

Teräsrakenteiden T&K-päivät
Teräsrakenneyhdistys ry

Tutkimuslähtöinen tuotekehitys teräsrakentamisessa

Heli Koukkari, Teknologian tutkimuskeskus VTT

Rakennussektori on suuri terästuotteiden ja teräspohjaisten tuotteiden asiakas. Suomessa teräsohutlevyjen valmistus alkoi 40 vuotta sitten, ja niiden uudet käyttösovellukset laajensivat merkittävästi teräksen käyttöä talonrakennuksessa. Ensimmäiset sandwich-elementit ja liittorakenteet kehitettiin, mutta tuoteperheen varsinainen kasvu tapahtui 1990-luvulla. Teollisuuden ja tutkimusorganisaatioiden tiivis yhteistyö on ollut merkittävä taustavoima suotuisalle kehitykselle, jossa on mukana myös kansainvälistä menestystä.

Tapaustutkimuksen menetelmin on kartoitettu sitä, miten rakennustuoteteollisuuden ja tutkimuslaitosten välistä yhteistyötä on käytännössä tehty. Tutkimusaineiston keskeisin osa on saatu useilla osittain jäsennellyillä asiantuntijahaastatteluilta sekä teollisuudessa että tutkimusorganisaatioissa. Täydentäviä tietoja on kerätty yrityksiä koskevista julkisista lähteistä, ammatillisista ja tieteellisistä julkaisuista ja yritysten omista tiedotteista. Tutkimusaineiston analyysin perusteella erilaisten innovaatioprosessien välille löytyy sekä yhteisiä että erottavia piirteitä, mutta kaikissa niissä tutkimuslähtöisen tiedon hankkimisella ja hyödyntämisellä on ollut suuri merkitys jossain vaiheessa. Hyödyntämisen aikajänne ensimmäisistä tiedonjyväsistä valmiiseen tuotteeseen voi kuitenkin olla todella pitkä.

Esitelmä kertoo esimerkkien kautta, miten tutkimuslähtöistä tuotekehitystä on Suomessa toteutettu. Samalla pohditaan sitä, millaista teollisuuden ja tutkimuslaitosten välistä vuorovaikutusta tarvitaan tulevaisuudessa.

1 Johdanto

VTT:llä on toteutettu Tekes-hanke "Product Innovations in Building and Construction – modelling concurrent research and development, PRINNS", jonka tavoitteena on esittää prosessimalleja rakennustuoteteollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyölle tuoteinnovaatiossa. Hankkeessa päähuomio on kiinnitetty tutkimustiedon hankkimiseen ja soveltamiseen tuotekehityksessä ja uusien tuotteiden tuomisessa markkinoille.

Hankkeen lähtökohta on japanilaisen Nonakan kehittämä teoria (1991, 1994), että innovaatioprosessi on jatkuvassa kanssakäymisessä tapahtuvaa tiedon luomista, käsittelemistä, jalostamista ja soveltamista. ("Tieto" on ymmärrystä kun taas "informaatio" on viestintää.) Uusi tieto alkaa muodostua yksilöllisesti ja välittyä ns hiljaisena tietona yhteisessä toimintakulttuurissa. Nonaka viittaa Polanyiin toteamukseen vuodelta 1966, että "voimme tietää enemmän kuin osaamme kertoa". Tällainen viitekehitys syntyy yleensä luonnostaan organisaatioiden sisällä, mutta se voi myös syntyä erilaisten organisaatioiden tai ryhmien välisessä yhteistyössä. Hiljainen tieto on muuntunut täsmälliseksi tiedoksi silloin kun siitä on syntynyt yhteisiä käsitteitä ja malleja, jotka voidaan pukea sanoiksi, opiskella järjestelmällisesti ja jakaa kirjallisesti. Tiedon jakamisen ja jalostumisen prosessit on kaaviollisesti esitetty kuvassa 1.

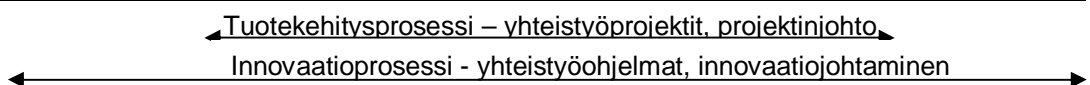
	<i>Hiljaiseksi tiedoksi</i>	<i>Täsmälliseksi tiedoksi</i>
<i>Hiljainen tieto</i>	Sosiaalistuminen: Tiedon luominen yhteisen kokemuksen kautta (organisaatiokulttuurit)	Ulkoistaminen Tiedon luominen vertauskuvien, analogioiden ja mallien kautta
<i>Täsmällinen tieto</i>	Sisäistäminen Tiedon luominen reflektoinnin ja tekemällä oppimisen kautta; toimitasuuntautuneisuus (organisatorinen oppiminen)	Yhdistäminen: Sosiaalisten prosessien käyttö yhdistää yksilöllinen täsmällinen tieto uudeksi tiedoksi (informaation prosessointi)

Kuva 1. Hiljaisen ja täsmällisen tiedon kehittyminen (Nonaka 1994).

Innovatiivinen organisaatio on johdonmukaisesti "tietoa luova" (Nonaka ym 2000). Hyvin yleisestä teoriasta von Krogh ym (2000) kehittivät innovaatiojohtamiseen mallin, joka kiinnittää huomiota tekijöihin, jotka tukevat ja edistävät uuden tiedon syntymistä ja kehittymistä prosessin eri vaiheissa. Täsmällisen tiedon yhdistämisestä, jakamisesta ja käytöstä alkaa rakentua uusi hiljaisen tiedon viitekehys, ja näin innovaatiotoiminta nousee uudelle tasolle.

Tuotekehitykseen ja laajemmin innovaatiotoimintaan on esitetty lukuisia prosessimalleja. Ne ovat pääsääntöisesti syntyneet tutkimuksissa, joissa kohteena ovat olleet suurten yritysten käytännöt. Niille on yhteistä että tehtäviä vaiheistetaan isommiksi kokonaisuuksiksi. Sinänsä tehtävät luetaan hyvin samalla tavoin, ja erot syntyvät niiden ryhmittelystä sekä vaiheiden määrästä ja nimistä. Malleihin on aiemmin usein liitetty jana-aikataulu, mutta tätä on jo pitkään pidetty liian yksinkertaisena. Yrityksissä pyritään myös yhä useammin siihen että eri toiminnot ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa. VTT:n hankkeessa yhdistettiin Schumpeterin (1934) ja Nonakan-von Kroghin (2000) mallit kuvassa 2 esitetyllä tavalla haastattelujen perusrakenteeksi. Syynä on mm uusin innovaatiojohtamisen tutkimus, joka kiinnittää huomiota varsinaisia tuotekehitysprojekteja edeltävään "fuzzy front endiin". Karkea jako kolmeen tuotekehityksen vaiheeseen vastaa myös VTT:n omaa kokemusta rakennustuoteolosuhteille T&K-palveluja tarjoavan organisaation tehtävistä. "Vaiheet" voivat tapahtua samanaikaisestikin yhden tuotekehityshankkeen sisällä tai yleispätevien suunnittelumenetelmien kehittäminen voi tapahtua samanaikaisesti kun useammassa yrityksessä on käynnissä tuotekehityshankkeita.

von Krogh et al 2000	Hiljaisen tiedon jakaminen	Konseptin kehitys	Konseptin varmistus	Prototyyppi	Cross-levelling knowledge
Schumpeter 1934	-----	Teknisen ratkaisun kehittäminen (Invention)		Kaupallistaminen (Commercialization)	Diffusion (Siirto ja levitys markkinoilla)
VTT:n hanke	Toimintakulttuuri ja pitkän tähtäimen suunnitelmat	Tuotekehitys konseptista teknisesti markkinavalmiksi tuotteeksi – tutkimuslähtöisen tiedon luominen ja soveltaminen		Kaupallistaminen: tuotehyväksynnät ja suunnitteluohjeet; tutkimustieto	Käyttö rakennuskohteissa; jatkuva kehitystyö

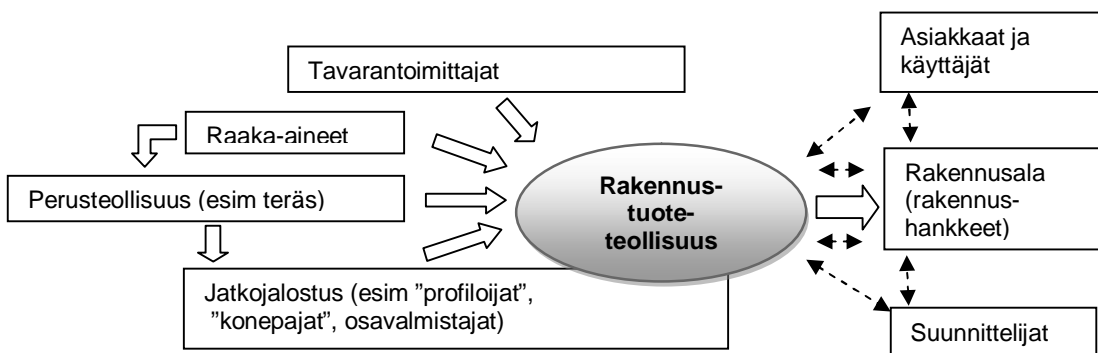


Kuva 2. VTT:n hankkeessa käytetty tuotekehitys- ja innovaatioprosessin malli (harmaa).

