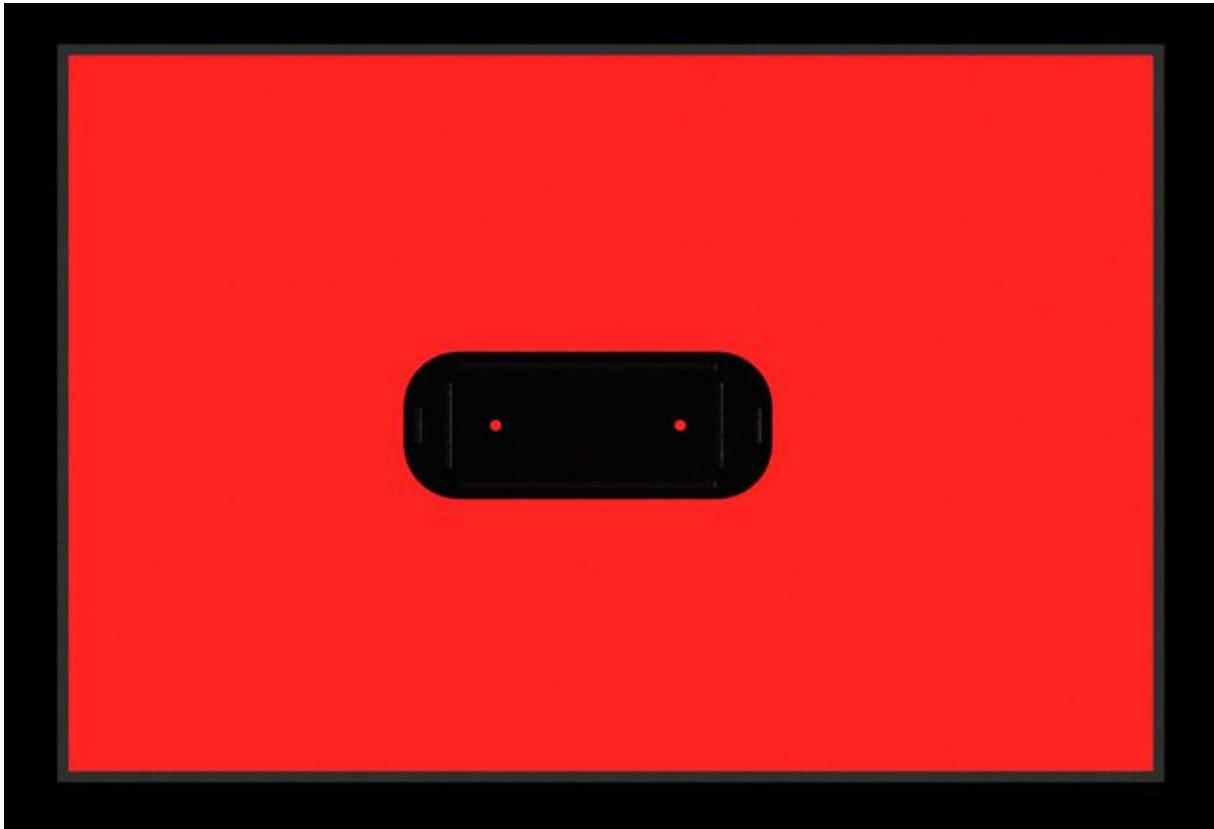


Kuva 1. Rengasmainen sivuvalo kohteen valaisussa.

Sivuvaloa kannattaa kokeilla tasaisten heijastavien pintojen kanssa, jos kohtisuora valo muodostaa kiiltäviä peiliheijastuksia. Sivuvallon erityiset käyttökohteet ovat tasaiset pinnat, joissa olevia pinnan muodonmuutoksia pitäisi saada näkyville. Kun valo tuodaan kohteen pinnalle sivulta, heijastuu se tasaisilta pinnoilta vastakkaiseen suuntaan. Jos taas pinnalla on kuoppia tai kohoumia, heijastuu valo niistä suoraan ylöspäin. Nämä pinnanmuodot näkyvät kuvassa vaaleina, kun kamera kuvaa ylhäältä päin. Vastaavasti tasaiset pinnat näkyvät tummina. Tämä ominaisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi kaiverrusten analysoinnissa tai pinnan muotojen analysoinnissa.

Taustavalaisu

Taustavalaisulla tarkoitetaan tilannetta, jossa valaisu tapahtuu kohteen takaa, kun kamera kuvaa kohdetta edestäpäin (kuva 2).

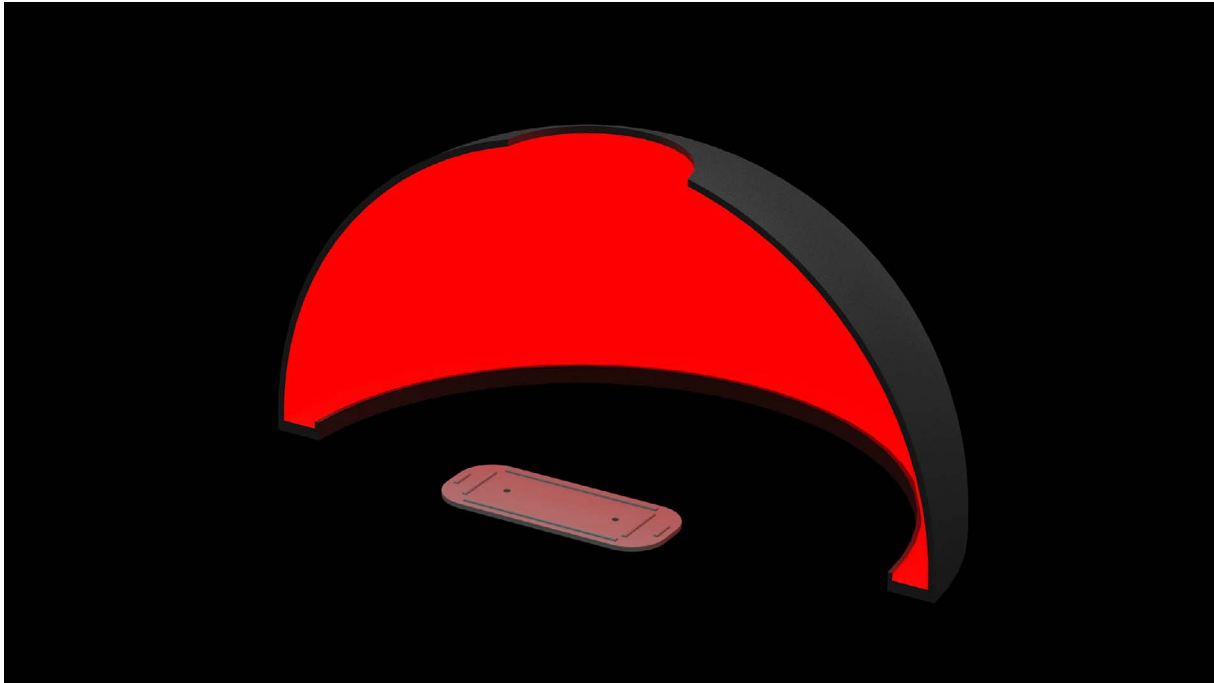


Kuva 2. Taustavalaistu kohde.

Taustavalaisu toteutetaan yleensä niin, että kohteen pinnasta heijastuu mahdollisimman vähän valoa kameranalle. Näin kohde näkyy kuvassa tummana ja valaistu tausta tietysti vaaleana. Tällä tavalla valaistuna kohteesta saadaan aikaan silhuettikuva, jossa kohteen ääriviivat saadaan hyvin tarkasti näkyviin. Taustavalaisua käytetään yleensä, kun halutaan mitata kohteen dimensioita tai muuten tarkastella kohteen ääriviivojen muotoja.

Diffuusivalaisu kupolivalonlähteellä

Diffuusi valo tarkoittaa hajavaloa eli valoa, joka ei tule vain yhdestä pisteestä. Diffuusikupolivalaisin (kuva 3) tehdään asettamalla esimerkiksi LEDejä renkaaseen, joka on kiinnitetty sisäpinnaltaan sopivasti heijastavaan kupoliin niin, että LEDit osoittavat kupolin sisäpintaan.

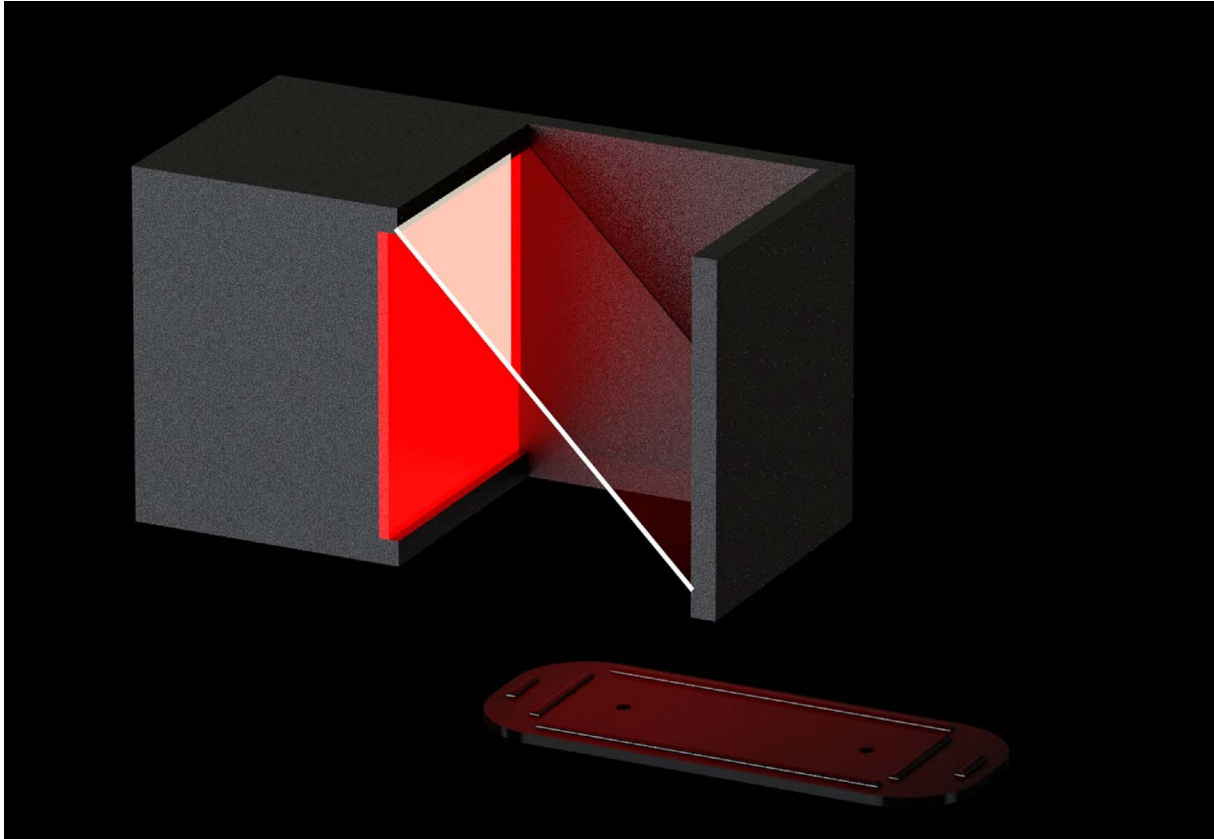


Kuva 3. Diffuusikupolivalaisimen poikkileikkauskuva.

Kun kupoli asetetaan oikeaan paikkaan kuvattavan kohteen päälle, valonsäteet heijastuvat kupolin sisäpinnalta kaikkiin mahdollisiin suuntiin ja valaisevat kohteen mahdollisimman tasaisesti eri suunnista. Näin kuvaan ei synny varjoja eikä heijastuksia, vaan kohde saadaan kuvaan tasaisesti valaistuna. Kupolin yläpinnassa pitää tietysti olla reikä, josta kamera kuvaa kupolin alla olevaa kohdetta. Diffuusikupolivaloa kannattaa käyttää esimerkiksi kiiltävien kuperien ja koverien kohteiden tai vaikkapa läpinäkyvien muovipakkausmateriaalien kanssa, kun muut valaistusmenetelmät aiheuttavat heijastuksia.

Aksiaalinen diffuusivalaisu

Aksiaalinen diffuusivalaisu (kuva 4) toteutetaan usein LED-matriisilla, joka tuottaa tasaisen valopinnan.



Kuva 4. Aksiaalisen diffuusivalaisimen rakenne: vasemmalla LED-matriisivalaisin, josta valonsäteet heijastetaan vinossa olevasta puoliläpäisevästä peilistä kohteeseen. Kamera kuvaa suoraan ylhäältä päin puoliläpäisevän peilin läpi.

Valopinnalta valonsäteet johdetaan 45 asteen kulmassa olevan puoliläpäisevän peilin kautta heijastettuna kohteen pinnalle. Näin kohteen pinnalle tulevat valonsäteet kulkevat kaikki suoraan ylhäältä alaspäin. Kun kamera kuvaa valaisimen yläpuolelta puoliläpäisevän peilin läpi, heijastuvat valonsäteet tasaisilta kohteen pinnoilta suoraan ylöspäin kameralle, kun kohteen epätasaisilta pinnoilta heijastus tapahtuu sivuille. Näin kohteen tasaiset pinnat näkyvät kuvissa vaaleina ja epätasaiset pinnat tummina. Aksiaalinen diffuusivalaisu onkin vähän kuin sivuvalon vastakohta. Sitäkin voidaan käyttää esimerkiksi kaiverrusten tarkasteluun.

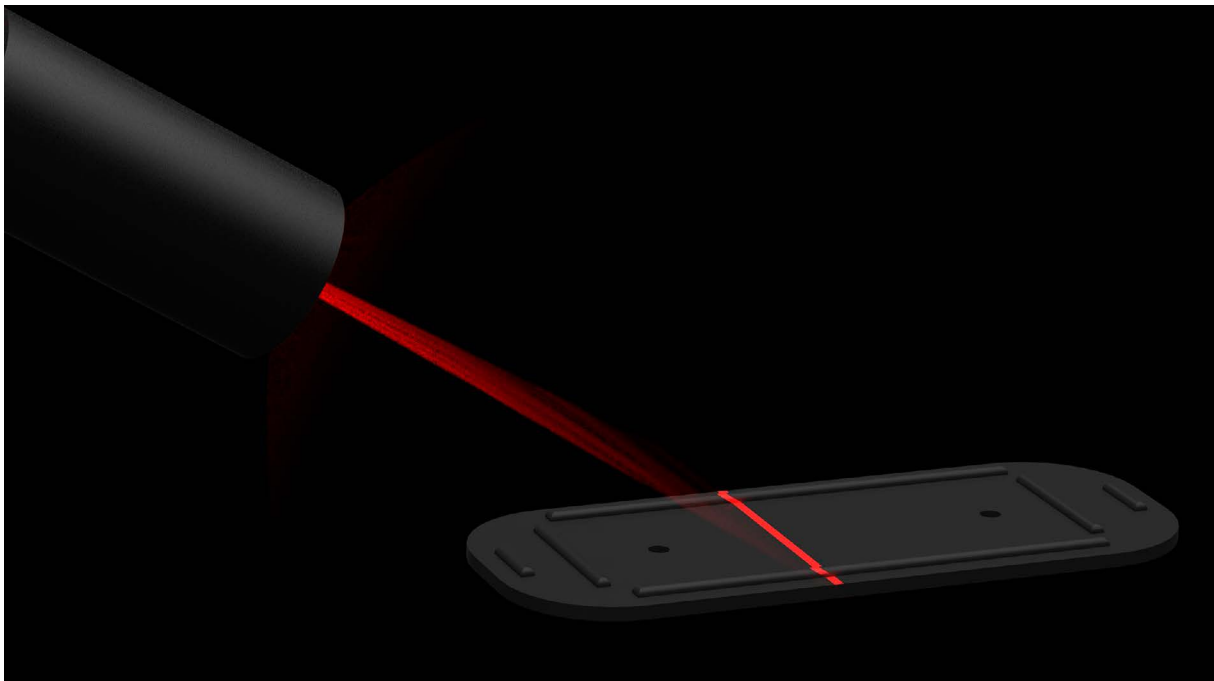
Valaistuksen suunnitteluun vaikuttavat asiat

Valaistuksen suunnitteluun vaikuttavat monet tekijät, kuten kohde, ympäristö, ympäristön valaistus sekä järjestelmän kokoonpano. Konenäköjärjestelmässä valaistuksen tärkein tehtävä on maksimoida kiinnostavien piirteiden kontrasti suhteessa muihin osiin. Suunnittelu kannattaa aloittaa analysoimalla kohdetta ainakin seuraavilta kanteilta:

- Onko kohde ja sen pinnat tasaisia vai epätasaisia ja kuinka epätasaisia?
- Onko pinta kiiltävä vai mattapintainen?
- Onko kohde värillinen ja onko värillä merkitystä analysoinnille?
- Onko kohde paikallaan vai liikkeessä?
- Mitä piirteitä kohteesta halutaan nähdä?

Rakenteellinen valaisu

Riittävän hyvän kuvan aikaansaaminen saattaa joskus vaatia vielä muitakin valaistusominaisuuksia. Joskus kohteen analysointiin kannattaa käyttää rakenteellista valaistusta. Rakenteellisella valaistuksella tarkoitetaan valokuvion käyttämistä valaistuksessa. Tällöin käytetään usein laservaloja kuten vaikkapa laserviivavaloa (kuva 5), laserviivaverkkoa tai laserpistematriisiä. Rakenteellista valaistusta käytetään usein erityisesti kohteissa, joissa kuvataan valaisukuvion muutoksia kohteen pinnalla ja sitä kautta analysoidaan esimerkiksi kohteen pinnan muotoja.



Kuva 5. Laserviivalla toteutettu rakenteellinen valaisu.

Strobovalaisu

Toinen mainitsemisen arvoinen erikoisvalaisutekniikka on salama- eli strobovalaisu. Strobovalaisua käytetään erityisesti, kun kohde liikkuu ja liike häiritsee tarkan kuvan ottamista. Kun valaisuun käytetään strobovalaisua, saadaan kohteeseen lyhyeksi hetkeksi todella voimakas valaisu. Näin kuvan valotus tapahtuu lyhyessä ajassa, jolloin kohde ei ehdi liikkua juurikaan ja kuvasta saadaan riittävän tarkka. Joskus strobovalaisua käytetään, jotta ympäröivän epästabiliin valaistuksen vaihtelut eivät vaikuttaisi kuvan valaisuun. Kun kohde valaistetaan läheltä hetkellisesti voimakkaalla valolla, ei ympäröivällä valaisulla ole juurikaan vaikutusta.

Suotimien käyttö

Erilaiset suotimet ovat usein erittäin käyttökelpoisia, kun esimerkiksi auringonvalo häiritsee kuvaamista. Yli-, ali- ja kaistanpäästösuotimilla suodatetaan kameran kennolle tulevasta valosta osa pois. Jos vaihteleva auringonvalo on ongelma, kannattaa miettiä esimerkiksi värillisen valon ja vastaavan kaistanpäästösuotimen käyttämistä. Kun valitaan edullinen punainen 660 nm:n LED-valaisu ja siihen sopiva 660 nm:n kaistanpäästösuodin, saadaan kohteelle hyvä valaisu, mutta ympäröivästä valosta suurin osa suodattuu pois. Näin kuvaan vaikuttava valaisu saadaan lähes stabiiliksi.

Värivalojen käyttö

Jos värejä ei tarvitse tunnistaa tarkkaan, vaan riittää vaikkapa vain punaisten ja vihreiden esineiden erottelu, voidaan valita harmaasävykamera ja värivalaistus. Kun kohdetta valaistetaan samalla värillä eli esimerkiksi punaista kohdetta punaisella valolla, näkyy kohde harmaasävykuvassa vaaleana. Jos kohdetta taas valaistetaan vastavärillään eli esimerkiksi punaista kohdetta vihreällä värillä, näkyy kohde kuvassa tummana. Näin toteutettuna erivärisiä kohteita voidaan tunnistaa harmaasävykameralla ja samalla hyödynnetään harmaasävykameran parempi tarkkuus verrattuna vastaavaan värikameraan.

Diffuusikupolivalaisin testaustarkoituksiin

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa yhtenä konenäön teknologiaselvityksen osana tehtiin valaistustestauksia ja -kehittämistä. Yksi kohteista oli kiiltäviä metallipintoja tarkasteleva järjestelmä, joka vaati sopivan valaistuksen toimiakseen. Valaistuksen suunnittelu alkoi erilaisten valaisuvaihtoehtojen testauksella. Testit osoittivat melko nopeasti, että diffuusikupolivalaisu on toimivin ratkaisu. Kuvattavat kohteet olivat kuitenkin halkaisijaltaan noin 35 cm:n kokoisia, joten diffuusikupolivalaisimenkin halkaisijan tulee olla vähintään 35 cm. Tämän kokoinen valaisin maksaa jo melko paljon, joten ennen järjestelmään integroitavan valaisimen tilaamista tuli varmistaa valaisun toimivuus.

Laboratorio-olosuhteissa valaisimia voidaan toteuttaa hyvinkin innovatiivisesti ja edullisesti ja tässäkin tapauksessa diffuusikupolivalaisin tehtiin edullisista osista ja komponenteista (kuva 6).

Diffuusikupolivalaisimen kupoliksi löytyi huonekaluliikkeen poistomyynnistä iso metallinen lampunvarjostin, jonka sisäpintakin oli valmiiksi mattavalkoinen. Varjostimen halkaisija oli 41 cm, joten sen kokokin oli täydellinen tähän tarkoitukseen. Varjostimen alareunaan leikattiin ja kiinnitettiin 6 mm:n paksuisesta alumiinilevystä rengas, johon kiinnitettiin 30 kappaletta 3 W:n LEDejä. Näin kupolin sisäpinnalta heijastuu kohteeseen hyvin kirkas hajavallo ja valaistu kohde voidaan kuvata kupolin yläpinnalla olevasta reiästä. Seuraavassa on kaksi esimerkkikuvaa tästä kupolista.



Kuva 6. a) Diffuusikupolin yläpuolen reiästä kuvatut LEDit, joiden tuottama valo heijastuu kupolin sisäpinnalta kohteeseen. b) Diffuusikupolivalaisin kohteen yläpuolella.

Tämän laboratorio-olosuhteisiin tehdyn diffuusikupolivalaisimen osien hinnaksi tuli alle 50 euroa ja sen kanssa järjestelmän valaistussuunnitelman toimivuus pystyttiin varmistamaan. Tämän jälkeen teollisuusolosuhteisiin tarkoitettu diffuusikupolivalaisin voitiin tilata varmoina siitä, että sen avulla järjestelmän valaisu toimii.

Pohdintaa

Valaistuksen merkitystä konenäköjärjestelmän osana ei voi koskaan yliarvioida. Hyvin suunniteltu valaistus varmistaa järjestelmän toimivuuden. Tässä projektissa valaistuksen suunnittelun perusteita sekä erilaisia valaisuvaihtoehtoja ja niiden käyttökohteita on kerätty yhteen tietopakettiin. Valaistuksen merkitys on hyvä ymmärtää niin järjestelmän suunnittelussa kuin hankinnassakin.

Erilaiset testaukseen käytettävät valaisimet ovat erittäin hyödyllisiä hankintoja. Kun valaistussuunnittelu perustuu todellisten kohteiden kuvaamiseen erilaisilla valaisuvaihtoehdoilla, on tuloskin aina käyttökelpoinen. Kun nämä testit vielä tehdään heti järjestelmän suunnittelun aluksi, varmistetaan mahdollisuus onnistuneeseen lopputulokseen.

Konenäkö tuotteiden yksilöllisessä tunnistamisessa

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Luomanmäki Toni, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Ekola Harri, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Palomäki Juha, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Nykyisin jopa kamerakännyköistä löytyy koodinlukuun tarvittava laitteisto. Pitää vain ladata sopiva ohjelmisto ja koodinlukija on valmis käytettäväksi. Konenäköön perustuvat koodinlukijat toimivat täysin samalla periaatteella kuin kamerakännyköihin perustuvat, sillä erolla, että ne ovat tarkempia, luotettavampi ja ennen kaikkea nopeampia.

Erilaiset painettavat tai muuten tuotteeseen liitettävät koodit mahdollistavat tuotteiden yksilöllisenkin tunnistamisen. Perinteinen viivakoodi löytyy lähes kaikista vähittäiskaupassa myytävistä tuotteista. Viivakoodi on kuitenkin vain tuotekohtainen merkintä, eikä sillä päästä yksilöllisiin tunnistuksiin. Sen sijaan erilaiset matriisikoodit tai teksti- ja numerokoodit voivat sisältää tietoa, joka mahdollistaa tuotteiden yksilöllisen tunnistuksen. Näiden koodien lukeminen vaatii kuitenkin perinteistä viivakoodiskanneria monimutkaisemman, konenäköön perustuvan lukulaitteen.

Konenäköön perustuva koodinluku

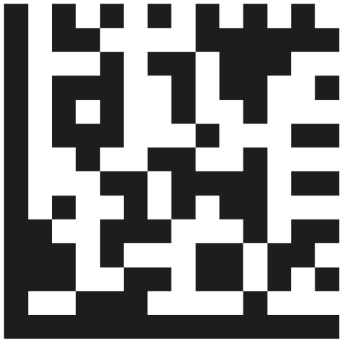
Kuvaan perustuva lukeminen mahdollistaa erilaisten koodien lukemisen riippumatta siitä, missä kohdassa kappaletta koodi on. Koodin tulee tietysti näkyä kuvassa, mutta lukualue voi olla vaikka kuinka iso eikä lukijalaitteen tarvitse osata osoittaa tiettyyn kohtaan tuotetta. Tällaiset koodit helpottavat tuotteiden merkintäprosessia ja toisaalta antavat mahdollisuuden siihen, että loppuasiakaskin voi jotenkin hyödyntää koodista saatavaa tietoa. Tuotteesta älylaitteella luettava koodi voi esimerkiksi avata Internetistä tuotteen käyttöohjeen tai vaikkapa ruokareseptin, jossa kyseistä elintarviketta käytetään.

Perinteiset viivakoodit perustuvat eripaksuisiin ja toisistaan eri etäisyyksillä oleviin viivoihin. Niiden lukemiseen käytetään useimmiten laserviivaskanneria. Tällöin viivakoodista pitää näkyä pituussuuntaan yksi yhtenäinen alue, josta kaikkien viivojen paksuudet ja etäisyydet saadaan luettua (kuva 1, punainen viiva). Jos viivakoodi vioittuu niin, ettei kuvan punaisen viivan mukaista yhtenäistä aluetta löydy, ei koodin lukemisenkaan onnistu.



Kuva 1. Viivakoodi, jossa punainen viiva esittää luettavaa aluetta.

Matriisikoodi on nimensä mukaisesti matriisimuotoinen mustista ja valkoisista soluista koostuva koodi, (kuva 2). Yleisimmin käytössä olevat matriisikoodit ovat kuvan 2 mukaisia datamatriiseja tai kuvan 3 mukaisia QR-koodeja (QR = Quick Response).



Kuva 2. Datamatriisikoodi.



Kuva 3. QR-koodi.

Erialaisten matriisikoodien tunnistaminen tapahtuu koodista löytyvien tunnistemerkkien perusteella. Datamatriisin tunnistemerkki on yhtenäinen kahdella reunalla oleva L-kirjaimen muoto yhdistettynä kahden muun reunan L-kirjaimen muotoiseen katkoviivaan. QR-koodin tunnistemerkit taas ovat kolmesta kulmasta löytyvät mustavalkoiset, isot neliöt. Matriisikodeihin voidaan tallentaa tuhansia merkkejä, kun viivakodeihin saadaan vain kymmeniä merkkejä.

Matriisikoodin lukeminen perustuu siitä otettuun kuvaan ja kuvan analysointiin. Analysoinnilla tutkitaan mustien ja valkoisten solujen paikkoja suhteessa toisiinsa. Lukulaite on siis aina kamerapohjainen, jolloin kuva voidaan ottaa laajemmalla alueella ja koodi voi sijaita missä tahansa kuva-alueella. Matriisikoodi voi olla osittain myös vioittunut tai vaikkapa repeytynyt ja se voidaan silti lukea.

Markkinoilla on puhtaasti koodinlukua ja tekstinlukua varten kehitettyjä konenäkökameroita sekä perinteisempiä konenäkökameroita, jotka pystyvät myös muuhun kuin koodin- ja tekstinlukuun. Konenäköön perustuvilla koodinlukijoilla voidaan tunnistaa sekä viivakodeja että erilaisia matriisikodeja. Konenäköön perustuvan koodinluvun valitit verrattuna perinteiseen laserviivakoodiskanneriin ovat sen nopeus, useamman koodin lukeminen yhtäaikaisesti sekä isoltakin alueelta mahdollistuva lukeminen. Koodinlukuun tarkoitettut konenäkökamerat pystyvät lukemaan jopa 120 viiva- tai matriisikoodia sekunnissa.

Konenäkösovelluksia koodien lukemiseen

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa tarkasteltiin konenäköön perustuvia koodinlukumahdollisuuksia monesta eri näkökulmasta. Mitä jos koodien pitäisi kestää erilaisia lämpökäsittelyjä ja olla niiden jälkeenkin luettavissa? Entä miten pakkausmateriaalin kiiltävyys vaikuttaa koodien lukemiseen tai miten kiiltäviltä sylinterimäisiltä pinnoilta saadaan luettua viiva- tai matriisikodeja? Seuraavissa kappaleissa kuvataan näissä selvityksissä esille tulleita asioita.

Keraamisten koodien lukeminen konenäöllä

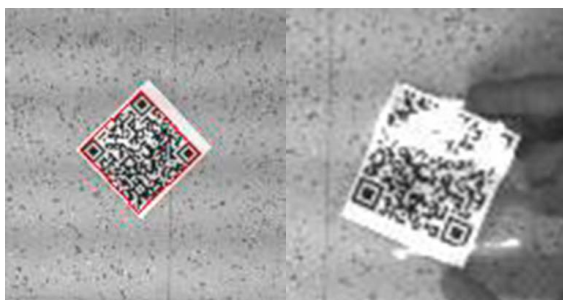
Viivakoodi ja matriisikoodi voidaan toteuttaa keraamisten merkintätarrojen avulla. Keraamisia merkintätarroja voidaan käyttää korkeissa lämpötiloissa, sovelluksia löytyy jopa 1650 °C:een saakka. Keraamiset merkintätarrat kestävät myös erittäin hyvin erilaisia nesteitä. Jos käytetään keraamisia merkintöjä korkeissa lämpötiloissa, on huomioitava materiaalin lämpölaajeneminen, joka voi aiheuttaa merkintätarran murtumisen. Haasteellisissa materiaaleissa käytetään merkintätapaa, jossa keraaminen tarra sisältää metallisen aluslaatan, jonka lämpölaajeneminen ei riko merkintätarraa. Varsinainen koodin lukeminen konenäön avulla tapahtuu samalla tavalla kuin normaalissa viivakoodi- tai matriisikoodisovelluksessa.

QR-koodien lukeminen konenäöllä

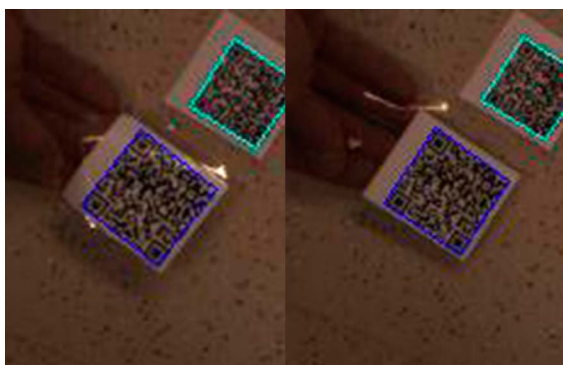
Tässä projektissa selvitettiin erikokoisten QR-koodien lukumahdollisuuksia erilaisilta pinnoilta. Valaistukseen ei testeissä kiinnitetty erityistä huomiota, vaan valaistuksena oli normaali loisteputkivalaistus 4–5 metrin korkeudesta. Kuvauksissa käytettiin kahta erilaista kameraa, 10 megapikselin konenäkökameraa ja 5 megapikselin älykameraa. QR-koodit kuvattiin noin kahden metrin korkeudesta kuva-alan ollessa noin 1,5 x 1,5 m. Koodit tulostettiin erikokoisina tavalliselle paperille aina 4,5 x 4,5 cm kokoisesta 11 x 11 cm kokoiseen. QR-koodit kuvattiin ensin ilman laminoitua ja sitten laminoinnin kanssa. Näin saatiin testattua heijastusten aiheuttamia ongelmia. Tulostettu QR-koodi sisälsi 37 merkin pituisen internet-osoitteen.

