

M-Lab/Hydro+ -hanke mahdollisti materiaalien käytettävyyden soveltavan tutkimuksen

Timo Kauppi, TKT, yliopettaja, Arctic Steel and Mining -tutkimusryhmä, Lapin ammattikorkeakoulu

Johdanto

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu sai vuoden 2008 alussa myöntävän rahoituspäätöksen Lapin lääninhallitukselta n. 2,6 miljoonan euron tuesta metallialan oppimis- ja innovaatioympäristön suunnitteluun ja toteuttamiseen. Tätä M-Lab:ksi nimettyä ympäristöä rakennettiin vuoden 2011 maaliskuun loppuun ja tähän mennessä se on palvellut opetusta, soveltavaa tutkimusta ja alueen yrityksiä. Projektia rahoitettiin toimintalinja 2:sta (innovaatiotoiminnan ja verkostoitumisen edistäminen sekä osaamisrakenteiden vahvistaminen). Ympäristö on mahdollistanut materiaalien käytettävyyden soveltavan tutkimuksen ylösajamisen (Arctic Steel and Mining TKI-ryhmä). Tutkimusryhmässä on työskennellyt parhaimmillaan noin parikymmentä henkilöä.

Tutkimusryhmän strategia lähtee Lappilaisten metallialan yritysten tarpeista ja ongelmista sekä nojautuu tiiviisti Lapin maakuntaohjelmaan (Lapin maakuntaohjelma 2011 -2014, Lappi sopimus 2014 - 2017). Aiemmassa todettiin mm. seuraavasti: ”Ensisijaisesti tulee tukea hankkeita, jotka vahvistavat pk-yritysten kilpailukykyä ja jotka ovat realistisesti toteutettavissa seuraavan neljän vuoden aikana. Yritysten verkottuminen, uusien markkinoiden hakeminen ja uusien tuotteiden kehittäminen ovat avainasemassa.” Uudessa Lappisopimuksessa painotetaan julkisen sektorin pilottiroolia osaamisen kehittämisessä ja huippuluokan innovaatioympäristöjen luomisessa. ”Kärkeen nostetaan julkisten toimintaympäristöjen mahdollisuudet toimia pilotteina sekä uusia liiketoimintoja aktivoivina innovaatio- ja kehittämisympäristöinä.” Tämä edellyttää toimijoilta erityisesti yrityskehityksen ja sen mahdollisuuksien ja ongelmien tuntemista.

Arctic Steel and Mining TKI-ryhmän tutkimukselle Pk-yritykset ovat ensisijainen yrityskehitystaho ja aluekehitystyo tätä kautta tärkeässä asemassa. Tiivis yhteistyö, joka on

kehittynyt kahden terästehtaan, SSAB:n ja Outokummun, kanssa takaa viimeisimmän ja maailmanlaajuisesti huippuluokan tiedon ruostumattomista ja ultralujista kulutus-, rakenne- ja suojausteräksistä ja niihin liittyvästä teräsrakentamisesta ja sen normistoista.

ASM TKI - ryhmä on toimintansa aikana koordinoanut jo kahdeksan (8) TEKES/EAKR-rahoitteista soveltavan tutkimuksen projektia ja ollut mukana useassa Lapin liiton, Lapin ELY-keskuksen ja Pohjois-Pohjanmaan liiton EAKR ja ESR-rahoitteisessa hankkeessa. Jokaisessa hankkeessa lähtökohtana on ollut projektin teemaan liittyvien osallistujayritysten materiaalilähtöisten (terästen konepajakäytettävyys, teräsrakentaminen, jne.) ongelmien ratkaisumallien kehittäminen tai yritysten tuotekehitystyöhön osallistuminen.