VTT:n hanke pyrkii vastaamaan tutkimuskysymykseen, millainen yhteinen viitekehys ja millainen yhteinen tiedon hankinnan, jakamisen ja käytön prosessi edistää rakennustuotteiden kehitystä, kun yritysveitoisessa hankkeessa tarvitaan tutkimusorganisaatioiden osaamista. Tutkimuskysymykseen sisältyy myös kysymys, miten yhteinen viitekehys syntyy. Teräsrakentamisen ja terästä sisältävien yhdistelmä rakenteiden kehitys Suomessa on yksi hankkeen tutkimusalueista.

Nam ja Tatum totesivat jo 1989, että "huolimatta AEC-teollisuuden tärkeydestä kansalliselle talouselämälle rakentamisen innovaatiotutkimus on lähes unohdettu teknologian tutkimuksessa. Tämän teollisuuden ehkä tärkein teknologiaan vaikuttava osa – tuoteteollisuus – on yllättävästi vielä pahemmin ylenkatsottu". He olivat ensimmäisiä, jotka kiinnittivät huomiota tuoteteollisuuden erityispiirteisiin rakentamisen innovaatiotutkimuksen sisällä – alue itsekin on suhteellisen nuorta alkanen vuodesta 1979. Rakentamisen alihankintaketjuihin kohdistuva tutkimus on lisääntynyt viime aikoina, mutta teollisuuden kuva on vielä hajanainen. Pääpaino on yleensä siinä, miten uusia tuotteita ja ratkaisuja otetaan käyttöön ja millaisia vaikutuksia niillä on rakentamisen prosesseihin. Todenäköinen syy vähäiseen julkaisumäärään on, että kaupallisissa toimialaluokituksissa rakentaminen tarkoittaa vain työmaatoimintoja, ja perinteinen taloustieteellinen innovaatiotutkimus nojaa toimialaluokitukseen; EU:ssa pääluokka on NACE 41 (NACE 2008). Tästä suppeasta näkökulmasta seuraa osittain myös se, että rakentamisen T&K-panostuksia ja uudistumiskykyä arvostellaan paljon. Valmistavaa teollisuutta koskevissa tutkimuksissa rakennustuotevalmistajia on satunnaisesti mukana, mutta lukumäärä on hyvin pieni.

VTT:n hankkeessa rakennustuoteteollisuutta tarkastellaan perus- ja kaivannaisteollisuuden jatkojalostajana ja rakennussektorin hankkijana; se tarvitsee myös itse alihankintaketjuja. Se tarkoittaa valmistajia, jotka tuottavat rakennuskohteisiin kiinteällä tavalla asennettavia rakennustuotteita. Tämä määritelmä perustuu EU:n rakennustuoteasetukseen (CPR 2011) ja sitä edeltäneeseen Rakennustuotedirektiiviin. Ecorysin (2010) EU:lle laatima selvitys rakennusklusterin kilpailukyvyistä tarkastelee rakennustuoteteollisuutta kokonaisuutena, jossa on mukana useita valmistavan teollisuuden alaluokkia, mutta esimerkiksi kemian teollisuudesta ei ole voitu sisällyttää mitään osia. Teräsrakenteiden valmistuksen alaluokka on NACE 25 (rakenteet, ovet, lukot, metallien pinnoitus). Yhdistelmä rakenteiden ja valmisosien osalta tilastolliseen luokitukseen ei tässä yhteydessä puututa. Kuvassa 3 on esitetty kaavio rakennustuoteteollisuuden välittäjäasemasta.



Kuva 3. Terästuotteita valmistava teollisuus jatkojalostajana ja rakennusalan hankintaverkostona. Katkoviivat osoittavat markkinaviestien välittymisreitit.

Julkisesti rahoitettujen tutkimusorganisaatioiden ja eri teollisuuden alojen välinen yhteistyö on ollut laaja-alaisen innovaatiotutkimuksen kohde pitkään. Taloustieteellinen tutkimussuunta on halunnut selvittää mm panos-tuotos-malleilla rahoituksen vaikuttavuutta. Rakennussektoriin kohdistuvaa tutkimusta on tehty jossain määrin: Gann (1997) totesi mm., että ”Rakentaminen tarvitsee voimakkaan, yhtenäisen ja yhteistyöhaluisen tutkimusperustan”, jonka syntymiseen yksityinen sektori tuskin riittää useimmissa maissa johtuen rakennusteollisuuden rakenteesta ja kilpailun luonteesta. (Käsitteet ”AEC-teollisuus”, ”rakennusteollisuus”, ”kiinteistö- ja rakennussektori” tai ”rakennusklusteri” laajentavat rakennusalan tilastollista määritelmää.) Eri tutkimussuunnista VTT:n tutkimuksessa hyödynnettiin vain sitä pientä osaa, joka on tunnistanut erilaiset yhteistyömuodot kuten opinnäyte-työt, yhteisrahoitteiset projektit, tilaustyöt, erilaiset vaihdot ja vierailut, yhteiset julkaisut, työntekijöiden palkkaus, yhdistystoiminta ja epävirallinen henkilökohtainen kanssakäyminen (Schartinger et al , Dutrenit 2010). Tätä lähtötietoa käytettiin keskusteluaiheiden jäsentelyssä.

Gustafssonin (2010) väitöskirja käsittelee tekijöitä, jotka vahvistavat tai heikentävät nousevia teknologioita. Hän käyttää suomalaista teräsrakentamista yhtenä tapaustutkimuksen esimerkkinä. Hän toteaa johtopäätöksissään mm että yliopistot, tutkimuslaitokset, yhteiskunnan muut organisaatiot ja teollisuuden järjestöt kehittävät kukin itselleen sopivan logiikan ja hallintomallit mistä seuraa että niiden suhtautuminen uusiin teknologioihin on myös erilainen. Gustafssonin tutkimuskysymykset muistuttavat VTT:n hanketta; VTT:n hankkeessa pyritään kuitenkin ymmärtämään yhteistyön sisältöä ja muotoja, jotka sitovat eri tahoja jakamaan sekä hiljaista että määriteltyä tietoa.

2 Tutkimusmenetelmät

Rakennustuoteollisuuden tuotekehitys- ja innovaatioprosesseja ja erityisesti yhteistyötä tutkimusorganisaatioiden kanssa on hyvin vähäisessä määrin kuvattu kirjallisuudessa. Tästä syystä laadullinen tapaustutkimus valittiin menetelmäksi. Grayn (2009) mukaan tapaustutkimus sopii hyvin erilaisten organisaatioiden välisen yhteistyön tutkimukseen, jossa pyritään ”ymmärtämään ilmiötä niiden omassa erityisessä viitekehityksessä”. Tapaukset ovat etukäteistiedon perusteella valittuja esimerkkejä tuotekehitysprosesseista, joissa tutkimusosaamista on käytetty suurella määrällä ja tuote on tuotu ensimmäiseksi Suomen markkinoille. Tiedot teollisuus-tutkimus-yhteistyöstä sisältyvät prosessikuvauksiin. Tapaustutkimuksen tyyppi on näin ollen ”multiple case, embedded” (kuva 4).

Holistic (single unit of analysis)	Type 1 Single/ holistic	Type 3 Multiple/ holistic
Embedded (multiple units of analysis)	Type 2 Single/ embedded	Type 4 Multiple/ embedded

Kuva 4. Tapaustutkimuksen perustyyppit (Gray 2009); käytetty tyyppi on harmaa.

Tutkittavia tuotekehitysprosesseja olivat erilaiset ohutlevytuotteet, sandwich-elementit, liittolaatat ja muut yhdistelmärakenteet sekä teräsrakentamisen konseptit. Niissä kaikissa oli merkittävä tutkimuspanos myös sen jälkeen, kun uusi tuote on ensimmäisen kerran tuotu markkinoille.