Laminoimattomien QR-koodien tunnistaminen onnistui molemmilla kameroilla. Laminoitujen koodien tunnistamisessa tuli ongelmia heijastusten vuoksi. Heijastusten vaikutuksia testattiin niin koverien, kuperien kuin viistossa kulmassa olevia laminoitujen koodien kanssa. Osittain kuperalla pinnalla olevat QR-koodit eivät näkyneet ollenkaan kameralle, koska heijastus muodostui liian suureksi ja peitti liian suuren osan koodista. Muissa tapauksissa heijastukset eivät estäneet koodinlukua. Kaikki heijastukset aiheuttivat kuitenkin ongelmia koodin tunnistuksessa ja ne pitääkin eliminoida hyvällä valaistussuunnittelulla.

5 megapikselin kameralla hyvään tunnistuksen tasoon päästiin 7,1 x 7,1 cm:n kokoisella laminoitulla QR-koodilla. Kameran kuvausalue muodostui hieman kalansilmäksi alueen jäädessä noin 1 x 1,5 m kokoiseksi. Laminoinnin jälkeen 10 megapikselin kameralla näki 5,3 x 5,3 cm kokoisen QR-koodin luotettavasti. Kun koodia taivuteltiin, laminoinnista aiheutuvat heijastukset häiritsivät koodinlukua liikaa. Kuvausalue oli tällöin suurempi, noin 1,5 x 1,5 m (kuvat 4–5).



Kuva 4. 5 megapikselin kameralla kuvatut laminoitut 7,1 x 7,1 cm:n kokoiset QR-koodit, vasemmalla tasaisella alustalla ja oikealla koveralle taivutettu koodi heijastuksilla.



Kuva 5. 10 megapikselin kameralla kuvatut 5,3 x 5,3 cm:n kokoiset, laminoitut QR-koodit, vasemmalla kuperat ja oikealla kallistetut koodit.

Tässä testatut koodit sopisivat esimerkiksi isoissa säkeissä tai laatikoissa myytäviin tuotteisiin, jolloin niiden sisältämät Internet-sivujen osoitteet voitaisiin lukea älypuhelimella. Testit tehtiin kuitenkin isojen tuotteiden tuotannon aikaista seuranta varten.

Koodien lukeminen kiiltäviltä sylinterimäisiltä kiiltäviltä pinnoilta

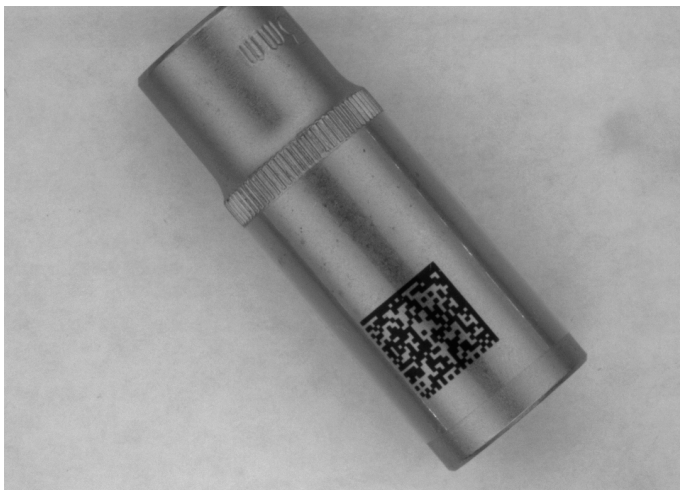
Kiiltäville, sylinterimäisille pinnoille painettujen koodien lukeminen on haastavaa. Siihen vaaditaan tarkkaa valaistusta sekä optimaalista kuvausasettoa, jotta kuvaan ei tule suurta vääristymää, joka vaikeuttaisi koodin lukemista. Sylinterimäisille kappaleille erittäin hyvä kameratekniikka olisi viivakamera, mutta se vaatisi, että kohdetta tai kappaletta pitäisi pyörittää. Tästä johtuen näiden kappaleiden kanssa tulee käyttää matriisikameraa sekä kiiltävän pinnan vuoksi mahdollisimman tasaisesti valaisevaa valaistusta kuten esimerkiksi diffuusikupolivaloa.

Usein koneistuslaitteissa työstävä robotti tai laite joutuu vaihtamaan työkaluaan. Jos jostain syystä kyseessä ei ole oikea työkalu, aiheutuu vahinkoa joko työkalulle tai työstettävälle kappaleelle. Tämä taas aiheuttaa tappiota, mikä ei tietysti ole suotavaa.

Tämäkin tilanne voidaan ratkaista konenäöllä. Kamera voi tarkistaa robotille valmiiksi, onko sen käyttöönotettava työkalu varmasti se, mitä tarvitaan. Kamera etsii työkalusta matriisikoodin ja lukee siitä työkalun ID:n sekä vertaa ID:tä tarvittavan työkalun ID:hen. Seuraavassa on esitetty kuvasarja (kuvat 6–8) siitä, miten sylinterimäinen kiiltävä kappale valaistetaan diffuusikupolivalolla ja sen jälkeen muutetaan harmaasävykuvaksi, josta saadaan luettua matriisikoodi. Tässä esimerkissä matriisikoodi sisältää internet-sivun osoitteen.



Kuva 6. Punaisella diffuusikupolivalolla valaistu työkalu matriisikoodilla.



Kuva 7. Harmaasävykuvaksi muutettu kuva.



Kuva 8. Tulokuva matriisikoodin lukemisesta.

Pohdintaa

Erilaiset painettavat koodit pitävät pintansa tuotteiden merkinnöissä. Uudet koodit mahdollistavat yhä tarkemman ja yksilöllisemmän merkinnän, mutta vaativat lukemiseen kuvaukseen perustuvan lukulaitteen. Älylaitteille on saatavissa erilaisia koodien lukuohjelmia, mutta nopeutta, tarkkuutta ja automatiikkaa sisältävissä järjestelmissä konenäköön perustuvat järjestelmät ovat ehdottomia valintoja.

Konenäkökameraista on tehty edullisia versioita koodien lukemiseen ja niitä saa helposti käyttöön otettavina älykameranoina. Näillä kameroilla voidaan kuvata isoakin aluetta, josta analysointiohjelma löytää koodin ja lukee sen. Tämä helpottaa ja nopeuttaa kappaletavara-automaation prosesseissa monia kohtia ja mahdollistaa tuotteiden yksilöllisen seuraamisen aina valmistusvaiheista lähtien.

Konenäköön perustuvien koodinlukujärjestelmien suunnittelu vaatii osaamista esimerkiksi valaistuksesta. Toisaalta konenäköjärjestelmä voidaan tehdä täysin automaattiseksi, eikä lukijalaite tarvitse käyttäjää koodin löytämiseksi ja lukemiseksi.

3D-kuvauksella lisää mahdollisuuksia laadunvalvontaan

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Valo Pauli, Satakunnan ammattikorkeakoulu
Luomanmäki Toni, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Ekola Harri, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Taustaa

Yrityksissä on tarvetta automatisoituun laadunvalvontaan ja prosessien tarkkailuun. 3D-kuvauksella on mahdollista mitata ja analysoida esimerkiksi kappaleen tilavuutta ja piirteitä, joiden mittaaminen tavallisella 2D-kuvauksella. 3D-kuvauksessa käytetyt laitteet ovat kehittyneet sille tasolle, että niitä voidaan käyttää jo kohtuullisen vaivattomasti. Laitteet ovat pääsääntöisesti luotettavia, tarkkoja ja suhteellisen edullisiakin, eikä niiden käyttöönotto vaadi enää niin suurta osaamista ja suuria resursseja kuin aiemmin. Myös konenäössä ja 3D-kuvauksessa käytettävät ohjelmistot ovat kehittyneet viime aikoina merkittävästi. Nykyisillä ohjelmistoilla on mahdollista tehdä haastaviakin analyysejä ilman ohjelmoinnin tarvetta. Vaativimmissa tapauksissa ohjelmointia kuitenkin vielä tarvitaan, mutta työkalut ovat kehittyneet myös sillä puolella. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -hankkeessa 3D-kuvaus nousi yhdeksi tiedonhaun tarpeeksi, sillä yrityksillä on tarve valvoa laatua mahdollisimman automaattisesti ja luotettavasti erilaisissa olosuhteissa. 3D-kuvauksen mahdollisuudet voivat kuitenkin olla monelle vielä hiukan epäselvät ja teknologian käytettävyyden tasosta ei olla varmoja. Tiedonhaun tuloksia esitellään alussa yleisellä tasolla ja lopuksi tarkemmin esimerkkitapausten kautta.

3D-kuvausteknologiat

Kun halutaan saada kolmiulotteinen malli jostain fyysisestä kappaleesta, puhutaan 3D-kuvauksesta tai 3D-skannaamisesta. 3D-kuvaus on mennyt huimasti eteenpäin viimeisten vuosien aikana, kun kamerat, valaistusmahdollisuudet ja kuvien analysointiohjelmit ovat kehittyneet. 3D-kuvausta voidaan tehdä useilla erilaisilla menetelmillä laserviivan profiilin kuvaamisesta aina valon kulkuajan mittaamiseen. Tähän artikkeliin on kuvattu lyhyesti tunnetuimmat 3D-kuvausteknologiat sekä muutamia tapausesimerkkejä 3D-kuvauksen soveltamisesta teollisuuden tarpeisiin.

Stereokuvaus

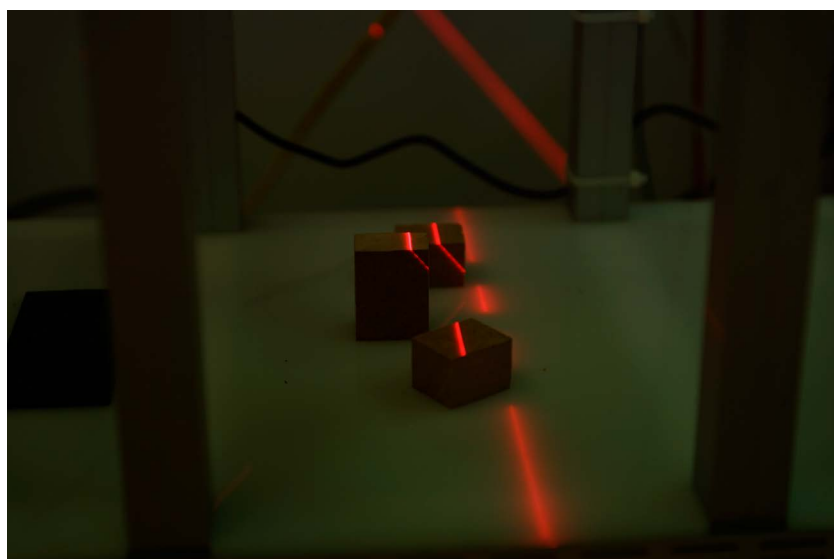
Stereokuvaus matkii ihmisen silmien toimintaa. Kun ihmisen kaksi silmää katsovat samaa kohdetta hieman eri suunnista, saa ihminen kohteesta kolmiulotteisen vaikutelman. Stereokuvauksessa tätä jäljitellään asettamalla kamerat niin, että kohde kuvataan samaan aikaan vähintään kahdesta eri kulmasta. Vastaavasti voidaan kuvata yhdellä kameralla ensin yhdestä suunnasta ja sen jälkeen toisesta suunnasta, mutta tällöin tärkeää on, ettei kohde liiku kuvien ottamisen välillä. Jos päädytään kuvaamaan kahdesta eri suunnasta samalla kameralla, tulee kameraa tietysti liikuttaa tarkasti tunnettuihin pisteisiin.

Kuvien yhdistäminen tehdään tietokoneella. Analysointiohjelma tarkastelee kuvia kokonaisuuksina etsien hahmoista samoja pisteitä ja yhdistämällä niitä. Analysoinnin tuloksena saadaan kohteen 3D-kuva.

Stereokuvauksen haasteet piilevät erityisesti siinä, että saadaan kohteesta vähintään kahdesta eri suunnasta otetut kuvat ja onnistutaan vastinpisteiden yhdistämisessä 3D-kuvauksi. Myös kohteen pinta aiheuttaa haasteita kuvaamiseen. Vaikeita stereokuvattavia ovat esimerkiksi pinnat, joissa on toistuvia muotoja, jotka voidaan kuvien yhdistämisessä sekoittaa toisiinsa. Tasaisista, tekstuurittomista pinnoista taas on vaikea löytää vastinpisteitä, joita yhdistää.

Rakenteelliseen valaisuun perustuva 3D-kuvaus

Rakenteelliseen valaisuun perustuvassa 3D-kuvauksessa kohdetta valaistetaan valolla, jonka geometria eli muoto tunnetaan. Useimmiten käytetään laservaloa, koska sillä saadaan aikaiseksi erittäin tarkkoja valokuvia. Yleisimmin käytössä on laserviivavallo. Tällöin 3D-kuvaus tapahtuu niin, että laserviiva on paikallaan (kuva 1) ja kohde liikkuu esimerkiksi kuljettimella viivan alta, jolloin viivan muoto muuttuu kohteen muotojen mukaan.



Kuva 1. Laserviiva projisoituna kohteeseen.

Viivan muotojen muutokset kuvataan ja niitä tarkastelemalla analysointiohjelma muodostaa 3D-kuvan. Vastaavasti kohde voi olla paikallaan ja laserviiva liikkuu kohteen pinnalla kameran kuvatessa tapahtumaa joko paikallaan tai liikkuessaan valaisimen kanssa. Valaisukuvio voi olla myös monimuotoisempi kuin vain viiva, jolloin kohdetta tai valaisinta ei välttämättä tarvitse liikuttaa. Pyyhkäisytekniikkaa tai useaa eri valaisinkuviota käyttäessä tärkeää on, että kohteen, kameran tai valaisimen liike tunnetaan tarkasti tai ne eivät saa liikkua kuvauksen aikana. Rakenteellisella valaisulla kappaleita voidaan kuvata hyvinkin tarkasti. Kappaleen pinta (kiiltävyys, karheus jne.) vaikuttaa kuvauksen onnistumiseen oleellisesti. Rakenteelliseen valaisuun perustuvia 3D-kuvauksjärjestelmiä löytyy sekä älykameroina että perinteisinä konenäkökameroina. Älykamerassa on mukana prosessori ja muisti, joten se pystyy itsenäiseen kuvien analysointiin eikä erillistä tietokonetta tarvita enää ohjelmointivaiheen jälkeen. Perinteisessä järjestelmässä kuvat lähetetään tietokoneelle analysoitavaksi, jolloin tietysti tietokoneen merkittävästi parempi laskentateho on analysoinnin tukena.

Fringe

Fringe-projektio on yksi rakenteelliseen valaisuun perustuva tapa kuvata 3D-kuvia. Fringen toiminta perustuu siihen, että tietokone luo fringe-kuvion, joka on esimerkiksi valkoisista ja mustista pystysuorista viivoista koostuva valaisukuvio, joka sitten lähetetään projektorille. Projektori projisoi fringe-kuvan kohteen pinnalle. Kohteen pinnan muodot muuttavat projektion muotoa, kun pystysuorat viivat taittuvat kohteen muotojen mukaisesti. Kamera kuvaa vääristyneen fringe-kuvan ja lähettää sen tietokoneelle analysoitavaksi. Analysointi perustuu vastinpisteiden kolmiomittaukseen. Sen tuloksena saadaan kohteen 3D-kuva. Kuvan tarkkuuteen vaikuttaa kamerasen ja optiikan lisäksi myös projektorin tuottaman viivaprojektion tarkkuus.

Kinect

Microsoft Kinect on Xbox 360 -pelikonsolille tarkoitettu laite, joka koostuu perinteisestä näkyvän valon aallonpituusalueen kamerasta, mikrofonista sekä 3D-kuvausteknologiasta, joka pitää sisällään kirkkaan infrapunavalonlähteen, infrapunavaloa näkevä kameran sekä niitä yhdistävän prosessoinnin. Infrapunavalonlähde tuottaa tarkasti määritellyn "pisteikön" kameran kuva-alueelle. Kamera kuvaa pisteiden sijainnin ja muodon, minkä perusteella analysointiohjelmisto voi päätellä kuinka kaukana kohteen eri osat ovat kamerasta. Kinectistä on saatavilla versio myös Windows-tietokoneille, ja Microsoft on antanut sen kehitystyökälyt kehittäjien käyttöön. Kinectin teknologiaan perustuvia laitteita on viime aikoina tullut monilta valmistajilta myös teollisuuskäyttöön.

Time of Flight

Time of Flight -kuvaustekniikka toimii samalla periaatteella kuin ultraäänianturi. Periaatteessa järjestelmä syyttää valaisimen tarkasti tuntemallaan hetkellä ja laskee ajan, jonka valonsäteet kulkevat kohteelle ja kohteelta takaisin kameralle. Valon nopeus 299 792 458 m/s, joten 5 metrin päässä olevasta kappaleesta saadaan vastaus 33 nanosekunnin päästä. Käytännössä Time of Flight -teknologia toimii joko vaihe-eron havaitsemisella tai elektronisella sulkijalla, joka pulssittaa valonlähteen mukaan.

Time of Flight on erittäin nopea kuvaustapa ja sillä voidaan kuvata nopeastikin liikkuvia kohteita. Tekniikka on kuitenkin vielä suhteellisen uutta ja siksi laitteistotkin ovat vielä kalliita. Kuvan resoluutio ei tällä tekniikalla ole kovin suuri. Markkinoiden parhaaksi arvioidun Time of Flight -järjestelmän resoluutioksi ilmoitetaan 1280x1024 pikseliä eli 1,3 megapikseliä. Silloin kameran nopeus ei kuitenkaan ole kovin suuri. Tarkkuudeksi tällä kameralla ilmoitetaan noin 2 %. Time of Flight on tässä esitetyistä 3D-kuvaustekniikoista luultavasti kallein. Järjestelmien hinnat nousevat kymmeniin tuhansiin euroihin.

Depth from focus

Depth from focus -3D-kuvaustekniikassa kohteiden etäisyyttä kamerasta arvioidaan vertailemalla niiden tekstuurien tarkkuuksia eri tarkennusetäisyyksillä. Kamera siis kuvaa kohdetta useita kertoja peräkkäin niin, että optiikka tarkentaa joka kerta eri etäisyyksille. Optiikan tarkennusetäisyydestiedoista saadaan jokaisessa kuvassa tarkkana näkyvien kohteiden etäisyydet. Tekniikka ei ole kovin tarkka, ja kuvaustilanteessa kohteen pitää olla liikkumatta pitkiä aikoja verrattuna muihin tekniikoihin. Moneen kohteeseen tarkkuus on kuitenkin

riittävä. Depth from focus -tekniikan hyvä puoli on se, että käyttöön tarvitaan vain yksi kamera sekä moottoritarkennuksella toimiva optiikka. Moottoritarkennuksen sijaan voidaan myös kameraa liikuttaa kohtisuoraan kohdetta kohti (tai pois päin kohteesta). Tämä tekniikka ei sovellu käytettäväksi mikäli kohteessa ei ole tekstuuria, josta näkisi onko kohde tarkka vai ei. Kuvan 2 mukaisten ruuvien Depth from focus -tekniikalla kuvaamista havainnollistavan videon voit katsoa tästä linkistä:

<https://www.youtube.com/watch?v=695xHY-lvHw>.



Kuva 2. Kamerasta eri etäisyyksillä olevat ruuvit, joiden etäisyyksiä selvitetään Depth from focus -tekniikalla.

3D-kuvaus tarkassa mittauksessa ja laaduntarkastuksessa

3D-kuvauksen mahdollisuudet laajenevat ohjelmistojen kehittyessä jatkuvasti. Ohjelmistojen lisäksi myös 3D-kuvaustekniikoita ja -laitteistoja kehitetään koko ajan. Kolmiulotteista kuvausta suunnitteleva joutuukin jo projektin alkuvaiheissa päättämään, mikä kuvaustekniikka on sopivin suunniteltuun käyttökohteeseen. Kuvaustekniikan valintaan vaikuttavat useat asiat. Esimerkiksi kuvauskohteella on suuri merkitys: onko kohde kiiltävä, millaisia muotoja kohteella on, onko kohteella monipuolinen tekstuuri vai onko sen pinta tasavärinen? Myös kuvauspaikka vaikuttaa valintaan: onko kuvauspaikan ympäröivää valaistusta mahdollista hallita, kuinka paljon tilaa kuvauskohteen ympärillä on, voidaanko kohde pysäyttää kuvauksen ajaksi, vai pitääkö se kuvata liikkeessä? Toisaalta ongelmaksi voi myös muodostua se, että kohdetta ei pystytä liikuttamaan. Esimerkiksi näitä haasteita ja vaatimuksia pitää pohtia 3D-kuvaustekniikkaa valittaessa.

Stereokuvauksen etu on se, että 3D-kuva saadaan yhdellä kuvan otolla. Stereokuvauksella voidaan kuvata myös isoja kohteita. Ympäristöltä ei vaadita muuta kuin hyvä valaistus. Stereokuvausta käytettäessä kohteessa pitää olla selvästi havaittavia muotoja tai selkeää tekstuuria, jotta 3D-kuva saadaan aikaiseksi. Tämän vuoksi stereokuvauksella tehtävien mittausten tarkkuus ei ole kovin hyvä, jos se edes pystytään määrittämään. Toinen stereokuvauksessa esiin tuleva ongelma on kameroiden asettelu. Kameroiden ollessa liian lähellä kuvauskulmaa jää hyvin pieneksi ja syvyysresoluutio heikkenee. Vastaavasti kameroiden välistä kuvauskulmaa kasvattamalla vastinpisteiden löytäminen muodostuu haastavaksi.

3D-siluettikuvaukseen perustuva harjateräksen mittaus

Esimerkiksi rakennuksissa ja silloissa käytettävällä harjateräksellä on erittäin tarkat standardit, jotta voitaisiin luottaa sen kestävyys ja varmistaa betonin tarttuvuus harjateräkseen kaikissa tilanteissa. Standardin noudattamista valvotaan, ja tästä syystä myös valmistajien pitää mitata tarkasti harjateräksen ominaisuuksia. Mitattavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi harjateräksen harjan korkeus, harjan nousukulma, harjojen välinen etäisyys, harjojen kulma, harjarivien välinen etäisyys ja harjan poikkileikkauspinta-ala.

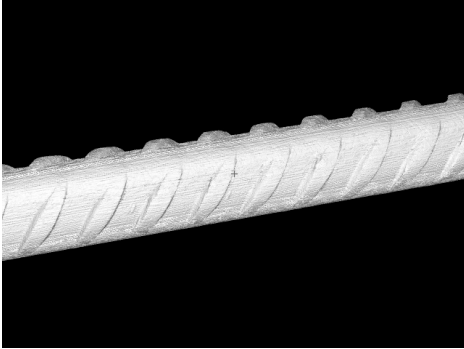
Harjateräksen ominaisuuksien mittaaminen luotettavasti vaatii sekä suurta mittausresoluutiota että lukuisia mittauspisteitä. Näistä syistä johtuen projektissa tehtyjen selvitysten ja testien perusteella konenäön soveltaminen tässä tapauksessa oli kannattavin vaihtoehto. Harjateräksen pinnasta johtuen rakenteelliseen valaisuun perustuvat 3D-kuvaustekniikat eivät olleet toimivia vaihtoehtoja, eikä stereokuvauksen tarkkuus kyseisellä tekstuurilla tuottanut tarvittavaa mittausresoluutiota. Kuvattaessa taustavaloa vasten oli reunan hahmotus asetetun mittausresoluution tasolla, mutta kuvaustekniikan vuoksi yhdellä kuvauksella saatiin vain tangon reunat kaksikulotteisessa pinnassa eli niin sanottu siluettikuva tangosta (ks. kuva 3).



Kuva 3. Siluettikuva harjateräksestä.

Tästä johtuen päädyttiin ottamaan 400 siluettikuvaa eri suunnista pyörittämällä tankoa 0,9 asteen välein, ja asettamaan kuvista saadut reunapisteet kolmiulotteiseen koordinaatistoon matemaattisesti oikeille pisteilleen. Muodostettaessa näiden pisteiden välille polygonit saadaan tarkka kolmiulotteinen malli kyseisestä harjaterästangosta.

Saadusta 3D-mallista (ks. kuva 4) pystytään laskemaan tarvittavat ominaisuudet tietokoneella, ja malli voidaan tallentaa myös myöhempää tarkastelua varten.

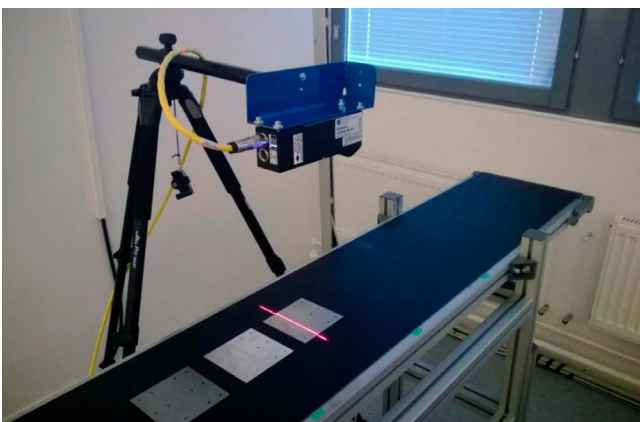


Kuva 4. Harjaterästangosta kuvaamalla tehty 3D-malli.

Tasomaisten kappaleiden laaduntarkkailu ja piirteiden tunnistus 3D-kuvauksella

Tasomaisten kappaleiden laaduntarkkailu ja piirteiden tunnistus voi olla haastavaa 2D-kuvauksella, koska erityisesti metallisten kappaleiden pinnat ovat usein kiiltäviä ja valoa heijastavia. Rakenteelliseen valaistukseen perustuvalla 3D-kuvauksella nämä ongelmat voidaan suurelta osin ratkaista, koska teknologia ei ole niin herkkä ulkopuoliselle valaistukselle ja kappaleen pinnoista huolimatta kamera saa laserviivasta riittävän tarkan kuvan.

Tutkimuksessa käytetyn kameran (kuva 5) teoreettinen skannaustaajuus on 5000 Hz, mutta käytännössä kappaleita kuvattiin nopeuksilla 1000–1500 mm/s noin 1500 hertsin näytteenottotaajuudella. Tämä tarkoittaa noin yhtä laserviivanäytettä 0.75–1 mm välein. Pinnanlaatua ja virheitä tarkasteltaessa näytteenottotaajuus voi pysyä samana, mutta kappaleen nopeutta on laskettava, että pinnan 3D-geometriasta saadaan riittävän tarkka.

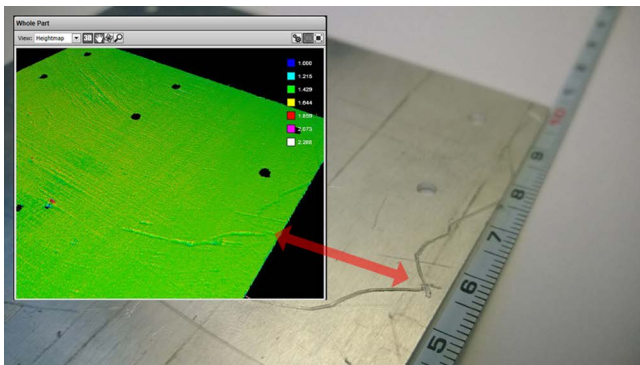


Kuva 5. 3D-kuvauksen testiympäristö.

Tutkimuksessa käytettiin LMI Gocator 2340A -profiiliskanneria, joka asemoitiin taajuusmuuttajaohjatun kuljettimen päälle sopivalle etäisyydelle. Profiiliskannerissa on integroituna oma ohjelmisto, jota voidaan käyttää web-selaimella ja konfiguroinnin jälkeen profiiliskanneri voi toimia itsenäisesti, ilman yhteyttä tietokoneeseen. Profiiliskanneri osaa erotella kuljettimen pinnan ja kappaleen etureunan toisistaan, jolloin erillistä liipaisua ei välttämättä tarvita. Laite skannaa koko kappaleen, tekee määritellyt analyysit ja muodostaa tarvittaessa 3D-mallin käyttöliittymään. Profiiliskannerin omalla ohjelmistolla voi tehdä useita erityyppisiä analyysejä skannatusta datasta, mutta vaativammissa sovelluksissa on syytä käyttää kolmannen osapuolen ohjelmistoja.

Tutkimuksessa skannattiin kolme eri materiaalista valmistettua tasomaista kappaletta, joissa oli erilaisia piirteitä tunnistamisen testaamista varten. Kappaleita ajettiin kuljettimella eri nopeuksilla, että profiiliskannerin ominaisuudet ja rajoitteet tulisivat mahdollisimman hyvin esille. Laitteen omalla ohjelmistolla esimerkiksi reikien halkaisijan tunnistus onnistui hyvin hitaammilla nopeuksilla, mutta suuremmilla nopeuksilla pienempien reikien halkaisijan luotettava määrittäminen ei enää onnistunut. Myös kuvattavan kappaleen pinnan 3D-geometrian määrittäminen onnistui hitaammilla nopeuksilla, koska näytteitä kertyy tarvittava määrä tarkan 3D-mallin muodostamiseksi.

Tasomaisten kappaleiden rakenteelliseen valoon perustuva 3D-kuvauksen lopputulos on lopulta usean asian summa, johon vaikuttavat enimmäkseen kuvattavan kappaleen nopeus, profiiliskannerin näytteenottoaajuus, analysoitavien piirteiden koko ja muoto sekä viivalaserin teho. Profiiliskannerin omalla ohjelmistolla reikien halkaisijat voidaan tunnistaa ainakin 300 mm/s liikenopeudella 1500 Hertsin näytteenottotaajuudella ja samoilla arvoilla myös kuvassa 6 esitetty kappaleen 3D-malli muodostui riittävän tarkaksi, että sitä voidaan analysoida ohjelmallisesti.



Kuva 6. Profiiliskannerilla skannatun kappaleen 3D-mallin vertailu oikeaan kappaleeseen.

Pohdintaa

Rakenteelliseen valaisuun perustuvat ja stereokuvaustekniikat ovat hyvin jo teollisuuteen sopivia. Myös Kinect-tyyppisiä infrapunapistekuvioon perustuvia järjestelmiä on jo olemassa teollisuuskäyttöön. Muut tekniikat ovat vielä enemmän kehitysvaiheessa ja niille sopivia kohteita etsitään koko ajan.

Rakenteelliseen valaisuun perustuva 3D-kuvaus soveltuu hyvin olosuhteisiin, jossa on tarve tutkia nopealiikkeisten kappaleiden piirteitä tai pinnanlaatua muuttuvissakin valaistusolosuhteissa. Tutkimuksessa käytetyt

profiiliskannerin oma ohjelmisto soveltuu hyvin perustason analysointiin, mutta vaativimmissa analysointitarpeissa voidaan käyttää erillistä ohjelmistoa. Profiiliskannerin sisältäessä integroidun ohjelmiston laite voi toimia konfiguroinnin jälkeen itsenäisesti ja ohjata prosessia analyysien perusteella.

Laiteteknologian ollessa tällä tasolla, voi tulevaisuudessa keskittyä enemmän sovelluskehitykseen ja kone näkötyökalujen käyttöön. Vaativassa konenäön soveltamisessa analysointi ja edelleen sovelluskehitys ovat merkittävässä osassa ja se korostuu etenkin 3D-kuvauksessa, vaikka analysointiohjelmistot ovatkin nykyään jo suhteellisen helppokäyttöisiä.

Konenäköjärjestelmää suunniteltaessa yksi iso valinta on tehtävä älykameran ja perinteisen konenäköjärjestelmän välillä. 3D-kuvausjärjestelmän valinnassa voi olla haastavaa määritellä järjestelmän spesifikaatiot niin tarkkaan, että valinta älykameran ja perinteisen järjestelmän välillä olisi yksiselitteinen.

Konenäkökirjastojen keskinäinen vertailu

Lehto Jyri, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Ohjelmistoalan yrityksissä nousee usein esille avoimen lähdekoodin tai vapaan lisenssin alla olevien sovellusten käyttö, ja asiakasprojekteissa joudutaan tilanteisiin, joissa kaikkien asiakkaiden tarpeisiin tarvittaisiin useita erilaisia kaupallisia sovelluksia. Tällaisissa tilanteissa usein harkitaan ilmaisen ohjelmiston käyttöä. Kaupallisissa ohjelmistoissa on taattu ylläpito sekä tarjolla teknistä tukea ja avustusta usein jopa asiakkaan kotimaan kielellä, kun taas vapaan lisenssin alla olevat sovellukset ovat monesti harrastelijaryhmän tekemiä, ja ylläpito saattaa päätyä ennalta varoittamatta. Konenäkösovellusten parissa joudutaan tekemään jo projektin alkuvaiheessa päätös käyttää joko kaupallista tai vapaata sovellusta, sillä sovelluksen muuttaminen myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa kohtuuttomasti lisävaivaa.