Viimeisintä teknologiaa

M-Lab/Hydro+ -projektin alussa tehtiin tarkat laitespesifikaatiot, joiden avulla kilpailutettiin laitetoimittajat. Laitteiden ominaisuuksien määrittelyt tehtiin yhteistyössä Outokummun Tornion, silloisen Ruukin Raahen ja Hämeenlinnan tutkimuskeskusten sekä metallialan yritysten kanssa. Projektissa investoitiin monipuolinen ja state-of-the-art teknologiaa edustava rikkovan aineenkoetuksen laboratorio, jossa voidaan tutkia ja testata mm. mekaanisia ominaisuuksia, iskusitkeyttä, muovattavuutta, korroosionkestoa ja mikrorakenteita. Ympäristö muodostaa Torniossa sijaitsevien JaloteräsStudion sekä ammattiopisto Lappian metallialan kanssa korkeatasoisen metallialan oppimis- ja innovaatioympäristön kansainvälisestikin mitattuna.

Laboratorion tutkimuslaitteistoihin kuuluvat mm. Zwick Roell Z250kN vetokone, Zwick Roell PSW750 iskuvasara, Struers Duramin A2500ET kovuusmittari, Erichsen 145–60 ohutlevyjen muovattavuuden tutkimuslaitteisto (kts. kuva 1), GOM Aramis/Argus/Atos/Tritopmittausjärjestelmät, optinen mikroskooppi, FEI:n Quanta 450 SC kenttäemissiopyyhkäisyelektronimikroskooppi (FESEM) Thermonoran energiadispersiivisellä alkuaineanalysointilaitteella (EDS) varustettuna, Ascott suolasumutestilaitteisto, olosuhdekammio ja strauss-testilaitteisto.



Kuva 1. Projekti-insinööri, DI Tiina Rissanen lataamassa näytteitä Ascott'in suolasumukammioon. (Tiina Rissanen on työskennellyt 1.1.2014 lähtien TUKES:ssa painelaitteiden ylitarkastajana.)

Laitteiden ominaisuuksia määriteltäessä annettiin suuri painoarvo niiden käytettävyydelle ja toiminnan automatisoinnille. Tämä vaatimus tulee suoraan ASM TKI - ryhmän toiminnan periaatteista, joiden mukaan toiminnan tarkoituksena on tuottaa uutta, tilastollisesti luotettavaa tietoa materiaalien käytettävyydestä terästen jatkojalostajille ja toimittajille sekä osallistua yritysten tuotekehitykseen omalla osaamisalueellaan. Toisaalta laitteiden käyttö opetuksessa edellyttää riittävän hyvää käytettävyyttä ja käytön nopeaa oppimista.

M-Lab-ympäristönä on antanut mahdollisuudet materiaalien käytettävyyden monipuoliseen tutkimiseen. Leikkaamisen, liittämisen, muovauksen, mekaanisten ominaisuuksien ja vaurioiden tutkiminen sekä siihen liittyvä näytteenvalmistus tehdään samassa ympäristössä Kemissä ja Torniossa.

Julkinen soveltava tutkimus

Ensimmäinen materiaalien käytettävyyden tutkimusryhmän koordinoima TEKES/EAKR-projekti "Jalosärmä" käynnistyi 1.8.2008 ja se oli ehdottomasti näytön paikka niin rahoittajan kuin osallistujayritystenkin suuntaan. Projektiin osallistui viisi yritystä, joista ainoastaan Outokumpu oli Lapin alueelta. Hankkeessa tutkittiin ruostumattomien terästen särmättävyyttä ja erityisesti uusien ferriittisten teräslaatuja (mm. EN 1.4509) käyttöä austeniittista ruostumatonta terästä korvaavana materiaalina särmätyissä tuotteissa. Särmättävyydestiedon ohella hankkeen keskeisintä antia oli se toimintatapa, jolla yritysten tapaustutkimukset

hoidettiin ja hoidetaan edelleenkin. Projektin yhteydessä kehitettiin myös konenäköön perustuvaa takaisinjoustop on-line mittausjärjestelmää (ks. kuva 2). Särämäystesteissä tehtiin yli 700 särämäystä, joissa takaisinjoustop mittausta on tehty pääsääntöisesti tällä mittaussovelluksella.