Tutkimusaineisto on kerätty ensisijaisesti haastatteluilla ja julkisia tietolähteitä on käytetty toissijaisesti täydentämään kuvausta. Niitä ovat päivälehdet, alan kotimaiset ja ulkomaiset alan lehdet kuten Teräsrakenne, Rakennustekniikka ja Rakennustaito, Rakennusinsinööriin (RIL ry) julkaisut, Teräsrakenneyhdistyksen julkaisut, tieteelliset julkaisut ja väitöskirjat, elämäkerrat, Teknillisen korkeakoulun rakennusosaston historiikki 1861-2007, erilaisten organisaatioiden arviointiraportit, ESTEPin (European Steel Technology Platform) asiakirjat sekä yritysten ja yhdistysten verkkosivut. VTT:llä laadittiin yrityksistä myös ns. Business Intelligent-raportit, jotka ovat yhteenvetoja julkisista lähteistä saatavista tiedoista. Tärkeimmät Tekes-ohjelmien raportit olivat tässä yhteydessä seuraavat:

- Finnsteel Teknologiaohjelma 1995-2000, arviointiraportti (Tekes 2001^a)
- Finnsteel Teknologiaohjelma 1995-2000, loppuraportti (Tekes 2001^b)

Teräsrakentamiseen, teräs-intensiivisiin tuotteisiin ja yhdistelmärakenteisiin liittyviä haastatteluja tehtiin yhteensä 16, joista kymmenen oli teollisuuden ja kuusi tutkimuksen näkökulmasta. Lisäksi haastateltiin kahta suunnittelijaa. Haastattelut erosivat myös rakenteeltaan: kahdessa keskustelua ei ollut etukäteen jäsenelty ja lopuissa toteutus oli ns osittain jäsenelty: kysymykset olivat avoimia mutta käsiteltävät asiat olivat etukäteen kirjattu. Haastattelujen suunnittelussa tavoitteena oli määrittellä keskusteluaiheet, joiden kautta tuoteteollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyömuodot ja yhteistyön sisältö tulisi esiin vertailukelpoisella tavalla. Tästä syystä haastatteluja varten tehtiin kirjallinen muistilista, mutta keskustelun sallittiin rönsyillä ja palailla. Lisäksi haastateltiin saksalaisen teräsalan T&K-keskuksen teknistä johtajaa Gregor Nüsseä, jonka väitöskirja käsittelee T&K-prosessien johtamista (Nuesse ym 2012).

Laadullisen tutkimusaineiston analyysi oli monivaiheinen ("iteratiivinen kategorisointi tai koodaus"). Analyysissä haettiin tekijöitä, jotka ovat edistäneet tuoteteollisuuden ja tutkimusorganisaatioiden yhteisen tieto- ja osaamis pohjan syntymistä, kehittämistä ja käyttöä sekä valtakunnallisella että yritystasolla. Yliopistoja ja ammattikorkeakouluja pidetään tässä yhteydessä yhteiskunnallisina tutkimusorganisaatioina, mutta niiden opetustehtävän merkitys yhteisen tietopohjan ja toimintakulttuurin syntymiselle on ollut ratkaiseva. Ensimmäisessä vaiheessa nauhoitukset kirjoitettiin suomenkielellä ja käännettiin englanniksi; englanninkieliselle versiolle pyydettiin haastateltavien hyväksyntä, ja tässä vaiheessa tehtiin jonkin verran täydennyksiä ja muutoksia raportin jäsentelyssä. Haastattelut ja tausta-aineistot ryhmiteltiin suuremmiksi kokonaisuuksiksi perusteellisuuden mukaan, ja tällöin teräs- ja yhdistelmärakenteet ja niihin perustuvat tuotteet muodostivat kokonaisuuden. Esimerkkitapausten kertomukset kirjoitettiin sen jälkeen kahden rungon mukaan, toinen kotimaiselle viitekehykselle ja toinen tuote-esimerkeille. Tuote-esimerkkien osalta kokeiltiin myös von Kroghin ym innovaatiojohtamiseen kehittämää matriisia, mutta se on hyödyllisin yrityksen sisäisten tehtävien kehittämiseen ja sopii huonommin teollisuus-tutkimus-yhteistyön arviointiin - tosin ilmapiiriin, puitteisiin, kannustukseen, johtamiseen ja luottamukseen liittyvät tekijät ovat yhteisiä erilaisille onnistuneen yhteistyön muodoille. Perusteellisuuden ympärille muodostunut viitekehys ja esimerkkitapaukset yhdistettiin uudestaan, ja havainnot yhteistyömuodoista ja yhteistyön aikana hankitusta ja käytetystä tutkimuslähtöisestä tiedosta kuvattiin taulukoilla.

Haastattelujen suunnitteluun ja pääosaan haastattelutapahtumista osallistui VTT:tä artikkelin kirjoittajan ohella tekniikan tohtori Meri Viikari. Hän kirjoitti osan haastatteluista nauhoituksista ja osallistui myös laadullisen aineiston ensimmäiseen analysointivaiheeseen. Tekniikan tohtori Guangyu Cao oli haastattelijana ja raportijana yhdessä haastattelussa koskien teräsrakentamista. Tekniikan tohtori Anne Tolman avusti joidenkin esimerkkitapausten tulosten arvioinnissa.

3 Tutkimustulokset

3.1 Yleistä

Suomalaisen teräsrakentamisen kehityshistoriassa tuoteteollisuuden ja tutkimusorganisaatioiden yhteistyöllä on ollut ratkaiseva merkitys. Kun ensimmäisiä teräsrakenteita tuotiin markkinoille, varsinaista rakennusalan koulutusta ei ollut, ei myöskään suomalaisia suunnitteluohjeita. Kun sisäasianministeriö tilasi Teräsrakenneyhdistykseltä suunnitteluohjeiden käsikirjoitukset sekä teräsrakenteita että ohutlevyrakenteita varten 1970-luvulla, tutkimuslaitoksista pyydettiin tutkijoita avuksi. Suunnitteluohjeiden laadinnasta alkoi vuoropuhelu, josta Teräsrakenne-lehden 1980- ja 1990-luvun numerot antavat hyvän kuvan. Suunnitteluohjeita uusittiin useita kertoja ja etenkin 1990-luku oli vilkasta Tekes-ohjelmien aikaa, joissa tutkittiin ja kehitettiin sekä terästuotteita, teräsrakentamista että yhdistelmärakenteita. T&K-hankkeita oli samanaikaisesti käynnissä lukuisia ja yhteistyömuotojen kirjo oli laaja niin virallisissa kuin epävirallisissa yhteyksissä. Merkille pantavaa on myös se että valmistajien laadunvarmistusmenettelyt kehittyivät yhteistyössä tutkimusorganisaatioiden kanssa, kun ulkopuolisen laadunvalvonnan sopimuksia valmisteltiin. Seuraavissa luvuissa on kuvattu joitakin kaikkia teräsrakentamisen asiantuntijoita yhdistäneitä ja jossain määrin edelleenkin yhdistäviä tekijöitä.

Useiden kirjallisuuslähteiden perusteella voitiin myös odottaa että organisaatioiden välisten yhteistyömuotojen lisäksi nousee esiin muutaman henkilön nimi, joilla on ollut erityisen suuri vaikutus alan kehitykselle. Myös Suomessa ja myös teräsrakentamisen kehityksessä näin on ollut. Vaikutusvaltaisia pioneereja on ollut sekä teollisuudessa että T&K-organisaatioissa.

3.2 Teräsrakenneyhdistys ry, muut yhdistykset

Teräsrakenneyhdistys ry:n – TRY – kaiken toiminnan tarkoitus on edistää suomalaista teräsrakentamista ja vahvistaa siihen liittyvää osaamista. TRY:n yritysjäsenet ovat menestyneet melko hyvin, sillä vuoden 1970 liiki nollasta terästuotteiden osuudet kotimaisessa rakentamisessa ovat kasvaneet merkittäviksi. Teräsrakenteiden vienti on yli kolmannes tuotannosta. Myös opetus ja tutkimus ovat kokeneet suuren muutoksen samana aikana, lähtien siitä että 1970-luvun alussa ei ollut kuin yksi opetusmoniste saatavilla suomeksi ja sekin koski sillanrakennusta. TRY:n hallituksessa on yleensä ollut tutkimuslaitosten edustaja, joko yliopistoista tai VTT:ltä.

TRY seuraa yleisellä tasolla kehitystä, joka voi vaikuttaa jäsenten toimintaedellytyksiin kuten standardoinnin suuntaviivat tai rakentamisen tietomallinnus BIM. Yhdistyksen rooli T&K:ssa on samanlainen: innostaminen, auttaminen, tukeminen ja tarvittaessa myös koordinointi. Yhdistyksellä on T&K-strategia, jonka syyskokous on hyväksynyt. Uusimmat esimerkit yhdistyksen koordinoimista hankkeista ovat EnnusTeräs ja Teräsrakentamisen Eurooppalaiset Pelisäännöt, TEP. Finnsteel-ohjelma on esimerkki laajan ohjelman koordinoinnista. TRYn kautta yritykset saattoivat myös rahoittaa diplomitoita ennen vuotta 2005, jolloin verotus muuttui.

TRY on ollut mukana Teräsrakentamisen T&K-päivien järjestäjänä 1980-luvulta asti. Päivät järjestetään parin kolmen vuoden välein, ja nykyisin mukana ovat kaikki suomalaiset tutkimus- ja opetusorganisaatiot. TRY järjestää myös laajalle yleisölle tarkoitettua Teräsrakennepäiviä, jotka aikaisemmin oli kaksi kertaa vuodessa ja nyt järjestetään kerran vuodessa. TRY on järjestänyt ulkomaan ekskursioita noin kerran vuodessa jo pitkään, ja tavoitteena on ollut esitellä suunnittelijoille teräsrakentamisen mahdollisuuksia.

