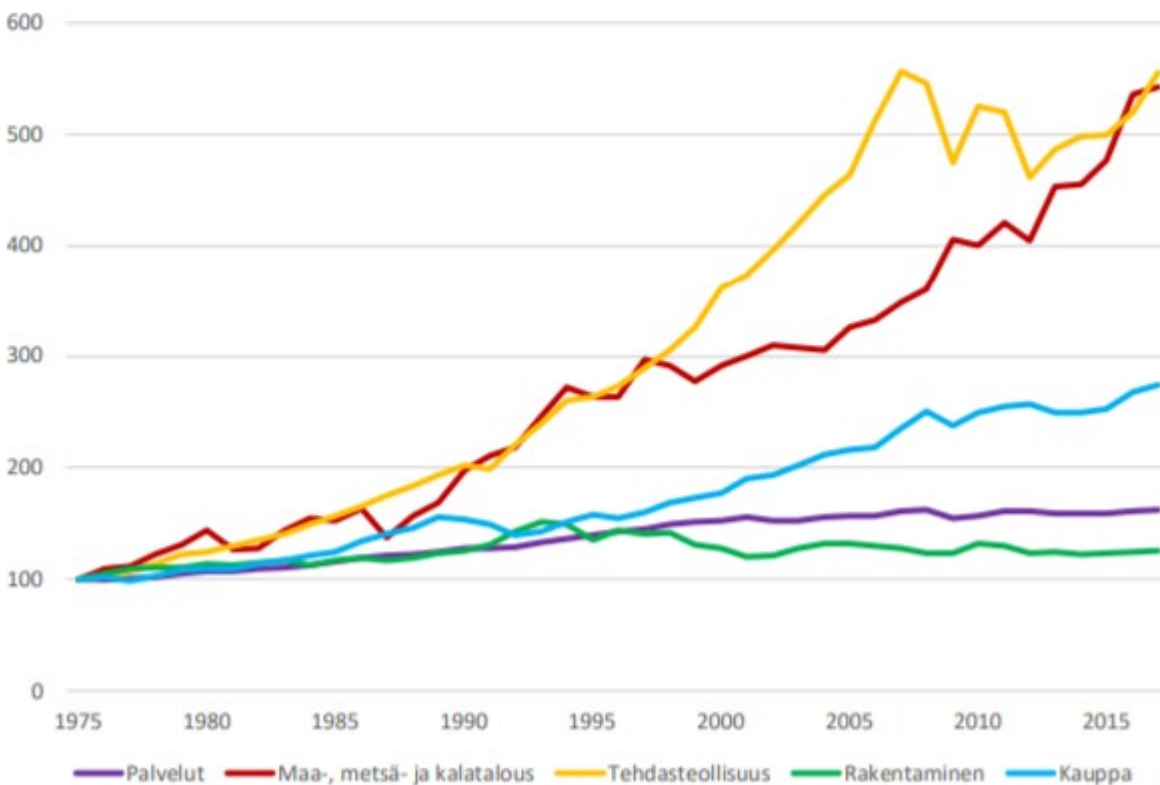


Robotisaatio rakentamisessa ja rakennuksissa -mitä sillä voidaan saavuttaa?

Rakennustyömaiden tuottavuudesta on puhuttua paljon. Tilastokeskuksen mukaan työn tuottavuus rakennustyömailla on ollut vähäistä, sekä jopa laskevaa Suomessa, kuva 1. Samanlainen trendi on havaittavissa myös muissa teollistuneissa maissa.

Rakennustyössä on tapahtunut merkittävä muutos siinä, että sekä rakennustuote- ja talotekniikkateollisuudessa on siirrytty merkittävässä määrin esivalmistukseen, jossa suurin osa lopputuotteen arvonmuodostuksesta syntyy (Vainio et al., 2006). Rakennustyömailta on siis siirtynyt paljon osia ja komponentteja tehtaisiin, jotka ovat helposti automatisoitavissa. Työmailta tehdään tyyppillisesti käsityövaltaiset ja usein myös vaikeimmat tehtävät.