Kuva 2. a) takaisinjoustop mittausta käynnissä, b) särämäyksen takaisinjoustop mittaussovelluksen käyttöliittymä.

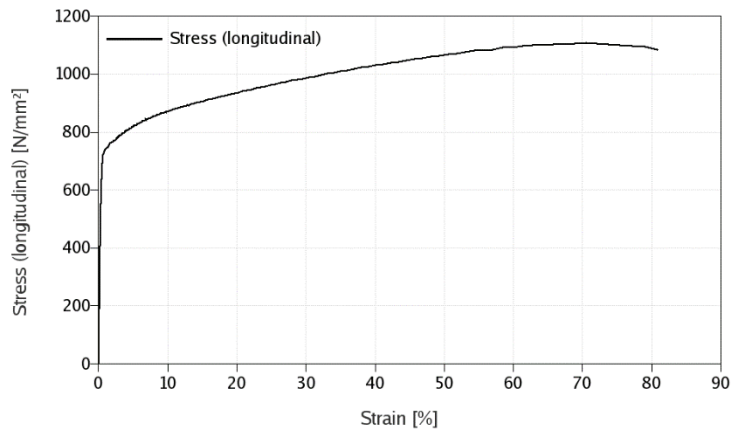
Ultralujien rakenne- ja kulutusterästen käytettävyyden tutkiminen alkoi ”KuURaK”-projektissa 1.9.2009. Projektin osallistujayrityksistä neljä (4) on alueen yrityksiä ja loput kaksi Raahesta. Ruukki Construction oli hankkeen suurin rahoittaja. Hankkeeseen osallistui Oulun yliopiston eteläisen instituutti rinnakkaisprojektilla Oulun ja Nivalan toimipisteissä. Johtajatuksena yhteistyössä oli se, että ammattikorkeakoulu hoiti soveltavan tutkimuksen puolen ja keskittyi osallistujayritysten ongelmien ratkomiseen (ks. kuva 3), yliopiston tehdessä sille kuuluvaa perustutkimusta. Projektissa tutkittiin Ruukin ultralujien terästen säräyttävyyttä ja konepajakäytettävyyttä. Tässä yhteydessä on myös kehitetty säräyttävyyden tutkimusmenetelmiä. Molemmat ”KuURaK”-projektit on rahoitettu TEKES/Lapin läänin EAKR rahoituksesta.



Kuva 3. ”KuURaK”-projektin yhdessä yrityksen tapaustutkimuksessa tehtiin tappikaarihitsauksen kehitystyötä.

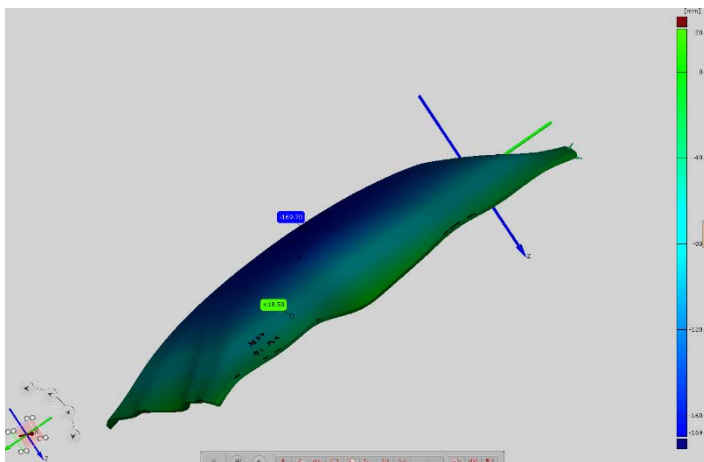
”Jalosärmä”-hankkeessa tehtiin hyvää pohjatyötä 1.1.2010 käynnistyneelle TEKES/EAKR-hankkeelle ”Jalosauma”. Tässä projektissa keskityttiin tutkimaan ferriittisten ruostumattomien terästen hitsattavuutta ja tekemään niille alustavia hitsausohjeita (pWPS). Projektiin osallistui kahdeksan yritystä, joista viisi oli alueen yrityksiä. Projektin kautta alueen yritykset saivat uutta ja viimeisintä tietoa ferriittisten ruostumattomien terästen käytöstä hitsatuissa rakenteissa. Perinteisesti stabiloimattomien ferriittisten ruostumattomien terästen kuten EN 1.4016 hitsattavuus on hyvinkin rajoitettua (ks. taulukko 1), kun taas stabiloitujen laatuja (EN 1.4509, 1.451, 1.4521, 1.4512) kohdalla on enemmänkin kyse tiedon ja ohjeiden puutteesta. Ferriittiset ruostumattomat teräksethän kiinnostavat jatkojalostajia ensisijaisesti austeniittisia teräslaatuja edullisemmän hinnan vuoksi. Ferriittiset ruostumattomat teräslaadut eivät sisällä nikkeliä. Ominaisuudet vastaavat kuitenkin monessa suhteessa aiemmin käytettyjä austeniittisia teräslaatuja.