Konenäkö ohjelmistokehityksen näkökulmasta

Konenäkö on käytännössä yksinkertaisimmillaan digitaalisten kuvien tulkitsemista tietokoneen avulla. Markkinoilla olevat kompaktit älykamerajärjestelmät sisältävät jo valmiiksi kuvien tulkitsemiseen vaadittavan ohjelmiston. Huimasta kehityksestä huolimatta valmiit älykamerajärjestelmät eivät sovellu ratkaisuksi aivan kaikkiin konenäköä vaativiin haasteisiin, vaan joudutaan kehittämään tarkoitukseen soveltuva räätälöity konenäkösovellus. Haastavia tapauksia ovat esimerkiksi erikoiskameroita, huippunopeita kameroita ja/tai huippunopeaa kuvankäsittelyä vaativat sovellukset. Konenäkösovellusten kehityksen yhteydessä puhutaan yleisesti konenäkökirjastosta, joka on joukko erilaisia funktioita, joita yhdistelemällä voidaan rakentaa toimivia konenäkösovelluksia. Konenäkösovellusten kehityksen tukena on konenäkökirjastojen lisäksi erilaisia kehitysympäristöjä, IDE:jä (integrated development environment) tai erillisiä liitännäisiä joihinkin yleisesti tunnettuihin ohjelmistokehitysympäristöihin, esimerkiksi Microsoftin Visual Studioon.

Ohjelmistotekniikassa hyvin suosittu ja hyväksi koettu lähestymistapa haastaviin sovelluksiin on testilähtöinen ohjelmistonkehitys, TDD (test-driven development). Tällaisessa kehitystavassa edetään lyhyin iteraatio- ja kehitysvaiheiden avulla, että ensin kehitetään testi, ja sen jälkeen testin hyväksyttävästi läpäisevä ohjelman osa tai funktio. Olkoon esimerkkinä funktio, joka antaa vastauksena kahden sille annetun luvun summan. Testifunktiossa määritellään, että mikäli funktiolle annetaan luvut 2 ja 3, funktion täytyy palauttaa arvo 5, tai muuten testi hylätään. Testifunktiossa on yleisesti tapana testata testattavaa funktiota usealla erilaisella ja mahdollisimman ongelmallisella tapauksella. Ohjelmistotekniikassa ongelmallisia tapauksia ovat yleensä erilaiset äärialueet, kuten nolla, negatiiviset luvut ja erittäin suuret luvut. Testifunktiot jäävät ohjelmiston osaksi, vaikka ne eivät loppukäyttäjälle näkyisikään. Jokainen pienikin muutos ohjelmistossa edellyttää näin jokaisen testifunktion läpiajon sataprosenttisella läpimenoasteella.

Testilähtöistä ohjelmistonkehitystapaa on luontevaa laajentaa kokonaisen konenäköjärjestelmän kehityksen menetelmäksi, vaikkakin laajoissa teollisuuden konenäköprojekteissa on usein lähes mahdotonta kehittää täysin natiiviympäristöä vastaava testausympäristö. Lisäksi vaativissa konenäköprojekteissa on syytä jakaa kehitystyö selkeästi ohjelmistokehitysohjon ja toisaalta kameratekniseen kehitysohjon, jossa keskitytään kameran ominaisuuksiin, kuten suljinaikoihin, pikselien määrään, valotusaukon kokoon, yleiseen valaistuk-

seen tai kuvanoton ajoitukseen. Mikäli konenäkösovellus integroituu johonkin ulkopuoliseen automaatiojärjestelmään, on sekin syytä rajata erilliseksi kehitysvaiheeksi.

Testiympäristö konenäkökirjastojen keskinäiseen vertailuun

Konenäköjärjestelmän ohjelmistokehitys voidaan aloittaa hyvin varhaisessa vaiheessa, sillä testauksessa käytettävän kuvamateriaalin ei tarvitse olla suoraan konenäkökamerasta peräisin olevaa niin sanottua raakakuvaa, vaan testimateriaalina voidaan käyttää joko itse tuotettuja bittikarttakuvia tai tavallisella digikameralla otettuja kuvia. Kuten lähdekoodin testaamisessakin, myös konenäkösovelluksen testimateriaalina on syytä käyttää mahdollisimman ”huonoja” kuvia.

Hankkeessa toteutettiin testaus- ja demonstraatioympäristö konenäkökirjastojen keskinäiseen vertailuun. Testaus- ja demonstraatioympäristön kehittämisen lähtökohtana oli antaa tukea mahdollisimman varhaiseen vaiheeseen konenäköprojektissa. Kehitysympäristössä voidaan käyttää kuvälähteenä joko valmiita digikameran kuvia tai kytkeä konenäkökamerasta tuleva kuvavirta kehitysympäristön kuvaikkunaan. Konenäkökameran kytkeminen edellyttää oikeanlaisen rajapinnan käyttöä, ja tällä hetkellä kehitysympäristössä voidaan käyttää kaikkia GigE-standardin (gigabit ethernet) mukaista tiedonsiirtoa tukevia konenäkökameroita tai aivan tavallisia webbikameroita. Webbikameroiden rajapintana toimii Windows-käyttöjärjestelmän oma sisäinen webbikamerarajapinta, ja GigE-standardin mukaiseen tiedonsiirtoon käytetään JAI SDK -rajapintaa.

Kehitysympäristöä, rajapintoja ja konenäkökirjastoja valittaessa pyrittiin käyttämään avoimia ja ilmaisia sovelluksia. Poikkeuksena tähän linjaukseen on kehitysvaiheena käytetty kaupallista Microsoftin Visual Studio -kehitysympäristöä. Testausympäristön kehittämiseksi käytettyjä ilmaisia konenäkökirjastoja olivat OpenCV, EmguCV sekä AForge. Jatkossa testausympäristöllä voidaan tehdä vertailua myös ilmaisten ja maksullisten kirjastojen välillä. Edellytyksenä on se, että kirjastoa on mahdollista käyttää Visual Studion yhteydessä, eikä kyseessä ole siis niin sanottu suljettu sovellusympäristö. Varsinaista konenäkökirjastojen keskinäistä vertailua ei toteutettu, sillä silloin täytyisi olla hyvin tarkkaan määritelty, minkälaisessa kuvankäsittelyssä ja tulkinnassa halutaan vertailukelpoisia tuloksia. Testausmielessä konenäkökirjastoilla toteutettiin ihmiskasvojen tunnistus konenäkökamerakuvasta sekä yksi esimerkki muotoviivojen tunnistuksesta tummuuskontrastin avulla.

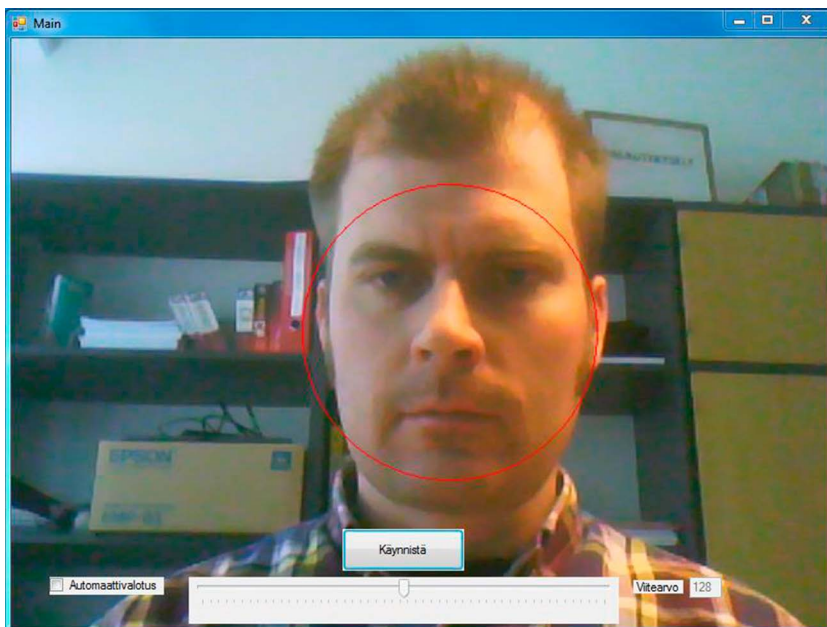
Testiympäristön tarkoituksena on siis yksinkertaisimmillaan antaa hyvin varhaisen vaiheen tietoa siitä, millä konenäkökirjastolla projektia kannattaa lähteä viemään eteenpäin. Projektin edetessä voi tulla tilanne, että valittu konenäkökirjasto joutuu uudelleentarkasteluun, mutta mikäli projektin eteenpäin vieminen on edellyttänyt ostopäätöstä, voi järjestelmän vaihtaminen kesken projektia olla epämielikästä.

Arkkitehtuurisesti testiympäristö on jaettu kolmeen osaan: kuvanlähteeseen, operoivaan osaan ja konenäkökirjastoon. Osien välinen keskinäinen viestintä hoidetaan pakkaamattomin bittikarttakuvoin, jotka ovat joko mustavalko-, harmaasävy- tai värikuvia. Värien määrää ei ole testiympäristössä sisäisesti rajoitettu, mutta yleensä konenäkösovelluksissa pärjätään varsin hyvin 256 värillä. Kantava ajatus on siis se, että mikäli vertailtavat kamerat ja konenäkökirjastot käyttävät samaa standardoitua kuvamuotoa, ovat saadut tulokset keskenään vertailukelpoisia. Toinen tärkeä piirre testausympäristössä on se, että kirjastojen ja kuvanlähteiden vaihtamisen täytyy olla sujuvaa. Tämä on toteutettu testausympäristössä siten, että lähdekoodin

ensimmäisillä riveillä on määritelty rajapintojen avulla ne kuvanlähteet ja kirjastot, joita käännettävä ohjelma hyödyntää, eikä siten varsinaiseen lähdekoodiin tarvitse tehdä mitään muutoksia.

Kasvojen ja ilmeen tunnistus

Yksi ehkä tunnetuimmista konenäkösovelluksista on automaattinen kasvojen tunnistus. Tämä sovellus on ainakin lähes kaikissa digitaalikameroissa oletuksena. Kasvojen tunnistusta voidaan käyttää monissa yhteyksissä, ja pidemmälle vietyinä sillä voitaisiin esimerkiksi tehostaa kulunvalvontaa muun tunnistuksen ohessa. Turvakamerajärjestelmissä voisi olla toiminto, jossa erillinen ja muita tarkempi kamera tarkentaisi kohdistimen ovesta tulevan henkilön kasvoihin, ja ottaisi automaattisesti kasvokuvan.



Kuva 1. Kasvojen tunnistus

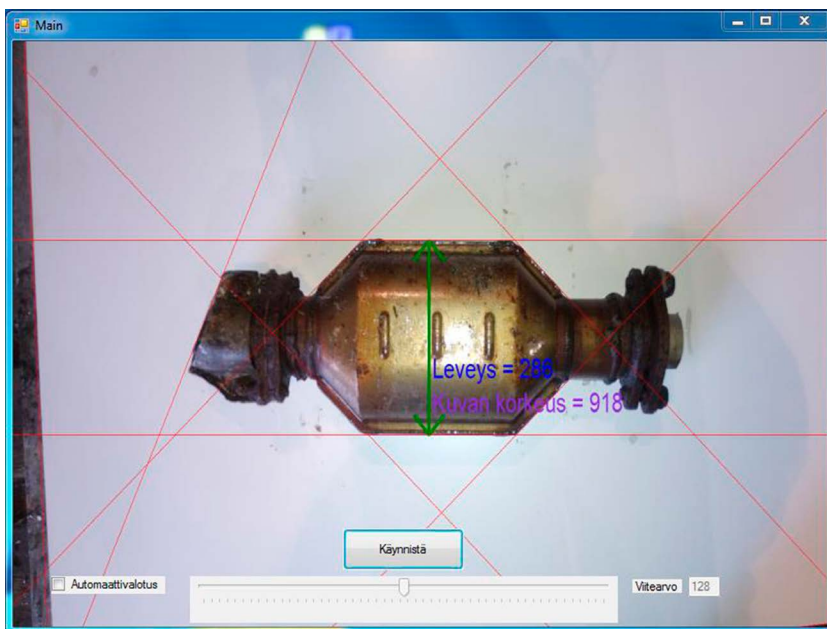
Tarpeesta riippuen voidaan kehittää joko yleisesti kasvoja tunnistava sovellus tai oppiva järjestelmä, jolle opetetaan tunnistettavat kasvot. Tekniikka on molemmissa sama: tunnistus perustuu eräänlaiseen tietokantaan, joka on tekstimuotoista. Tietokanta ei siis tallenna muistiin opetettuja kuvia, vaan sovellus jakaa kuvan alueisiin, joiden sisällä on jotain tunnistuksen kannalta oleellista sisältöä. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat ihmisen silmät, jotka sijaitsevat jokaisella suunnilleen samalla alueella kasvoissa. Nämä kuvassa olevat kiinnostuksen kohteet rajataan neliön muotoisiksi alueiksi, ja rajatulta alueelta saatetaan mitata erilaisia arvoja, kuten voimakasta värikontrastia. Kasvojen tunnistukseen saati mihin tahansa muuhun oppivaan järjestelmään ei ole olemassa yhtä ja ainoa oikeaa tapaa toteuttaa sovellus. Se, mitä menetelmää kulloinkin käytetään, on täysin tapauskohtaista, ja sen selvittäminen tapahtuu kokeellisin menetelmin. Eri konenäkökirjastot tarjoavat tähän tarpeeseen erilaisia valmiiksi rakennettuja vaihtoehtoja.

Kasvojen tunnistamisen lisäksi konenäkökirjastoissa voi olla myös ilmeen tunnistamiseen liittyviä toimintoja. Ilmeen tunnistaminen onkin haastavampaa, sillä silloin on tunnistettava pieniä hienoja piirteitä kasvon pin-

nasta. Konenäöllisesti hymyn ja irvistyksenomaisen tekohymyn välinen ero on parhaimmillaankin häilyvä. Testattavia ominaisuuksia konenäkökirjastojen välillä ovat siis kuvan prosessointiin kuluva aika sekä oikeiden tulkintojen suhde näytteiden määrään.

Muodon tunnistus kontrastieron avulla

Hyvin useat teollisuuden konenäköjärjestelmät käyttävät ääriviivojen tunnistusta esimerkiksi hihnalla kulkevien kappaleiden laadun varmistamisessa. Yleisimmissä järjestelmissä täytyy tietää ennalta suurin piirtein hihnalla kuljetettavien kappaleiden muoto, jota sitten konenäkösovellus vertaa hihnalla kulkevaan kappaleeseen. Olkoon esimerkkinä pullonkorkituslinjasto, jossa konenäköjärjestelmän tehtävänä on siirtää robottikädellä syrjään pullot, joista puuttuu korkki tai pullot, jotka ovat kumossa.



Kuva 2. Muodon tunnistus ja viivojen välisen etäisyyden mittaus

Konenäkökirjastoja vertailevassa sovelluksessa käytetään esimerkissovelluksena erilaisia alkeismuotoja tunnistava järjestelmä, jota ei siis tarvitse erikseen opettaa. Kuvan 2 esimerkissä oleva sovellus etsii kappaleesta sellaisia kuusikulmioita, joiden ylä- ja alasivu ovat samansuuntaiset. Tämän jälkeen sovellus laskee kyseisten viivojen välisen etäisyyden pikseleinä. Mikäli tulos haluttaisiin esimerkiksi millimetreinä, olisi kuvattavan kappaleen vieressä oltava skaalausneliö, joka siis tarkoittaa voimakkaasti taustastaan erotettua neliötä, joka tässä tapauksessa olisi tasan yhden senttimetrin korkea ja leveä.

Yksi oleellinen asia tämäntyyppisen vertailuympäristön kehittämisessä on se, että kuvalaadun ei tarvitse olla teollisuuskameran laatua, vaan riittää, että siinä on selkeä kontrastiero kuvattavan kappaleen ja taustan välillä. Kuvan 2 katalysaattori on kuvattu tavallisella kännykkäkameralla, eivätkä kuvaolosuhteet ja tausta ole suinkaan parhaat mahdolliset. Taustasta voi jopa erottaa salamavalon heijastuksen siihen tuoman kuvaajan silhuetin.

Pohdintaa

Yleisesti konenäkötekniikan soveltaminen teollisuudessa on vielä lapsenkengissä. Luotettavien järjestelmien tekniikat perustuvat niin pitkälle vietyyn skannausteknologiaan, että pienillä yrityksillä ei ole välttämättä varaa investoida niihin. Konenäkökirjastojen keskinäisen vertailun tiedonkeruu perustuu siihen, että voidaan oikeasti saada aikaan tuloksia ilmaisilla sovelluksilla ja kuluttajahintaisilla kameroilla, esimerkiksi webbikameralla. Teollisuuden vaativat olosuhteet edellyttävät toki kameran soveltuvuutta ääriolosuhteisiin, mutta monesti konenäkötekniikan ongelman ratkaiseminen voi alkaa jo työpöydältä ilman kalliita investointeja.

Jatkokehittelymahdollisuuksina tämäntyppisessä vertailuympäristössä voisi olla esimerkiksi kolmiulotteisen kuvantamisen tekemistä kahdella erillisellä kameralla. Tämänkaltaisen sovelluksen avulla esimerkiksi pienemmätkin lajittelukeskukset voisivat investoida automaattiseen kierrätysjätteen lajitteluun.

Konenäön hyödyntäminen lihaelintarviketeollisuudessa

Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Leino Mirka, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Taustaa

Elintarviketeollisuus on murrosvaiheessa, jossa samanaikainen kustannusten rajoittaminen ja tuotantomäärien lisääminen on erittäin tärkeää. Vastauksena näihin molempiin haasteisiin nähdään tuotantoon lisättävät reaaliaikaiset mittaus- ja tarkastusjärjestelmät, joilla päästään aikaa vievistä työvaiheista sekä varmistetaan lopputuotteen puhtaus ja tasalaatuisuus. Samaan aikaan robottien ja muiden tuotannon automaatioastetta nostavien järjestelmien sekä niihin tarvittavien komponenttien hinnat ovat laskeneet sellaiselle tasolle, että niiden hankinta pieniin ja keskisuuriin tuotantolaitoksiin on mahdollista. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksissä -projektissa yhtenä teknologiatiedon hyödyntämisen selvitysaiheena olivat lihaelintarviketeollisuudessa hyödynnettävät konenäköjärjestelmät. Projektissa haettiin ja tulkittiin erilaisia esimerkkejä lihaelintarviketeollisuudessa hyödynnettävistä konenäköjärjestelmistä ja toimintaperiaatteista. Tässä artikkelissa esitellään projektissa analysoituja sovellusesimerkkejä.

Konenäkö elintarviketeollisuudessa

Erilaisia konenäköjärjestelmiä käytetään elintarviketeollisuudessa jo monenlaisissa tehtävissä. Ne ovat tulleet elintarviketeollisuuteen hieman hitaammin kuin monille muille aloille johtuen elintarviketeollisuuden hyvin vaihtelevista tuotteiden muodoista. Esimerkiksi pihvi voi olla laadultaan erittäin hyvä, vaikka sen muoto vaihtelisikin aivan täydellisen pihvin muodosta. Pääasiassa elintarviketeollisuuden konenäköjärjestelmät tarkastelevat esimerkiksi tuotteen muotoa, väriä tai muuta näkyvää piirrettä. Konenäkö toimii usein robotin tai muun automaattisen käsittelyvaiheen ”silminä”. Esimerkiksi pakkaavalle robotille menevät elintarvikkeet voidaan monimutkaisilla mekaanisilla ratkaisuilla kuljettaa aina oikeaan paikkaan robotin noukittaviksi tai ne voivat kulkea vapaasti kuljettimella, josta konenäkö tunnistaa niiden paikat ja asennot ja ohjaa sen mukaan robotin tekemää noukintatyötä.

Samaan aikaan kun kameroiden ja muiden järjestelmiin tarvittavien osien hinnat laskevat, myös niiden suorituskyky kasvaa. Tämä tuo paljon uusia sovellusmahdollisuuksia myös elintarviketeollisuuden hyödynnettäväksi.

Elintarviketeollisuudessa voidaan hyödyntää kaikkia samanlaisia kuvausmenetelmiä kuin muuallakin teollisuudessa. Konenäköjärjestelmä voi olla hyvin perinteinen, joka ottaa kohteesta kuvan ja vie sen tietokoneelle analysoitavaksi, jonka jälkeen tietokone lähettää analysointituloksen tarvittavaan paikkaan. Kun kuvasta tehtävä analysointi on kohtalaisen yksinkertaista ja kohteeseen kaivataan itsenäisesti toimivaa järjestelmää, kannattaa valita älykamerajärjestelmä. Älykamera paitsi ottaa kuvan myös analysoi sen ja lähettää vain tuloksen eteenpäin vaikkapa robotin hyödynnettäväksi. Älykamerajärjestelmä ei siis tarvitse toimiakseen tietokonetta, kuten perinteinen konenäköjärjestelmä, vaan älykamera itsessään toimii tietokoneena, joka hoitaa analysoinnin.

2000-luvun aikana erilaiset erikoiskuvaustekniikat ovat tulleet voimakkaasti hoitamaan sellaisia konenäkötehtäviä, joita ei tavallisilla kameroilla pystytä hoitamaan. 3D-kuvauksella saadaan tunnistettua esimerkiksi

kohteen muotoja. Sitä kautta voidaan laskea vaikkapa ainemääriä. Näkyvän valon aallonpituusalueella tapahtuvalla spektraalikuvaus voidaan tarkastella kohteen värieroja hyvin tarkasti. Kun spektraalikuvaus yhdistetään lähi-infrapunakameran kanssa, voidaan tunnistaa kohteen aineita ja materiaaleja. Lämpökuvauksella taas voidaan tarkastella esimerkiksi elintarvikkeiden lämpötiloja. Röntgenkuvaus taas voidaan ohjata vaikka lihan leikkausprosessia hyvin tarkasti ruhon muotojen mukaan.

Esimerkkejä lihaelintarviketeollisuudessa käytettävistä konenäkötekniikoista

Lihaelintarviketeollisuudessa hyödynnetään hyvin monenlaisia konenäköjärjestelmiä. Tähän artikkeliin on kerätty esimerkkejä lihaelintarviketeollisuuden konenäköjärjestelmistä, joihin projektin aikana on tutustuttu. Esimerkit on jaoteltu konenäkötekniikoiden perusteella.

Perinteiset konenäköjärjestelmät

Perinteisillä konenäköjärjestelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä järjestelmiä, joissa kuvataan näkyvän valon aallonpituusalueella ja kuvat analysoidaan tietokoneella.

Korvamerkkien tunnistus

Hyvä esimerkki melko yksinkertaisesta perinteisestä konenäköjärjestelmästä on nautojen korvatunnisteiden kuvaamiseksi tehty järjestelmä. Tällä järjestelmällä varmistetaan nautojen yksilöllinen tunnistaminen linjastolla. Naudan korvassa olevaa tunnistetta kuvataan; konenäkö tulkitsee, mitä siinä lukee (OCR = Optical Code Reading) ja kertoo sen eteenpäin järjestelmälle. Näin linjastolla tiedetään koko ajan tarkasti, mitä eläintä käsitellään missäkin kohdassa. Velezin ja muiden mukaan tällä järjestelmällä saavutetaan 90 prosentin lukutodennäköisyys, ottaen huomioon teurastamon likaiset olosuhteet sekä huono valaistus. Seuraavassa kuvassa (kuva 1) on esitetty erilaisia vaiheita kuva-analysistä, jolla parannetaan korvamerkin luettavuutta.



Kuva 1. Esimerkkejä korvamerkkien analysointivaiheista (Velez et al. 2013).

Konenäköä on käytetty RFID:n (Radio Frequency IDentification) sijaan, koska teurastamoissa on useita erilaisia RFID-laitteistoja, joiden lukutilanteita ei haluta sekoittaa (Velez et al. 2013).

Pihvin poimintaa

Cognexin pihvinpoimintasovelluksessa kamera tarkkailee liukuhihnalla kulkevia pihvejä. Konenäköjärjestelmä paikantaa pihvit ja antaa robotille koordinaatit. Saamistaan koordinaateista robotti poimii lihan ja sijoittaa sen jakelulaatikkoon (kuva 2). Tärkeää tällaisessa järjestelmässä on liukuhinnan, konenäköjärjestelmän ja robotin synkronointi niin, että konenäköjärjestelmän toiminnan viemä aika otetaan huomioon liukuhihnalla olevien pihvien paikkakoordinaattien ilmoittamisessa. Kuvan otosta siihen, että robotti koskettaa pihviä, menee aina jokin tietty aika, jonka aikana liukuhihnalla oleva pihvi on kulkenut määrätyn matkan. (PickMaster, a productivity... 2014.)



Kuva 2. Konenäköjärjestelmän ohjaama Delta-robotti poimimassa pihvejä liukuhihnalta pakkauksiin (PickMaster, a productivity... 2014).

Lue lisää tästä järjestelmästä älykameravalmistajan Internetsivuilta:

<http://www.cognex.com/CustomerSuccessStories/CustomerStoryDetail.aspx?ID=1340&rdr=true&LangType=2057>.

Makkaroiden tunnistusta liukuhihnalta

Robotin avuksi makkaroiden valmistuslinjalle tehty konenäköjärjestelmä tunnistaa, missä kohdassa liukuhihnaa makkarat kulkevat (kuva 3). Konenäköjärjestelmä kertoo makkaroiden koordinaatit Delta-robotille, joka nostaa sen perusteella makkarat muovipaketteihin, josta ne menevät muovipaketteihin. Linjalle hankittiin 4 kappaletta ABB:n Flex-picker -robotteja, mikä lähes kaksinkertaisti tuotannon, ja kuusi ihmistä voitiin sijoittaa muihin tehtäviin. Robottien hankinnan jälkeen myös makkaroiden valmistuskoon vaihto kestää vain vajaat 3 minuuttia.



Kuva 3. Delta-robotti poimii makkarointa liukuhihnalta (Reynolds 2007).

Järjestelmän toiminnasta voi katsoa ABB:n hyvän esittelyvideon:

<http://www.youtube.com/watch?v=aPTd8XDZOEK>.

Lue lisää tästä järjestelmästä Packaging Worldin artikkelista:

<http://www.packworld.com/package-type/thermoformed-packaging/unilever-gets-boost-robotics>.

Älykamerajärjestelmä

Älykamerajärjestelmässä kuvien analysointikin tapahtuu kamerassa. Tällaisen järjestelmän täysin itsenäinen toiminta poistaa monia tietokoneiden aiheuttamia ongelmia tuotantolinjalta. Toisaalta älykamerajärjestelmä ei koskaan ole nopeudeltaan ja toimintaominaisuuksiltaan perinteisen konenäköjärjestelmän veroinen.

Makkaroiden erottelu

Tässä älykamerajärjestelmäesimerkissä kuvataan liukuhihnalle tankona tulevat makkarat, jotka kamera sitten tulkitsee. Kamera etsii makkaraparien välissä olevan kierrekohdan ja leikkaa tästä kohtaa erottaen makkaraparin toisistaan. Näin saadaan eroteltua makkarat erillisiksi kappaleiksi, jolloin paketointi on helpompaa. Järjestelmä kykenee erottelmaan noin 200 makkaraparia minuutissa, mikä tarkoittaa jo todella suuria aika- sekä kulusäästöjä.

Lue lisää järjestelmän toimittajan, Cognexin, Internet-sivuilta:

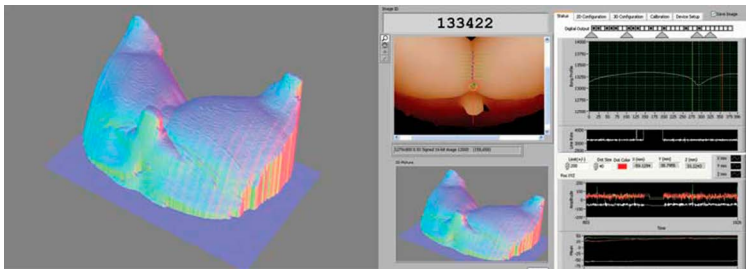
<https://www.cognex.com/CustomerSuccessStories/CustomerStoryDetail.aspx?ID=11263>.

3D-kuvaus

3D-kuvaus lisääntyy elintarviketeollisuudessa hyvin merkittäväällä vauhdilla. 3D-kuvauksella tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotteen kolmiulotteisten muotojen kuvaamista ja automaattista analysointia. 3D-kuvauksella saadaan kohteesta aiempaa tarkemmin tietoa esimerkiksi tilavuuksista ja muodoista.

3D-kuvausta sian ruhon analysoinnissa

Hyvä esimerkki 3D-kuvauksen käytöstä lihan käsittelyssä on järjestelmä, jossa 3D-kamera kuvaa sian ruhon peräpäähän ja paikantaa peräaukon. Kameran avulla skannataan sian peräpäätä, ja luodaan siitä 3D-pistepilvi, josta voidaan helposti paikantaa sian peräaukko. Ongelmaksi muodostui sian häntä, sillä jos peräpäätä kuvattiin suoraan ylhäältä päin, sian häntä tuli eteen ja täydellistä 3D-pistepilveä ei saatu muodostettua. Tähän ratkaisuna 3D-kamera kiinnitettiin 45 asteen kulmassa suhteessa sian peräpäähän, jolloin sian häntä ei aiheuttanut enää ongelmia kuvattaessa 3D-pistepilveä. (Wilson 2010.)



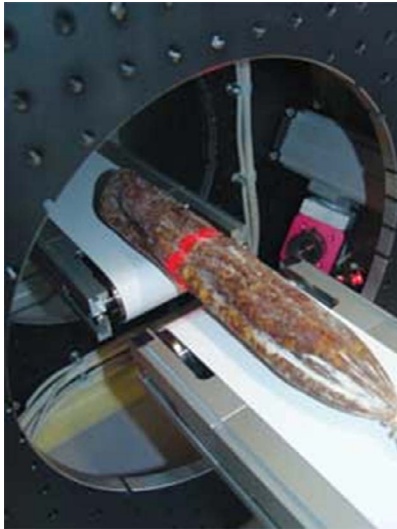
Kuva 4. Konenäköjärjestelmä sian peräsuolen poistoa varten (Wilson 2010).

Lasertriangulaatiolla lihan tilavuus- ja painotietoa

Toinen hyvä esimerkki 3D-kuvauksen käytöstä on pakattujen lihatuotteiden lasertriangulaatio. Lasertriangulaatiolla tarkoitetaan laserviivan muodonmuutoksen kuvaamiseen perustuvaa menetelmää, jolla saadaan kuvattavasta kohteesta 3D-malli. Pakattujen lihatuotteiden valmistajat haluavat olla varmoja siitä, että jokaisessa paketissa on tasan sama määrä lihaa. Jo 15 gramman heitto puolen kilon pihvissä voi tulla kalliiksi valmistajalle. Jos taas tuote on leikattu liian pieneksi ja puolen kilon pihvissä onkin vähemmän lihaa, asiakkaat ovat tyytymättömiä. Tämän vuoksi halutaan olla täysin varmoja lihapakettien painosta. (Laser triangulation system... 2010.)

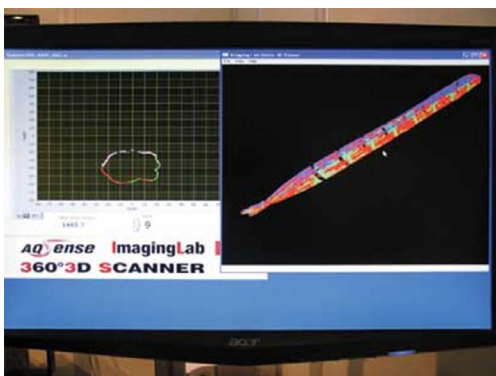
Kun halutaan saavuttaa tällainen tarkkuus annoskokojen lajitteluun, ruokateollisuus on osittain päättänyt ottaa käyttöönsä volumetrisiä skannausjärjestelmiä, joilla voidaan visuaalisesti tarkastaa tuotteen paino ja paksuus. Näillä tiedoilla isompikin liha voidaan jakaa tarkasti samankokoisiin osiin. (Laser triangulation system... 2010.)

Lihasta saadaan 3D-malli käyttämällä kolmea kameraa sekä kolmea valaistusjärjestelmää, jotka ympäröivät kuljettimella kulkevaa lihaa. Kuljettimien välille tarvitaan pieni väli (kuva 5), jotta voidaan kuvata kameralla myös lihan alta. Kuvaamalla kolmella kameralla 120 asteen välein saadaan tarkka kolmiulotteinen malli. Myös valaistus on sijoitettu 120 asteen välein. (Laser triangulation system... 2010.)



Kuva 5. Lihan 3D-kuvaus tilavuuden ja sen avulla painon mittaamiseksi (Laser triangulation system... 2010).

Kameroilta data lähetetään tietokoneelle, joka tuottaa 3D-kuvan. Kuvaan käytetään algoritmeja, joilla voidaan laskea aina saadusta datasta kappaleen tilavuus sekä paino, kun tiheys tunnetaan. Järjestelmän tarkkuus on noin 50 µm. Kuvassa 6 on esimerkki analysointiohjelmistosta. (Laser triangulation system... 2010.)