TRY on ollut aika paljonkin mukana Rakentamismääräyskokoelman ja sitä täydentävien suunnitteluohjeiden valmistelussa eri aikoina, viimeksi kun ympäristöministeriö on uusinnut B-sarjaa. B7 ja B6 olivat 1970-luvulla sisäasianministeriön toimeksiantoja TRY:lle. Tehtäviä jaettiin edelleen ja esi-

merkiksi B6:n käsikirjoitus tilattiin tutkijan sivutoimena. Liittorakenteita koskevan B4-osan TRY teki yhteistyössä Betoniyhdistys ry:n – BY - kanssa. Kaikki kansalliset liitteet Eurocode 3:een ja 9:ään ovat nyt TRY:n vastuulla.

Teräsrakennelehdessä julkaistaan alan saavutuksista tietoja ja uutisia, yleensä usein rakennushankkeita ja uutuustuotteita esittelemällä. Siinä on myös ollut jatkuvasti tietoja T&K-toiminnan tuloksista. Teknisiä artikkeleita varten tilaa on nykyisin TRYn kotisivuilla.

TRY järjestää kerran vuodessa opettajien koulutuspäivän, jossa kerrotaan ajankohtaisista asioista. Opettajia on myös tuettu Eurocode-kirjan valmistelussa opetusmateriaaliksi; mukana on ollut kymmenkunta opettajaa sekä yliopiston että ammattikorkean puolelta. Kun opetushallitus uudisti toisen asteen koulutusta muutama vuosi sitten, TRY ja joukko alan opettajia laativat ehdotuksia opetussuunnitelmista.

Teräsrakentamista on käsitelty ja kehitetty muissakin yhdistyksissä, joissa on toiminut sekä erilaisten yritysten ja yhdistysten edustajia että tutkimuslaitosten edustajia. Esimerkiksi Teräsrakenteiden Laatu ry:ssä toimi vuosina 1986 – 1998. Suomen Paloinsinööriyhdistyksen 50-vuotishistoriikki kertoo vilkkaasta toiminnasta ja mielenkiintoista esitelmistä jo 1970-luvulla (esimerkiksi D. Björkholzin esitelmä vuonna 1970 ”Konstruktöörin työstä erikoisesti paloteknisessä mitoituksessa ja teräsrakenteiden suojauksessa”/SPIY 1999).

3.3 Teräsrakenne- lehti

Teräsrakenne-lehteä on julkaistu vuodesta 1978. Ensimmäisen numeron aiheita olivat tyyppihyväksynät, viranomaisohjeet, hitsatut rakenteet, tarjouspyynnöt ja SEV-yhteistyö. Kerrostalojen rungot todettiin tuolloin haasteeksi. Pääkirjoituksessa mainittiin että yritysjäseniä oli 50 ja henkilöjäseniä 250 ja että henkilöjäseninä on ”useita viranomaisia ja opetus- ja tutkimushenkilöitä”. Edelleen siinä todettiin, että TRY:n päätehtäviin kuuluu teräsrakentamisen tutkimus- ja kehitystehtävien koordinointi.

Lehden ulkoasu ja taitto ovat pysyneet kutakuinkin muuttumatta noin viimeiset 15 vuotta. Lehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa, ja sen painosmäärä on yli 10000. Se on yksi niistä ammatillisista lehdistä, jotka sisältyvät Rakennusinsinöörin Liitto ry:n – RIL - jäsenetuihin.

Lehti on perustamisestaan lähtien julkaissut runsaasti tietoja T&K-toiminnasta, ohjelmista ja tuloksista. 1970-luvulla laadunvarmistus, rakenteellinen turvallisuus, suunnittelumenetelmät ja standardointi olivat tärkeitä. Pohjoismainen yhteistyö suunnittelumenetelmien kehityksessä oli tärkeä uutisaihe. Eurooppalaisten konferenssien antia ja European Convention for Constructional Steelwork ECCS:n teknisten komiteoiden ja työryhmien työtä esiteltiin. Seuraavat tuotteet esiteltiin lehden lukijoille vuosien varrella: perustukset ja teräspaalut, runkorakenteet (liittopilari, rakenneputket, WQ- ja CWQ-palkkijärjestelmät, ristikkorakenteet ja hitsatut profiilit), sandwich-elementit, julkisivuverhoukset (Liberta julkisivukasetit, julkisivulamellit, Design-profiilit ja matalat poimulevyt), esivalmistetut ulkoseinäelementit, esivalmistetut kattoelementit, kevytorret, kantavat poimulevyt, pientalojen teräskatot ml. sadevesijärjestelmät, kattoturvatuotteet sekä suojapellitykset ja tarvikkeet, rakennustyyppiokohtaiset ratkaisut (areenat, terminaalit, hallit, voimalaitokset, toimistorakennukset, varastot, logistiikkakeskukset, liiketilat, maatalous- ja kevytteollisuusrakennukset sekä asunrakentaminen), mitta- ja detaljipiirroksot. Rakentamisen ja suunnittelun tietomallinnus on ollut aiheena 1990-luvulta alkaen. Teräskennoihin perustuvat Neapon moduulit esiteltiin 2008 (nro 1) ja myöhemmin. Metallirakenteiden tutkimuskeskuksen viides toimintavuosi huomioitiin 2009 (nro 3).

3.4 Pohjoismainen ja eurooppalainen yhteistyö

Pohjoismaisen yhteistyön ja pohjoismaisten – erityisesti ruotsalaisten - mallien merkitys oli suuri suomalaisen teräsrakentamisen alkuvaiheissa. Pohjoismaissa koottiin vuosina 1960-1990 yhteisiä pohjoismaisia normeja NKB:n toimesta (Nordiska komiten för byggbestämmelser). Silloin saatiin aikaan mallinormeja, joita käytettiin kansallisten normien teossa; jotkut koestusnormit ovat vieläkin käytössä, jotka ovat peräisin tältä ajalta (Heinisuo 2007). Suomen ensimmäiset teräsrakenteiden ja teräsohutelvyrakenteiden suunnitteluohjeet lähes kopioitiin Ruotsista: Rakentamismääräyskokoelman osa B7 tuli voimaan vuonna 1974 ja B6, Teräsohutelvyrakenteet vuonna 1976; ohjeita on myöhemmin uusittu useita kertoja.

Pohjoismaisten teräsrakenneyhdistysten välillä on edelleen yhteistyötä, ja mm. kestävä rakentaminen on uusi alue. Pohjoismaisia teräsrakentamisen konferensseja on järjestetty kolmen vuoden välein vuodesta 1970 alkaen (NSCC 2001); tosin 1980-luvulla oli pitkä tauko. Konferenssien suosio ja Pohjoismaiden ulkopuolelta saapuvien osanottajien määrä ovat kasvaneet jatkuvasti. Pohjoismaisilla markkinoilla on myös edelleen iso painoarvo viennissä.

TRY:n kautta monet tutkijat ja teollisuuden edustajat ovat osallistuneet ECCS:n teknisten komiteoihin ja työryhmiin, joissa on kehitetty eurooppalaisten suunnitteluohjeita ja parhaita käytäntöjä. Osa ECCS:n julkaisuista vaikutti suoraan suomalaisiin menettelytapoihin, mutta merkittävämpää on että niiden kautta on myös voitu vaikuttaa suomalaisten ratkaisujen hyväksymiseksi.

3.5 Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT

VTT:llä toimi 1970-luvulla neljä suhteellisen itsenäistä laboratoriota rakenteiden T&K:ta varten: betoni- ja silikaattitekniikka, rakenteiden mekaniikka, puutekniikka ja palo; teräs- ja yhdistelmä-rakenteiden tutkimus keskittyi rakenteiden mekaniikan laboratorioon (myöhemmin rakennetekniikka) ja hyvin aikaisessa vaiheessa myös palolaboratorion toimintaa kohdennettiin teräsrakenteisiin. Lisäksi oli useita muita laboratorioita rakennustuotantotekniikan, rakennusmateriaalien, teknisten järjestelmien ja yhdyskuntarakenteen tutkimukseen. Laboratorioiden tutkijaresurssit ja laitekanta kasvoivat erityisesti 1980-luvulla; tutkimustoiminnassa kokeellinen osuus oli merkittävä eikä tietokoneita käytetty juurikaan ennen 1980-luvun loppua. VTT:n organisaatorakenne alkoi voimakkaasti muuttua 1990-luvun alussa, ja johtaminen kohdistui laajempiin kokonaisuuksiin. Vuoden 2006 organisaatiomuutoksessa rakennusalan kokeellinen tutkimus siirtyi lähes täydellisesti uuden VTT Expert Services Oy:n osaksi. T&K-toiminta keskittyy nykyisin kahteen osaamiskeskukseen, joista toinen kattaa rakenteiden toimivuuden ja turvallisuuden sekä palotekniikan ja toinen rakennusteknologian ja tekniset järjestelmät, energia- ja ekotehokkuuden sekä tieto- ja viestintätekniikan sovellukset.