Seuraava TEKES/EAKR-hanke käynnistyi 1.6.2010. Tämä ”ASA (Advanced Strain Analysis)”-projekti pystytettiin M-Lab-hankkeessa investoidun optisen GOM-mittausjärjestelmän ympärille. Mittausjärjestelmällä voidaan mitata venymiä (GOM Argus/Aramis), jotka muodostuvat kappaletta muovattaessa tai kuormitettaessa. GOM Aramis/Argus-järjestelmällä saadaan esim. vetokokeessa perinteiseen ekstensometrimittaukseen verrattuna tietoa materiaalin muovautumisesta koko mitta-alueelta ja näin ollen määritettyä huomattavasti aiempaa monipuolisemmin ja tarkemmin materiaalin plastisia ominaisuuksia.



Kuva 4. GOM/Aramis-järjestelmällä ultralujalle rakenneteräkselle määritetty true stress-true strain käyrä.

Järjestelmällä voidaan määrittää myös tasopintojen muotoja (GOM Atos/Tritop) ja saattaa ne digitaaliseksi tiedoksi. Tyypillinen sovelluskohde on rakenne, josta on olemassa 3D-malli. Tällainen rakenne voidaan kuvata GOM Atos/Tritop-järjestelmällä, verrata saatua todellista muotoa 3D-malliin ja saada näin määritettyä mahdollinen poikkeamatieto jopa sadasosa millien tarkkuudella.



Kuva 5. GOM Atos/Tritop-järjestelmällä kuvattu teräslevy ja sen paksuusjakauma.

Näitä GOM-järjestelmiä on käytetty myös paikallisten yritysten (mm. Sähköpojat Oy, Tormets Oy, Polar-Jet Oy ja ADC Oy) tasoskannaustarpeisiin. Skannausten pohjalta on luotu 3D-malleja.

Kesäkuussa 2011 startannut TEKES-hanke oli kansallisen rahoituksen saanut, budjetiltaan yhteensä n. 1,7 miljoonaa euroa oleva ”ConceptCar”-projekti, johon osallistuivat materiaalien

käytettävyyden tutkimusryhmän ohella Metropolian ammattikorkeakoulu / teollinen tuotanto, Aalto yliopisto / sovellettu mekaniikka ja TTY / fysiikan laitos. Hankkeeseen osallistui 16 yritystä ja se loppui 30.6.2014. Kyse oli siis hyvinkin pitkäjänteisestä TKI-projektista, jossa tehtiin paljon kehitystyötä ja tutustuttiin uusiin ekotehokkaisiin ratkaisuihin sekä autoteollisuuden toimittajuuden vaatimuksiin.