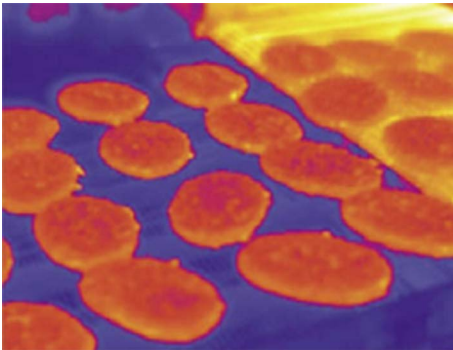


Kuva 6. Analysointiohjelmisto lihan tilavuuden ja sitä kautta painon määrittämiseksi (Laser triangulation system... 2010).

Erikoiskuvaustekniikoita

Lämpökuvauksen käyttö lihateollisuudessa

Lämpökuvaukseen voidaan käyttää muun muassa valmistusprosessin tarkastamiseen. Tässä esimerkissä tarkastetaan jauhelihapihvien kypsyyssastetta (kuva 7). Kun pihvit tulevat paistoalueelta, ne lämpökuvataan. Lämpökuvasta saadaan samalla kertaa kaikkien kuvassa näkyvien pihvien lämpötilat ja voidaan todeta ovatko pihvit raakoja vai kypsiä. (Thermal imaging cameras... 2013.)



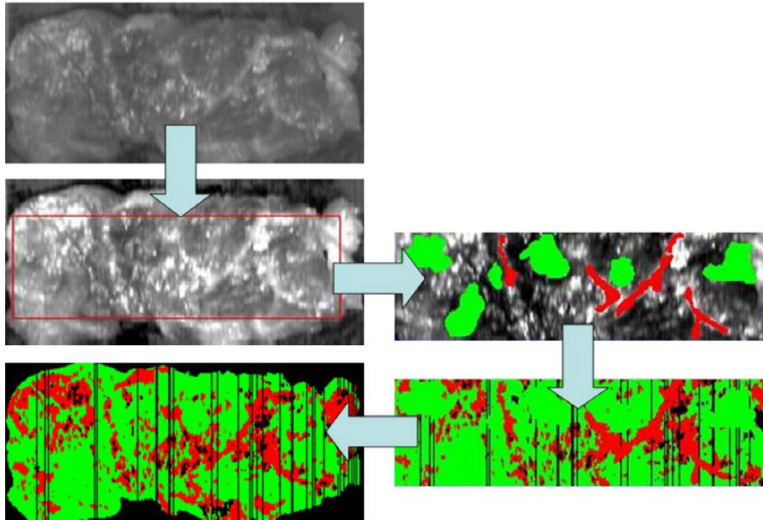
Kuva 7. Lämpökuvattuja jauhelihapihvejä (Thermal imaging cameras... 2013).

Spektraalikuvausella tietoa lihan ikääntymisestä

Spektraalikuvaus tarkoittaa kuvausmenetelmää, jossa kohteesta heijastuneen valon määrää mitataan aallonpituuden funktiona. Lähi-infrapunaspektraalikuvaus kohdetta valaistaa lähi-infrapuna-alueella eli valolla, jonka aallonpituus on 900–1700 nm. Kun valo heijastuu kohteen pinnalta, saadaan kuvausmenetelmällä selville, paljonko valoa on heijastunut milläkin aallonpituuskaistalla. Näin kohteesta otetusta kuvasta saadaan selville kohteen eri osien heijastusspektrit. Nämä heijastusspektrit ovat kuin aineen sormenjälkiä, eli eri aineilla on valon lähi-infrapuna-alueella erilainen heijastusspektri. Lähi-infrapunaspektraalikuvaus voidaan siis tunnistaa kuvassa näkyviä aineita pikseli pikseliltä. (Firtha et al. 2011)

Lähi-infrapunaspektraalikuvausta on tutkittu aineiden tunnistamistarkoituksiin jo yli kymmenen vuoden ajan ja sillä on olemassa monia käyttökelpoisia sovelluksia. Lähi-infrapunaspektraalikamerat ovat vielä kalliita (> 15 000 €), mutta sovellusmahdollisuuksien lisääntyessä tulevat kameroidenkin hinnat laskemaan.

Seuraavassa esimerkissä lähi-infrapunaspektraalikuvausta on testattu lihan ikääntymisen tunnistamiseen.

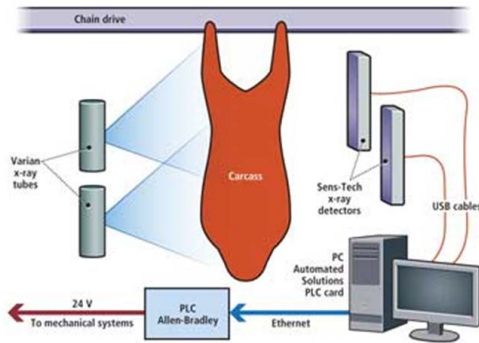


Kuva 8. Esimerkkikuvia lihan ikääntymisen määrittämiseen kehitetystä lähi-infrapunaspektraalikuvaustekniikasta (Firtha et al. 2011).

Raa'an lihan ominaisuuksiin vaikuttavat monet tekijät. Esimerkiksi eläimen rotu, sukupuoli ja ikä vaikuttavat lihan ominaisuuksiin, samoin ulkoiset tekijät kuten ruokinta, kuljetus ja teurastuskunto. Myös lihan prosessointitekijät kuten säilytysaika ja lämpötila säilytysolosuhteissa vaikuttavat lihan vanhentumiseen. Vanhentuessaan liha käy läpi useita muutoksia, jotka vaikuttavat lihan laatuun. Nämä muutokset näkyvät useissa lihan ominaisuuksissa; kuten värissä, mureudessa, maussa sekä lihan mehukkuudessa. (Firtha et al. 2011.) Perinteiset lihan laadun määrittämisen menetelmät ovat joko instrumentaalisia (esimerkiksi Warner-Bratzler-tai Hunterin värimittaus) tai erilaisiin antureihin perustuvaa arviointia. Nämä tekniikat antavat luotettavan informaation, mutta ne ovat aikaa vieviä; näytteisiin perustuvia, jolloin näytekappale tuhotaan tutkimusprosessissa; tai ne eivät kelpaa integroitavaksi suoraan linjastolle. (Firtha et al. 2011.)

NIR (Near InfraRed = lähi-infrapuna) -spektraalikuvaus voisi olla ratkaisu tähän sen nopeuden, tarkkuuden sekä kontaktittoman kuvauksen vuoksi. NIR-spektraalikuvausella voidaan hyvin päätellä lihan ikääntymisaika, sillä jokainen kudos heijastaa erilaista spektriä, esimerkiksi rasva omaansa, liha itsessään omaansa sekä jätteet myös omaansa (kuva 8). (Firtha et al. 2011)

Röntgen-kuvauksella tarkkuuta leikkuuseen



Kuva 9. Lampaan ruhon röntgenkuvasovellus (Hardin 2011).

Tässä esimerkkisovelluksessa röntgenkuvauksella saadaan kuvattua lampaan ruho, jolloin voidaan määrittää luiden sijainti ja suorittaa ruhon leikkaus tarkemmin. Ruho menee kahden röntgen-lähtetin-vastaanotin-kokonaisuuden (edellisessä kuvassa 9 x-ray tubes ja x-ray detectors) ohi kaksi kertaa, jotta saadaan kaksi eri kulmista otettua kuvaa lampaan ruhosta. Nämä kaksi kuvaa yhdistämällä saadaan kokonaiskuva lampaan ruhon luista. Kuvia analysoimalla optimoidaan leikkuukohtat. (Hardin 2011.)

Kokonaisia automaatiojärjestelmiä, jotka hyödyntävät myös konenäköä

Lampaan leikkaus

Tämä esimerkki on lampaan ruhon leikkausprosessista automaatiolinjastolla. Seuraavat linkit ovat YouTube-videoon, joka kuvaa tätä leikkausprosessia. Erityistä huomiota konenäön kannalta kannattaa kiinnittää seuraaviin kohtiin:

- Lammas menee röntgen-laitteeseen, joka tunnistaa jokaisen yksilön luut. Tämän avulla linjaston seuraavat koneet tietävät, missä luut sijaitsevat ja tekevät leikkaukset sen perusteella. (Videon alku: <http://www.youtube.com/watch?v=za2dsB0qrMg>)
- Toinen järjestelmä skannaa lampaan yläpään. Tällä tavoin siitä saadaan 3D-pistepilvi ja voidaan määrittellä kustannustehokkaimmat leikkauskohdat. Myös jäte saadaan tämän perusteella yksinkertaisemmin pois. (Video ajassa 1:21; <http://youtu.be/za2dsB0qrMg?t=1m20s>)
- Kolmas järjestelmä kuvaa lihakappaleen, jotta se voidaan asettaa leikkuujärjestelmään niin, että se leikataan aina oikeasta kohdasta. (1:57; <http://youtu.be/za2dsB0qrMg?t=1m57s>)

Danish Crownin teurastamo Tanskassa

Tanskassa on yksi maailman moderneimmista teurastamoista. Siellä käytetään RFID:tä (Radio Frequency Identification) jokaisen porsaan yksilölliseen tunnistamiseen, jotta tiedetään tarkkaan, missä jokainen ruho kulkee. Kun sika on teurastettu, se merkitään RFID-tagilla. Tämän jälkeen se menee mittaukseen, jotta saadaan mittatieto ruhosta, ja voidaan säätää jokainen toimenpide sian pituuden mukaan. RFID-tagiin kirjoitetaan nämä tiedot, jotta ne kulkevat aina mukana yksilöllisesti.

Kun siat on mitattu, siirtyvät ne perä-aukon poistolaitteelle. Laite käyttää konenäköä, joka etsii porsaan hännän ja käyttää sitä referenssipisteenä. Ennen ruhon halkaisemista tarvitaan esihalkaisu, jonka tarvitsee tietää selkärangan sijainti, jotta saadaan mahdollisimman samankokoiset puoliskot. Seuraavaksi ruho kulkee halkaisurobotille, joka halkaisee ruhon esihalkaisun mukaisesti lopullisesti kahtia.

Konenäkö katsoo jokaisen puoliskon ja tunnistaa sianpuoliskon. Tämän jälkeen ohjelmisto määrittelee erilaiset leikkuualueet riippuen siitä, mitä tilauksessa lukee sekä siitä, miten asiakas sen haluaa. Haluaako asiakas esimerkiksi pieniä paloja vai isompia kokonaisuuksia? Tämän jälkeen jokainen puolikas halkaistaan kolmeen osaan, ottaen huomioon asiakkaan toiveet.

Laajemman kuvan antavan Flash-videon teurastamon toimintaperiaatteista voi katsoa tästä linkistä:
http://www.danishcrown.dk/custom/horsens_uk/3755.asp.

Pohdintaa

Kun tarkastellaan elintarviketeollisuudesta löytyviä automaatiojärjestelmiä ja mietitään edelleen tarvittavaa ihmistyövoimaa ja siitä johtuvaa kustannustehottomuutta, huomataan suuri tarve automatisoinnille. Useita ihmisen tekemiä paloittelu-, poiminta- ja vastaava töitä voitaisiin aivan hyvin automatisoida konenäön, varsinkin 3D-kuvauksen avulla, koska nykyaikana 3D-kameroiden hinnat eivät ole enää kovin korkeat.

2D-kameroita voitaisiin puolestaan hyödyntää paljon enemmän pakkausten tarkistamiseen, varsinkin siihen, sisältääkö pakkaus oikeasti ne tiedot, joita siinä pitäisi olla.

Miten tulevaisuuden konenäkösovellukset voivat vielä kehittää ja lisätä lihaelintarviketeollisuuden automatisointia? Vielä on tulossa kehittyneempää spektraalikuvausta, jolloin voidaan luoda vaikkapa järjestelmiä, jotka tekevät vain ”täydellisiä” pihvejä leikkaamalla ylimääräisen rasvan pihveistä. Tällöin pihveihin saadaan optimaalinen määrä rasvaa, jolloin tuotetta voidaan markkinoida ”prime”-laatuksena.

Lähteet

- Firtha, F., Jasper, A., László, F. Spectral and Hyperspectral Inspection of Beef Ageing State. 2011. Viitattu 23.5.2014. http://korny.uni-corvinus.hu/cneucoop_fullpapers/s3/ferencfirtha.pdf
- Hardin, W. 2011. X-ray Imaging Delivers a Better Cut. Vision Systems Design 1.7.2011, Volume 16 Issue 7. Viitattu 23.5.2014. <http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-16/issue-7/features/x-ray-imaging-delivers-a-better-cut.html>
- Laser triangulation system measures food products. 2010. Vision Systems Design Volume 15 Issue 1 Tammikuu 2010. Viitattu 23.5.2014. http://www.vision-systems.com/articles/2010/01/food-_amp__beverage.html
- PickMaster 2014. A productivity enhancing software concept for high speed picking applications - developed by ABB Robotics and based on Cognex vision technology. Cognex. Viitattu 23.5.2014. <http://www.cognex.com/CustomerSuccessStories/CustomerStoryDetail.aspx?ID=1340&rdr=true&langtype=2057>
- Reynolds, P. 2007. Unilever gets a boost from Robotics. Packaging World, Packaging news, trends & innovations. Huhtikuu 2007. Viitattu 23.5.2014. <http://www.packworld.com/package-type/thermoformed-packaging/unilever-gets-boost-robotics>
- Thermal imaging cameras in the food industry. 2014. FLIR Systems, Inc. Viitattu 20.5.2014. <http://www.flir.com/cs/emea/fr/view/?id=41781>
- Velez, J.F., Sanchez, A., Sanchez, J., Esteban, J. L. 2013. Beef identification in industrial slaughterhouses using machine vision techniques. Spanish Journal of Agricultural Research 11(4), 945–957.
- Wilson, A. 2010. Pork Process. Vision Systems Design. Viitattu 23.5.2014. http://www.vision-systems.com/articles/2010/03/Pork_Process.html

Ohjelmoitavan elektroniikan soveltaminen savunhallintajärjestelmissä

Suvela Timo, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Taustaa

Ohjelmoitavan elektroniikan soveltaminen rakennuksissa lisääntyy jatkuvasti. Nykyisin ohjelmoitavia komponentteja käytetään myös erilaisten turvajärjestelmien, kuten savunhallintajärjestelmien ohjauksissa. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa savunhallinnan ohjausjärjestelmien suunnitteluun liittyvät haasteet tulivat esille yhtenä tärkeänä tiedonhankinnan aiheena. Tässä artikkelissa selvitetään savunhallinnan laitteita ohjaavaa ohjausjärjestelmää koskevien standardien ja suunnitteluohjeiden sisältöä suunnittelijan näkökulmasta. Miten savunhallinnan ohjausjärjestelmien (kuva 1) toteuttamista ohjaavat standardit ja suunnittelusäännöt ovat mukautuneet uuden tekniikan mukanaan tuomiin vaatimuksiin ja miten ne soveltuvat suunnittelijoiden työkaluiksi, nykyaikaisen ohjausjärjestelmän luotettavuuden ja toimintavarmuuden osoittamisessa?



Kuva 1. Savunhallinnan ohjausjärjestelmien haasteita. (Lähde: Keravent 2014)

Savunhallintajärjestelmän tehtävänä on poistaa savua, myrkyllisiä kaasuja ja lämpöä poistumisreiteiltä, mahdollistaen henkilöiden turvallisen poistumisen rakennuksesta sekä helpottaen pelastus- ja sammutustyötä rakennuksessa tulipalo- tai muussa savua muodostavassa tilanteessa. Koska savunhallinnan tarkoituksena on parantaa rakennusten turvallisuutta ja säästää ihmishenkiä, se luokitellaan kuuluvaksi rakennuksen turvajärjestelmiin, joiden suunnittelussa ja toteutuksessa täytyy noudattaa erityistä huolellisuutta.

Savunhallintaan liittyvien laitteiden käynnistys voidaan toteuttaa joko manuaalisesti tai automaattisesti. Manuaalisessa toteutustavassa laitteiden ohjaus suoritetaan sisäänkuloreiteille sijoitetusta käyttöliittymästä, kun taas automaattisesti tapahtuvassa ohjauksessa ohjaukskäskyt tulevat palohälytysjärjestelmästä.

Savunhallintajärjestelmän vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

Savunhallintajärjestelmä sisältää syöttöverkon, ohjausjärjestelmän ja savunhallinnan toimilaitteet. Savunhallintajärjestelmän perinteisesti toteutettu ohjausjärjestelmä koostuu releistä, painonapeista ja savunhallinnan laitteita (puhaltimet, luukut) ohjaavien toimilaitteiden (moottorit, sylinterit) ohjauskomponenteista, (kontaktorit, taajuusmuuttajat, paineilmaventtiilit) sekä niiden välisistä johtojärjestelmillä toteutetuista liitännöistä.

Nykyisin yhä enemmän ollaan kuitenkin siirtymässä perinteisellä menetelmällä toteutetuista ohjausjärjestelmistä nykyaikaisempiin toteutuksiin, joissa releet on korvattu mikroprosessoripohjaisella ohjauslaitteella, kuten ohjelmoitavalla logiikalla, painonapit graafisilla käyttöliittymällä ja johtojärjestelmät väyläjärjestelmällä.

Savunhallintajärjestelmä on yksi rakennuksen henkilöturvallisuutta varmistavista järjestelmistä, joiden toiminnalle Laki pelastustoimen laitteista (10/2007) asettaa vaatimuksia. Savunhallintajärjestelmät luokitellaan rakennukseen kiinteästi asennettuihin pelastustoimen laitteisiin, josta lain 5 pykälä toteaa muun muassa, että niiden tulee olla käyttötarkoitukseen sopivia ja toimintavarmoja.

Miten savunhallintajärjestelmän toimittaja voi varmistua, että suunniteltu ja toteutettu järjestelmä on lain asettamien vaatimusten mukainen? Ohjausjärjestelmän osalta vastaus löytyy Tukesin julkaisusta ”S10-12 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit”. Sen ensimmäisessä luvussa todetaan ”Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 1193/1999 (muut. 517/2011) koskee sähkölaitteistojen turvallisuutta ja 1194/1999 sähkötyöturvallisuutta. **Päätöksissä esitettyjen olennaisten turvallisuusvaatimusten katsotaan täyttyvän, jos sovelletaan tiettyjä turvallisuusstandardeja tai vastaavia julkaisuja.** Sähköturvallisuusviranomaisen eli Turvallisuus- ja kemikaaliviraston tehtävänä on vahvistaa tällaisten standardien ja julkaisujen luettelo Sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella.”

Henkilöturvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä standardien ja vastaavien julkaisujen rooli korostuu entisestään, koska vahingon sattuessa toimittajan on kyettävä osoittamaan, että järjestelmä oli suunniteltu ja toteutettu lain asettamien vaatimusten mukaiseksi.

Savunhallinnan ohjausjärjestelmän suunnittelun standardointi ja suunnitteluohjeet

Savunhallintajärjestelmä luokitellaan turvajärjestelmäksi, jonka suunnittelua ja toteuttamista ohjeistetaan Tukesin vahvistamassa standardissa SFS 6000-5-56 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen, turvajärjestelmät. Standardi on melko uusi, se on vahvistettu 13.8.2012. Standardi asettaa yleiset vaatimukset turvajärjestelmille, sähkösyöttöjärjestelmien valinnalle ja asentamiselle sekä turvajärjestelmien teholähteille. Standardissa ei kuitenkaan oteta kantaa ohjelmoitavan elektroniikan käyttöön turvajärjestelmissä.

Toinen ohjausjärjestelmän suunnitteluun liittyvä standardi on IEC 61508 standardisarja. Sitä ei ole mainittu Tukesin julkaisussa, mutta siihen viitataan joissakin turvajärjestelmiin liittyvissä julkaisuissa. Kyseisessä standardisarjassa esitetään vaatimukset toiminnallisesta turvallisuudesta kaikille teknisille järjestelmille sekä ohjeita ja ratkaisuesimerkkejä siitä, miten vaatimukset saadaan täytettyä. Siinä esitetään muun muassa eheystasoluokitus (SIL = Safety Integrity Level) ja edellytykset tietyn SIL-luokan saavuttamiseksi. Se on myös yleinen toiminnallisen turvallisuuden kattostandardi, jonka alla on alakohdaisia sovellusstandardeja.

Standardien lisäksi turvajärjestelmien suunnitteluun ja toteuttamiseen löytyy ohjeita ST-korteissa ST 51.06 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille ja ST 660.10 Savunhallintajärjestelmä. Suunnittelu sekä Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL:in julkaisussa RIL 232-2012 Rakennusten savunpoisto, Suunnittelu, toteutus ja ylläpito.

Kortti ST 51.06 esittää käytännön suunnitteluohjeita ja toteutustapoja, joita soveltamalla standardissa SFS 6000-5-56 asetetut vaatimukset tulee täytetyiksi.

Kortti ST 666.10 ottaa parhaiten kantaa ohjelmoitavan elektroniikan käyttöön savunhallintajärjestelmissä. Siinä esitetään ohjausjärjestelmälle asetettuja vaatimuksia, mutta annetaan myös ohjeita vaatimusten täyttämiseksi. Kortissa todetaan muun muassa:

- Savunhallinnan ohjausjärjestelmä luokitellaan kokonaisuudessaan turvajärjestelmäksi.
- Savunhallintalaitteita ohjaavan ohjausjärjestelmän luotettavuus voidaan osoittaa käyttämällä soveltuvia suunnittelusääntöjä ja standardeja.
- Ohjausjärjestelmän ja erityisesti sen osana olevan väylä- tai automaatiojärjestelmän on toimittava luotettavasti ja luotettavuus pitää osoittaa jollakin tavalla .
- Savunhallinnan ohjausjärjestelmän toimintavarmuustavoite SIL-luokittelussa on normaalisti SIL 2 ja henkilöturvallisuuden kannalta kriittisissä kohteissa SIL 3. Ohjausjärjestelmälle lasketun SIL-luokan tulee yhtä suuri tai suurempi kuin toimintavarmuustavoitteen, että ohjausjärjestelmä voidaan luokitella riittävän toimintavarmaksi.

Lisäksi julkaisu antaa seuraavia suunnitteluohjeita:

- Mikäli väylän vikasietoisuutta halutaan nostaa, päädytään yleensä redundanttisesti toteutettuun rengasmaiseen topologiaan, ja tällöin logiikka myös yleensä kahdennetaan.
- Toimintavarmuuden määrittämisessä ja luotettavuuden osoittamisessa voidaan käyttää niin sanottua eheystasoluokitusta (SIL). Se koostuu neljästä tasosta (1–4), joilla määritellään todennäköisyys, että turvatoiminto epäonnistuu sitä vaadittaessa.
- Ohjausjärjestelmän SIL-luokan selvittämisestä todetaan, että ohjauspiirin SIL-luokan laskennassa täytyy ottaa huomioon piirin kaikkien komponenttien SIL-luokat ja että SIL-luokan määrittäminen on mahdollista vain, jos kaikkien piirin komponenttien SIL-luokka on käytettävissä. Näin ollen SIL-luokkaa ei voida määritellä esimerkiksi käyttöliittymällä varustetulle ohjausjärjestelmälle, koska käyttöliittymälle SIL-arvon saavuttaminen on vaikeaa.

Julkaisu RIL 232-2012 tukeutuu toimintavarmuuden osoittamisessa SIL-luokitukseen, kuten kortti ST 666.10:in.

Standardit ja suunnitteluohjeet suunnittelun apuvälineinä

Savunhallintajärjestelmien suunnittelua ja toteutusta koskevia standardeja ja ohjeita (ST- kortit ja RIL) päivitetään jatkuvasti. Esimerkiksi Savunhallintajärjestelmiä käsittelevä ST-kortti (ST 666.10) on julkaistu 6.5.2014. Kyseinen kortti ottaakin tarkimmin kantaa ohjausjärjestelmän toteuttamisen asetettuihin vaatimuksiin ja se myös pyrkii antamaan ohjeita vaatimusten täyttämiseksi.

Kortissa ST 666.10 todetaan, että savunhallintalaitteita ohjaavan ohjausjärjestelmän luotettavuus voidaan osoittaa käyttämällä soveltuvia suunnittelusääntöjä ja standardeja. Mitä ne ovat, sitä ei julkaisussa kuitenkaan kerrota. Toimintavarmuudesta todetaan, että sen osoittamisessa voidaan soveltaa SIL-luokitusta. Käytännössä SIL-luokituksen soveltaminen on kuitenkin hyvin hankalaa, koska SIL-luokitus voidaan määritellä vain, jos kaikki ohjauspiirissä olevat komponentit ovat SIL-luokiteltuja. Tämä ongelma on huomioitu myös julkaisussa, siinä todetaankin, että ohjausjärjestelmässä painonappien korvaaminen käyttöliittymällä johtaa siihen, ettei SIL-luokitusta voida enää soveltaa. Julkaisussa ei esitetä mitään muuta tapaa toimintavarmuuden osoittamiseksi.

Toisaalta SIL-luokitus ei automaattisesti paranna ohjausjärjestelmän toimintavarmuutta. SIL-luokitellulle ohjauslaitteelle on ominaista, että se diagnosoi toimintaansa ja virhetilanteessa ohjaa ohjattavan järjestelmän (laitteet) turvalliseen tilaan, joka on tyypillisesti seis-tila eli laitteiden pysäytys. Savunhallinnassa asia ei kuitenkaan ole aina näin. Henkilöturvallisuuden kannalta savunpoistopuhaltimen turvallinen tila on käynnissä-tila eli virhetilanteessa puhaltimen tulisi käynnistyä. On myös syytä huomioida, että joidenkin laitteiden toimintavarmuuden nosto (SIL-luokitus) on toteutettu, ei käyttämällä luotettavampaa ”rautaa”, vaan ohjelmallisesti. Siitä hyvänä esimerkkinä on kenttäväylä, joka siirtää samassa mediassa sekä normaaleja ohjaussanomia että turvasanomiam. Diagnostiikan parantamiseksi lähetettävä laite lisää turvasanomaa ylimääräistä informaatiota, niin että vastaanottava laite kykenee aina havaitsemaan sanoman siirrossa tapahtuvan virheen. Näin ollen järjestelmän toimintavarmuus paranee vain, jos laitteet ohjataan virhetilanteessa turvalliseen tilaan. Jos näin ei ole, niin riittävä ohjausjärjestelmän SIL-luokkakaan ei varmista ohjausjärjestelmän toimintavarmuutta, pikemminkin päinvastoin!

Pohdintaa

Ohjelmoitavan elektroniikan käyttöönotto on tuonut mukanaan uusia haasteita varsinkin henkilöturvallisuuden liittyvissä ohjausjärjestelmissä niin sanotuissa turvajärjestelmissä. Tilanne on kuitenkin tiedostettu ja turvajärjestelmiin liittyviä standardeja ja ohjeita päivitetään jatkuvasti. Ohjeistuksesta vastaaville muutosvaihe on kuitenkin haastava: pitäisi luoda standardeihin tukeutuvaa ohjeistusta, mutta kattavia rakennusten turvajärjestelmiä käsitteleviä standardeja ei ole vielä julkaistu. Lisäksi markkinoilta on vaikea löytää turvajärjestelmiin soveltuvia komponentteja tai järjestelmiä.

Nykyisessä ohjeistuksessa turvajärjestelmän toimintavarmuuden osoittaminen esitetään tehtäväksi IEC 61508 standardin eheystasoilla ns. SIL-luokalla. Valitettavasti turvajärjestelmän ohjauspiirien SIL-luokan määrittäminen on kuitenkin usein mahdotonta, koska ohjauspiirissä on SIL-luokittelemattomia komponentteja. Toisaalta toimintavarmuus voidaan osoittaa myös IEC61508 standardisarjan ohjeita soveltamalla, mutta käytännössä standardia ei kuitenkaan voida käyttää, koska sitä soveltamaan kykenevät henkilöt ovat harvassa.

Suunnittelijoiden tulisi tiedostaa, että SIL-luokitus nostaa henkilöturvallisuutta vain, jos kaikki järjestelmän laitteet toimivat turvallisuutta edistävällä tavalla sekä havaitussa vaaratilanteessa (esim. tulipalo) että järjestelmän havaitsemassa häiriötilanteessa (esim. tiedonsiirrossa tapahtuva virhe). Erityisesti tätä on korostettava ainakin savunhallintajärjestelmiä koskevassa ohjeistuksessa, koska vaara- ja häiriötilanteessa laitteita ei pysäytetä vaan ne käynnistetään tietyn sekvenssin mukaisesti.

Savunhallintajärjestelmän laitteille, joiden toiminta riippuu palotilanteesta, ei ole mahdollista määrittää turvallisuutta edistävää tilaa, toisin sanoen tilaa, johon laite ohjataan vaara- tai häiriötilanteessa (esim. käyntiin/seis). Tämä on ongelma, kun järjestelmä havaitsee virheen sisäisessä toiminnassa (esim. väylävirhe), koska turvajärjestelmä ei pysty päättämään mihin tilaan laitteet ohjataan. Tämä tulee ottaa huomioon riskinarvioinnissa ja tarvittaessa toteuttaa toiminnallisuus niin, että laitteiden turvallinen tila on yksikäsitteinen (laitteiden kahdennus).

Tällä hetkellä käytössä olevan ohjeistuksen puutteellisuus aiheuttaa ongelmia niin tilaajille kuin toimittajillekin. Tilaaja voi tarjouspyynnössä esittää ohjausjärjestelmän toteutukselle keskenään ristiriitaisia vaatimuksia, joita on mahdotonta toteuttaa. Esimerkiksi tarjouspyynnössä vaaditaan ohjausjärjestelmältä SIL 2 -luokitusta, mutta samalla käyttöliittymäksi on määritelty graafinen SIL-luokittelematon näyttöpaneeli. Toisaalta toimittajat voivat tulkita standardeja ja suunnittelusääntöjä eri tavoilla. Kilpailu vääristyy, kun tarjotaan hinnaltaan ja etenkin luotettavuudeltaan ja toimintavarmuudeltaan eritasoisia järjestelmiä. Vaarana on, että savunhallintajärjestelmän ohjausjärjestelmäksi valitaan turvallisuuden näkökulmasta katsottuna epäluotettavin ratkaisu.

Ohjeistuksen suhteen ollaan välivaiheessa: odotetaan standardien tarkentumista ja ohjausjärjestelmissä sovellettavien komponenttien kehittymistä, jotta ohjeistus voitaisiin päivittää riittävälle tasolle. Tämän hetkinen tilanne on kuitenkin kestävä, koska kyseessä on henkilöturvallisuus. Nopeimmin nykyistä tilannetta pystyisi parantamaan laatimalla ST-kortti tai vastaava, jossa esitetään malliesimerkkejä erilaisista savunhallintajärjestelmiä ohjaavien ohjausjärjestelmien toteutuksista. Ohjeen avulla ohjausjärjestelmäratkaisut yhtenäistyisivät ja samalla järjestelmien toimintavarmuus ja luotettavuus nousisivat riittävälle tasolle.

Lähteet

S10-12 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit. Viitattu 4.6.2014. <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S10-12-Sahkolaitteistojen-turvallisuutta-ja-sahkotyoturvallisuutta-koskevat-standardit/>

SFS 6000-5-56 Pienjännitesähkösasennukset. Osa 5-56 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen, turvajärjestelmät. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

ST 51.06 Palonkestävä johtojärjestelmä palon aikana toimiviksi tarkoitetuille järjestelmille. Helsinki: Sähkötieto ry.

ST 660.10 Savunhallintajärjestelmä. Suunnittelu. Helsinki: Sähkötieto ry.

RIL 232-2012 Rakennusten savunpoisto. Suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Keravent 2014, <http://www.keravent.fi/automaatio>

Kevyt langaton lähiverkkotekniikka – Connecting objects

Palomäki Heikki, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Langattoman tekniikan käyttö laajenee koko ajan uusille alueille. Puhelin- ja tietokoneverkkojen lisäksi langattomat anturiverkot ovat tulossa teollisuuteen. Langatonta tekniikkaa on myös kulunvalvonnassa ja kotielektronikassa. Tämä tekniikka tarjoaa runsaasti uusia mahdollisuuksia eri aloilla: teollisuuden sovelluksen lisäksi turvatekniikka, maataloustekniikka, pelisovellukset ja uusiutuvan energian järjestelmät ovat tulevia langattoman teknologian sovelluskohteita. On tärkeää tietää, mihin suuntaan kehitys on menossa ja millaisia uusia mahdollisuuksia se tarjoaa. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkina pk-yrityksille -projektissa langattomat teknologiat olivat yhtenä tiedonhaun aiheena. Tähän artikkeliin on koottu asiaa kevyestä langattomasta tekniikasta.

Kevyt langaton lähiverkkotekniikka

Tässä esitellyn kevyen langattoman tekniikan ominaisuuksia on, että sitä voi soveltaa edullisesti ja yksinkertaisesti liittämään lähiympäristön kohteita langattomasti ja älykkäästi toisiinsa. Komponentit ovat erittäin pienikokoisia ja pienivirtaisia, tekniikan kehitystyö sujuu ilmaisilla työkaluilla ja sen ominaisuudet ovat vapaasti muokattavia ilman standardien rajoituksia. Vaikka 1–10 metrin kantomatka vaikuttaa lyhyeltä, sen etuja on hyvä tietoturva ja tarkempi verkon kattaman alueen rajaushmahdollisuus.