3.6 Teräsrakennetekniikan korkeakouluopetus ja -tutkimus

Teräsrakenteiden suunnittelijoita saatiin Suomessa kolmesta korkeakoulusta ennen kuin oppituoli perustettiin Teknilliseen korkeakouluun: Lappeenrannassa (professori Niemi) ja Otaniemessä kone- ja rakennustekniikan oppituolit ja Tampereella talonrakennustekniikan oppituoli antoivat tarvittavaa perusopetusta (professorit Mehto ja Pynnönen). Lappeenrannan teräsrakenteiden ja hitsaustekniikan opetusta ja tutkimusta esiteltiin mm Teräsrakenne-lehdessä 3/1982. Tampereen teknillisen korkeakoulun Teräskerros-talotutkimusta vuosina 1987-1989 esiteltiin mm Teräsrakenne-lehdessä 3/1990.

Vuonna 1981 Teräsrakenneyhdistys ry lahjoitti Teknilliselle korkeakoululle varat teräsrakenteiden professorinviran perustamista varten. Sitä ennen opetusta oli annettu hajautettuna rakennus- ja

koneosastoissa ja rakennusosastossa pääasiassa sillanrakennuksen yhteydessä (Julkunen 2008). Ensimmäisen kerran oppituolin perustamista oli kuitenkin ehdotettu jo yli kymmenen vuotta aiemmin. Professuuri perustettiin asetuksella vuonna 1984, mutta virantäyttö pysähtyi vuosiksi.

Teräsrakennetekniikan opetus alkoi oman oppituolin puitteissa Teknillisessä korkeakoulussa vuonna 1987, jolloin tekn.tri Pentti Mäkeläisestä tuli ensin vt. professori ja vuodesta 1989 alkaen professori. Hän jäi eläkkeelle vuonna 2012. Hänen aikanaan valmistui 56 diplomityötä vuodesta 1988 alkaen. Vuodesta 1988 vuoteen 2007 valmistui lisäksi seitsemän lisensiaattityötä ja seitsemän tohtorin väitöskirjaa (Julkunen 2008). Ennen alan omaa professuuria, teräsrakenteisiin liittyviä opinnäytetöitä tehtiin useimmiten rakenteiden mekaniikan oppituolissa: vuodesta 1981 alkaen yhteensä 33, ja sitä ennenkin valmistui useita mm sandwich-elementteihin liittyviä töitä. Talonrakennustekniikan oppituolissa tehtiin etenkin liittolaattojen toimintaan liittyviä tutkimuksia ja opinnäytetöitä 1990-luvulla ja 2000-luvun alkupuolella. Yhdistelmä rakentamisen nopeaa tuotantotekniikkaa kehitettiin ”rakentamistalouden” oppituolissa, ja aiheesta valmistui myös useita diplomitöitä.

Tampereen teknillinen korkeakoulu sai oman oppituolin vuonna 2004, kun tekn.tri Markku Heinisuo nimitettiin metallirakenteiden professoriksi. Professuuri on yksi Seinäjoen kaupungin, lähialueen kuntien ja seudun yrittäjien lahjoittamista uudentyyppisistä viroista. Hämeenlinnan seutu liittyi mukaan vuonna 2008. Ensimmäisen neljän toimintavuoden aikana valmistui kymmenen diplomityötä (Heinisuo 2008). Professorin ensi sijainen tehtävä on tutkimuksen järjestäminen ja ohjaus sekä tutkimustiedon välittäminen yrityksille.

Teräsrakennetekniikan opetusta ja tutkimusta on myös Oulun yliopistossa ja ammattikorkeakouluissa (mm Metropolia, Hämeenlinna, Tampere, Turku, Saimaa). Hämeenlinnan Ammattikorkeakoulun Ohutlevykeskus on toiminut yli kymmenen vuotta.

3.7 Julkiset yhteisrahoitteiset ohjelmat

TEKES (nykyisin teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus) perustettiin vuonna 1983. Sen tarjoamia rahoituspalveluja yritykset ovat käyttäneet alusta pitäen sekä omaan tuotekehitykseensä että muutamia vuosia myöhemmin myös yhteisiin ohjelmatyyppeihin hankkeisiin. Michelsen (1993) toteaa, että ”TEKES sitoi teollisuuden tutkimusjärjestelmän osaksi”. Yrityshankkeissa on voinut olla alihankintaa tutkimusorganisaatioilta. Teräs- ja yhdistelmä rakenteiden kehittämistä on tehty yksittäisten hankkeiden lisäksi kahdessa teknologiaohjelmassa, jotka molemmat valmisteltiin teollisuuden aloitteesta ja pitkälti myös teollisuuden asettamien tavoitteiden mukaisesti. Tosin VTT oli vahvasti mukana FinnSteelin valmisteluvaiheen työpajoissa.

TEKESin Finnsteel-ohjelman käynnistivät ja toteuttivat Rautaruukki, Tampella Power (myöhemmin Kvaerner Pulping Oy) ja Teräsrakenneyhdistys TRY. Ohjelmalla oli kuuden hengen ohjausryhmä, jossa oli kaksi VTT:n edustajaa. DI Jouko Kouhi VTT:ltä nimettiin koko ohjelman vetäjäksi, jolloin hänen työpisteensä siirtyi väliaikaisesti TRY:n tiloihin. Ohjelman tavoitteena oli suomalaisen teräsrakentamisen kansainvälisen kilpailukyvyn parantaminen kehittämällä uusia rakenteellisia järjestelmiä ja niihin liittyviä tuotteita. Loppua kohti tavoitteita täydennettiin korostamalla tiedonhallintaa ja tuotteiden ja toimitusten alihankintaketjuja (Tekes 2001^b).

Viiden vuoden ohjelmassa vietiin läpi 54 hanketta, joiden yhteenlaskettu kustannus oli 10 miljoonaa euroa. Niihin otti osaa 80 organisaatiota, jotka olivat yrityksiä ja tutkimuslaitoksia. Julkisia raportteja, esityksiä ja artikkeleita julkaistiin 168. Ohjelman valmistelussa käytiin laaja keskustelukierros alan tulevaisuudesta, mikä osittain selittää suuren osanottajamäärän. Kolme teknologia-aluetta oli tunnistettu tärkeiksi uusiutumisen lähteiksi, ja ne olivat materiaalit ja tuotanto, elektroniikka- ja automaatio sekä tieto- ja viestintä (Tekes 2001^b).

Verkottumista ja yhteistyötä kiitetään loppuraportin yhteenvedossa, ja sen merkitys etenkin pk-sektorille nähdään suurena. Kaikki suomalaiset yliopistot ja VTT osallistuivat ohjelmaan. Kansallisen yhteistyön ohella eurooppalaisia Hiili- ja teräsunionin rahoittamia hankkeita oli samaan aikaan käynnissä kymmenen. Termorankaan perustuvaa asuinrakentamista tutkittiin sekä kansallisissa että eurooppalaisissa projekteissa (Tekes 2001^a). Ohjelman raporteissa luetellaan useita tuotteita, joita kehitettiin: termo- ja akustoranka, pitkän jännevälän liittorakenteet, julkisivutuotteet, parvekejärjestelmä ja moduuliratkaisut hissi- ja porrastorneille. Täysin automaattisen teräsristikon valmistusta tuettiin myös. Monet hankkeet tutkivat myös työmaaprosesseja kuten asennusta, modulaarisuutta ja rakennettavuutta, ja niiden vaikutuksia tuotekehitykseen.

Ohjelman arviointiraportin mukaan 35%:ssa projekteista kehitettiin tuotteita ja järjestelmiä, mutta Rautaruukin projekteista tähän ryhmään kuului 50%. (Tekes 2001^a). VTT koordinoi projekteista 42%, ja TRY 26%.

Tekesin Yhdistelmä rakenteet – teknologiaohjelma toteutui Ruduksen ja Rautaruukin aloitteesta ja koordinoimana vuosina 1995-2000. Pääosa T&K-hankkeista tehtiin Teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan oppituolissa.

Eurooppalaiset julkiset T&K-rahoituksen lähteet avautuivat suomalaisille 1980-luvun puolivälissä ensin EUREKA-yhteistyösopimuksen kautta. SimSteel-projekti oli ensimmäinen EUREKA-projekti (130), jossa Suomi on ollut mukana. Siinä kehitettiin teräsrakentamisen mallintamisen perussääntöjä. Myös tutkijoiden verkottumista tukeva COST-ohjelma avautui, ja Suomi liittyi v 1991 Action C1:een ”Control of the semi-rigid behaviour of civil engineering structural connections”. Vuodesta 1995 Research Fund for Coal and Steel RFCS (aiemmin ECSC) on ollut tärkein osarahoittaja, ja Tutkimuksen Puiteohjelmiin osallistuminen on ollut satunnaista; sandwich-elementtien hanke ”EASIE” on uusin esimerkki. VTT:n Business Intelligent-raporttien mukaan esimerkiksi Rautaruukki oli osallistunut 26 rakennusalan EU-projektiin vuoteen 2012 mennessä, ja niistä suurin osa oli RFCS:ssa kuten ACOUSVIBRA (High quality acoustic and vibration performance of lightweight steel constructions), DRYCONDIS (Disseminations of the knowledge in the use of steel intensive dry construction systems in housing), EEBIS (Energy-efficient buildings through innovative systems in steel), PROSSUS (Promotion of steel in sustainable and adaptable buildings), INPREST (Integrated pre-fabricated steel technologies for the multi-storey sector) ja NEWEU (Dissemination of steel-based new renovation technologies into growing new EU markets).