Hankkeen konkreettisenä lopputuloksena syntyi demonstraatioajoneuvo, joka julkistettiin Geneven 2014 autonäyttelyssä. Auton alustassa käytettävät teräsosat tehtiin Torniossa JaloteräsStudiolla. Yhtenä projektin tuloksena siirrettiin Lappilaisille yrityksille tietoa ympäristövaatimusten tiukentumisesta johtuen tulevaisuuden materiaaliratkaisuista ja metallisten materiaalien hiilijalanjäljestä sekä autoteollisuuden vaatimuksista alihankintaketjulle. Kuvassa 6 nähdään projektissa tehty demonstraatioajoneuvo.

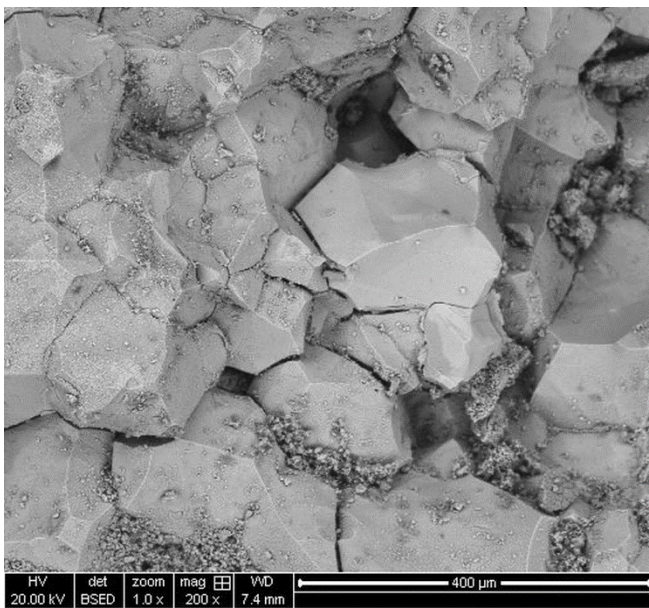


Kuva 6. Puukomposiitti-demonstraatioauto (BioForeConceptCar).

"Kaivosten vaativien olosuhteiden materiaalit ja niiden elinkaaren hallinta" (MineSteel) käynnistyi 1.1.2012. Se oli ensimmäinen pelkästään kaivostoimialalle suuntautunut projekti, jossa on päästy nopeasti kiinni kaivoksilla esiintyviin materiaaliongelmiin. Useassa kohteessa on testattu Ruukin uusia RAEX®-kulutusteräksiä menestyksellä. Projektissa saatiin ratkaistua monta kaivosten materiaaliongelmaa sekä saatiin arvokasta tietoa erityyppisten kaivosprosessien toimivuudesta ja niissä esiintyvistä ongelmista.

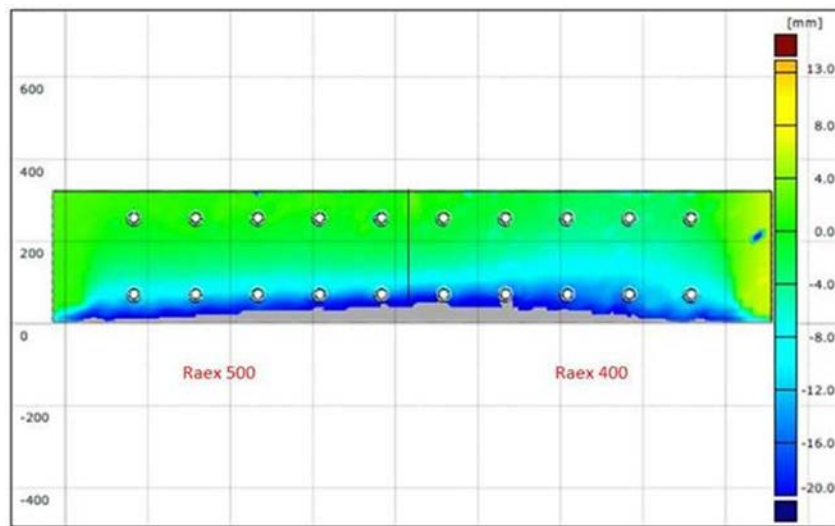
Käytännön tuloksista mainittakoon Kittilän kaivokselle tehty lastauskoneiden kauhojen kulutuslevyjen kehitystyö, Talvivaaran kaivokselle tehdyt rikkivetykehittimen ja vetylauhduttimen vaurioanalyysit sekä niiden materiaalikehitys ja Kemin kaivokselle aloitettu syöttösuppiloiden materiaalikehitystutkimus. Uusi aluevaltaus projektissa on ollut em.