Langattoman radionapin voi piilottaa vaikkapa koruun, kenkään, avaimenperään, kaulapantaan, pyörivään akseliin, pistorasiaan tai kaapelliin. Ne voivat ilmaista läsnäolonsa, mitata olosuhteita ja tehoja, ohjata valaisimia ja toimilaitteita, siirtää tietoa muille verkon radionapeille tai tallettaa tapahtumahistoriaa. Nappien keräämiä tietoja voi tallentaa tietokoneiden tietokantoihin, tehdä raportteja ja analyyssejä sekä seurata internetin kautta. Mitä enemmän tällaista pienimuotoista langatonta tekniikkaa soveltaa, sitä laajemmiksi näyttävät sen sovellusmahdollisuudet kasvavan.

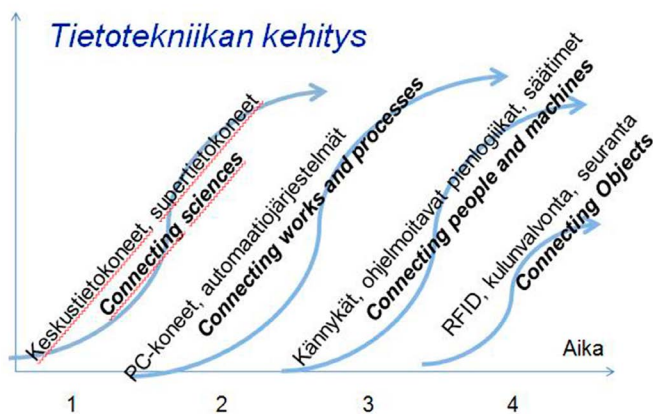
Tiedonsiirron evoluutio

Aikojen liitettiin kaupungeja ja kyliä tieverkon avulla toisiinsa. Myöhemmin liitettiin tietokoneita yhteen verkon kautta. Viime aikoina on liitetty ihmisiä toisiinsa kännyköiden avulla. Uusi teknologia tekee mahdolliseksi liittää ympärillämme olevia kohteita toisiinsa langattomasti. Erästä tällaista langatonta tekniikkaa on kehitetty Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön elektroniikan laboratorioissa.

Neljä kehitysvaihetta

Jos tarkastelee tiedonkäsittelyn evoluutiota, siinä voi nähdä neljä eri kehitysvaihetta. Ensimmäiset merkittävät tietokoneet olivat keskustietokoneita, joihin oli liitetty pääteitä lukuisten sarjaporttien kautta. Vain operaattorit osasivat ja saivat käyttää niitä. Tämä kehityssuunta jatkuu edelleen supertietokoneiden muodossa. Toinen kehitysvaihe on edelleen henkilökohtaiset tietokoneet, PC:t, jotka mahdollistavat sekä edistyneiden

työasemaohjelmistojen käytön että yhteydenpidon internetin kautta. Ohjelmistojen käyttö vaatii jonkin tasoista erikoisosaamista ja tietokoneiden käyttöönotto verkossa edellyttää vähintään perustietojen hallintaa tietotekniikasta. Kolmas kehityssuunta on mobiili- ja multimedialaitteet, jotka on liitetty toisiinsa ja internetin sivuille langattoman verkon avulla. Käyttö sujuu jo lähes jokaiselta lukutaitoiselta, ainakin tärkeimpien perusominaisuuksien hallinta. Neljäs kehitysvaihe on tässä yhteydessä mielenkiintoinen: ympärillämme olevat erilaiset esineet pitävät yhteyttä keskenään langattomasti. Ne eivät tarvitse juuri minkäänlaista käyttöä, vaan toimivat automaattisesti jokapäiväisen elämämme rytmissä. Tätä on esimerkiksi RFID-tekniikka kulutus-tavaroiden tarroina, avaimina ja sulautettujen järjestelmien sovelluksina. Ne valvovat esineiden ja ihmisten liikkumista, ohjaavat automaattisesti auton eri toimintoja ja ohjaavat tuotteiden kulkua tuotantolinjalla. Neljäs kehityslinja on vasta aluillaan ja siitä on ennustettu tulevan merkittävin tietotekniikan kehityssuunta tulevaisuudessa (Palomäki 2008, 3).



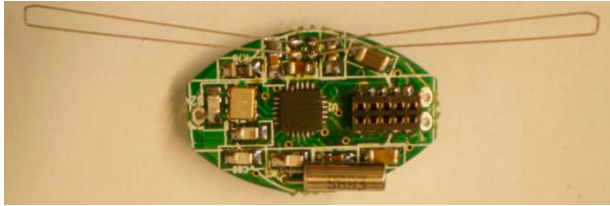
Kuva 1. Tietotekniikan kehitysvaiheet.

Hajautettu älykkyys

Tietotekniikan kehitys kulkee siis yhä hajautetumpaan suuntaan. Yhä useammat ja yhä pienemmät elektroniikkapiirit muodostavat yhä laajempia langattomia verkkoja. Mitä hyötyä oikeastaan on hajauttamisesta? Otetaan esimerkki. Jos lähtee metsälle kiväärin kanssa ja kohtaa karhun, niin yksi tarkka osuma tekee tehtävänsä, ja uhka karhun taholta on poissa. Jos toisaalta tahtoo tehdä samalla tavalla lopun muurahaiskeosta, niin muutaman päivän aktiviteetin jälkeen kaikki on ennallaan. Hajautettu älykkyys kestää siis yllättäviä ja ankaria olosuhteita huomattavasti paremmin (Palomäki 2008, 13).

Radionappi

Uusia sovelluksia varten Seinäjoen ammattikorkeakoulun elektroniikan laboratoriossa on kehitetty radionappi, joka on pienen nappipariston kotelon muotoinen ja johon on liitettävissä monipuolisia lisämoduuleja eri sovellusten tarpeisiin (kuva 2).



Kuva 2. Seinäjoen ammattikorkeakoulun elektroniikan laboratoriossa on kehitetty radionappi.

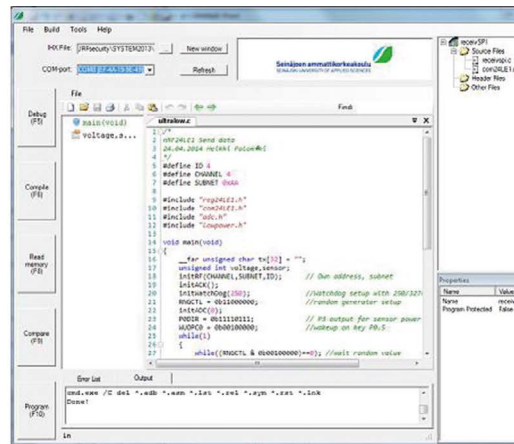
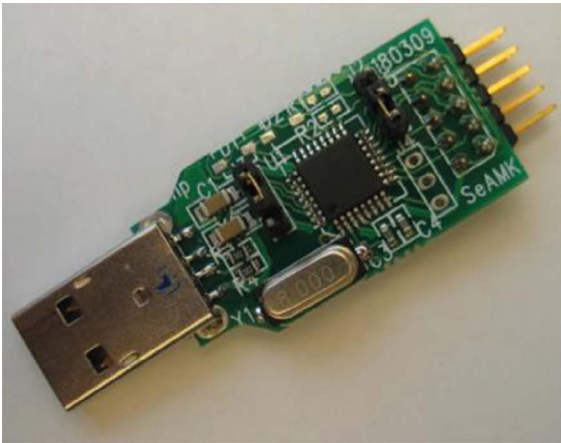
Lisämoduuleja ovat esimerkiksi kosteus-, lämpötila- ja valoanturit, 3-suuntainen kiihtyvyyssanturi sekä energiankeruumoduuli (energy harvesting), joka tuottaa tarvittavan sähköenergian pienestä aurinkokennostosta tai lämpötilaerosta energiaa ottavasta peltier-elementistä (Palomäki 2011).

Kehitystyökalut

Kun kehitetään tuotteita älykkään elektroniikan pohjalta, yksi tärkeimmistä valinnoista on se, millainen on kehitysympäristö, jolla voidaan kehittää ja testata ohjelmistoa ja rakentaa prototyypilaitte liitäntöineen. Vaihtoehtoina on ostaa valmis, useimmiten valmistajan tarjoama paketti tai tehdä itse. Samoin on tärkeää selvittää, millaisia valmiita ohjelmatarjousia on olemassa, kun rakennetaan järjestelmän perusrakenteita, esimerkiksi langatonta verkkoa.

Kontrolleripiirien valmistajat tarjoavat omia pakettejaan oman tekniikkansa käyttöönottoa varten. Ne ovat yleensä teollisuuden tarpeisiin tehtyjä monipuolisine liitäntämahdollisuuksineen ja lisätoimintoineen sekä varustettuja maksullisen C-kääntäjän lisenssillä. Myös käytettävään mikrokontrolleriin on tällainen tarjolla 2000 euron hintaan. Hintansa vuoksi se ei sovellu oppilaitoskäyttöön, joten Seinäjoen ammattikorkeakoulun elektroniikan laboratorioissa tehtiin osaksi opiskelijavoimin oma, täysin avoin ja yksinkertainen kehitysympäristö Windows-käyttöjärjestelmälle. Nimeksi koulun omalla langattomalle tekniikalle otettiin SURFnet (Seinäjoki University of Applied Sciences Radio Frequency Network).

Kehitysympäristö sisältää SURFprogrammer -ohjelmointiympäristön, joka käyttää avoimen lähdekoodin SDCC-kääntäjää (kuva 3). Ohjelmointilaitteeksi kehitettiin yksinkertainen USB-tikku (kuva 3), jossa ytimenä on AT90USB162-mikrokontrolleri. Rajapintana radioprosessorille on SPI-sarjaväylä. Sama ohjelmointilaitte toimii myös siltana radionapeista koostuvan verkon ja PC:n välillä (Huhta 2009, Palomäki 2010).



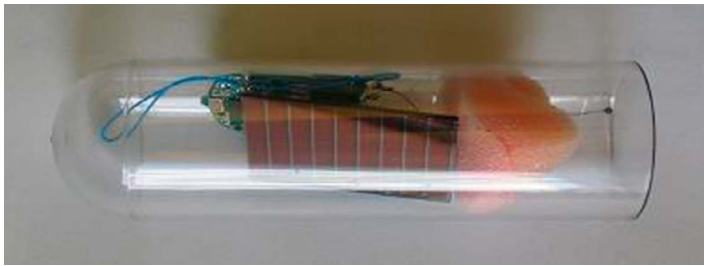
Kuva 3. USB-ohjelmointilaitte ja SURFprogrammer-ohjelma.

Toteutetut testisovellukset

Langattomalla SURFnet-tekniikalla on toteutettu muutamia testisovelluksia eri projekteissa. Tällaisia ovat langaton seurapeli lapsille, kasvihuoneen anturiverkko, lehmien seuranta pihatossa, tuulivoimalan lavan kiihtyvyyssmittaus ja kylvökoneen valvontajärjestelmä. Suurin osa testisovelluksista on tehty GENSEN-hankkeen puitteissa (Generic Sensor Networks). Hankkeen toteuttivat Vaasan yliopisto, Aalto yliopisto ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu; Seinäjoen osuus oli oman langattoman tekniikan sovellusten testaaminen ja verkon liittäminen aliverkoksi Vaasassa kehitettyyn langattomaan verkkoon.

Kasvihuoneen anturiverkko

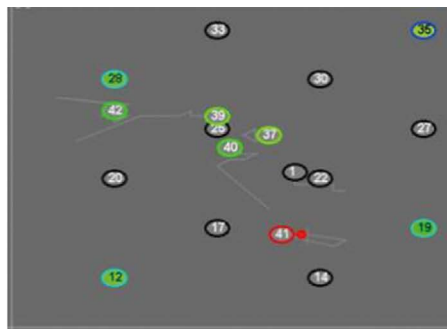
GENSEN-hankkeen alkuvaiheessa testattiin SURF-tekniikan soveltuvuutta kasvihuoneeseen. Pääasiassa siinä testattiin valokennon ja pariston varassa toimivia lämpötila-, kosteus- ja maakosteusantureita (kuva 4). Ne olivat käyttökelpoisia, soveltuivat hyvin kasvihuoneympäristöön ja antoivat riittävän tarkkoja mittaustuloksia. Myös verkon mesh-topologian toimivuutta testattiin alustavasti (Palomäki 2011).



Kuva 4. Valokennon ja pariston varassa toimivia lämpötila-, kosteus- ja maakosteusantureita.

Pihattosovellus

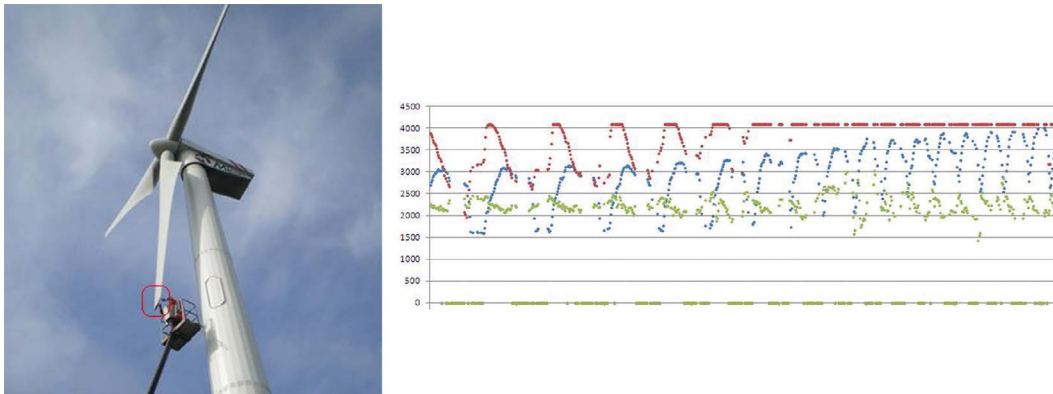
Toinen testisovellus oli lehmien seuranta pihatossa langattomasti. Siinä käytettiin paristolla toimivia 3D-kiihtyvyyssanturilla varustettuja radionappeja. Testattavana oli lähinnä mesh-verkkotopologian toimivuus ja suhteellinen paikannus. Toisena laajempaan testattavana kokonaisuutena oli tiedonkeruun toimivuus verkossa ja kerätyn tiedon havainnollinen esittäminen SURFmonitor-ohjelmiston avulla. Langattoman verkon runko koostui kattoon sijoitetuista 16 radionapista, joilla oli kiinteät paikkakoordinaatit ja joiden kautta tieto kerättiin. Lehmiin sijoitetut radionapit (kuva 5 a) paikansivat itsensä verkossa ja lähettivät kiihtyvyyssanturin mittaustiedot verkon muiden nappien kautta tietokoneelle esitettäväksi (kuva 5 b) (Palomäki 2011).



Kuva 5 a. Lehmiin sijoitetut radionapit ja Kuva 5 b. Kiihtyvyyssanturin mittaustiedot tietokoneella.

Tuulivoimalasovellus

Kolmantena GENSEN sovelluksena testattiin langatonta tekniikkaa sijoittamalla 3D-kiikityvyysanturilla varustettu radionappi tuulivoimalan lapaan (kuva 6 a). Sovelluksessa testattiin sekä radionapin tiedonsiirron kantamaa että mittauksen käyttökelpoisuutta tuulivoimalan valvontaan. Tiedonsiirron todettiin toimivan erinomaisesti lukuun ottamatta lyhyttä jaksoa, jolloin radionappi on keskiön takana. Tämä ongelma voidaan ratkaista tietoa puskuroimalla. Mittaustiedon keräämiseen ja esittämiseen käytettiin äänen siirtoa varten kehitettyä ohjelmistoa (kuva 6 b) (Palomäki 2011).



Kuva 6 a ja b. Tuulivoimalan lavan valvonta.

Seurapelisovellus

Seurapelisovellus toteutettiin ennen GENSEN-hanketta. Langattomasti toteutettu ”silmäniskumurhaaja”-peli oli ensimmäinen varsinainen sovellus langattomalla tekniikalla. Peli oli suunnattu lapsille ja sitä testattiin Kuortaneen urheiluopistolla 8–10-vuotiaiden lasten kanssa. Jokaisella pelaajalla oli käsikapula (kuva 7), jossa oli pieni näyttö.



Kuva 7. Käsikapula näyttöineen.

Pelin alkaessa käsikapulat valitsivat satunnaisesti ”murhaajan”, jota kukaan ei aluksi tiennyt. Kun valittu hetken kuluttua huomasi uuden roolinsa, hän pyrki vaihkaa lähelle jotain toista, valitsi hänen nimensä näyttöön ja painoi kapulan painiketta. Hetken kuluttua ”uhri” huomasi joutuneensa pois pelistä ja toiset yrittivät arvata murhaajaa. Lapset olivat erittäin innostuneita pelistä ja olisivat halunneet ostaa sellaisen itselleen.

Turvavalvonta

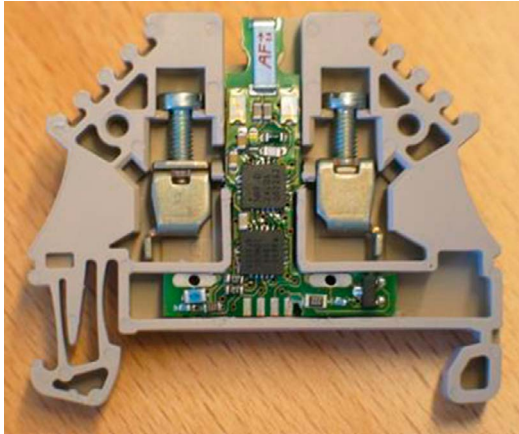
Lasten liikkumisen valvonta -sovellus päiväkodissa ja tarhassa on osittain toteutettu, mutta jatkokehitys on jäänyt vielä odottamaan toteutusresursseja. Siinä lapsilla on tarkoitus olla radionappi rannekkeessa. Kiinteästi alueelle sijoitetut radionapit määrittävät valvotun alueen ja vastaanottavat koko ajan rannekkeen viestejä. Kun yhteys lapseen katoaa, tulee hälytys. Seurantatiedoissa on mahdollista lisäksi tietää, missä viimeisin yhteydenotto on tapahtunut, joten tiedetään, mihin suuntaan lapsi on lähtenyt. Täsmälleen samanlainen anturiverkko soveltuu dementoituneen vanhuksen turvavalvontaan. Lisäksi seurantalaitteessa tarvitaan päättelylogiikkaa, että osataan erottaa normaalit ja poikkeavat liikkumiset ja viipymiset. Vanhuksen rannekkeessa on tarpeen olla myös 3D-kiihtyvyyssanturi asentojen ja liikehdinnän seurantaan. Tämä sovellus tehtiin myös erillään GENSEN-hankkeesta.

Pohdintaa

Seinäjoen ammattikorkeakoululla kehitetyllä langattomalla tekniikalla on runsaasti sovellusmahdollisuuksia sellaisiin kohteisiin, joissa vastaavaa tekniikkaa ei vielä ole käytetty. Seuraavassa on esitetty pari esimerkkiä. Uusia mahdollisuuksia syntyy jatkuvasti, kun eri aloilla toimivat ihmiset oivaltavat langattoman tekniikan mahdollisuudet.

Erilaiset liikunnalliset seikkailupelit ovat joittenkin arvioiden mukaan seuraava määrältään merkittävä tietotekniikan valtaus. Langattomasti toteutettuna niissä saavutetaan täysin uusia ominaisuuksia, joita on tähän saakka ollut vain parhaimmissa tietokonepeleissä. Tällainen langattomilla käsikapuloilla ja napeilla toimiva, joukkueille tarkoitettu strategiapeli voisi toimia vaikka seuraavasti: Pelaajat etsivät maastosta virtuaalisia materiaalilähteitä (puu, metalli, ruoka), jotka ensin miehitetään ja sitten viedään arvokas materiaali käsikapuloiden avulla omaan virtuaaliseen tukikohtaan. Siellä materiaalista jalostuu uusia resursseja ja virtuaalivoimia, joiden avulla voidaan miehittää uusia materiaalilähteitä ja voittaa viholliset tai vihollisten miehittämät kohteet. Sen sijaan, että pelaaja istuisi tietokoneen ääressä tuntikaupalla pelaamassa, hän on itse päähenkilö ja juoksee maastossa toteuttaen samaa pelistrategiaa ja kokien vielä vahvempaa jännitystä pelitilanteissa.

Perinteisesti automaatio toteutetaan investoimalla tarvittaessa ohjauslogiikkaan. Automaatio on yleensä joko ali- tai ylimitoitettu, koska tarpeet muuttuvat koko ajan. Amorfisessa automaatiossa ohjauslogiikan tarvitsema älykkyyys voidaan rakentaa suoraan vaikkapa riviliittimen sisään (kuva 8).



Kuva 8. Amorfisessa automaatiossa ohjauslogiikan tarvitsema älykkyyys voidaan rakentaa suoraan vaikkapa riviliittimen sisään.

Yksittäiset liitinviipaleet saavat energiansa 4-20 mA:n mittaus- tai ohjaussignaalista. Ne kommunikoivat keskenään langattomasti ja sähköisesti eristettynä toisistaan. Näin ne muodostavat yhdessä lähes portaattomasti skaalattavan eli amorfisen automaatiojärjestelmän (Palomäki 2008).

Lähteet

Huhta, M. 2009. Radiopiirin ohjelmointiympäristön kehitys ja langattoman verkon tahdistus, Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Palomäki, H. 2008. Wireless Network in Ambient intelligence. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Palomäki, H. 2010. Development Environment for the RF controller. Kempen, Belgien: AmiEs 2010 Symposium.

Palomäki, H. 2011. GENSEN project. Chania, Crete, Greece: AmiEs 2011 Symposium.

Palomäki, H. 2011. Stackable SURFnet platform: SURFbuttons. Seinäjoki: GENSEN project.

Palomäki, H. 2012. Wireless Seed Monitoring. Espoo: AmiEs-2012 Symposium.

Siipikarjan lannan hyödyntäminen lämmöntuotannossa

Sauranen Tapani, Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Lampila Tarmo, Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Heiskanen Heikki, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Aika ajoin ponnahtaa esiin keskustelu lannan polttoon liittyvistä mahdollisuuksista. Etenkin hevostallit ovat olleet kiinnostuneita kuivalannan hyödyntämisestä lämmöntuotannossaan, mutta myös kanan- ja broilerinlannan polttamista on pohdittu. Vallalla on yleisesti käsitys, että lantaa ei saisi Suomessa polttaa. Tämä ei pidä paikkaansa: Poltto on sallittua, mutta direktiivitulkitamme takia se on luokiteltu eläinperäiseksi jätteeksi ja on siten jätteenpolttoasetuksen alaista. Jätelain mukaan jäte tulisi ensisijaisesti hyödyntää aineena ja vasta toissijaisesti energiana. Lainsäädäntö ohjaa siihen, että lanta hyödynnettäisiin ensisijaisesti materiaalina.

Julkisuudessa on kerrottu, että muissa EU-maissa kuten Ruotsissa, Tanskassa, Hollannissa ja Saksassa muun muassa hevosenlanta katsotaan kasviperäiseksi biomassaksi ja sen poltto sellaisenaan tai pelletöitynä/briketöitynä on sallittua kyseiseen tarkoitukseen suunnitelluissa lämmityskattiloissa. Ympäristöministeriön tekemän selvityksen mukaan mistään maasta ei kuitenkaan ole saatu dokumentoitua tietoa sellaisesta säädöksestä tai tulkintaohjeesta, ettei lantaan sovellettaisi EU:n jätteenpolttosäädöksiä.

Siipikarjan lannan hyödyntäminen lämmöntuotannossa

Polttoprosessin kannalta polttoaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat alkuainekoostumus, kosteus, lämpöarvo, haihtuvien aineiden ja kiinteän hiilen pitoisuudet sekä tuhkan määrä ja sen ominaisuudet. Lanta on polttoaineena hyvin epähomogeenista, koska se tulee usein eri lähteistä ja sen sisäinen koostumus vaihtelee. Itse asiassa lanta ei ole pelkkää lantaa, vaan sisältää myös käytetyn kuivikemateriaalin. Kanan- ja broilerinlannan ominaisuudet ovat riippuvaisia tuotanto- ja varastointimenetelmistä.

Lannan rakenne ja koostumus riippuvat sen kosteuspitoisuudesta: se on kiinteää, puolikiinteää tai nesteistä. Kosteuspitoisuus riippuu vastaavasti lannan keräystavasta ja mahdollisista kuivausprosesseista. Kanaloissa ja broilerikasvattamoissa käytetään kuivikkeina sahanpurua, kutterinlastua, olkea tai turvetta tai näiden seoksia; broilerituotannossa käytetään eniten turvetta hyvän ammoniakinsitomiskykynsä takia. Edellä mainittujen syiden takia lannan kosteuspitoisuus vaihtelee eri kohteilla huomattavasti, ollen 10–75 % (keskiarvo 35 %:n luokkaa).

Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on keskimäärin 13,1 MJ/kg, vaihteluvälin ollessa 9,9–15,8 MJ/kg. Lämpöarvo on hieman alhaisempi kuin puun 18,3–20,0 MJ/kg (taulukko 1).

Taulukko 1. Siipikarjan ja puun ominaisuuksien vertailua

	Kosteus, (p-%, saapumistilassa)	Keskikosteus, (p-%, saapumistilassa)	Lämpöarvo kuiva-aineessa, MJ/kg	Keskimääräinen lämpöarvo kuiva- aineessa, MJ/kg
Siipikarjan lanta	10–75	n. 35	9,9–15,8	13,1
Puu	25–60		18,3–20,0	19,2

Lanta on erittäin haasteellinen polttoaine. Jotta kanan- ja broilerinlantaa voitaisiin polttaa ilman tukipolttainetta (esim. haketta, pellettiä, turvetta), tulisi sen kosteuden olla mahdollisimman alhainen, mieluiten alle 25 %. Tämän takia lantaa tulisi kuivata ennen polttamista. Myös epäorgaanisen aineksen eli tuhkan pitoisuus on erittäin suuri, esimerkiksi broilerinlannalla peräti 13,8–25,3 paino-% kiintoaineesta (vrt. puu 0,5 %, turve 5 %). Tuhkapitoisuus on riippuvainen käytetyn kuivikkeen laadusta ja määrästä. Korkea tuhkapitoisuus aiheuttaa ongelmia hiukkasten poistamiseen savukaasuista kattilan lämpöpintojen kuonaantumisen ja liikaantumisen takia sekä tuhkan sulamiskäyttötymisen hallintaan. Lisäksi alkalimetallien oksidien, kuten natriumoksidin (Na₂O) ja kaliumoksidin (K₂O) korkeat pitoisuudet tuhkassa aiheuttavat ongelmia tuhkan käsittelyssä.

Kanan- ja broilerin lannan typpi- ja rikkipitoisuus on yli kymmenkertainen verrattuna puupolttoaineisiin. Nämä vaikuttavat polttoprosessin typen- ja rikinoksidipäästöjen (NOX, SOX) syntymiseen. Myös kloori- ja alkalipitoisuudet ovat huomattavan korkeita, aiheuttaen korroosio-ongelmia ja happamoittavia päästöjä. Lantaa poltettaessa kattilalta vaaditaan tehokasta säätöautomaatiota ja polttotekniikkaa, korroosiota kestäviä materiaaleja sekä mahdollista lisäaineiden (esim. kalkin) syöttötekniikkaa/-järjestelmiä. Lannanpolton kaasumaiset päästöt ovat suurempia kuin tavanomaisten polttoaineiden. Käytettäessä tehokkaita päästöjenhallintalaitteistoja ei broilerinlannan polttokokeissa kuitenkaan ole todettu aiheutuvan perinteisiä polttoaineita, kuten puuta, merkittävämpiä ympäristöhaittoja.

Edellytyksenä ympäristö- ja jätteenpolttolupa sekä jatkuvatoiminen savukaasujen mittaus

Lannan polttaminen edellyttää sekä ympäristöluvan että jätteenpolttoluvan saamista. Jätteenpolttodirektiivi (ja sen korvaava teollisuuspäästöjen direktiivi) edellyttää, että savukaasuista mitataan päästöjä jatkuvatoimisesti laitoksen koosta, poltettavasta aineesta tai määrästä riippumatta. Jätteenpolttoasetuksen mukaan ilman epäpuhtauksien jatkuvia mittauksia ei voida korvata määräaikaisilla mittauksilla eikä palamisen hallinnan mittauksilla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pienissä laitoksissa päästöjen rajoittamis- ja mittaamiskustannukset nousevat liian suuriksi, ja siten lannan hyödyntäminen lämmöntuotannossa muodostuu taloudellisesti kannattamattomiksi. Korkeat investointikustannukset eivät ole ainoa ongelma, vaan myös laitoksen asianmukainen käyttäminen ja mittausten suorittaminen edellyttävät toiminnanharjoittajalta laajaa osaamista.

Jätteenpolttoasetuksen mukaan ilmaan johdettaville päästöille on tehtävä jatkuvat mittaukset hiilimonoksidille (CO), typenoksideille (NO_x), orgaanisen hiilen kokonaismäärälle (TOC), suolahapolle (HCl), vetyfluoridille (HF), rikkidioksidille (SO₂) sekä hiukkasten kokonaismäärälle. Tämän lisäksi jatkuvat mittaukset on tehtävä myös kattilan sisäseinämän lämpötilalle sekä savukaasujen happipitoisuudelle, paineelle, lämpötilalle sekä vesihöyrystisällölle. Vähintään kahdesti vuodessa on suoritettava mittaukset myös raskasmetalleista, dioksiineista sekä furaneista. Kuvassa 1 on savukaasuanalysointilaitteisto antureineen.



Kuva 1. Savukaasuanalysointilaitteisto ja savukaasumittauksissa tarvittavia antureita/sondeja (Biotalousinstituutti).

Jatkuvatoiminen savukaasujen mittaus aiheuttaa korkeat kustannukset

Savukaasujen jatkuvatoimiseen päästömittausjärjestelmään kuuluvat muun muassa mittaussondit, analysointilaitteet ja analysointikaapit, tiedonkeruu- ja tallennusjärjestelmät, kalibrointikaasut sekä muut apuvälineiden määrittämiseen tarvittavat laitteet. Lisäksi laitteistojen käyttöönottoon ja ylläpitoon tarvitaan asianmukainen koulutus. Myös koulutetun, osaavan henkilöstön työpanos, vuosittaiset tarkastusmittaukset ja määrävälein tehtävät kalibrointimittaukset aiheuttavat kustannuksia.

Karkeasti arvioiden savukaasujen jatkuvatoimisen päästömittausjärjestelmän hinnaksi tulee 90 000–130 000 € (alv 0 %). Tämän lisäksi tulevat vuosittaiset ylläpitokustannukset 10 000–40 000 € ja tarkastusmittaukset 7 000–14 000 €. Näiden lisämittausjärjestelmästä aiheutuvien kustannusten vaikutukset energian yksikköhintaan (€/MWh) ovat sitä suuremmat, mitä alhaisempi on vuosittainen kattilalaitoksen tuottama energiamäärä. Jos vuosittain tuotettu energiamäärä olisi 2 000 MWh, pelkän päästömittauksen kustannus olisi luokkaa 25 €/MWh. Tämä on lähes 50 % keskimääräisestä kaukolämmön verottomasta myyntihinnasta. Päästömittausten kustannusvaikutukseen 5 €/MWh päästäisiin vasta 10 000 MWh vuosituotantomää-

rillä. Jatkuvatoimisen päästömittauksen kustannus on jopa suurempi kuin keskimääräisen metsähakkeen laitoshinta (20 €/MWh).

Miksi lantaa pitäisi polttaa

Siipikarjan tuotannossa syntyvän lannan hyödyntäminen pelkästään kasvintuotannossa on haastavaa suuresta lantamäärästä johtuen. Tiheään asutuissa maissa sekä alueilla, joilla on valtavia siipikarjakeskittymiä, lannasta on tullut ylipääsemätön ympäristöongelma liian vähäisen peltolevitysosan takia. Esimerkiksi Hollannissa, Englannissa ja USA:ssa on siipikarjan lannalla toimivia voimalaitoksia (> 10 MW), jotka käyttävät kymmeniä, jopa satoja tuhansia tonneja lantaa vuodessa. Suuret lannanpolttolaitokset tuottavat lämmön ja sähkön lisäksi suuria määriä ravinteita sisältävää tuhkaa, jota voidaan käyttää lannoitteena. Tuhkan ravintepitoisuudet ovat 6–7-kertaiset lantaan verrattuna. Muun muassa fosfori, kalium, ja rikki siirtyvät poltossa lähes kokonaisuudessaan tuhkaan. Tuhkan käsittely, varastointi ja kuljettaminen on helpompaa ja edullisempaa kuin kuivikelannan, koska se on stabiloitua ja pienempään tilaan mahtuvaa materiaalia. Tuhkan tiheys on 1,5–2,5-kertainen kuivikelantaan verrattuna. Kuvassa 2 on lantatuhkaa valmiina levitettäväksi.