RYM Oy on vuonna 2009 perustettu rakennetun ympäristön SHOK-yhtiö (<http://www.rym.fi/yritys/>). Se on kiinteistö- ja rakennusalan huippuosaamisen pääomasijoitusyhtiö, jossa on 53 osakasta mukaan lukien myös yliopistoja ja VTT. Yhtiön tehtävänä on sijoittaa yritysten ja julkisten innovaatio-rahottajien rahoitusta ja tietotaitoa alan kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta tärkeimpiin tutkimusaiheisiin. Yhteisen strategisen huippututkimuksen avulla synnytetään ylivoimaista maailmanluokan osaamista rakennetun ympäristön koko elinkaarelle. RYM Oy:n toimintamuotoja ovat: ennakointitiedon tuottaminen, tutkimusrahoituksen hankinta ja kehittäminen, tutkimusohjelmat valituilla keihäänkärkialueilla, Living Labit tutkimustulosten testialustoina, verkottunut kansainvälinen toiminta, tiivis yhteistyö muiden SHOK-yhtiöiden kanssa ja avoin ja monikanavainen viestintä.

3.8 Suomalaisen teräsrakentamisen kehitys ja yhteinen T&K-viitekehys

VTT:n hankkeen tuloksista esitetään tässä yhteydessä vain yhteenvedotaulukot. Taulukossa 1 on yhteenvedo tuoteteollisuuden ja tutkimusorganisaatioiden yhteistyömuodoista eri esimerkkitapauksissa. Taulukossa 2 on yhteenvedo soveltavan tutkimuksen alueista, joita tuoteteollisuus on tarvinnut tutkimusorganisaatioilta teräs- ja yhdistelmä rakenteiden ja niihin perustuvien tuotteiden kehitysvaiheissa 1970-luvulta alkaen.

Taulukko 1. Yhteenveto tuoteteollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyön muodoista teräsrakentamisen kehityshistorian aikana Suomessa 1970-luvulta alkaen.

Hiljaisen tiedon jakaminen - toimintakulttuuri	Tuotekehitys ja kaupallistaminen	Käyttö rakennuskohteissa; jatkuva kehitystyö
TRY:n työryhmät TRY:n kurssit Pohjoismaiset yhdistykset ja muu yhteistyö ECCS:n työryhmät CIB:n työryhmät Teräsrakentamisen T&K-päivät Yhteistyösopimukset ja -ohjelmat Yhteistyöprojektit: T&K, demonstraatiot, disseminaatio Tekes-projektien johtoryhmät Koulutusaineisto, mapit, neitit Yhteiset artikkelit Lahjoitusprofessorit, dosentit Laaduntarkastusyhdistys ry DI työt, ohjaajia yrityksistä Väitöskirjat yhteishankkeissa Opiskelijoiden palkkaus Strategia-työryhmät/ tilaisuudet Työvoiman siirtymiset eri organisaatioiden kesken Työvoiman siirtymiset tutkimusorganisaatioiden välillä Lyhyet vierailut puolin ja toisin Ekskursiot Konferenssit (NSCC, EuroSteel ym) ESTEPin työryhmät TeräsLubi, MetNet	Teollisuuden erilliset tilaustutkimukset erillisistä aiheista (rahoitus joko Tekesiltä tai omana rahoituksena) FinnSteel-ohjelman T&K-hankkeet joissa soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä samanlaisesti RFCS-projektit, joissakin myös tuotekehitystä sisällä Yhteiset kehitystiimit jossain kehitysvaiheessa Yhteiset tuotekehityshankkeet teollisuusvetoisesti Yritykset osallistuvat tutkimustehävien suunnitteluun ja kokeelliseen tutkimukseen (koekappaleiden valmistus, läsnäolo koetilanteissa) Suunnitteluohjeiden kehittäminen Tyyppihyväksyntäaineiston koaminen Lausunnot Yhteiset markkinointiponnistukset (esitelmät, artikkelit) Vapaaehtoisessa sertifiointissa avustaminen Laadunvarmistuksen suunnittelu EOTA-prosessit	Tilaustutkimukset (käyttöalueen/tuotteen muutokset) Yhteistyöprojektit (Tekes, EU, RFCS) Ulkomaiset suunnittelu- ja hyväksyntäaineistot Eurooppalaiset suunnitteluohjeet, Eurokoodit – opetukseen ja tutkimukseen CEN-standardoinnin kehitys, erityisesti tuotestandardit EOTA-työryhmät ECCS:n ja CIB:n työryhmät Kirjalliset lausunnot Asiantuntijana yrityksen neuvottelutilanteissa

Taulukko 2. Yhteenveto soveltavan tutkimuksen alueista tuoteteollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyössä 1970 - luvulta alkaen.

Aika	Tuote, tuoteperhe, tuotetyyppi;	Teollisuus-tutkimus-yhteistyö: Soveltavan tutkimuksen alue
< 1970	Yksittäisiä teräsrakenteita Ohutlevyt verhoilutuotteita, vesikatot	
1970-luku	Ohutlevyt kantaviksi rakenteiksi Teollisuushallien yläpohjat Rakentamismääräyskokoelman osa B6, teräsohutlevyrakenteiden suunnitteluohjeet	Rakenteiden mekaniikka: Taivutettujen ohutlevyjen laskentamallit, pistekuorman kestävyys ja jatkuvat rakenteet; kokeelliset tutkimukset, pohjoismaiset koemenetelmät

	<p>Polyuretaani ja polystyreeni-ytimiset sandwich-elementit, useita valmistajia</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka: Taivutettujen elementtien laskentamallit; kokeelliset tutkimukset, koemenetelmät Materiaalitekniikka: pitkäaikaistoimivuus Rakennusfysiikka: lämmöneristys Valmistustekniikka: liimaus ym, laadunvarmistus</p>
	<p>Suomalaiset liittolaatat, teräsosien valmistajia 2-3</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka: mitoitusmallit ja kokeellinen tutkimus, erityisesti liitoksen toiminta käyttö- ja murtorajatiloissa</p>
1980-luku	<p>Jatkuvat ohutlevyrakenteet Kantavat orret Muotolevyt ulkoseiniin, elementointi Rangat</p> <p>Suunnitteluohjeiden uusinta</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka: suunnittelumenetelmien laajentaminen eri tyyppisille rakenteille ja käyttötapoihin; kokeelliset ja teoreettiset tutkimukset Palotekniikka, ulkoseinäelementtien osalta Materiaalitekniikka: pintakäsittelyt Rakennustuotantotekniikka: elementit</p>
	<p>Isora- ja Keve-elementit esiteltiin Teräsrakenne-lehdessä 4/1987</p> <p>Villaytiminen sandwich-elementti; rakenteellinen villa ja liimaustekniikka kehitettiin valmistajan omassa t&k-keskuksessa</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka, palotekniikka, rakennusfysiikka, valmistustekniikka (laadunvarmistus): kuormituskokeet, materiaalikokeet, pitkäaikaistoimivuuden kokeet, muovien vanheneminen</p> <p>Rakenteiden mekaniikka: villaytimisen elementin kuormituskokeet ja laskentamallit Materiaalitekniikka: rakenteellisen villan vanheneminen Valmistustekniikka: laadunvarmistus Palotekniikka: polttokokeet</p>
	<p>Homecon ja PeVa esiteltiin Teräsrakenne-lehdessä 3/1980</p> <p>Teräspalkki laatan alapuolella – ratkaisut</p> <p>BY26 vuonna 1989</p>	<p>Talonrakennustekniikka: liittolaattapohjan rakennusprosessi</p> <p>Rakenteiden mekaniikka: liittopalkin toiminta ja analysointi tietokoneohjelmalla</p>
1990-luku	<p>Pientalo-konseptit Kerrostalo-konseptit (edellä aikaansa) Termoranka ja siihen perustuvat elementit Metallikasetit julkisivujen korjauksiin Ohutlevyjen liitostekniikat Teräsrakenteiden käyttöikäsuunnittelu Kennolevy AWS-ranka osastoiviin seiniin</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka, talonrakennustekniikka, rakennustuotantotekniikka ("rakentamistalous"), betoniteknologia, teräsrakennetekniikka, rakennusfysiikka, palotekniikka, akustiikka Tekes-ohjelma FinnSteel, tuotekehitys – ja soveltavan tutkimuksen yhteistyöprojektit: laboratorioskokeet, mallinnus, kohteiden monitorointi</p>
	<p>ECCS No 66 Preliminary European Recommendations for Sandwich Panels", 1990 Villaytimisen sandwich-elementin valmistajia lisää Suomessa ja ulkomailla</p>	<p>Rakenteiden mekaniikka: jatkuva rakenne, pitkäaikaistoimivuus, ripustukset, liitokset ym</p>
	<p>BY 36</p> <p>Uudistettu Holorib (Teräsrakenne 4/1992)</p>	<p>FinnSteel-teknologia-ohjelma Rautaruukin, Tampella Powerin ja TRY:n valmistelemana</p> <p>Yhdistelmärakenteet-teknologia-ohjelma Rautaruukin ja Ruduksen yhteistyönä: Rakenteiden mekaniikka: liittolaatan liitoksen toiminta, mitoitusperusteet, halkeilleen rakenteen jäykkyys Betoniteknologia: betonin kuivuminen, halkeilu</p>