vaurioanalyysien tekeminen. Teräksestä tehtyjen rakenteiden ja komponenttien vaurioanalyysin tekeminen vaatii tekijältä ehdottomasti fysikaalisen metallurgian syvällisen hallinnan. Tutkimusryhmässä työskentelee viisi henkilöä, joilla on tämä tarvittava pohjakoulutus ja jotka siis pystyvät vaurioanalyysijä tekemään. Tärkein työkalu vaurioanalyysissä on laite-esittelyssä mainittu FESEM-mikroskooppi. Sen avulla voidaan murtopintaa tarkastella jopa 100 000-kertaisella suurennuksella ja siitä pystytään analysoimaan mahdolliset ympäristöstä pinnalle kulkeutuneet epäpuhtaudet ja partikkelit. Kuvassa 7 nähdään esimerkki FESEM-kuvasta, joka edustaa tyypillistä ruostumattoman teräksen jännityskorroosion aiheuttamaa vauriota ja sen murtopintaa.



Kuva 7. Runsasseosteisen ruostumattoman teräksen jännityskorroosiovaurion murtopintaa.

Projektissa jatkettiin ”KuURaK”-projektissa aloitettua mobiilimurskaimen kattolevyn kuluminen tutkimista Suomen hyötymurskaus Oy:lle. Tässä on hyödynnetty GOM:n Atos/Tritop-mittausjärjestelmiä. Kuvassa 8 nähdään esimerkki kahden testissä olleen kulumislevyn kulumisprofiilista. Tämä on uutta tietoa ja antaa huomattavasti täydellisemmän indikaation kulumisesta kuin perinteinen ultraäänipaksuusmittaus.



Kuva 8. Kulutuslevyn kulumisprofiili, RAEX® 500 ja 400 teräkset.

Samankaltaisia kulumistutkimuksia tehtiin Kittilän kultakaivokselle ja Kemin kromikaivokselle.

Minesteel-hankkeen jatkona tutkimuksia jatkettiin TEKES/EAKR rahoitteisessa ”Kuluttavan väliaineen vaikutus terästen kulumiskestävyyteen” (KuLVaK, 1.7.2013–30.9.2014)-hankkeessa. Uutena elementtinä mukaan otettiin kiviaineksen geometallurgiset tutkimukset, missä aloitettiin tiivis yhteistyö Luulajan teknillisessä yliopistossa Professori Pertti Lambergin johdolla toimivan tutkimusryhmän kanssa.

Saadut tulokset ja menestyksellinen yhteistyö johtivat ”MinLappi” - hankkeen rahoituksen hakemiseen. Lapin liitto myönsi hankkeelle EAKR-rahoituksen ja siinä tehdään kiviainesten tutkimiseen tarvittavat M-Lab:n laitteiden täydennysinvestoinnit. Projekti päättyy loppukeväästä 2015. Kuvassa 9 nähdään kairasydännäytteitä, joista M-Lab-ympäristössä on valmistettu tutkimusnäytteitä.



Kuva 9. Kairasydännäytteitä.