Kuva 1 Eri toimialojen arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus Suomessa vuosina 1975–2017 (Tilastokeskus 2020)

Työmaiden tuottavuutta on pyritty parantamaan tahtituotannolla, jossa vakioidaan ja tahdistetaan tuotannon virtaus työmaalla alueesta toiseen. Esimerkiksi Aalto Yliopiston Prof. Seppäsen johdolla tehdyissä laivan hyttien saneerauksissa tuottavuuden nousu oli 380 % ja ajallinen kesto lyheni 73 %. Asuntokohteessa sisävalmistusvaihetta on saatu lyhennettyä 30 %.

Rakennustyömaan automatisointia ja robotisointia vaikeuttaa myös itse rakennustyömaan muuttuva luonne. Rakennustyömaa muuttuu jatkuvasti, toisin kuin tehdasympäristö. Samoin on robotiikan kannalta täysin eri asia rakentaa täysin uutta aluetta, kuin esimerkiksi peruskorjata keskellä olemassa

olevaa kaupunkirakennetta sijaitseva tie, jonka alla sijaitsee kaukolämpöputkia, vesi- ja viemäriputkia, sekä sähkö- ja tietoliikennekaapeleita.

Suomi on ollut teollisen rakentamisen edelläkävijä jo 1970-luvulla betonielementtirakentamisessa. Samoin teräsrakentamisen CAD/CAM -teknologia on edesauttanut konepajojen tuottamien rakennuskomponenttien tehdastuotantoa. Puiset omakotitalot ovat nykyrakentamisessa edellä kävijöitä, sillä 90% taloista esivalmistetaan tehtaissa kontrolloiduissa olosuhteissa. Infrarakentamisessa ja erityisesti työkoneiden tarkkuudessa Suomi on maailman kärkeä esimerkiksi tieinfran rakentamisessa. Isojen infrarakentamisen tarkkuuksissa on päästy jopa 1-3 cm tarkkuuteen.

Työmaan robotisointi

Työmaan robotisointia on tutkittu paljon esimerkiksi Japanissa ja Sveitsissä. Japanissa on kehitetty isojen ja raskaita rakenteita kokoavia robotteja, sillä tämä työvaihe vaatii paljon työvoimaa ja on tapaturma-altis. Esimerkiksi Shimitzun tehdas Japanissa käyttää robottikäsiä painavien osien nostamiseen työmailla. Sveitsissä on kokeiltu seinien asentamiseen automaattisia asennusjärjestelmiä, mutta ne eivät ole yleistyneet kustannussyistä johtuen.



Kuva Shutterstock

Yhdysvalloissa tiiliseinän tekemiseen kehitetty robotti pystyy latomaan noin 2 000 – 3 000 tiiltä päivässä, keskimäärin ihminen latoo noin 400 – 500 tiiltä työpäivässä. Robotti ei kuitenkaan pysty vielä täysin itsenäiseen työhön, vaan tarvitsee ihmisen apua laastin levittämisessä tasaisesti.

Australiassa on kokeiluasteella robotti, joka pystyy toimimaan täysin itsenäisesti. Se latoo noin 1 000 tiiltä tunnissa, ja on arvioitu, että se pystyisi rakentamaan täysin itsenäisesti omakotitalon tiiliverhoilun noin 15 tunnissa.

Robotin itsenäinen työskentely perustuu teleskooppiseen robottikäteen, 3D CAD-suunnitelmiin ja tarkkaan tiilien paikannukseen, johon tiili ladotaan. Laastin syöttö on myös automatisoitu suoraan tiileen paineistetun syötön avulla.

Suurien pintojen viimeistelyä robotisoinnissa pilotoidaan Japanissa, USA:ssa sekä Sveitsissä. Kohteena ovat erityisesti lattiapintojen viimeistely ja seinäpintojen maalaus. Lattiapintojen viimeistely on toistaiseksi ollut taloudellisesti kannattamatonta ja seinien maalauksessa teknologia on edelleen pilotointi-asteella.

Tehtaissa lasituksen valmistuksessa ja niiden työstämisessä automatisointi on jo varsin yleistä. Myös työmailla lasituksen automatisointi on yleistynyt erityisesti korkeiden rakennusten rakentamisessa. Robotteja käytettäessä voidaan vähentää kalliiden nostokraanojen käyttöä, usein syynä on myös tilan ahtaus työmaan lähistöllä. Tämä on tyypillistä erityisesti kaukoidän työmailla.