Kuva 2. Lantatuhkaa valmiina levitettäväksi (BR Bock Consulting).

Kaasutus tai mädätys polttamisen sijaan

Kiinteän polttoaineen (esim. puun, turpeen, lannan) kaasutus perustuu pyrolyysiin. Siinä erotetaan raaka-aineen kaasuuntuvia ainesosia korkeassa lämpötilassa, hapen saantia rajoittaen. Kaasutuksessa polttoaine poltetaan vähäisellä ilmamäärällä, ali-ilmalla. Tällöin palava aines ei pääse hapettumaan täydellisesti. Osa kaasumaisista palavista kaasuista jää hapettumatta ja syntyy tuotekaasua. Kaasutuksessa tapahtuvat reaktiot sekä syntyvät lopputuotteet riippuvat kaasutettavasta raaka-aineesta. Syntyvä polttokaasu on pääasiassa hiilimonoksidia ja vetyä. Hyvälaatuisen tuotekaasun saamiseksi polttoaineen kosteuden tulisi olla alle 50 %. Tämä tarkoittaa sitä, että joissain tapauksissa siipikarjan lanta tulisi esikuivata ennen kaasuttamista.

Teollisuuspäästöjen direktiivissä on tarkennus, jossa mainitaan, että jätteenpoltto- ja rinnakkaispolttolaitoksiin sovellettavat säädökset eivät koske kaasutus- tai pyrolyysilaitoksia. Edellytyksenä kuitenkin on, että syntyvät kaasut puhdistetaan niin, etteivät ne ole enää jätettä ennen niiden polttamista eivätkä ne voi aiheuttaa päästöjä, jotka ovat suurempia kuin maakaasun polttamisesta aiheutuvat päästöt. Käytännössä lannan kaasutukseen liittyy merkittäviä teknisiä ja taloudellisia haasteita.

Siiplikarjan lantaa voidaan käyttää myös biokaasun tuotannossa. Biokaasureaktorissa tapahtuva biokaasun tuotanto on hapettomassa eli anaerobisissa olosuhteissa tapahtuvaa orgaanisen aineksen hajoamista eli mädätystä. Lopputuotteena syntyy mädätyksen loppujäännös ja biokaasua, jossa metaania (CH₄) on tyypillisesti noin 60 %. Biokaasua voidaan hyödyntää lämmön- ja sähköntuotannossa. Mädätetty lanta on hygienisoitua, hajutonta ja ravinnearvoiltaan raakalantaa parempaa, ja sen sisältämät ravinteet imeytyvät peltoon hyvin.

Pohdinta

Siiplikarjan lannan poltto näyttää tulevaisuudessakin hyvin epätodennäköiseltä vaihtoehdolta. Lannan poltto on jätteenpolttoasetuksen alaista toimintaa. Käytännössä päästöjen rajoittamis- ja mittaamiskustannukset nousevat niin suuriksi, että lannan hyödyntäminen lämmöntuotannossa muodostuu taloudellisesti kannattamattomiksi. Lainsäädännöllisesti tarkasteltuna mädätysvaihtoehto on selkeästi helpompi. Biokaasun tuotanto lisääntyy eri puolilla Suomea, ja sitä kautta myös lannalle löytyy vaihtoehtoisia käsittelymenetelmiä. Biokaasun tuotanto edellyttää mittavia investointeja, joten käytettävien raaka-ainemäärien (esim. lanta ja lietteen) on oltava riittävän suuria taloudellisen kannattavuuden saavuttamiseksi. Tämä vaihtoehto on kuitenkin lainsäädännöllisesti ja teknis-taloudellisesti kilpailukykyisin edellä esitetyistä.

Lähteet

Puun kaasutus, Gasek Oy:n internetsivut 2014. Viitattu 20.4.2014.
<http://www.gasek.fi/technology/wood-gasification/>

Kuokkanen, P. 2010. Kananlannan ominaisuudet mädätyksen ja polton kannalta.
Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Selvitys jätteen energiakäytöstä ja päästökaupasta 2012. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö, Pöyry Management Consulting Oy.

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta, 362/2003. Helsinki. Viitattu 15.4.2014.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030362>

Biodieselin tuotanto ja raaka-ainepohja Brasiliassa

Lampila Tarmo, Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Taustaa

Biodieselin tuotannossa kiinnitetään tällä hetkellä maailmanlaajuisesti huomiota tuotettavan polttoaineen raaka-ainepohjaan ja erityisesti sen eettisyyteen. Raaka-aineen tuotannon ei tule kilpailla ruoan tuotannon kanssa eikä myöskään viedä viljelypinta-alaa ruoan tuotannolta. Suomessa on kehitetty teknologiaa, jolla voidaan tuottaa biodieseliä ruoan valmistuksessa käytetyistä öljyistä ja rasvoista. Niitä syntyy merkittäviä määriä suurissa miljoonakaupungeissa esimerkiksi Etelä-Amerikassa, joka on potentiaalinen markkina-alue suomalaiselle teknologialle. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa haettiin tietoa biodieselin raaka-ainepohjasta erityisesti Brasiliasta.

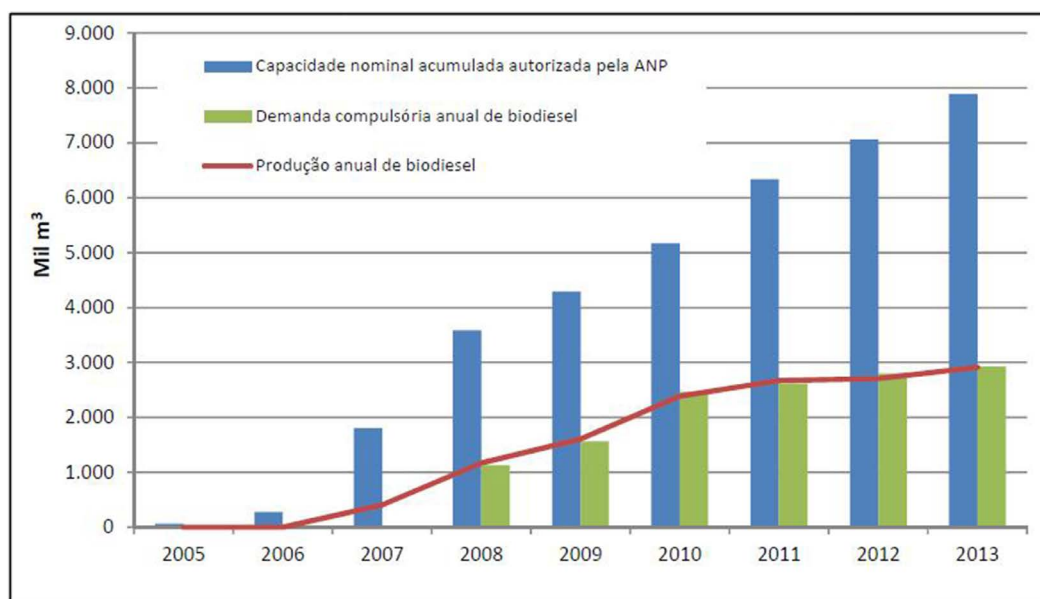
Biodieselin tuotanto Brasiliassa

Brasilia on yksi maailman suurimpia uusiutuvan energian tuottajia. Vuonna 2012 uusiutuvien energioiden (vesivoima ja tuulienergia) osuus oli 46 % Brasilian käyttämästä sähkö- ja lämpöenergiasta. Tavoitteena on nostaa uusiutuvien osuus 75 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Vesivoimalla tuotetaan 70 % maan sähkön tarpeesta. Tällä hetkellä maassa on meneillään mittavat investoinnit muun muassa aurinkoenergiaan.

Liikennepolttoaineiden osalta Brasilia aloitti etanolin tuotannon jo 1970-luvulla, ja sen tuotannon arvioidaan olevan tänä vuonna 475 000 tynnyriä. Raaka-aineena käytetään pääosin sokeriruokoa, jolla on suuri kansantaloudellinen merkitys. Sokeriruokoteollisuuden osuus BKT:sta on 2,2 %; se työllistää suoraan noin miljoona ihmistä ja epäsuorasti 3 miljoonaa ihmistä. Sokeriruo'on tuotantoa ohjataan sertifikaattien avulla.

Biodieselin tuottajana Brasilia on yksi maailman suurimmista tuottajista USA:n ja Saksan jälkeen. Tällä hetkellä maassa on 63 tehdasta. Lisäksi kahdelle tehtaalle on haettu toimintalupaa ja neljä tehdasta on hakenut tuotantokapasiteetin korotusta.

Tuotannon kasvu (kuva 1) on ollut nopeaa johtuen ennen kaikkea kansallisesta biodieselin tuotanto- ja käyttöohjelmasta (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel) sekä maan vuonna 2002 aloittamasta Proinfa-ohjelmasta, joka kannustaa vaihtoehtoisten energialähteiden käyttöön.



Kuva 1. Biodieselin tuotanto Brasiliassa 2005–2013 (milj. m³). Selitykset: sininen = ANP:n myöntämä kapasiteetti, vihreä = Lakisääteinen käyttö / kk (5%), punainen viiva = Kuukausituotanto.

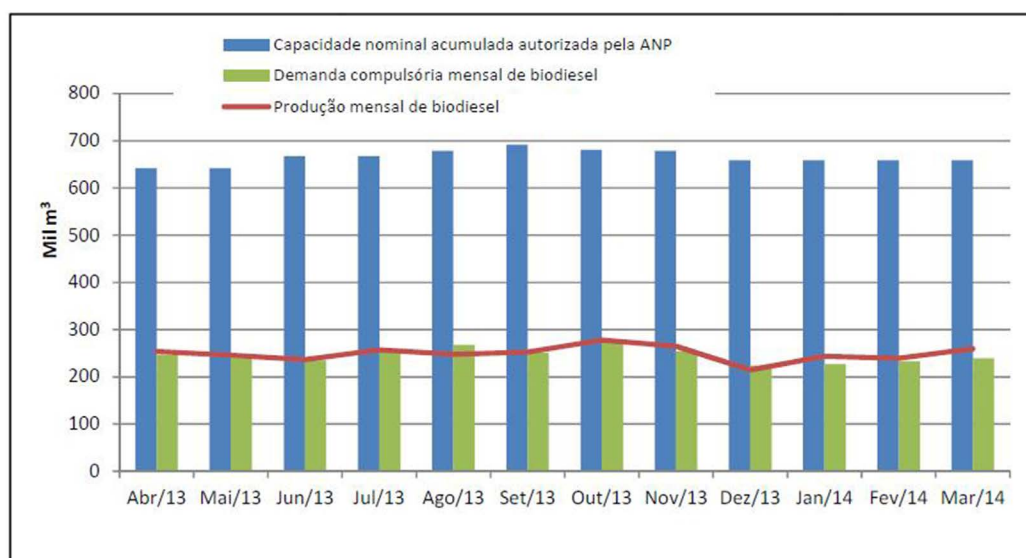
Biodieselin tuotantoa ohjataan lakisääteisesti ja tuotannon sertifiointin avulla. Tuotanto on tällä hetkellä noin 3,3 miljardia litraa vuodessa ja se on kasvanut merkittävästi: vuoden 2008 tuotanto oli noin miljardi litraa. Brasilian osalta on kuitenkin huomattava, että sen biodieselin tuotannolla on erikoispiirteitä. Ministeriö ANP (Agência Nacional do Petróleo) myöntää tehtaille tuotantoluvat, jonka jälkeen biodiesel myydään/ostetaan huutokaupassa. Käytänne alkoi vuonna 2005 ja nyt on toteutettu Leilão 37 (huutokauppa nro 37); valmis-teilla on huutokauppa numero 38.

Huutokaupassa (ks. <http://www.anp.gov.br/?pg=60466>) jalostamot voivat ostaa biodieseliä ja sekoittaa sen jalostamoissaan öljypohjaiseen dieseliin. Kuvasta 1 käy ilmi, että toteutunut tuotanto seuraa biokomponenttivaatimusta.

Heinäkuussa 2014 julkaistun tiedon mukaan (ks. <http://biodieselBr.com>) tämän vuoden viiden ensimmäisen kuukauden tuotanto kasvoi 7,8 % verrattuna samaan ajanjaksoon vuonna 2013 (Comissão mista... 2014). Biodieselin merkitys Brasilialle vientituotteena kasvaa. Kesäkuussa 2014 tehtiin uusi vientinäytys 18,2 miljoonaa litraa. Vienti suuntautui Yhdysvaltoihin ja EU-maihin. (Superintendência de Refino, Latinalainen Amerikka ja uusiutuvat energiat 2013.)

Kesäkuun 2014 loppuun asti kaiken Brasiliassa myytävän dieselin tuli sisältää 5 % biokomponenttia. Toukokuun loppupuolella Brasilia teki päätöksen korottaa biokomponentin osuus 6 %:iin alkaen heinäkuun alusta ja edelleen marraskuun alusta biokomponentin osuus kasvaa 7 %:iin. Päätös on kuitenkin tehty sillä varauksella, että jos biokomponentin osuuden kasvattaminen aiheuttaa teknisiä ongelmia tai vaikuttaa markkinoihin epäsuotuisasti, biokomponentin osuus voidaan pudottaa takaisin 5 %:iin.

Tällä hetkellä ministeriö on myöntänyt tuotantoluvan noin 7,7 miljardin litran tuotannolle, kun taas sekoitusvelvoitteen toteuttamiseen riittää noin 3,5 miljardia litraa. Kuvassa 2 on esitetty myönnetty tuotantokapasiteetti, sekoituspakote ja toteutunut tuotanto.



Kuva 2. Biodieselin tuotanto Brasiliassa huhtikuu 2013 – huhtikuu 2014 (huom. tämän kuvan julkaisun jälkeen biokomponentin osuutta kasvatettiin). Selitykset: sininen = ANP:n auktorisoima kapasiteetti, vihreä = Lakisääteinen käyttö / kk (5 %), punainen viiva = Kuukausituotanto.

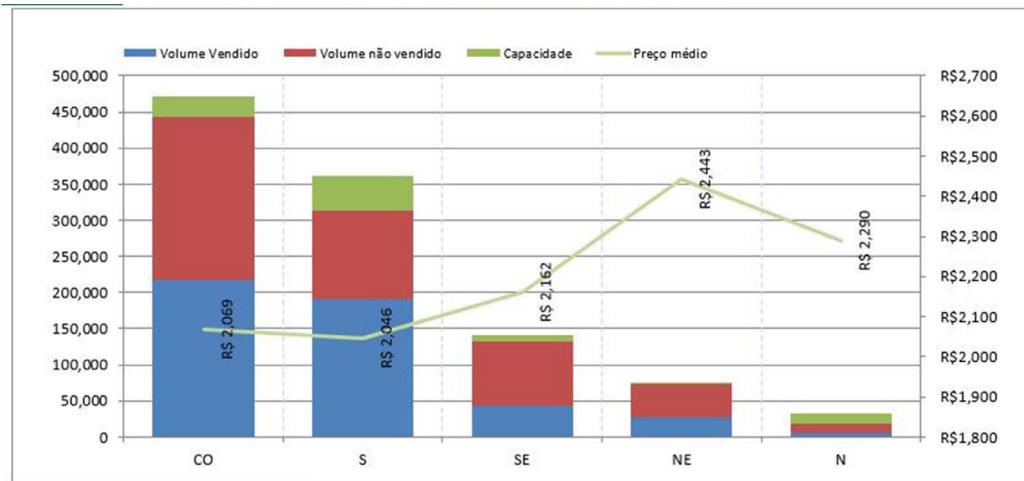
Biodieselin käyttöä edistää myös Brasilian kansallinen energiasuunnitelma (Plano Nacional de Energia). Sen tavoite on kasvattaa biodieselin osuutta maan energiatarjonnasta 5,8 %:iin vuoteen 2030 mennessä, kun se vuonna oli 2010 1,8 %. Tämän lisäksi on kansallinen biodieselin tuotanto- ja käyttöohjelma (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel).

Biodieselin hinta

Biodieselin hinta muodostuu huutokaupassa; se on tällä hetkellä kalliimpaa kuin öljypohjainen diesel. Hintaeron uskotaan pienenevän kuitenkin tulevaisuudessa nopeasti. Tähän tilanteeseen saattavat kuitenkin vaikuttaa myös muutama vuosi sitten Brasilian pohjoiselta rannikolta löydetyt merenalaiset öljylähteet, jotka ovat joidenkin tietolähteiden mukaan viidenneksi suurimmat tällä hetkellä tiedossa olevista öljylähteistä. Teknologian kehittyessä niiden hyödyntäminen tulee mahdolliseksi kilpailukyisillä kustannuksilla.

Biodieselin tuottajat voivat sertifioida tuotantoketjunsä Selo-sertifikaatilla (Selo Combustível Social) ja se oikeuttaa heille noin 3 senttiä korkeamman hinnan huutokaupassa.

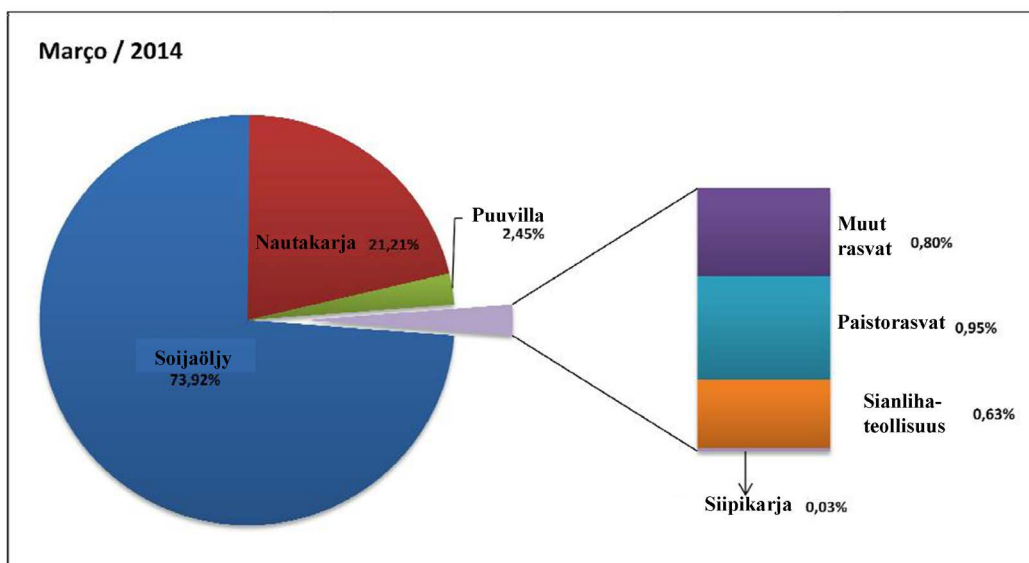
Huutokaupassa muodostunut hinta vaihtelee paljon maan eri alueiden kesken. Kuvassa 3 on Huutokauppa 35:n hintakuvaaja. Taulukosta ilmenee myös myymättä jäänyt osuus tuotannosta. Tämä käytettäneen muuhun kuin liikennepolttoaineeksi.



Kuva 3. Alueellinen myynti huutokaupassa ja hinnanmuodostus, huutokauppa 35 (helmikuu 2014).

Biodieselin raaka-ainepohja Brasiliassa

Biodieselin tuotanto perustuu tällä hetkellä vahvasti soijan käyttöön. Se muodostaa raaka-ainepohjasta yli 70 %. Soijan tuotanto biodieselin raaka-aineeksi on merkittävä osa kansantaloutta, mutta sillä on myös negatiiviset puolensa, koska se vie elintarviketuotantoon tarvittavaa viljelyspinta-alaa. Kuvassa 4 on esitetty biodieselin tuotantoon käytettävien eri raaka-aineiden osuudet.



Kuva 4. Raaka-ainelähteet Brasilian biodieseltuotannossa.

Merkittävä huomionarvoinen asia raaka-ainepohjassa on jätteiden pieni osuus, noin 2,5 %. Maantieteellisesti jäterasvojen osuus keskittyy suurimpien asutuskeskittymien alueille. Käytettyjen paistorasvojen osuus on noin 1 % koko raaka-ainepohjasta. Kuvassa 5 on eri raaka-aineiden maantieteellinen jakauma.

Matéria-Prima	Região				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de Soja	64,61%	67,17%	87,81%	42,86%	64,86%
Gordura Bovina	24,96%	12,60%	8,98%	52,26%	31,77%
Óleo de Algodão		20,12%	1,32%	1,89%	
Outros Materiais Graxos	10,43%		0,74%	0,62%	0,83%
Óleo de Fritura usado		0,11%	1,08%	2,37%	0,50%
Gordura de Porco			0,07%		1,94%
Gordura de Frango					0,10%
Óleo de Palma / Dendê					

Kuva 5. Raaka-aineiden maantieteellinen jakauma (norte – pohjoinen, nordeste – koillinen, centro-oeste – keskilänsi, sudeste – kaakko, sul – etelä).

Óleo de soja	soijaöljy
Gordura bovina	nautakarjapohjainen rasva
Óleo de algodão	puuvillapohjainen öljy
Outros materias grasos	muut rasvapohjaiset materiaalit
Óleo de fritura usado	käytetty paistinrasva
Gordura de porco	sikatalouden rasvat
Gordura de frango	kanatalouden rasvat
Óleo de palma/dendê	palmuöljy

Soijaöljyn käyttö on laajaa kautta maan lukuun ottamatta kaakkoisosaa, jossa nautakarjan rasvoilla on suuri merkitys. Samalla alueella käytettyjen paistorasvojen käyttö on korkeinta.

Raaka-aineen hinnanmuodostus riippuu suurimmalta osin keräysketjun tehokkuudesta. Tällä hetkellä ei ole saatavilla tietoa niistä kustannuksista, joita raaka-aine aiheuttaa tuotantolaitoksille.

Raaka-ainepohjan muutospaineet

Brasiliassa on viime aikoina kiinnitetty paljon huomiota muiden raaka-ainelähteiden kuin soijaöljyn käyttöön, muun muassa käytettyjen rasvojen käytön lisäämiseen. Brasilian ympäristöministeriön ja muiden ympäristöasioita edistävien organisaatioiden tiedotteissa lisätään käyttäjien tietoutta käytettyjen paistorasvojen aiheuttamista ongelmista. Tiedotteissa on todettu muun muassa että yhden jäterasvalitran joutuessa ympäristöön se voi pilata 12 m³ vettä. Brasiliassa syntyy joka vuosi noin 1,5 miljardia litraa jäterasvoja. Nämä arviot ovat lisänneet painetta rasvojen hyötykäytön kasvattamiseen.

Seuraavissa tiivistelmissä on muutamia esimerkkejä toimenpiteistä joihin on ryhdytty. Ne ovat vain pieni osa laajasta toimenpidelistasta, jolla on tarkoituksena saada ympäristölle haitallinen jäte hyötykäyttöön.

Jalkapallon MM-kisat

Projekti Bioplanet käynnistettiin vuoden 2013 aikana edistämään ja kehittämään käytettyjen paistorasvojen käyttöä (Project aims to produce... 2013).

Arvioiden mukaan kisakaupungeissa syntyi käytettyjä rasvoja määrä, josta voidaan tuottaa 25 miljoonaa litraa biodieseliä. Brasilian urheiluministeriö päätti jo viime vuonna, että kaikkiin kaupunkeihin, joissa on kisa-tapahtumia, järjestetään rasvojen keräyspisteet. Ne tulevat olemaan käytössä myös kisojen jälkeen. Lisäksi kisapaikoilla oli 40 informaatiopistettä, joissa levitettiin aiheeseen liittyvää tietoa. Tämä tarjoaa merkittävän mahdollisuuden edistää rasvojen hyötykäyttöä ja samalla testata ja kehittää käytettyjen rasvojen keräysjärjestelmää ja sen logistiikkaa suurkaupungeissa. Tuotettu polttoaine käytetään imagosyistä kisojen aikaisten kuljetusten polttoaineena. (Project aims to produce... 2013.)

Fortalezan tiedotuskampanja

Fortalezan metropolin alueella Pohjois-Brasiliassa on tänä vuonna käynnistetty kampanja, jossa asukkaita ja rasvan käyttäjiä valistetaan rasvan käyttömahdollisuuksista biopolttoaineen raaka-aineena. Alueella syntyy vuodessa noin 52 miljoonaa litraa käytettyä rasvaa, josta vain 7 % hyödynnetään biopolttoaineen raaka-aineena. Alueen talouksissa on laajasti käytössä pulloitettu nestekaasu, jonka jakeluketjua hyödynnetään käytetyn rasvan keräyksessä. Kaasun toimituksen yhteydessä kerätään rasvat ja toimitetaan ne osuuskunta-periaatteella toimiville jätteenkerääjille (kuva 6). He toimittavat rasvat edelleen biodieselin raaka-aineeksi tuotantolaitoksiin. Tällä tavalla haetaan mahdollisuuksia hyödyntää ja kehittää olemassa olevia logistisia ketjuja pienissä erissä kerättävän jätteen saamiseksi hyötykäyttöön. (Fortalezan tiedotuskampanja 2013.)



Kuva 6. Käytetyn rasvan keräyspisteitä Brasiliassa (Fortalezan tiedotuskampanja 2013).

Kouluissa järjestettävät opastukset ja keräykset

Brasiliassa on järjestetty useilla paikkakunnilla, sekä suurissa kaupungeissa että pienemmillä paikkakunnilla, käytetyistä rasvoista opastusta ja keräyspisteitä. Kymmenet yleishyödylliset organisaatiot ovat aloittaneet kampanjoita käytettyjen öljyjen keräämiseksi kotitalouksilta, oppilaitoksilta ja muista syntykohteista. Valistuksen lisääminen ja keräyspisteiden määrän kasvaminen osoittaa, että maa haluaa saada käytetyt rasvat hyötykäyttöön. Nämä ohjelmat tulevat kasvattamaan lähivuosina huomattavasti biodieselin raaka-aineena käytettyä rasvan määrää.

Käytettävien raaka-aineiden muutos ja sen vaikutukset ja mahdollisuudet suomalaisille yrityksille

Raaka-ainepohjan muutos aiheuttaa monia vaatimuksia teknologialle ja uusia toimintatapoja muun muassa raaka-aine-logistiikassa. Teknologian aiheuttamat vaatimukset tarjoavat mahdollisuuksia myös suomalaisille yrityksille. Suomessa on pk-yrityksiä, joiden kehittämä teknologia on suunniteltu nimenomaan hyödyntämään käytettyjä ruokarasvoja biodieselin tuotannossa. Esimerkkinä tästä on Jyväskylän seudulla rakenteilla oleva tuotantomittakaavan laitos, jossa yrityksen kehittämä biodieselin tuotantoprosessi ja teknologia kehitetään valmiiksi myyntikonseptiksi. Suomalaisella teknologialla tulee olemaan kysyntää myös Brasiliassa, kun tuotantoa ohjataan enemmän kohti jättepohjaisia raaka-aineita.

Käytetyt rasvat syntyvät pienissä erissä pääasiassa ravintoloissa, laitoksissa ja kotitalouksissa. Tämä aiheuttaa logistiikalle sekä varastoinnille merkittäviä haasteita. Brasilia on jo ottanut merkittäviä askeleita rasvojen käytön kasvattamiseen hyödyntäen ja kehittäen olemassa olevia logistisia ketjuja.

Käytettyjen rasvojen hyödyntäminen tarjoaa suomalaisille yrityksille paljon mahdollisuuksia. Pienissä erissä kerättävän raaka-aineen hyödyntäminen pienissä hajautetuissa tuotantoyksiköissä antaa suomalaiselle skaalattavalle tuotantoteknologialle kilpailuetua. Myös rasvojen varastointi vaatinee vielä tutkimista muun muassa säilyvyyden kannalta. Varastoinnin ja logistiikan kehittäminen saattaa myös tarjota suomalaisille toimijoille mahdollisuuden myydä osaamistaan.

Lähteet

Comissão mista debaterá percentual obrigatório de biodiesel. 11.7.2014. Viitattu 15.7.2014.

<http://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/politica/comissao-mista-debatera-percentual-obrigatorio-biodiesel-110714.htm>

Fortalezán tiedotuskampanja 2013. Óleo de cozinha pode virar biocombustível – Setor Reciclagem. Viitattu 14.7.2014.

<http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-oleo/oleo-de-cozinha-pode- virar-biocombustivel#.U-usDmOVpRc>

Latinalainen Amerikka ja uusiutuvat energiat. Katja Alaja. 2013. FinPro in Front 1/2013.

Leilões de biodiesel. 2014. Viitattu 16.7.2014.

<http://www.anp.gov.br/?pg=71843&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1407950051014>

Programa Nacional de Produção e uso do biodiesel. Viitattu 11.7.2014.

<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>

Project aims to produce bio-diesel from cooking oil in World Cup host cities. 26.2.2013. Viitattu 15.7.2014.

<http://www.renewableenergymagazine.com/article/project-aims-to-produce-biodiesel-from-cooking-20130226>

Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis. ANP Agência Nacional do Petróleo kuukausijulkaisut (helmikuu 2014, maaliskuu 2014, huhtikuu 2014, toukokuu 2014). Viitattu 10.7.2014.

<http://www.anp.gov.br/?pg=71843&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1407950051014>

Mönkijän peräkärryn automaatio selvitys

Fonselius Jaakko, Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Viitala Jaakko, Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Taustaa

Mönkijöiden käyttö on lisääntynyt viime vuosina paljon. Hyötykäyttöä varten niihin on saatavana erilaisia lisälaitteita. Keski-Suomessa Petäjävedellä toimiva Ultratec Oy on erikoistunut mönkijöiden lisälaitteiden ideointiin, kehittämiseen ja valmistukseen. Yrityksen omat voimavarat eivät olleet riittävät selvittämään erilaisia ratkaisuja siihen, kuinka lisätään erillinen veto mönkijän pyöriin ja kuinka lisätään oheislaitteiden automaatiota. Yhteistyöneuvottelujen pohjalta Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille -projektissa selvitettiin tähän liittyvää kansainvälistä tietoa Ultratec Oyn tarpeisiin.

Mönkijän peräkärryn maastokelpoisuuden parantaminen

Yleensä mönkijän peräkärnyssä on kaksi tai neljä pyörää. Tasaisessa maastossa mönkijä jaksaa vetää kuormattua peräkärnyä, jonka kokonaismassa on 500–1500 kiloa. Maastossa tilanne on aivan toinen ja liikkuminen on vaivalloista. Jos peräkärryn pyörät saadaan vetäviksi, tilanne paranee huomattavasti. Vetävien pyörien kehittäminen on teknisesti ja taloudellisesti haastava tehtävä. Mistä saadaan tarvittava käyttöenergia? Valittavan tekniikan pitäisi myös olla mahdollisimman yksinkertaista ja edullista. Kuva 1 esittää erästä puiden lastaamiseen ja kuljettamiseen kehitettyä peräkärnyä.



Kuva 1. Ultratec Oy:n valmistama puiden lastaus- ja kuljetusperäkärny. Kaksi tai neljä pyörää tulisi saada vetäviksi kärryn maastokelpoisuuden parantamiseksi.

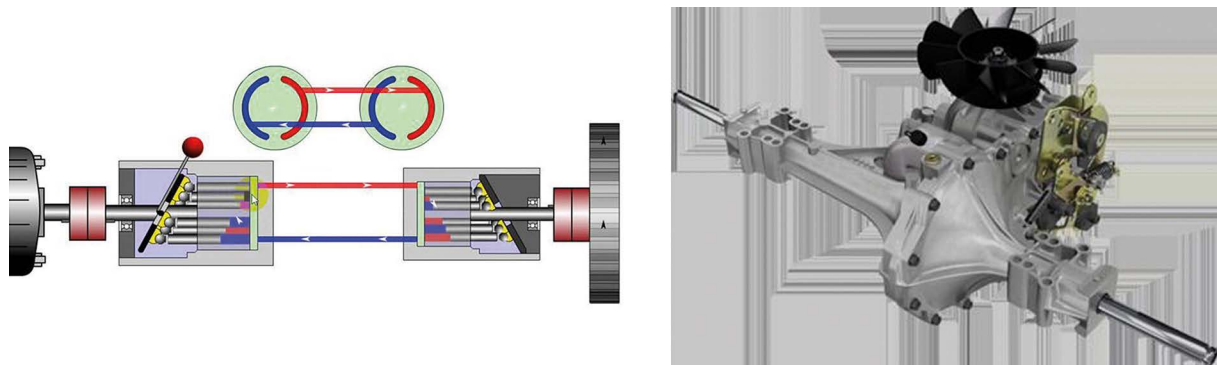
Teknisiä ratkaisuja vetävien pyörien toteuttamiseksi

Vetävien pyörien toteuttaminen peräkärryn maastokelpoisuuden parantamiseksi on haasteellinen tehtävä. Teknisesti voidaan ajatella kolmea eri ratkaisumahdollisuutta:

- mekaaninen voimansiirto (vaihteisto, tasauspyörästö ja vetoakselit)
- hydraulinen voimansiirto (hydraulipumppu, venttiilistö ja hydraulimoottorit)
- sähköinen voimansiirto (generaattori, akku, ohjauselektroniikka ja sähkömoottorit).