Tämän vuoden alusta käynnistyi TEKES/EAKR-rahoitettu kaksivuotinen hanke ”Arktisissa olosuhteissa tapahtuvan erikoisterästen hitsauksen tuottavuuden ja laadun kehittäminen (WeldARC)”. Hanke toteutetaan aikavälillä 1.4.2015–31.3.2017 ja siihen osallistuu 11 yritystä, jotka edustavat konepajoja ja hitsauslaitetoimittajia. Projektin vastuhenkilönä toimii ASM TKI-ryhmän vetäjä DI Rauno Toppila ja projektipäällikkönä DI Kimmo Keltamäki. Arktista hitsausta ja sen osaamista tarvitaan teollisuuden laajentuessa pohjoiseen, erityisesti laiva- ja meriteollisuudessa sekä kaivos- ja offshore -teollisuuden kohteissa. Tähän liittyy myös vaikeasti hitsattavien erikoisterästen käytön lisääntyminen, jolloin vaatimukset hitsauksen suhteen tiukentuvat. Terästen valmistajilla on myös omat intressinsä tutkia ja kehittää hitsausta ja siihen liittyvää ohjeistusta siten, että ratkaisut saadaan vastaamaan mahdollisimman hyvin käytännön haasteisiin.

Näiden lisäksi merkittävä projekti on ollut osaamiskeskusohjelmaan kytkeytyvä OSKEMeriklusteri -hanke (2010–2013), jossa ASM TKI-ryhmä toimi nimettynä alihankkijana. Tutkimusalihankkijan (subcontractor) roolissa ollaan oltu mukana myös eurooppalaisen RFCS:n (Research Fund for Coal and Steel) rahoittamissa FERRAK- ja SAFSS-hankkeissa.

Aluekehityksen kannalta hyvin merkittävä ”ProtoDesignII”-hanke käynnistyi 2012 vuoden alussa ja sen johtoajatuksena oli valjastaa Lapin korkeakoulukonsernin toimijat yritysten tuotekehityksen avuksi. Lapin ammattikorkeakoulua tässä hankkeessa ovat edustaneet ASM

TKI - ryhmä ja Arctic Power - laboratorio. Yrityskohtaisia tapaustutkimuksia on viety läpi projektin aikana useita.

Arctic Steel and Mining TKI - ryhmä aloitti muuttuvaan teräsrakentamiseen liittyvän ennakkoinnin ja tilanteen kehittymisen seurannan jo vuonna 2011 ja sen jälkeen on tehnyt yhteistyötä asian suhteen usean kymmenen yrityksen kanssa. Kantavien teräsrakenteiden CE-merkintään ja siihen liittyvään SFS-EN 1090-standardeihin liittyen on läpiviety kaksi hanketta: ” Uusiutuva teräsrakentaminen 2014” (A32531, Lapin liitto, EAKR) ja ”Pitkospuut teräsrakentamisen jatkuvaan oppimiseen” - projektille (LAPELY/560/05.02.07/2013, ESR), joissa on selvitetty CE-merkinnän perusteita ja koulutettu 1090 mukaista toimintaa Lapin alueen yrityksille. Hankkeen tuloksia on julkaistu Lapin ammattikorkeakoulun julkaisusarjassa B nimellä ”Uusiutuva teräsrakentaminen 2014, Lapin alueen teräsrakentaminen – haasteet, osaamispääoma ja kehittämistarpeet” (ISSN 2342-2491).

Alueellinen vaikuttavuus

Ammattikorkeakoululain 4§ määrittelee ammattikorkeakoulun tutkimustehtävän seuraavasti: ”...harjoittaa ammattikorkeakouluopetusta palvelevaa sekä työelämää ja aluekehitystä tukevaa ja alueen elinkeinorakenteen huomioon ottavaa soveltavaa tutkimus- ja kehitystyötä sekä taiteellista toimintaa. Tehtäviään hoitaessaan ammattikorkeakoulujen tulee edistää elinikäistä oppimista...” (Laki ammattikorkeakoulusta).

Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimustoiminnan pitää tuoda opetukseen lisäarvoa ja toiminnan pitää hyödyttää ensisijaisesti alueen yrityksiä elinkeinorakenteen huomioiden.