Dronet ja autonomiset työkonet

Droneja käytetään jo jonkin verran rakennustyömailla hankalasti tai vaarallisesti saavutettavien paikkojen laadun varmistukseen ja dokumentointiin. Lisäksi droneja käytetään myös työmaan etenemisen ja seurannan monitorointiin, josta on apua mm. logistiikan ajoituksessa. Dronien kameranäön ja kuvantunnistuksen kehittyessä entistä paremmaksi dronien hyödyntämisen potentiaali tulee kasvamaan.

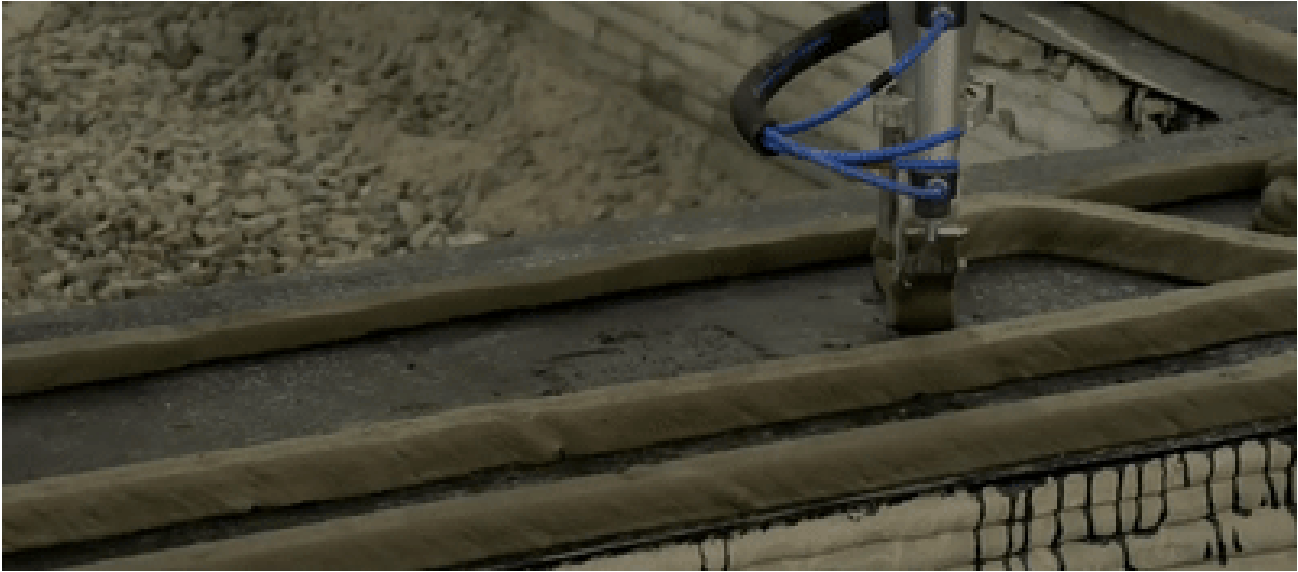
Autonomisesti liikkuvat maansiirto- ja maanrakennuskoneet ovat yleistymässä. Yhdysvalloissa on tehty jo pitkään tutkimusta ja kehitystä erityisesti siitä, miten maansiirtokoneen siirtämän maamassan suuruus saadaan riittävällä tarkkuudella määritettyä vaihtelevissa olosuhteissa, kuten sateella. Suomessa on tehty hyvää tutkimusta ja kehitystä ajoneuvojen tarkkuuden suhteen, ja suomalainen teknologia onkin tässä maailman kärkeä.



Kuva Shutterstock

3D-tulostaminen työmaalla

Betonin tulostamista työmailla on tehty Kiinassa ja Japanissa jo 2000-luvun alusta lähtien. Tulostamisen etuna on, että betonia voidaan työstää helposti moniin eri muotoihin. Betonin 3D-tulostaminen on tällä hetkellä kokeilussa monessa maassa, kuten Alankomaissa, Yhdysvalloissa, Dubaissa ja Suomessa. Betonin kuivumisen nopeus on tärkeä muuttuja mietittäessä 3D-tulostuksen eri vaiheita.