	Matalapalkit, useita valmistajia ja ratkaisuja – pääasiallisesti ontelolaattavälipohjaan Deltapalkin tuotekehitysprojekti	Rakenteiden mekaniikka: tyyppihyväksyntäkokeet ja tuotekohtaiset mitoitusmallit; Isot matalapalkkien laatastokokeet; analysointi- ja suunnitteluohjelmistot Palotekniikka: polttokokeet Talonrakennustekniikka: työmaaprosessit
	Tampereella Hallilan asuinkerrostalo v. 1991 teräsrunkoisina ja julkisivut teräsohutellevyjä, osittain tilaelementtejä	Asukastyytyväisyys-tutkimus
2000-luku	Valmistusteknologia automatisoituu Ohutpinnoitteet, maalipinnoitus Julkisivukasetit	Materiaalitekniikka, Pinnoitteet Rakennusfysiikka, kosteuden- ja lämmönsiirtymisilmiöt, lämmöneristys
	Sandwichien CEN tuotestandardi (2006 valmis, voimaan neljä vuotta myöhemmin)	Standardi EN 14509 – sisältää suunnitteluohjeet ja näin poikkeaa muista tuotestandardeista Palotekniikka: polttokokeet Energiatehokkuus-hankkeet kotimaassa ja RFCS:ssä
	Teräskuitubetoni liittorakenteissa Matalapalkit- yhdistelmäjärjestelmä	Betonitekniikka, ominaisuudet ja työtekniikat Rakenteiden mekaniikka
	Teräsmoduulirakentaminen: kennolevyteknologiaan perustuva moduulirakentaminen - tehtaalla mahdollisimman valmis, ei runkoa Energiatehokas teräshalli	Liiketoimintatutkimus, rakennuksen tekniset ominaisuudet, pilot-hankkeet Akatemian Kestävä Energia- tutkimusohjelma, energiatehokkuus osa-alue 2008-11
2010-luku	Ohutelvyrakenteiden valmistus pk-sektorille	
	Elementtien CE-merkintä Elementtien lämmöneristävyys, paksut elementit, liitosdetaljiikka Ekotehokas mineraalivillaytiminen sandwich	Elinkaaritarkastelut: materiaalien ja rakennusosien kierrätys ja uudelleenkäyttö
	Teräsmoduulirakentaminen Energiatehokas teräsrakennus Muuntojoustava ”shopping centre”	Rakennuksen tekninen kokonaistoimivuus Rakennuksen energiankulutuksen kokonaismallinnus ja simulointi

”Raskaiden teräsrakenteiden” kehitys ei sisältynyt esimerkkitapauksiin, mutta mm. teräslaatuojen kehitys oli merkittävää tarkastelujakson aikana. Teräspaalut ja myöhemmin ns. ecopaalut olisivat hyvin voineet myös valikoitua yhdeksi esimerkkitapaukseksi.

Teräsohutellevyihin perustuvista tuotteista termorankaiset julkisivuelementit ovat menestyneet josain määrin kerrostalorakentamisessa, mutta alkuperäinen kohde pientalorakentaminen ei ole saanut juurikaan jalansijaa. Etenkin rivitalojen osastoihin seiniin tarkoitettu AWS-ranka ja –elementit poistui valmistuksesta suhteellisen nopeasti, sillä markkinoilla olevat ratkaisut olivat lopulta kilpailukykyisempiä. Varsinaisista ohutelvytuotteista vesikatot ovat vahva markkina-alue. Miineraalivillaytimiset sandwich-elementit ovat olleet suuri suomalainen menestystarina.

Betoni-teräslittolaatat eivät erinomaisista tartuntaominaisuuksistaan huolimatta ole menestyneet kilpailussa ontelolaattateknologian kanssa. Teknologisesti erilaiset uutuustuotteet ovat olleet erinomaisia, mutta markkinoilla se ei ole riittänyt, vaikka osa teknisistä ominaisuuksista vastaa myös käyttäjien tarpeisiin, esimerkiksi välipohjien äänieristys. Kerrostalorakentamisessa koneiston sopeutuminen totuttuihin työtekniikoihin on ehkä suurin hidaste muutoksille, mutta suuri tekijä on myös se että rakennuskustannusten kokonaisuus katoaa näköpiiristä kun kilpailutetaan pieniä osia kerrallaan. Yhdistelmäarakentamisessa menestyksekkäin tuote on Deltapalkki kiitos sen tarjoamista eduista joita ovat mm. matala välipohjan rakennekorkeus ja lähes tasainen alapinta. Ratkaisu menestyy hyvin myös kansainvälisillä markkinoilla.

Rakennustuotteiden tuotekehityksessä on tarvittu ja tarvitaan useita soveltavan tutkimuksen alueita, ja tutkimusorganisaatiot ovat tuottaneet merkittävän osan uudesta tiedosta. 1970-luvulta alkaen rakenteiden mekaniikan, hitsaustekniikan ja talonrakennusteknologian osaamisten varaan kehitettiin vaativien rakenteiden suunnitteluperusteet. Kokeellinen tutkimus on ollut tärkeä osa T&K:ta, mutta 1980-luvun loppupuolelta alkaen mallinnus- ja simulointityökalujen kapasiteetit ja ohjelmistot ovat tulleet avuksi. Rakenteiden ja materiaalien käyttäytyminen ja kestävyys palossa ovat myös olleet samanveroinen tutkimusalue. Rakennusosien akustiset ja lämpötekniset ominaisuudet nousivat uusiksi T&K-alueiksi samalla kun yksittäisten terästuotteiden osista siirryttiin kehittämään suurempia kokonaisuuksia. Rakennusfysiikan merkitys on energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa kasvanut. Esimerkkitapausten perusteella voi myös vetää sen johtopäätöksen, että tuotevalmistajien tuotekehityshakuisuus on luonut tarpeen uudelle tutkimustiedolle ja edistänyt tutkimusmenetelmien ja –osaamisen kehittämistä. Tuotekehitys on myös luonut tarpeen uusien standardien ja tuotekohtaisten hyväksyntöjen kehittämiseksi.

Soveltavan tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat ovat olleet matemaattisesti ja mallinnusteknisesti hyvin vaativia, ja yhteisymmärryksen saavuttaminen on osoittanut kahdessa esimerkkitapauksessa osoittautunut vaikeaksi jopa tutkijoiden kesken saati sitten yritysten ja tutkimuslaitosten välillä, toinen tapaus tosin Saksasta. Enemmän haastatteluissa korostui kuitenkin yhteisymmärrys ja keskinäinen arvostus. Tutkijoille on ollut tärkeää että yrityksissä on läheistä asiantuntemusta ja yrityksille on tärkeää että tutkimusorganisaatioissa ymmärretään rakentamisen käytäntöjä. Yhtenä taustatekijänä voi pitää myös sitä että useilla avainhenkilöillä on työkokemusta sekä tutkimuslaitosten, tuotevalmistajien ja suunnittelutoimistojen palveluksessa.

4 Johtopäätökset ja yhteenveto

Teräsrakentamisen kehitykselle tärkeitä tekijöitä ovat olleet teräsrakenteiden ja teräsohutellevyjen kotimainen valmistus ja jatkojalostus sekä Tekesin tuella toteutetut T&K-ohjelmat. Teräsrakenneyhdistys ry perustettiin vuonna 1971 ja sen toiminnassa teollisuuden ja tutkimusorganisaatioiden edustajat ovat kohdanneet toimikunnissa, T&K-päivillä, kursseilla, työryhmissä, matkoilla ja tapahtumissa. Teräsrakenne-lehden ensimmäinen numero ilmestyi 1978. Näiden merkitys yhteisen tietojen ja osaamis pohjan syntymiselle on ollut suuri. TRY:n rooli T&K-toiminnan koordinoimisessa yhdisti vahvasti alan toimijoita, ja tiivis vuorovaikutus loi melko yhtenäisen toimintakulttuurin 1990-luvun loppupuolelle asti. Haastatteluissa ei juurikaan viitattu eroihin yritysten T&K-toiminnan ja tutkimusorganisaatioiden välillä, mihin vaikuttaa todennäköisesti myös se, että tutkimustuloksille on yleensä ollut myös välitöntä käyttöä tuotehyväksynnöissä ja suunnittelumenetelmien ja –työkalujen kehittämisessä. Alalla on myös pitkälti säilytetty yhteistyö kotimaisten tutkimusorganisaatioiden kanssa, ja näin myös pitkäjänteisemmin turvataan se että tuoteteollisuus voi saada uusinta tietoa ja uudistaa myös omia voimavarojaan.