Lapin valmisteilla oleva teollisuusstrategia 2030 määrittelee mm. seuraavia kriittisiä toimintaympäristöön liittyviä asioita (Lapin teollisuusstrategia 2030):

- Kiinnostus arktista aluetta kohtaan kasvaa alueen luonnonvarojen hyödyntämiseen ja mahdollisesti avautuviin uusiin kuljetusreitteihin liittyvien taloudellisten potentiaalien myötä.
- Markkinat ympäristöä säästäville ratkaisuille kasvavat ympäristötietoisuuden laajentuessa.

- Lapissa suurten ikäluokkien poistuminen työmarkkinoilta merkitsee noin 37 000 henkilön poistumaa vuodesta 2009 vuoteen 2025.
- metallien jalostus, energia-, kaivannais-, metsä-, puutuote-, elintarvike- ja luonnontuoteteollisuus ovat strategiset valmistavan teollisuuden toimialat

Nämä reunaehdot ohjaavat osaltaan materiaalien käytettävyyden tutkimusryhmän toimintaa ja sen painopisteitä.

Opetukseen viedään tutkimuksissa käytettävää taustatietoa ja syntyviä tuloksia. Tämä varmistuu jo sillä, että 3–5 ryhmän jäsentä osallistuu suoraan opetustoimintaan. Opiskelijoita (AMK ja 2. aste) pyritään käyttämään hankkeissa mahdollisimman paljon. Pelkästään tälle vuodelle opintopistekertymä on jo luokkaa 300. Opiskelijat tekevät projekteihin ja toimeksiantoihin liittyen opinnäyte-, erikois- ja harjoitustöitä ja tuovat toimintaan mukanaan valtavan resurssivarannon, onhan tuo 300 opintopistettä työmääräksi muunnettuna n. 5,5 henkilötyövuotta.

Työelämäyhteydet ja aluekehitys näkyvät toiminnassa päällimmäisenä. Yhteistyötä tehdään aktiivisesti 10–15 alueen yrityksen kanssa ja asiakastietokannassa on n. 50 yritystä ympäri Suomea, joiden kanssa pidetään yhteyttä säännöllisesti. Tiivistä yhteistyötä tehdään myös Lapin alueen elinkeinoelämän kehitysorganisaatioiden kanssa.

Ruostumattomien terästen osalta osaamistasomme mittaamisessa auttaa yhteistyömme Outokummun Tornion tutkimuskeskuksen kanssa. Yhteistyö Rautaruukin Raahan ja Hämeenlinnan tutkimuskeskusten kanssa puolestaan takaa saman ultralujien rakenne- ja kulutusterästen osalta.

Teollisen toimintaympäristön menneillään olevaan muutokseen ollaan valmistauduttu mm. siten että kulutusteräksiä on tutkittu ”KuURaK”-projektissa ja kevään 2012 TEKES-hakuun valmistellaan pelkästään kulutusterästen käytettävyyteen keskittyvää hanketta, johon pyritään saamaan mukaan mahdollisimman kattavasti Pohjois-Suomalaisia kaivoksia ja niiden alihankkijoita. Energiateollisuuden tarpeita ja vaatimuksia teräsrakentamiselle selvitetään oppilasprojektityönä. Keväällä 2010 tehtiin kattava kaivosten toimialakatsaus (Tiina Rissanen 2010).

Lähteet

Laki ammattikorkeakouluista 9.5.2003/351.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030351>

Lapin Liitto maakuntaohjelma 2011–2014.

http://www.lapinliitto.fi/lapin_kehittaminen/maakuntaohjelma

Lapin teollisuusstrategia 2030. http://www.lapinliitto.fi/fi/lapin_kehittaminen/strategiat

Tiina Rissanen 2010. ”Kaivosten toimialakatsaus”, kirjallisuusselvitys, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2010.

Asiasanat: soveltava tutkimus, teräs, aineenkoetus