Kuva. 3D tulostettava talonrakennusprojekti. Kuvan lähde: <https://tekniikanmaailma.fi/video-nain-napparasti-amerikkalaifirma-3d-tulosti-uuden-talon-yhdessa-paivassa/>

Myös metallien tulostamista esim. siltarakenteihin on kehitetty esimerkiksi Alankomaissa. Toistaiseksi isojen rakenteiden tulostaminen on vielä pilotointiaskeleilla. Työmailla 3D-tulostaminen on osoittautunut erittäin toimivaksi tiettyjen varaosien osalta. Työmaan logistiikan ja varastoinnin kannalta 3D-printtaus tuo monia etuja.

Automatisaation tulevaisuuden näkymät

Automatisoinnista ja robotiikasta on monissa työtehtävissä merkittäviä hyötyjä. Nämä hyödyt paranevat teknologian kehittyessä entistä tarkemmaksi. Tämän vuoksi investointien ajoitus on erityisen tärkeää.

VTT:n tutkimuksissa autoteollisuudessa havaittiin, että osa automatisoinnista jopa lisäsi työvoiman tarvetta. Robotit ovat parhaimmillaan tilanteissa, joissa asentamisvaihtoehtoja on vähän tai erittäin rajoitetusti. Ihminen on useimmiten paljon nopeampi asentamaan tilanteissa, joissa vaihtoehtoisia asennustapoja on useampi.

VTT:n automatisaatiota käsittelevissä tutkimuksissa keskityttiin tilanne-entropiaan, eli siihen, miten monta eri vaihtoehtoa esimerkiksi asennustilanteessa tulee valittavaksi. Lisätyn todellisuuden hyödyntämisessä esimerkiksi työntekijän näöntarkkuus ja näkökentän säädettävyyden voimat vaikeuttavat tai hidastavat yllättävän paljon työntekoa. Tässäkin tuki teknologian kehittyessä myös ratkaisut kehittyvät ja työn automatisointi paranevat.



Lähteet:

Bock T, Construction Robotics enabling Innovative Disruption and Social Supportability, 2015, <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/FFACE-ISARC15-3172407.pdf>

Bogue R, What are the prospects for robots in the construction industry?, Industrial Robot: And international Journal 45/1, 2018, 1-6, Emerald Publishing Limited, DOI 10.1108/IP-11-2017-0194

Fox S, Kotelba A, Niskanen I, Cognitive factories: Modeling situated entropy in physical work carried out by humans and robots. Entropu 2018, 20, 659. <https://www.mdpi.com/1099-4300/20/9/659>

Fox S, Kotelba A, Principle of Least psychomotor action,: Modelling Situated entropy in Optimisation of psychomotor work involving human, cyborg and robot workers. Entropy 2018, 20, 836. <https://www.mdpi.com/1099-4300/20/11/836>

Gharbia M, Chang-Richards A Y, Zhong R Y, Robotic technologies in concrete building construction: A systemic review, 2019, 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019) <https://www.iaarc.org>

Heikkilä R, Kivimäki T, Puolitaival K, Development of automation for foundation engineering — case piling machine and the working process of driven piling, ISARC 2010 — 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction pp. 73–80, Bratislava, Slovakia, June 25–27, 2010.

Heinonen, A., and Seppänen, O. (2016). “Takt Time Planning: Lessons for Construction Industry from a Cruise Ship Cabin Refurbishment Case Study” In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.2 pp. 23–32. Available at: www.iglc.net.

Petersen K H, Napp N, Stuart-Smith R, Rus D and Kovac M, A review of collective robotic construction, Science Robotics 13 Mar 2019: Vol. 4, Issue 28, eaau8479, DOI: 10.1126/scirobotics.aau8479, <https://robotics.sciencemag.org/content/4/28/eaau8479>

Vaismaa K, Laitinen K, Örmä M, Wallander J, Koskinen A, Junnonen J-M, Saari A, Tiekartta infra-alan tuottavuuteen, Väyläviraston julkaisuja 20/2020, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-771-0> <https://www.doria.fi/handle/10024/176720>

Ventä, O; Honkatukia, J; Häkkinen, K; Kettunen, O; Niemelä, M; Airaksinen, M; Vainio, T, Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2018, <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-484-9> <https://tietokayttoon.fi/julkaisut/raportti?pubid=URN:ISBN:978-952-287-484-9>

Xu S, Ni Q, Du Q, The effectiveness of virtual reality in safety training: Measurement of emotional arousal with electromyography, 2019, 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019) <https://www.iaarc.org>