Mekaaninen voimansiirto on paljon käytetty ratkaisu, mutta tässä tapauksessa siitä tulee kallis, eikä mönkijässä yleensä ole tarvittavaa ulosottoa. Tätä ratkaisuvaihtoehtoa ei selvitetty sen enempää.

Hydraulinen voimansiirto edellyttää erillisen pumppuyksikön käyttöönottoa. Hydraulipumppua voidaan pyörittää polttomoottorin tai sähkömoottorin avulla. Markkinoilta löytyy niin polttomoottori- kuin sähkömoottori-käyttöisiä pieniä hydrauliyksiköitä. Järjestelmän paineet ovat noin 150 baria ja tilavuusvirrat noin 5–10 l/min. Polttomoottori mahdollistaa tehokkaamman järjestelmän, mutta se on äänekäs ja melko kallis. Hydraulinen veto käyttämällä sarjaan kytkettyjä hidaskäyntisiä hydraulimoottoreita antaa vetävissä pyöriässä tarvittavan vääntömomentin. Veto voidaan toteuttaa kahdella tai neljällä hydraulimoottorilla. Tarvittava nopeudensäätö on mahdollista toteuttaa säätämällä hydraulipumpun pyörimisnopeutta tai käyttämällä säädettävää hydraulipumppua. Esimerkiksi ruohonleikkureissa on käytetty hydrostaattista tehonsiirtoa, joka voisi olla yksi mahdollisuus toteuttaa järjestelmä. Kuva 2 esittää hydrostaattisen voimansiirron periaatetta.



Kuva 2a. Hydrostaattinen voimansiirtoperiaate; 2b valmis kaupallinen ratkaisu (www.mekanizmalar.com ja www.hydro-gear.com).

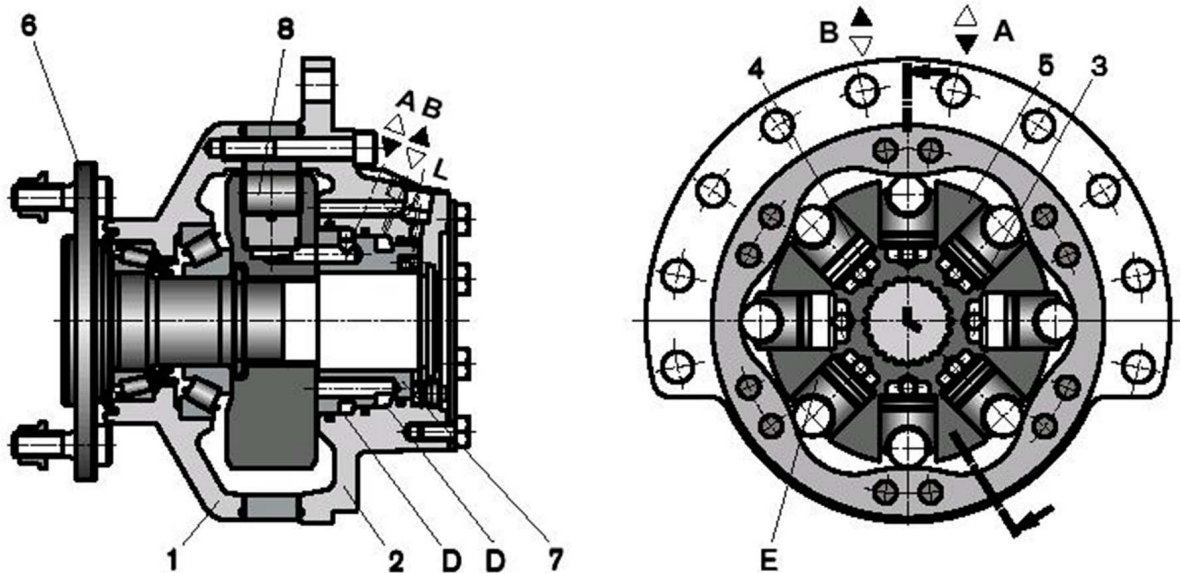
Sähköinen voimansiirto on mielenkiintoinen vaihtoehto. AC-sähkömoottorin käyttö metsäolosuhteissa on melko hankalaa, koska valmista sähköliityntää ei yleensä ole käytettävissä. DC-sähkömoottoria on mahdollista käyttää erillisen akun avulla, mutta akun kapasiteetti rajoittaa käyttöaikaa. Akkua on mahdollista ladata mönkijän laturin avulla, mutta latureiden teho on usein vaatimaton.

Polttokennotekniikka mahdollistaisi tehokkaamman sähkönsyötön, mutta tekniikka on vielä tällä hetkellä kallista. Polttokenno tuottaa sähköä ja lämpöä sähkökemiallisessa reaktiossa ilman palamista. Polttokenno toimii vedyllä tai sitä sisältävällä polttoaineella, kuten metanolilla, etanolilla, maakaasulla tai biokaasulla. Polttokennoilla voidaan saavuttaa hyvä hyötysuhde alhaisissakin lämpötiloissa. Polttokennot ovat hiljaisia ja niissä on vähän huollettavia osia.

Polttokenno rakentuu anodista ja katodista sekä niitä erottavasta elektrolyyttikalvosta. Rakenteeltaan se muistuttaa paristoa. Polttokenno voi hyödyntää vedyn puhtaassa muodossa tai hiilivetyä, jolloin polttoaineena käytetään esimerkiksi maakaasua tai metanolia. Hapettimena toimii ilman happi. Kun polttoaineena käytetään vetyä, reaktiossa vapautuu energiaa ja vettä. Hiilivetyä käytettäessä vapautuu lisäksi hiilidioksidia. Muita päästöjä ei käytännössä synny lainkaan.

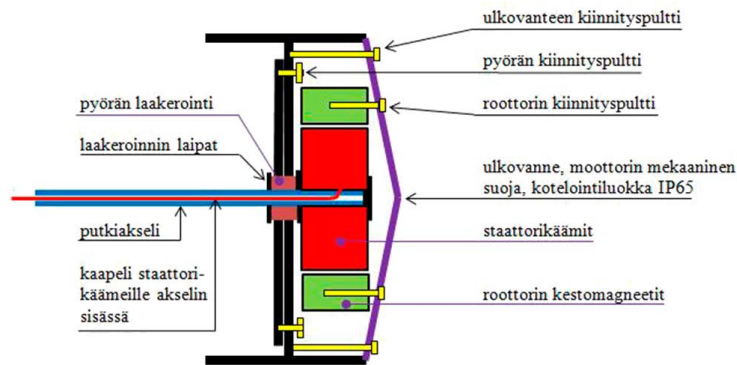
Polttokennosovellusten teho voi vaihdella mikrowatteista megawatteihin. Pienimmät polttokennot voivat toimia voimanlähteenä esimerkiksi kulutuselektronikassa tai kannettavissa virtalähteissä. Suuremmat polttokennot liikuttavat työkoneita tai ovat osa hajautettua energiantuotantoa.

DC-sähkömoottorin avulla voidaan pyörittää hydraulipumppua, jolloin saavutetaan hiljaisempi käyntiäni ja parempi säädettävyys. Tämä mahdollistaa sähköhydraulisen toteutuksen, jossa pyöriin sijoitetaan hidaskäyntiset hydraulimoottorit (kuva 3). Järjestelmästä tulee kuitenkin kallis.



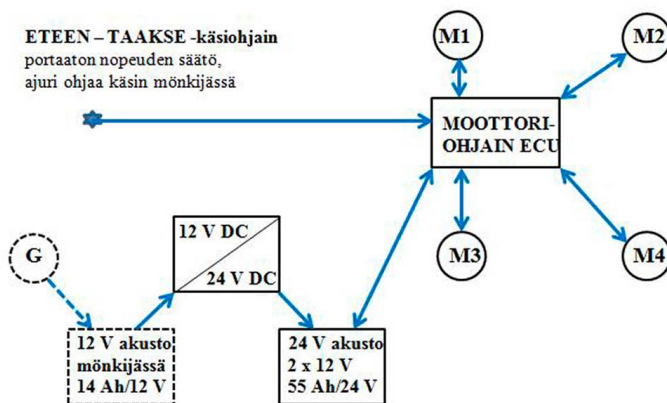
Kuva 3. Hidaskäyntinen hydraulimoottori.

On myös mahdollista kytkeä erikoisvalmisteinen napamoottori (kuva 4) suoraan pyörän akselille. Vastaavia moottoreita käytetään sähköskoottereissa. Järjestelmän ohjaus voidaan toteuttaa oheisen kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Sähköinen napamoottori.

Moottoreiden ohjausyksikkö jakaa napamoottoreiden tarvitseman tehon (kuva 5). Valmiita komponentteja on saatavana, mutta napamoottoreiden antama vääntömomentti liikkeelle lähdeettä jää valitettavan alhaiseksi ja käytettävissä oleva akkukapasiteetti rajoittaa käyttöaikaa.



Kuva 5. Sähköisen voimansiirron toimintaperiaate.

Digihydrauliikan soveltaminen puomin liikuttamiseen

Perinteisesti puomin hydraulinen käyttö perustuu mobilelohkoventtiilitekniikkaan. Venttiilit ovat käsiohjattuja ja venttiililohkosta lähtee kaksi hydraulilettoa jokaiselle toimilaitteelle. Rakenne on kömpelö ja letkuja on paljon. Käyttämällä proportionaalitekniikkaa saadaan lisättyä järjestelmään säädettävyyttä ja tarvittaessa sähköohjaus, mutta järjestelmä on kallis ja edelleen hydrauliletkuja on paljon.

Ideaalinen on/off-venttiili

Digitaalihydrauliikassa on/off-venttiili on keskeinen komponentti. Millaisia ominaisuuksia venttiililtä kaivataan digitaalihydrauliikan sovelluksissa? Ideaalinen venttiili digitaalihydrauliikan sovelluksiin olisi venttiili, joka olisi ”tusinatuote”, jolloin hinta olisi mahdollisimman alhainen. Venttiilin rakenteen olisi oltava mahdollisimman toimintavarma. Avautumis- ja sulkeutumisenopeuden tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan, jolloin säätöpiirien rakentaminen olisi helpompaa. Venttiilin rakenteen tulisi olla mahdollisimman tiivis ja venttiilin läpäisemän tilavuusvirran ympäristöstä ja väliaineesta riippumaton. Lisäksi venttiilin pitäisi kestää lähes äärettömän monta tilanvaihtoa rikkoutumatta.

Todellisuudessa ei ole olemassa venttiiliä, jossa kaikki mainitut ominaisuudet olisivat olemassa. Listasta nähdään hyvin asiat, joissa riittää kehittämistä. Kun edes muutaman edellä mainitun ominaisuuden kanssa päästään lähelle tavoitetta, ollaan tukevalla pohjalla digitaalihydrauliikan sovelluksia ajatellen.

Venttiilin nopeus on säädön kannalta tärkeä ominaisuus. Useimpiin sovelluksiin avautumisnopeus 5–8 ms riittää hyvin, mutta joissain tarkemmissa sovelluksissa voidaan tarvita venttiiliä, jonka nopeus on < 2 ms. Alle 2 ms:n venttiileillä ja hyvin rakennetulla ohjauskoodilla saadaan toteutettua säätöjä, joiden tarkkuus on yhtä hyvä tai jopa parempi kuin parhailta markkinoilta löytyvistä servoventtiileistä. Edellytyksenä tällaiseen tarkkuuteen on venttiilin ominaisuuksien lisäksi toimiva ohjauskoodi ja riittävä suoritinteho ohjausjärjestelmältä. Digitaalihydrauliikan sovellukset perustuvat kaksitilaisiin kaksitieventtiileihin. Venttiileiltä edellytetään nopeaa reagointia ohjaukseen ja tiivistä rakennetta, joten sovellukset toteutetaan yleensä hydrauliikan patruunaventtiileillä. Haasteena venttiilejä valittaessa on riittävän nopean venttiilin löytäminen. Venttiilien valmistajien ilmoittamat avautumis- ja sulkeutumisajat eivät ole keskenään vertailukelpoisia, koska mittaustapaa ei ole standardoitu. Patruunaventtiileiden käyttöä puoltaa myös mahdollisuus porata venttiileille kompakti lohko, jolloin ulkoinen putkituksen määrä jää huomattavasti pienemmäksi. Digitaalihydrauliikassa venttiilien lukumäärä on huomattavasti perinteistä suurempi, jolloin kompakti lohkokin voi olla liian massiivinen.

Venttiilien ohjaus tapahtuu kokonaan sähköisesti, johtuen digitaalihydrauliikan kiinteästä sidoksesta ohjausjärjestelmään. Sähköisesti ohjattujen venttiilien ongelmana on kela, jolla luodaan venttiilinkaraa liikuttava magneettikenttä. Kela pyrkii estämään sähkövirran muutosta, tästä johtuen venttiilien ohjauksessa on kehitetty erilaisia ”booster”-kytkentöjä. Kytkennoilla on saatu hyviä tuloksia venttiilien avautumis- ja sulkeutumisviiveiden lyhentämiseksi. Kytkenän perusajatuksena on venttiiliä avattaessa nostaa kelan yli vaikuttava jännite nimellisjännitettä suuremmaksi. Venttiilinkela kestää lyhytaikaisesti suuren nimellisjännitteen ylityksen vaurioitumatta. Vastaavasti venttiiliä suljettaessa kelalle syötetään negatiivinen jännite, jolla kelan tuottama magneettikenttä saadaan nopeammin purettua.

Venttiilien ohjaustavat

Digitaalihydrauliikassa olennaista on venttiilien ohjaus. Kuten todettu, digitaalihydrauliikassa venttiili on ”tyhmä”, ja ”äly” on ohjausjärjestelmässä. Venttiilien ohjaus on kaiken a ja o toimivan digitaalihydraulisen järjestelmän toteutuksen kannalta. Venttiilin ohjauskoodin erilaisten säätäjien lisäksi on huomioitava periaate, jolla venttiilejä käskytetään, sekä venttiilin/venttiilien keskinäinen sijoittelu.

Bang bang -ohjaus

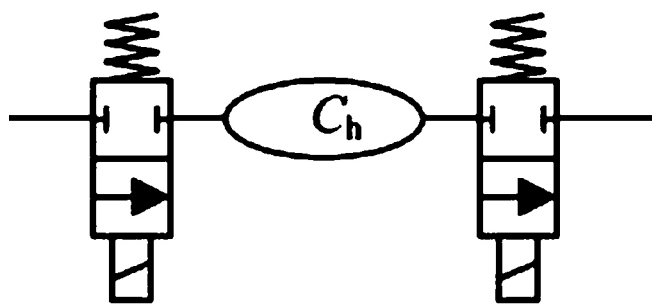
Bang bang -ohjauksessa ajatuksena on antaa käsky avata tai sulkea venttiili juuri ennen tavoitearvoa. Tässä ohjaustavassa on tärkeää tuntea järjestelmän dynamiikka mahdollisimman hyvin, jolloin ohjaus osataan antaa oikealla hetkellä. Ohjaustavalla on hankalaa toteuttaa tarkkoja ohjauksia, koska pienikin muutos ympäristössä vaikuttaa toimintaan. Kyseisellä toteutustavalla ei saavuteta suuria nopeuksia verrattuna eräisiin vaihtoehtoisiin menetelmiin. Ohjauksen tarkkuuteen vaikuttavat järjestelmän joustot, kuten öljyn kokoonpuristuminen, letkut ja lämpötilan muutokset. Järjestelmästä voidaan rakentaa laboratorio-olosuhteissa varsin tarkka, mutta esimerkiksi ympäristön ja öljyn lämpötilan muuttuminen vaikuttaa ohjaustarkkuuteen. Lisäksi venttiilin sulkeminen ja avaaminen tuottaa järjestelmään painepiikkejä, jotka rasittavat komponentteja ja edelleen huonontavat järjestelmän tarkkuutta.

PWM-ohjaus

PWM-ohjausta käytetään paljon sähkötekniikassa, jossa kyseinen ohjaus on todettu erittäin toimivaksi ratkaisuksi moneen paikkaan. Lyhenne PWM tulee sanoista pulse width modulation eli pulssinleveysmodulaatio. Pulssinleveysmodulaatioissa venttiiliä ohjataan jatkuvasti auki ja kiinni. Auki- ja kiinnioloajan suhteella määrätään virtauksen määrä venttiilin läpi. Hyvin toimiakseen PWM-ohjaus vaatii nopeat ja kestävät venttiilit, joten koko rajoittuu vain pieniin venttiileihin.

Sarjaankytketyt venttiilit

Sarjaankytketyillä venttiileillä toteutettuna ohjaus on periaatteeltaan digitaalinen annostelija. Tässä toteutustavassa kytketään kaksi venttiiliä peräkkäin ja avataan ensin painepuolella oleva venttiili, jolloin venttiilien välinen tila täyttyy ja paine kasvaa. Tämän jälkeen painepuolen venttiili suljetaan ja venttiilin sulkeuduttua toimilaitteen puoleinen venttiili avataan, jolloin venttiilien välissä ollut paineistettu öljy purkautuu toimilaitteelle. Sarjaankytkettyjen venttiilien toimintaa selventää kuva 6, jossa on esitetty sarjaan kytketyt 2/2-venttiilit.



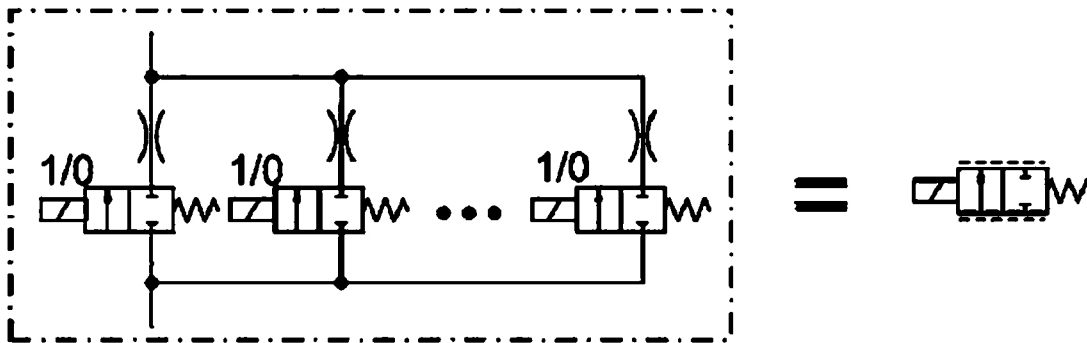
Kuva 6. Sarjaankytketyt venttiilit.

Kuvassa 6 voidaan ajatella paineen tulevan kuvion vasemmasta laidasta ja toimilaitteen olevan oikeassa laidassa kuvan ulkopuolella. Ensin avataan vasemman puoleinen venttiili, jolloin venttiilien välissä oleva hydraulinen kapasitanssi latautuu. Vasemmanpuoleinen venttiili suljetaan, jolloin venttiilien väliin jää latautunut paine. Tämän jälkeen oikeanpuoleinen venttiili avataan ja paineistettu öljy purkautuu toimilaitteelle. Samaa tapaan jatketaan, kunnes toimilaitte saavuttaa asetusarvonsa.

Sarjankytketyillä venttiileillä toteutettuna digitaalihydraulinen venttiilistö on hidas, mutta tarkka. Öljyannoksen koko riippuu hydraulisesta kapasitanssista, joka on pieni johtuen öljyn vähäisestä kokoon puristuvuudesta. Hydraulista kapasitanssia voidaan kasvattaa suuremmaksi esimerkiksi vaihtamalla venttiilien välinen metalliputki letkuksi.

Rinnankytketyt venttiilit

Rinnankytkettyjen venttiilien käyttö digitaalihydrauliikassa on yleisin tapa. Rinnankytkettyjen venttiilien muodostamaa venttiilisarjaa kutsutaan yleisesti DFCU:ksi (Digital flow control unit). Kuvassa 7 on esitetty esimerkki DFCU:sta ja piirrosmerkki, jota käytetään yksinkertaistetussa esityksessä digitaalisesta venttiilisarjasta. Rinnankytkettyjä venttiilejä käytettäessä toimilaitteen nopeus on riippuvainen yhtä aikaa aukiolevien venttiilien määrästä. Virtaus on tässä toteutuksessa venttiilistön aukiolevien venttiilien virtausten summa.



Kuva 7. DFCU (Digital flow control unit).

Rinnankytkettyjen venttiilien etuja verrattuna aiemmin esitettyihin ohjaustapoihin ovat esimerkiksi järjestelmän virtauksen säädön tarkkuus, robustimpi rakenne ja vähäisempi paineiskujen määrä järjestelmässä. Huonoa kyseisessä toteutuksessa aiempiin verrattuna on korkeampi hinta, johtuen käytettyjen venttiilien suuremmasta lukumäärästä verrattuna sarjaan kytkettyihin venttiileihin.

Pohdintaa

Mönkijän peräkärryn automatisointi on edelleen haasteellinen tehtävä. Yhteenvetona voidaan sanoa, että mönkijäkäyttöön tulevien toteutuksien tulee olla keveitä, yksinkertaisia ja edullisia. Nämä esitetyt ratkaisut ovat vasta idea-asteella ja vaativat vielä jatkokehittelyä, jotta tavoitteisiin päästään.

Lähteet

Fonselius J. & Viitala J. 2014. Ultratec Oyille luovutettu luottamuksellinen loppuraportti

Soinen J. 2013. Digitaalihydrauliikan käyttö kuormituksen ohjauksessa. Opinnäytetyö automaatiotekniikka, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

OPC UA vaatiin automaatoratkaisuihin

Asmala Hannu, Satakunnan ammattikorkeakoulu
 Kortelainen Joonas, Satakunnan ammattikorkeakoulu
 Lehtinen Tommi, Satakunnan ammattikorkeakoulu

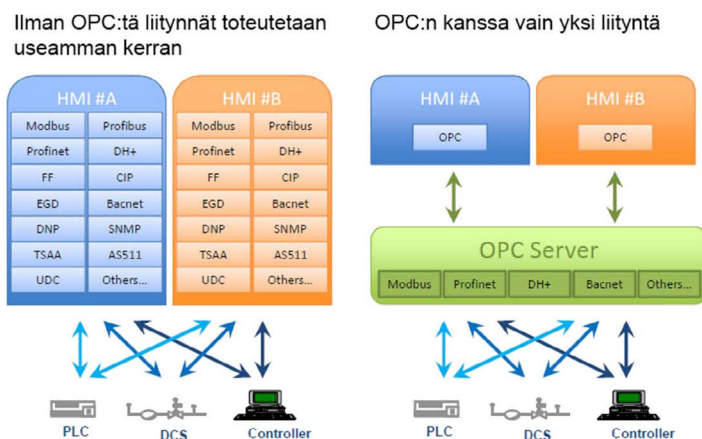
Taustaa

Teollisuusautomaatio koostuu nykyisin useista laitteista, jotka on hajautettu tuotannon eri vaiheisiin. Laitteet liitetään kokonaisuudeksi verkon avulla. Joissakin yhteyksissä käytetään langatonta tekniikkaa, mutta yleisin vaihtoehto on kuitenkin langallinen kommunikointi. Laittevalmistajat suosivat tyypillisesti jotakin tiettyä tiedonsiirron protokollaa, vaikka tukevat muita ratkaisuja. Viime vuosina Ethernet on laajentunut kenttävyöhykkeelle ja on varteenotettava vaihtoehto tulevaisuuden ratkaisuissa. Koska tietoa siirretään verkossa yhä enemmän, Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkina pk-yrityksille -projektissa nousi esiin kysymys, miten uusi standardi vaikuttaa tiedonsiirtoon. Tässä yhteydessä tarkastellaan pääasiassa tiedonsiirron tehokkuutta verrattuna vanhaan tekniikkaan.

OPC-protokolla

Käyttöliittymien ja ohjausjärjestelmän liittynässä yleisesti käytetään OPC-protokollaa, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1996. Tänä päivänä OPC:tä (OLE for Process Control) käytetään myös muissa kuin käyttöliittymien liittännöissä. Tuotannosta kerättävän tiedon määrä on kasvanut ja kasvaa, mikä omalta osaltaan asettaa tiedonsiirron suorituskyvylle vaatimuksia. OPC UA:n (Unified Architecture) myötä taustalla oleva tekniikka on uudistunut poistaen aiempia rajoituksia ja parantaen suorituskykyä.

Alunperin OPC:n tarkoituksena oli tehdyillä määrittelyillä korvata käyttöliittymään toteutetut, eri protokollia osaavat ajurit yhdellä rajapinnalla ja näin yksinkertaistaa kommunikointia laitteiden ja ohjelmien välillä (kuva 1). Samankaltainen kehitys nähtiin, kun esimerkiksi tekstinkäsittelyohjelmiin toteutettiin yksi rajapinta, johon kaikki kirjoitinvalmistajat tekivät omat ajurinsa. Enää ei uuden kirjoittimen hankinnan yhteydessä tarvinnut päivittää tekstinkäsittelyohjelmaa, vaan kirjoittimen valmistaja toimitti laitteen kanssa sitä tukevat ajurit. (OPC Foundation -verkkosivut 2014.)

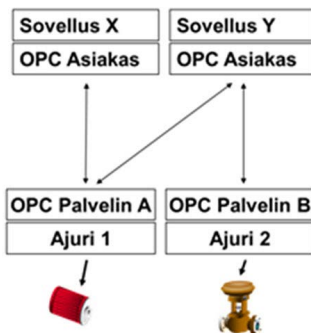


Kuva 1. OPC:n aiheuttama muutos käyttöliittymissä (OPC and MES DAY 2012).

Tämä koski vain Windows-käyttöjärjestelmällä varustettuja laitteita, koska valittu tekniikka oli käytössä vain Microsoftin käyttöjärjestelmissä. Rajoituksistaan riippumatta OPC sai suuren suosion ja merkittävät teollisuusautomaation laite- ja ohjelmistovalmistajat alkoivat toteuttaa OPC-määrittelyjen mukaisia sovelluksia. Alkuperäisistä määrittelyistä käytetään nykyään nimeä OPC Classic, joka koostuu seuraavista osista:

- OPC DA (Data Access), tiedon luku ja kirjoitus
- OPC Alarms and events, hälytysten käsittely
- OPC HDA (Historical Data Access), mittausten historiatietojen hallinta
- OPC DX (Data Exchange), kahden palvelimien välinen tiedonvälitys
- OPC Batch, täydentää OPC DA:ta panosprosessien osalta
- OPC Security, määrittää ohjelmalliset turva-asetukset
- OPC XML, XML-sanomat tiedonsiirrossa.

Ohjelmiston valmistaja valitsee edellä esitetyistä määrittelyistä ne, jotka sovellukseen toteutetaan. Yleisimmin sovelluksissa on OPC DA -määrittelyn mukaiset ominaisuudet, joilla voidaan liittää esimerkiksi valvomo-sovellus ohjelmitavaan logiikkaan. OPC määrittelee asiakkaan ja palvelimen rajapinnan, jossa asiakkaana tyypillisesti toimii käyttöliittymä ja palvelimena logiikan kommunikointiprotokollan osaava sovellus. Asiakas ja palvelin voivat sijaita samassa tai eri laitteessa. (Kuva 2.)



Kuva 2. Asiakas- ja palvelinsovellusten OPC-kommunikointi.

Ajan myötä havaittiin rajoitusten olevan este laajemmalle käytölle. Vuonna 2008 julkaistiin uusi määrittely, OPC UA, joka kokoaa yhteen kaikki aiemmat OPC-määrittelyt ja poistaa rajoituksia, kuten laiteriippuvuuden ja tietoturvaan liittyvät ongelmat. Nykyään OPC-lyhenne tulee sanoista Open Connectivity via Open Standards, jolla halutaan korostaa avointa tekniikkaa. Määrittelyt on koottu standardin eri osiin kuvan 3 mukaisesti.

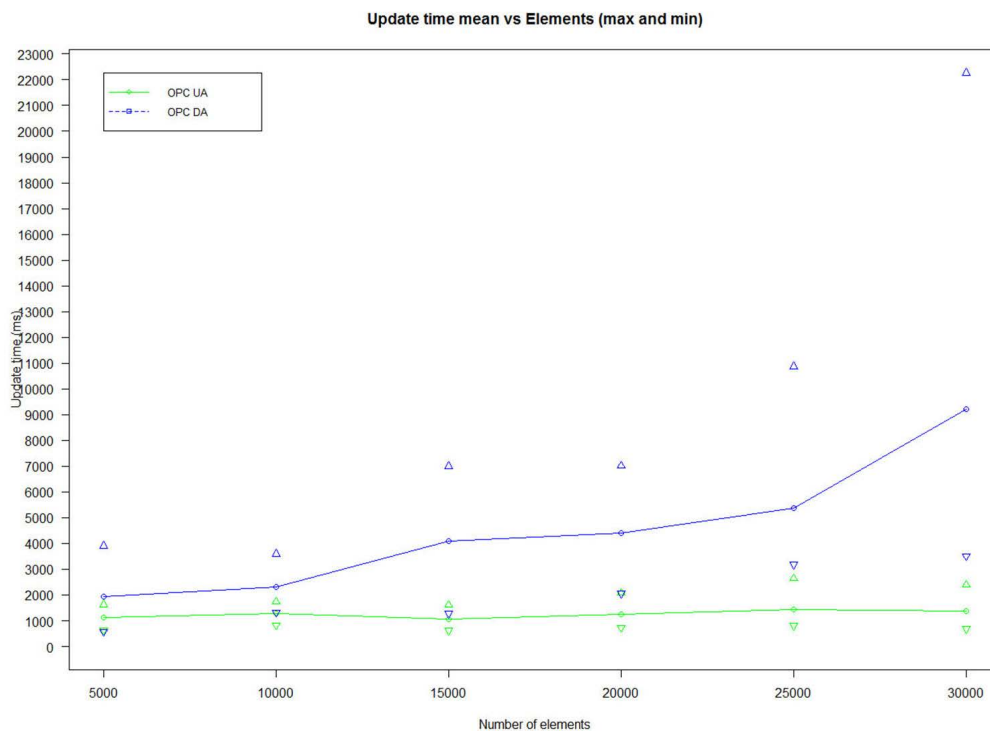
OPC Unified Architecture Specifications, IEC 62541 OPC UA	
Core Specification Parts	
Part 1 – Concepts	IEC 62541-1
Part 2 – Security	IEC 62541-2
Part 3 - Address Space	IEC 62541-3
Part 4 – Services	IEC 62541-4
Part 5 - Information Model	IEC 62541-5
Part 6 – Mappings	IEC 62541-6
Part 7 – Profiles	IEC 62541-7
Access Type Specification Parts	
Part 8 - Data Access	IEC 62541-8
Part 9 - Alarms and Conditions	IEC 62541-9
Part 10 – Programs	IEC 62541-10
Part 11 - Historical Access	IEC 62541-11

Kuva 3. OPC UA määrittelyt, standardi IEC 62541 (OPC and MES DAY 2012).

Erityisesti OPC UA:n laiteriippumattomuus ja Ethernetin leviäminen lähemmäs teollisuuden kenttälaitteita on luonut perustan OPC UA -palvelimen sijoittamiseen yksittäiseen laitteeseen. Tämä avaa uuden tavan kommunikoida suoraan kenttälaitteen, esimerkiksi moottoriohjaimen, kanssa. OPC UA määrittelee kaksi tiedonsiirron protokollaa: OPC TCP ja SOAP/HTTP. Tyypillisesti sanomat ovat TCP (Transmission Control Protocol) lähetyksissä binäärisenä ja HTTP (Hypertext Transfer Protocol) -paketeissa merkkeinä. OPC TCP on käytössä laiteläheisessä kommunikoinnissa kun taas HTTP-sanomia välitetään ylemmän tason tiedonsiirrossa, jossa tiedon päivitysväli ei ole kriittinen tekijä.