Yritysten ja tutkimusorganisaatioiden käytännön yhteistyön muodot ovat olleet samanlaisia kuin on aiemmin tunnistettu muiden teollisuudenalojen vastaavissa tutkimuksissa. Ala on teettänyt kymmeniä opinnäytetöitä tiedekorkeakouluissa, ja viime aikoina myös ammattikorkeakoulujen opinnäytetöitä on avustettu. Niitä on tehty toimeksiantoina tai yhteisrahoitteisissa hankkeissa. Väitöskirjätöitä on tehty sekä teräs- että yhdistelmä rakenteista, ja ne ovat olleet tärkeitä etappeja suomalaisten ratkaisujen kehittämisessä. Erityisesti matalapalkkien tuotekehitys loi uuden soveltavan tutkimuksen alueen, josta on syntynyt konferenssiesityksiä ja tieteellisiä julkaisuja parinkymmenen vuoden ajan.

Rakennustuotteisiin kohdistuva soveltava tutkimus on usein teoreettisesti vaativaa ja pitkäkestoista vaikka se onkin lähellä markkinoita. VTT:n hankkeessa tarkasteltiin useita esimerkkejä, joissa innovaatioprosessien kokonaiskesto on kymmeniä vuosia, vaikka varsinainen tuotekehitysprojekti on

kestänyt puolesta vuodesta kahteen vuoteen ja saattanut vieläpä sisältää uuden tuotantolaitoksen ja yrityksen perustamisen. Pitkäkestoisissa prosesseissa on laajennettu tuotteen käyttöaluetta tai – tapaa ja kehitetty yleispäteviä suunnittelumenetelmiä: toisin sanoen tuoteinnovaatiot johtavat säästöjen kehittymiseen.

T&K-toiminta edellyttää henkilö- ja rahoitusresursseja kaikissa vaiheissa. 1970- ja 1980-luvuilla resursseja oli sekä tutkimusorganisaatioissa, pk-sektorissa että suurissa yrityksissä. Suomalaisten yritysten uudelleenjärjestelyt 1990-luvun alussa ja vuosien 2008/2009 talouden notkahdus ovat yleisesti ottaen heikentäneet yritysten T&K-toiminnan resursseja merkittävästi. Samanaikaisesti myös tutkimusorganisaatioiden kilpailutilanne on kansainvälistynyt. EU:n suunnittelujärjestelmä, Eurokoodit, ja Rakennustuoteasetuksen edellyttämä CE-merkintä ovat rasittaneet etenkin pk-sektoria. Tuotekehitykseen on käytettävissä vain pienet resurssit muissa kuin sellaisissa yrityksissä joissa on tavoitteena uudistaa tuotteita ja toimintaa jatkuvasti jotta voidaan turvata myös kasvu.

T&K-toiminnassa on tapahtunut mielenkiintoinen siirtymä avoimuudesta ja tiedonjakamisen yhteisöllisyydestä kohti ydinosaamisen suojaamista, etenkin niissä yrityksissä, joissa on T&K-yksikkö ja teknologia- tai innovaatiostrategia. Mitä lähempänä tuotekehitysvaihetta yrityksen innovaatioprosessi on, sitä tarkemmin projektinjohto tapahtuu yrityksestä käsin. Todennäköisiä syitä ovat kansainvälinen kilpailu ja yritysten oman osaamispuheen vankistuminen.

Kiitokset

Tekes on rahoittanut VTT:n tutkimushanketta (nro 40479/20).

Tapio Aho, Guangyu Cao, Paavo Hassinen, Markku Heinisuo, Antti Helenius, Lars-Henrik Heselius, Dick Karlsson, Jyrki Kesti, Jouko Kouhi, Soile Koukkari, Jorma Kyckling, Petteri Lautso, Raimo Lehtinen, Taru Leinonen, Matti Leskelä, Pentti Lumme, Tarmo Mononen, Pekka Nykyri, Simo Peltonen, Arto Ranta-Eskola, Juhani Syrjä, Anne Tolman, Meri Viikari

Viitteet

- CPR. 2011. Construction Product Regulation. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. At <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:EN:PDF>
- Dutrénit G., De Fuentes, C. & Torres, A. 2010. Channels of interaction between public research organisations and industry and their benefits: evidence from Mexico. *Science and Public Policy*, 37(2010)7, pp. 513–526
- Ecorys 2010. FWC Sector Competitiveness Studies – Sustainable Competitiveness of the construction Sector. Draft Final Report. Available at http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/files/compet/sustainable_competitiveness/fwc-draft-final-report_en.pdf
- Gann D.M. 1997. Should governments fund construction research? *Building Research and Information* 25(1997)5, pp. 257-267.
- Gray, D.E. 2009. *Doing Research in the Real Worlds*. 2nd Edition. Sage Publications Ltd. ISBN 978-1-84787-337-8.
- Gustafsson, R. 2010. *Awareness, Institutional Entrepreneurship, and Contradictions in the emerging technological fields*. Helsinki University of Technology, Department of Industrial Engineering and Management. Dissertation for doctoral thesis.

- Heinisuo, M. 2007. Eurokoodikoulutusta kuntien rakennustarkastajille, luentomoniste 2008. Verkko-osoite <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=95838>
- Heinisuo, M. 2009. Metallirakentamisen tutkimuskeskuksessa tehdyt diplomityöt. Teräsrakenteiden T&K-päivät, esitelmä. Turku 20.-21.8.2008. <http://www2.turkuamk.fi/steel08/>
- Julkunen, J. 2008. Kyhäysopista rakennus- ja ympäristötekniikkaan. Teknillisen korkeakoulun rakennusosasto 1861-2007. Gummerus Oy, Jyväskylä. ISBN 978-951-22-9250-9. 175 s.
- von Krogh G., Ichijo K. & Nonaka I. 2000. Enabling Knowledge Creation. How to unlock the Mystery of Tacit Knowledge and Release the Power of Innovation. Oxford University Press, Inc. New York. ISBN 0-19-512616-5. 292 p.
- Michelsen, K.-E. 1993. Valtio, teknologia, tutkimus – VTT ja kansallisen tutkimusjärjestelmän kehitys. Painatuskeskus Oy. Espoo. ISBN 951-38-4271-1. 372 s.
- Mielismäki, H. 2013. Modulaarinen asuinkerrostalo. Teräsrakenne 1/2013. s. 42 - 43.
- NACE 2008. Statistical Classification of economic activities in the European Community, NACE Rev.2 EuroStat. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-04741-1
- Nam, C.H. & Tatum, C. B. 1989. Toward Understanding of Product Innovation Process in Construction. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, ISSN 0733-9364/89/0004-0517. 115 (1989)4 p. 517-534
- Nonaka, I. 1991. Knowledge creating company. Harvard Business Review Nov-Dec. 1991. p. 96 – 104. Reprint 91608.
- Nonaka, I. 1994. A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. Organization Science 5(1994)1, pp. 14-37.
- Nonaka, I., Krogh von, G. & Voelpel, S. 2006. Organizational Knowledge Creation Theory: Evolutionary Paths and Future Advances. Organization Studies 27(2006)8, pp.1179–1208.
- Nonaka, I., Toyama, R. & Konno, N. 2000. SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. Long Range Planning 33 (2000), p. 5-34
- Nonaka, I., Umemoto, K. & Senoo, D.1996. From Information Processing to Knowledge Creation: A Paradigm Shift in Business Management. Technology in Society 18(1996)2, pp. 203-218.
- NSCC 2001. Proceedings of the Ninth Nordic Steel Construction Conference. Eds Mäkeläinen, P. et al. Helsinki, Finland 18.-20.6.2001. Helsinki University of Technology, VTT Building Technology & The Finnish Constructional Steelwork Association. ISBN 952-9683-03-0.
- Nuesse, G., Limbachiya, M., Herr. R. Ellis, A. 2012. Managing interdisciplinary applied research on sustainability in construction with the help of an innovation broker. Steel Construction 5 (2012)1, p. 41-52.
- Rautio, A. Uusi kaupunki rakennetaan Uudessakaupungissa. Teräsrakenne 1/2008, ss. 8-9.
- Schartinger D. 2009. Sectoral Innovation Foresight , Construction. Europe Innova – Innovation Watch Project, Interim Report. Competitiveness and Innovation Framework Programme (CIP)
- Schumpeter, J. (1934) *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- SPIY 1999. Suomen Paloinsinöörien historiaa, 29.4.1999 – 50 vuotta. Suomen Paloinsinööriyhdistys ry. http://www.spiy.fi/Historiaa_50v.pdf
- Tekes. 2001^a. Finnsteel Technology Programme 1995-2000. Evaluation Report by Lawson, M. & Burgan, B. National Technology Agency Tekes. Technology Programme Report 6/2001.
- Tekes. 2001^b. Finnsteel Technology Programme 1995-2000. Final Report. National Technology Agency Tekes. Technology Programme Report 7/2001. ISBN 952-457-024-6. 63 p.