OPC UA:n tiedonsiirron suorituskyky

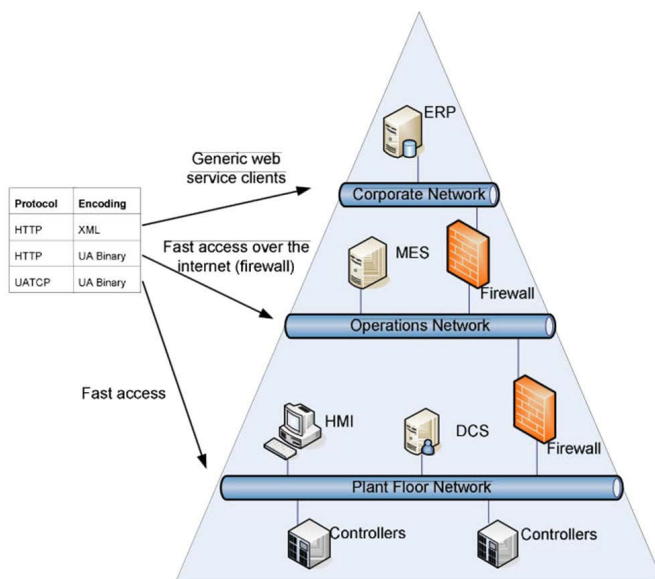
Projektin aikana esiin nousi kysymys siitä, kasvattaako uusi OPC UA tiedonsiirron suorituskykyä verrattuna OPC Classic -määrittelyn järjestelmiin. Suorituskyvyllä tässä tarkoitetaan aikaa, kun tietty tieto tai muuttuja päivityy uuteen arvoon. Tähän vaikuttavat monet seikat, kuten päivitettävien tietojen lukumäärä, tietotyypit, tiedon salaus, asiakas- ja palvelinsovellusten sijainti sekä käytetty sanomakoodaus. Jotta saadaan vertailukelpoisia tuloksia, pitää testijärjestelyjen olla molemmille tekniikoille samanlaiset. CERN on testeissään saanut tuloksia, joiden mukaan OPC Classic ja OPC UA eivät eroa suorituskyvyiltään alle 5000 muuttujan konfiguraatioissa. Mikäli tietomäärää tästä nostetaan, kasvaa OPC Classic -määrittelyn mukaisen järjestelmän päivitysaika, mutta OPC UA pysyy suunnilleen samana noin yhdessä sekunnissa. Samassa testissä selvitettiin myös varianssin suuruutta, joka voi olla OPC Classic -ohjelmilla jo pienillä tietomäärillä huomattavan suuri (kuva 4).



Kuva 4. OPC Classic ja OPC UA päivitysaikojen vertailu eri muuttujamäärillä (OPC UA vs. OPC DA performance comparative 2014).

Paul Hunkar on testeissään vertaillut suorituskykyä eri tilanteissa. Lyhyesti voidaan sanoa, että OPC UA on 2–4 kertaa nopeampi kuin OPC Classic sanomakoosta riippuen. Tämä tulos on saavutettu, kun asiakas ja palvelin ovat sijainneet eri laitteissa. Mikäli asiakas ja palvelin sijaitsevat samassa tietokoneessa, osoittautui OPC Classic puolta nopeammaksi pienillä tietomäärillä, mutta ero tasoittui suuremmilla sanomilla. OPC UA:ssa tietoturvan lisääminen pudottaa odotetusti suorituskykyä. Sama vaikutus korostuu, kun käytetään XML-sanomia (Extensible Markup Language).

Kuvan 5 mukaisesti käytetään binäärikoodattuja sanomia laiteläheisessä kommunikoinnissa, kun taas ylemmällä tasolla siirretään suurempia tietopaketteja tekstipohjaisilla viesteillä. (DevCon 2007 Conference.)



Kuva 5. Protokollien ja sanomakoodauksien käyttö eri kommunikointitasoilla (Mahnke, Leitner & Damm 2009).

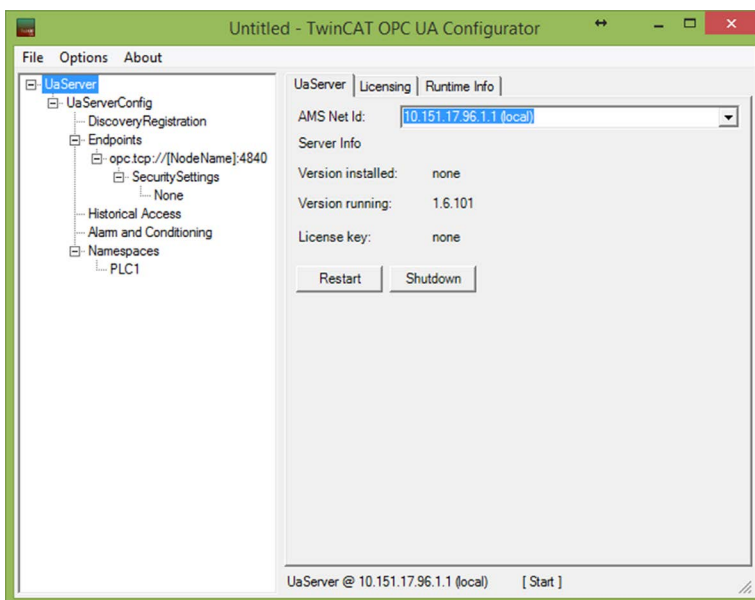
Jos käytetään HTTP-protokollaa, voidaan sanomissa käyttää joko teksti- tai binäärikoodausta. Näistä kahdesta tekstisanoma on yli kymmenen kertaa hitaampi kuin OPC TCP ja binäärikoodatut sanomat. HTTP ei juuri häviä suorituskyvyssä OPC TCP:lle; binäärisanomien käyttö eri protokollissa ei sanottavasti vaikuta suorituskykyyn. Tulokset on saatu, kun testeissä käytettiin maksimissaan 1000 muuttujaa. (Mahnke et al. 2009.)

Esimerkki OPC UA:n käytöstä uusiutuvien energioiden laboratoriossa

Satakunnan ammattikorkeakoulun uusiutuvien energioiden laboratoriossa tutkitaan uusiutuvien energioiden käyttöä simuloitujen kiinteistöjen energianlähteenä. Järjestelmässä on muun muassa aurinkokeräimiä, aurinkopaneeleita, pellettikattila ja adsorptiokone. Tuotettu energia varataan akkuihin sekä vesivaraajiin ja kulutuksesta huolehtii kulloisenkin kiinteistön simulointimalli kuluttamalla energiaa esimerkiksi lauhduttimen avulla.

Järjestelmää ohjaa alemmalla tasolla Beckhoffin logiikka sulautetulla Windows-käyttöjärjestelmällä. Ylemmälle tasolle haluttiin kehittää ohjelma, joka ottaa haltuunsa energiantuotannon ohjauksen järjestelmässä. Ohjelma on koodattu Java-ohjelmointikielillä. Logiikan ja ohjelman kommunikointia mietittäessä esiin nousi OPC UA, joka löytyi suoraan Beckhoffin logiikalle. Javalle oli hankittavissa OPC UA Java SDK -kehityspaketti. Tutkittaessa OPC UA:ta se vaikutti parhaalta vaihtoehdolta tietoturvan ja käyttöönoton helppouden takia. Logiikassa OPC UA:n käyttö vaatii funktion TF6100-OPC-UA asentamista TwinCAT 3:een. Asennuksen jälkeen logiikasta löytyy OPC UA -palvelin, OPC UA -asiakas, palvelimen konfigurointiohjelma ja esimerkki-asiakasohjelma.

Palvelimen konfigurointiohjelmalla voidaan määrittellä esimerkiksi palvelimen yhteyspisteet ja nimiavaruuden rakenne, ja ohjelmasta nähdään myös palvelimen tila. Palvelimen konfiguroinnin voi tehdä myös suoraan muokkaamalla konfiguraatitiedostoa. Ohjelma kuitenkin helpottaa palvelimen konfigurointia, kuva 6.



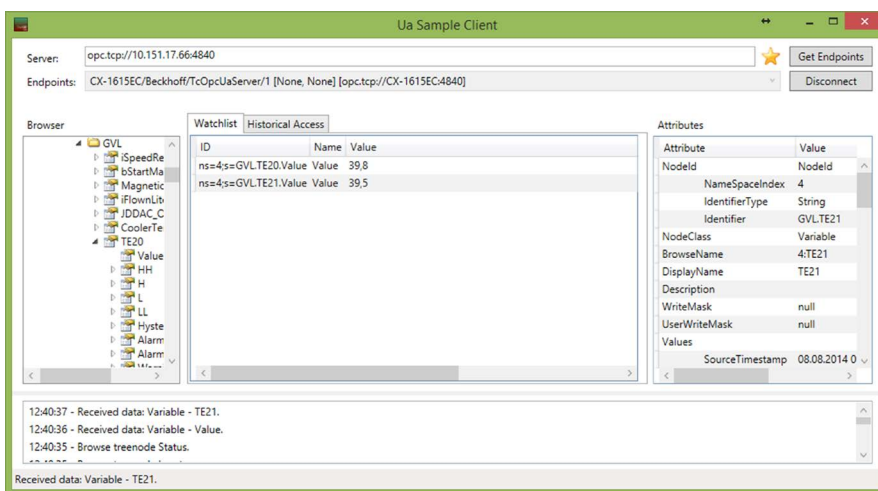
Kuva 6. TwinCAT OPC UA -konfigurointiohjelma.

Logiikan puolella OPC UA:lle avoimet muuttujat määritellään yksinkertaisesti muuttujan kommentissa lisäämällä muuttujan perään teksti: "(*~ (OPC:Näkyvyys: Kommentti.) (OPC ominaisuudet) *)", kuva 7. Logiikka-ohjelman kääntämisen jälkeen kommentin avulla generoituu symbolitiedostoon tieto, jota OPC UA -palvelin käyttää muuttujien nimiavaruuden luomisessa OPC UA -yhteyttä varten.

```
TE20 : ST_TempMeasure; (*~ (OPC:1: Tank 1 temperature.) (OPC_PROP[0005]:1:ReadOnly) *)
TE21 : ST_TempMeasure; (*~ (OPC:1: Tank 1 temperature.) (OPC_PROP[0005]:1:ReadOnly) *)
```

Kuva 7. OPC UA muuttujan määrittely TwinCAT 3 -ohjelmassa.

Tämän jälkeen yhteyden toimimista voidaan kokeilla TwinCAT OPC UA -esimerkkiasiakasohjelmalla. Ohjelmaan syötetään yhdistettävän palvelimen osoite ja portti. Tämän jälkeen voidaan ladata yhteyspisteet ja yhdistää palvelimeen. Ensimmäisellä yhdistyskerralla asiakasohjelman sertifiointin julkisen avain on lisättävä ensin palvelimen luotettujen yhteyksien kansioon, ennen kuin yhteys palvelimessa hyväksytään. Logiikassa OPC UA -palvelin osaa automaattisesti luoda tiedoston jokaisesta eri asiakkaasta, joka on yrittänyt palvelimeen yhdistää. Nämä tiedostot kerääntyvät palvelimen kansioon, josta ne on helppo lisätä kopioimalla tiedosto suoraan luotettujen sertifiointien kansioon. Kun palvelin luottaa asiakkaaseen, voidaan yhteys muodostaa. Asiakasohjelmassa voidaan nopeasti todeta yhteyden toimivuus seuraamalla lisättyjä muuttujia, kuva 8.



Kuva 8. OPC UA -esimerkkiasiakasohjelma.

OPC UA:n käyttöönotto osoittautui varsin vaivattomaksi logiikassa ja salatun yhteyden luominen onnistui samalla. Kun OPC UA -palvelin oli käynnissä ja toiminta varmistettu, ylemmän tason ohjausjärjestelmän yhteyden luomiselle oli hyvät perusteet.

OPC UA ja tietoturva

OPC UA on suunniteltu myös tietoturva ajatellen. Sen tietoturva perustuu julkisiin avaimiin, jotka käyttävät teollisuuden standardin x.509 digitaalisia sertifiointteja ja osoiteautentikointia, auktorisointia, enkryptointia ja datan yhtenäisyyden tarkastusta. Käyttämällä yleistä standardia sekä useampaa eri tunnistautumis-/varmistusjärjestelmää mahdollistetaan turvallinen yhteys useisiin ympäristöihin useilla eri alustoilla.

OPC UA -sovelluksen luomat instanssit ovat täysin ainutlaatuisesti tunnistettavissa niiden x.509-sertifiointin avulla ja yhteys voidaan luoda ainoastaan, jos molemmilla OPC UA -osilla on sama sertifiointi. Asiakas voi ottaa yhteyden palvelimeen anonyymisti, käyttäjätunnuksella ja salasanalla, x509-sertifiointilla, tai WS-security -tokeneilla. Palvelin päättää tämän jälkeen, mitkä oikeudet kyseiselle asiakkaalle annetaan sen tunnistautumisen jälkeen.

OPC UA:ssa kaikki kulkeva data voidaan salata ja/tai allekirjoittaa. Salausvaihtoehtoja on kolme: salaus voidaan jättää kokonaan tekemättä, salaus voi olla 128-bittinen tai 256-bittinen. Allekirjoitus taas varmistaa sen, ettei dataa pääse muokkaamaan kukaan kolmas osapuoli. Heikoin kokonaisuus on tietysti se, jossa ei ole salausta eikä allekirjoitusta. Tällöin kolmas osapuoli voi lukea viestit ja muokata niitä. Vahvin kokonaisuus taas saadaan aikaiseksi käyttämällä 256-bittistä salausta ja allekirjoitusta. Tämä on tietysti turvallisimmutta myös hitain tapa. Tällöin vain tietyn avaimen tai sertifikaatin omaava vastapeluri voi lukea viestin. (OPC-UA Summary 2014.)

OPC UA -yhteydenotto on usean askeleen takana, sillä varmistuksia tehdään useampi kappale. Ensin tarkistetaan sertifikaatti eli se, voidaanko yhteys luoda ja sen jälkeen luodaan yhteys. Tämän jälkeen tarkistetaan yhteyttä ottavan asiakkaan oikeudet ja annetaan ainoastaan määrätyt oikeudet kyseiselle asiakkaalle. Tämän jälkeen suoritetaan varsinainen kommunikointi ja lopuksi suljetaan yhteys ja kanava.

OPC Classicin alustana voidaan käyttää ainoastaan Windowsia ja kommunikaatio toteutetaan DCOM:n kautta, kun taas OPC UA sallii alustana käytettävien esimerkiksi Windowsia, Linuxia tai Androidia. Kommunikaatio voidaan toteuttaa TCP:n, SOAP:in tai HTTP(S):n kautta. OPC UA:lle ei tarvitse avata kuin yksi (1) portti palomuurista, kun OPC Classic vaati vähintään 20 porttia avattavaksi.

Pohdintaa

Suorituskykyyn mittauksissa on vertailtu kahta OPC-standardia. Todellisessa tilanteessa pitää huomioida myös OPC-palvelimen ja kohdelaitteen, esimerkiksi ohjelmoitavan logiikan, välinen kommunikointi. Joissakin tilanteissa palvelimeen toteutettu ajuri ja käytettävä protokolla voivat aiheuttaa suuremmat viiveet kuin OPC. Esimerkiksi kun OPC-palvelin kommunikoi ohjelmoitavan logiikan kanssa sarjaliikenteellä, muodostuu pullonkaulaksi sarjaliikenne, ei OPC. Jotta voidaan olla varmoja kokonaissuorituskyvystä, pitää kaikkien järjestelmän komponenttien olla mukana testeissä: OPC-asiakas, OPC-palvelin sekä kohdelaitte. Nyt esitetyt tilastot koskevat vain kahta eri OPC-määrittelyä. Ne eivät anna yksiselitteistä kuvaa koko järjestelmän suorituskyvystä.

Kuitenkin voidaan sanoa, että OPC UA mahdollistaa suuremman suorituskyvyn, mutta pienillä tietomäärillä ja erityisesti silloin kun käytetään COM-tekniikkaa (asiakas ja palvelin toimivat samassa tietokoneessa), ei OPC Classic häviä tehokkuudessa. Mikäli asiakas- ja palvelinsovellukset toimivat eri laitteissa, on OPC UA nopeampi kuin OPC Classic käytettäessä OPC TCP protokollaa ja binäärikoodattuja sanomia.

Lähteet

OPC-UA Summary 2014. CERN, the European Organization for Nuclear Research. Viitattu 1.8.2014.
<https://j2eeps.cern.ch/wikis/display/EN/OPC-UA+Summary#OPC-UASummary-SendingMessages>

OPC UA vs OPC DA performance comparative 2014. CERN, the European Organization for Nuclear Research. Viitattu 1.8.2014.
<https://j2eeps.cern.ch/wikis/display/EN/OPC+UA+vs+OPC+DA+performance+comparative>

Hunkar, P. 2007. OPC UA Performance. DevCon 2007. A Conference for Decision Makers, Engineers & Visionaries. Berlin

Mahnke, W., Leitner, S.-H. & Damm, M. 2009. OPC Unified Architecture. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

OPC and MES DAY 2012. Seminaari Espoossa 9.10.2012. Esitysmateriaali.

OPC Foundation verkkosivut 2014. Viitattu 1.8.2014. <https://opcfoundation.org/>

OPC Foundation 2008. OPC Unified Architecture Specification, Part 6: Mappings. Release 28.5.2008.

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat

Alarinta Jarmo, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Taustaa

Suomen elintarviketeollisuuden reilun viiden miljoonan tonnin vuosituotanto tuottaa merkittäviä määriä sivuvirtoja, joista osa on kaatopaikkajätteenä luokiteltavaa materiaalia. Sivuvirtoja hyödyntämällä voidaan jätteen määrää vähentää ja nostaa raaka-aineen käyttöastetta. Jätevirtojen minimoiminen johtaa yleensä kustannuksia lisäävään sivuvirtojen käsittelyyn, joten niiden ohjaaminen tuottaviksi sivuvirroiksi on haaste elintarvikeyritysten kannattavuuden parantamiselle tulevaisuudessa. Sivuvirtojen käsittelyteknologia on elintarvikekonevalmistajia kiinnostava kasvualue sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Suomen elintarviketeollisuuden volyyymi on prosentti Euroopan unionin alueen elintarviketeollisuudesta, jolloin EU:n alueen markkinat ovat 100-kertaiset Suomeen verrattuna. Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkina pk-yrityksille -projektissa teknologian siirtomahdollisuudet Euroopasta olivat oletusarvona, koska laajempi mittakaava Euroopassa tarjoaa oletettavasti kehittyneitä ratkaisuja sovellettavaksi.

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat

Mikä erottaa sivuvirrat jätevirrasta? Euroopan elintarvike- ja juomateollisuuden kattojärjestö (CIAA) on laatinut neljä kriteeriä, jotka sivutuotteen on täytettävä erottuakseen jätteistä:

1. Sivutuotteeksi luokiteltavan aineksen on sovellettava raaka-ainekäyttöön.
2. Sivutuotteeksi luokiteltavan aineksen on täytettävä lakisäätteiset terveys- ja ympäristövaatimukset.
3. Sivutuotteen jatkokäsittelyyn liittyvien prosessien on oltava lakisäätteisten terveys- ja ympäristövaatimusten mukaisia.
4. Sivutuotteen käytölle sellaisenaan tai siitä valmistetulle tuotteelle on oltava toimivat markkinat. (Elintarviketeollisuuden ympäristövastuun raportti 2005.)

Sivuvirtojen käsittelyteknologioita tarkastellessa törmätään ensimmäiseksi elintarviketeollisuuden laajalaisuuteen. Meijeri- ja juomateollisuudessa käsitellään nesteitä, jolloin jätevesien määrän pienentäminen on toiminnan keskiössä. Viljan jatkojalostamiseen perustuvassa teollisuudessa syntyy kohtuullisen paljon kuivia sivuvirtoja, mutta näiden märkäprosessointi tarjoaisi käyttökohteita lähes arvottomillekin sivujakeille. Lihateollisuudessa syntyy erittäin paljon jakeita, joille jokaiselle tulisi löytää mahdollisimman kannattava käyttökohte.

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat johdetaan yleensä rehuteollisuuden raaka-aineiksi tai suoraan energiakäyttöön. Mikäli sivuvirta ei sovellu tällaiseen käyttöön, syntyy siitä jätevirtaa kompostoitavaksi tai kaatopaikalle. Kasvisten ja juuresten jalostamoiden esikäsittelyvaiheissa syntyy paljon jätettä, kuten irtomultaa, kuorijätettä sekä jätevesiä. Multa voidaan hyödyntää peitemaana. Kuori- ja lajittelujäte voidaan hyödyntää rehunä, kompostoida tai ohjata biologisen prosessin kautta energiakäyttöön tai alkoholijuomaksi. Marjojen ja hedelmien jalostamoilla syntyvä marjanpuristusjäte kelpaa rehuksi tai kompostointiin, mutta siitä voidaan myös ennen loppukäyttöä erottaa vesiliukoiset flavonoidit, joilla uskotaan olevan erilaisia terveyshyötyjä. Kompostoitavaksi viedään myös suodatus- ja sentrifugointijäte. Meijereiden sivutuotteet voidaan hyödyntää myös rehuteollisuuden raaka-aineina. Meijeritoiminnasta syntyvä pakkausjäte voidaan osin kierrättää

materiaalina ja hyödyntää energiaksi polttamalla, tai muussa tapauksessa ylijäävä materiaali toimitetaan jätteenä kaatopaikalle.

Myllyissä syntyvät kuori-, viljapöly- ja viljan puhdistusjäte sopivat mullan ja kivien erottelun jälkeen rehuteollisuuden raaka-aineeksi tai hyödynnetään energiana. Leipomoiden sekä keksi- ja makaronitehtaiden sivutuotteet kelpaavat myös rehuksi. Ainoastaan rasvanerotuskaivojen tyhjennysjäte viedään kaatopaikalle. Mallastamoilla lajittelujäte, idut sekä maltaan puhdistusjäte käytetään rehuteollisuuden raaka-aineiksi. Muut jätteet kompostoidaan tai viedään kaatopaikalle. Panimoilla ja virvoitusjuomatehtailla piimaa ja pullojenpesujäte viedään kaatopaikalle; jätehiivasta jatkojalostetaan erikoisrehuja.

Eläinperäisen sivutuotteen määrittely on hankalaa, koska prosessoitava eläin leikataan useaksi jakeeksi. Yleensä sivutuotteella tarkoitetaan niitä eläinten ruhoja tai ruhonosia, joita ei ole suoraan tarkoitettu ihmisravinnoksi. Eläinperäisiä sivutuotteita syntyy teurastamoilla, lihanleikkaamoissa, lihajalostetehtailla sekä alkutuotannossa maataloilla. Sivutuotteet voidaan jakaa karkeasti syötäviksi kelpaaviksi ja syötäviksi kelpaamattomiksi. Eläimen painosta suuri osa on erilaisia sivutuotteita; naudalla 45 % painosta, sialla 36 % ja broilerilla 32 % (Puolanne 2012). Suurin osa niistä on ihmisten syötäväksi kelpaamattomia ruhonosia ja jätteitä, jonka takia sivutuotteiden käyttökohteista merkittävimmät ovat erikoistuneet eläinperäisen jätteen kierrätyslaitokset ja turkisrehutehtaat.

Eläimestä saatavia sivutuotteita ovat

- veri
- elimet, rauhaset ja muut pehmeät osat
- rasvat
- suolistot ja mahat, lanta
- sian nahka
- naudan vuota
- höyhenet
- sorkat, karvat ja muu kova aines
- luuaines. (Pihlanto et al. 2012.)

Sivuvirtojen käsittelyteknologian tilannekatsaus

Anuga FoodTec -messut Kölnissä on Euroopan merkittävin elintarviketeollisuudelle koneita ja laitteita valmistavan teollisuuden tapahtuma. Vuoden 2012 messujen teemana oli ympäristö- ja energiatehokkuus. Paikalla oli 1334 näytteilleasettajaa ympäri maailman. Ympäristöteema painottui elintarviketuotteiden pakkaamiseen ja pakkausmateriaaleihin. Energiateema näkyi mukana vain välillisesti bioenergian valmistusteknologiassa. Ainoastaan lihateollisuuden osastolla oli esillä sivuvirtojen käsittelyyn liittyvää uutta teknologiaa. Useissa keskusteluissa näytteilleasettajien kanssa tuli esiin se, että pakkaaminen ja pakkausmateriaalien käsittely on laajasti teollisuudessa se keskeinen alue, jossa ympäristötehokkuus näkyy kuluttajalle lisänten yrityksen kilpailukykyä.

Kiinnostavuutta elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisestä bioenergiana lisää se, että Euroopan unionin tavoitteiden mukaan biopolttoaineiden osuus liikenteen polttoaineista tulee olla vähintään 5,75 % vuonna 2010, 10 % vuonna 2020 ja 25 % vuonna 2030. Yksi mahdollinen biopolttoaine on puuraaka-aineesta, viljasta tai elintarviketeollisuuden sivuvirroista valmistettu bioetanoli. Bioetanolilla tarkoitetaan

etyylialkoholia, joka on valmistettu tärkkelys-, selluloosa- tai sokeripitoisista kasveista energiakäyttöön polttoaineeksi. Bioetanolin tuotanto on prosessina yksinkertaista, jos raaka-aineena on runsaasti hiilihydraattipitoisia sivuvirtoja (tärkkelys, selluloosa ja sokerit), joita syntyy esimerkiksi kasvisten käsittelystä. Rasvaa sisältävistä sivuvirroista voidaan jalostaa biodieseliä, jota pidetään myös uusiutuvana polttoaineena. Biodieselin valmistuksessa rasvojen sisältämät rasvahapot irrotetaan glyserolista ja esteröidään etanolin kanssa, joten biodieselin valmistus on käytännössä etanolin tuotantoa.

Tässä projektissa valittiin selvityksen perusteella eläinperäisten sivutuotteiden hyödyntäminen syvemmän tarkastelun kohteeksi. Yleinen elintason nousu teollistuneissa maissa ohjaa kulutusta pois vähemmän arvokkaista ruhon osista. Lihateollisuudessa eläimestä otetaan talteen vain arvokkaimmat osat (fileet ja paistit) ja muut toimitetaan jatkokäsittelyyn kehittyviin maihin. Elintarviketeollisuuden sivutuotteita voidaan tulevaisuudessa hyödyntää ihmisravinnoksi, mutta nyt ne käytetään pääasiassa rehuksi. Sivutuotteiden rehukäyttöä puoltaa se, että ne sisältävät yleensä eläimille arvokkaita ravintoaineita. Sivutuotteiden hyödyntämisellä lisätään läheltä saatavan rehuaineiden saatavuutta ja alennetaan rehukustannuksia pitämällä tuotantoketju tehokkaana. YK:n väestöennusteen mukaan maapallon väkiluku vuonna 2050 on yli 9 miljardia. Tämän arvioidaan merkitsevän ravinnontarpeen lisääntymistä puolella nykyisestä. Kestävän kehityksen ja vastuullisuuden kannalta sivuvirtojen hyötykäyttö on parempi ratkaisu kuin tuotantoeläinmäärän lisääminen ja viljelyalan kasvattaminen metsiä raivaamalla.

Sivuvirtojen käsittelyteknologian sovelluksia

Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen käsittelyssä on kaksi periaatetta:

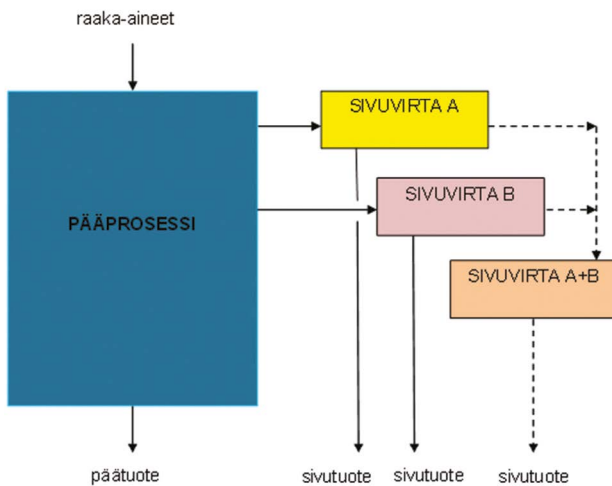
1. vähennetään syntyvän sivuvirran määrää
2. hyödynnetään syntynyt sivuvirta mahdollisimman tehokkaasti.

Esimerkki sivuvirran määrän vähentämisestä on meijeri- ja juomateollisuudessa käytetyt välikappaleet, joilla erotetaan kahden eri tuotteen sekoittuminen keskenään tuotevaihdossa tai tuotteen ja pesunesteen sekoittuminen keskenään tuotannon lopetuksessa/aloituksessa (kuva 1).



Kuva 1. Esimerkkejä putkistossa käytettävistä erotuskappaleista.

Syntyneen sivuvirran hyödyntäminen on jo haasteellisempi tapaus. Selvityksen aikana tuli esille se, että teollisen toimijan näkökulmasta sivuvirran hyödyntämisen tulisi olla joustavaa siten, että hyödyntämiselle löytyisi aina (kun mahdollista) vähintään kaksi vaihtoehtoista tietä (kuva 2). Tällä tavalla varsinaisen tuotteen määrä saadaan irrotettua sivutuotteen määrästä tilanteissa, joissa sivutuotteen kysyntä vaihtelee.



Kuva 2. Optimaalinen sivuvirran käsittelyprosessi.

Pohdintaa

Elintarviketeollisuusyritykset Suomessa tekevät jatkuvaa työtä tuotannon ja tuotteiden ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Ala on sitoutunut vähentämään ilmastokuormitusta panostamalla energiatehokkaihin toimintatapoihin. Tuotannossa käytettävät raaka-aineet ja muut tuotantopanokset täytyy hyödyntää tällöin mahdollisimman tehokkaasti, mikä tarkoittaa seuraavia toimenpiteitä:

- elintarvikeyritykset kierrättävät pakkauksia
- tuotannossa syntyvät sivuvirrat hyödynnetään
- vastuullisuusnäkökohdat huomioidaan myös raaka-aineiden hankinnassa.

Varsinaisia lainsäädännön asettamia tiukennuksia ei näyttäisi olevan valmisteilla. Nykyinen lainsäädäntö on kuitenkin sen verran vaativa, että esimerkiksi ympäristöluvan saatuaan eräs keskisuuren kasvituotteita jalostava yrityksen toimitusjohtaja totesi, että ”luvassa ainoa hyvä kohta oli se, että ympäristölupa myönnettiin”. Tutkimuksen ja muun julkaistun tiedon perusteella sivuvirtojen hyödyntäminen Euroopassa näyttäisi olevan kuitenkin keskeinen elintarviketeollisuutta koskeva kehityssuunta. Osaltaan tähän on vaikuttamassa se, että joitakin sivuvirtoja voidaan hyödyntää uusiutuvassa biopolttainetuotannossa, jonka tuotannon määrää ohjataan lainsäädännöllä.

Lihateollisuuden sivuvirrat kiinnostavat myös Euroopassa. Metatason trendinä elintarviketeollisuudessa on uusien proteiini­lähteiden löytäminen. Teurastuksessa syntyvän veren nykyistä parempi hyödyntäminen on iso kiinnostuksen kohde. Muita yksittäisiä teemoja, joita projektissa nousi esiin, olivat nautojen utareiden käsittely ja jatkojalostus, sian nahan hyödyntäminen teurastustapaa muuttamalla ja mahdollinen koneen kehittäminen hapon lisäämiseksi teurasjätteeseen, jotta teurasjätteen hygieeninen laatu voidaan pitää pienin työkustannuksin rehukäyttöön soveltuvana.

Lähteet

Elintarviketeollisuusliiton ympäristöraportti 2005. Helsinki: Elintarviketeollisuusliitto ry.

Pihlanto, A., Pap, N., Silvenius, F., Kymäläinen, M. & Niemistö, M. 2012. Teurastamoista saatavien sivujakeiden uudet prosessointimenetelmät ja hyötykäyttökohteet. MTT raportti 62.

Puolanne, E. 2012. Lihateknologia 1. Luentomoniste. Julkaisematon.

Kun yritys haluaa automatisoida ja kehittää prosessejaan ja tuotantoaan, on teknologiatiedolla ja sen ymmärtämisellä todella suuri merkitys. Yksittäisten prosessin vaiheiden kehittämisestä tulisikin siirtyä kokonaisuuksiin ja sitä kautta hallitumpaan automatisointiin. Pienissä ja keskisuurissa yrityksissä ydinliiketoiminta ja sitä varten tehtävä työ vievät usein kaiken työajan ja paljon enemmänkin. Aikaa jää hyvin vähän tuotteiden tai tuotannon kehittämiseen vaadittavien uusien teknologioiden seuraamiseen. Nämä yritykset tarvitsevat asiantuntevaa tukea kehittämistoimiinsa ja riippumattomia testaus- ja tutkimuspalveluita lähellä suunnittelu- ja tuotantoyksiköitään. Tässä maakuntien ammattikorkeakoulut voivat toimia merkittävänä apuna, koska niistä löytyy laaja-alaista asiantuntemusta sekä pitkä kokemus erilaisista uuden teknologian hyödyntämiseen liittyvistä projekteista.

Ammattikorkeakoulut kansainvälisen teknologiatiedon tulkkeina pk-yrityksille – AMK KVTechTrans -projekti on toteutettu Satakunnan, Seinäjoen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun tiiviissä yhteistyössä. Tähän artikkelikokoelmaan on koottu tiiviit otteet projektin tiedonhaun mielenkiintoisimmista aiheista. Kirjoittajat ovat mukana olleiden ammattikorkeakoulujen asiantuntijoita, jotka rohkeasti lähtivät täydentämään omaa asiantuntemustaan ja sitä kautta vastaamaan yrityksiltä tulleisiin kysymyksiin ja kehittämistarpeisiin.

Lisää tiedonhaun tuloksia on luettavissa osoitteessa automaatio.samk.fi

Julkaisu sähköisenä:



ISSN 1457-0696 (painettu)

ISBN 978-951-633-133-4

ISSN 2323-8356 (verkkojulkaisu)

ISBN 978-951-633-134-1

