

TEOLLISUUS 4.0 - Älykkäiden järjestelmien verkosto

CAD/CAM-yhdistys järjesti Konepaja'16 -messujen yhteydessä ajankohtaisen Teollisuus 4.0 -aiheisen seminaarin. Tämä tarkoittaa tietotekniikan laajaa ja läpitunkevaa soveltamista valmistavassa teollisuudessa kattaen toiminnot suunnittelusta ja verstaalta alkaen aina globaaleihin toimitusverkostoihin asti. Ekosysteemit kehittyvät kohti yhä laajenevaa ihmisten ja älykkäiden koneiden muodostamaa vuorovaikutteista symbioosia. Vastava kehitys on menossa muillakin toimialoilla. Teollisuus 4.0 on useissa Euroopan maissa hallitustason ohjelma, joka sisältyy uusiin direktiiveihin ja sen arkkitehtuuri on ISO standardoinnin kohteena. Tilanne mahdollistaa paljon enemmän kuin osaamme vielä kuvitella ja toisaalta uhkaa jättää meidät suomalaiset ulkopuolelle. Meiltä vaaditaan teknologioiden rinnalla ryhdistäytymistä uusien ajatus- ja liiketoimintamallien kehittämiseen ja liittymiseen globaaliin kehitykseen – neroutta tehdä asioita epätavallisesti!

Teollisuus 4.0 tarkoittaa vuorovaikutteisten hajautettujen älykkäiden yksiköiden, systeemien ja ihmisten (IoTSP; *Internet of Things, Systems and People*) arkkitehtuurin ja siihen perustuvien nopeiden liiketoimintamallien laajaa soveltamista valmistavassa teollisuudessa. Tämä yhdistää suunnittelun, liiketoiminnan ja valmistuksen ketteriksi elinkaariprosesseiksi. Älykkäät ja mukautuvat tekniset järjestelmät kehittyvät kohti yhä laajenevaa ihmisten kanssa vuorovai-

kuutteisesti toimivaa palvelusysteemiä.

Teollisuus 4.0 muodostaa Euroopan uuden teollisen rakenteen, johon Suomenkin on liityttävä. **Kai Salminen**, Hermia Groupista, tutustutti kuulijat Teollisuus 4.0 peruskäsitteisiin, järjestelmiin ja standardeihin. Teollisuus 4.0 rakenteen perustana toimii ISO/DIN-standardin mukainen arkkitehtuuri ja sen mukainen infrastruktuuri, jonka olennainen osa on tehokas ja turvallinen teollinen internet ja uudet autonomiset systeemit, kuten palveluro-

botit, salliva lainsäädäntö ja normisto.

Varsinaisen struktuurin muodostavat älykkäät, autonomiset ja vuorovaikutteiset järjestelmät, laitteet esineet ja niiden komponentit. Näille on tyypillistä itse-organisointivuus, itse-konfiguroituvuus ja oppimiseen perustuva itse-korjaavuus. Uudistettu superstruktuuri puolestaan pitää sisällään standardit, normit ja lainsäädännön. Kyseessä on moniulotteinen, koko yhteiskuntaa ravitseleva, muutostila.



Kai Salminen.

Kehityksen mahdollistamiseksi tarvitaan poliittista päätöksentekoa ja maailmanlaajuisia yhteistyötä. Tätä tehdään Saksan vetämänä ISON ja

tietoympäristöihin, tietojen nopea käsittely, henkilökohtaiset tietokoneet, mobiililaitteet, kattava langaton verkko ja virtuaaliympäristöt sekä

"Kyseessä on koko yhteiskuntaa ravisteleva muutostila"

ministeriötasolla johtavien teollisuusmaiden kesken. Japaniin ensimmäinen Teollisuus 4.0 mukainen tehdas pystytettiin jo 1998. Saksassa, Hollanissa, Itävallassa, Ranskassa, Iso-Britanniassa ja Ruotsissa Teollisuus 4.0 käynnistyi hallitustasolla vuonna 2006. EU tasolla herättiin 2011. Eri-laisia sovelluksia on ympäri maailmaa sekä teollisuudessa että muussa yhteiskunnassa. Mukana ovat myös Japani, USA, Kanada, Kiina ja Australia.

paikannukseen perustuvat ratkaisut. Neljännessä taloudessa mennään vielä pidemmälle. Liiketoiminta ja arvoketju eivät ole enää erillisiä käsitteitä vaan ne ovat hitsautuneet yhteen. Tyypillisiä piirteitä ovat kognitiivisuus ja regeneratiivisuus. Ihmiset ja järjestelmät kommunikoivat keskenään. Tilaukset, valmistus ja rahaliikenne pystytään hoitamaan automaattisesti

itse-konfiguroituvien järjestelmien avulla. Taustalle rakentuu avoin ihmisen kanssa vuorovaikutukseen ja oppimiseen kykenevä nopeasti organisoituva toimintaympäristö ja sen älykkäät entiteetit (*Things*), joista kyber-fyysikaaliset uuden sukupolven palvelurobottipohjaiset järjestelmät ovat hyvä esimerkki. Muodostumassa oleva tekninen systeemi ylittää älykkyydeltään ihmisen jo 2030 ja tarjoaa siten ennennäkemättömiä uusia mahdollisuuksia.

Itselliset älykkäät järjestelmät

Kai Salminen korosti, että Teollisuus 4.0 on eri asia kuin digitalisaatio vaikka sen tärkeä osa on kattava turvallinen ja tehokas tietotekninen infrastruktuuri; myös mekaniikka, elektroniikka ja kaikki edelliset innovaatiot ovat saumaton osa Teollisuus 4.0 ratkaisuja. Palvelubotiikka hyvänä esimerkkinä on hybridi kaikista innovaatioista. Teollisuus 4.0 keskiössä ovat itse-organisoituvat verkostot, itse-konfiguroituvat, opettavat ja oppivat järjestelmät sekä itsekorjaavat prosessit. Itse-organisoituva verkosto (IoTSP) koostuu ihmisistä, älykkään yhteiskunnan järjestelmistä, ja älykkäistä verkottuneista roolipohjaisista toimintaympäristöistä. Nämä ovat avoimia ja organisoituvat vuorovaikutteisesti koko liiketoiminnan elinkaaren ajan. Esimerkkinä itse itsensä valmistava vuorovaikutteinen älykäs tilaus, joka mukautuu dynaamisesti asiakkaan toiveiden mukaan ja samalla tuntee elinkaarensa.

Talouden kehittyminen

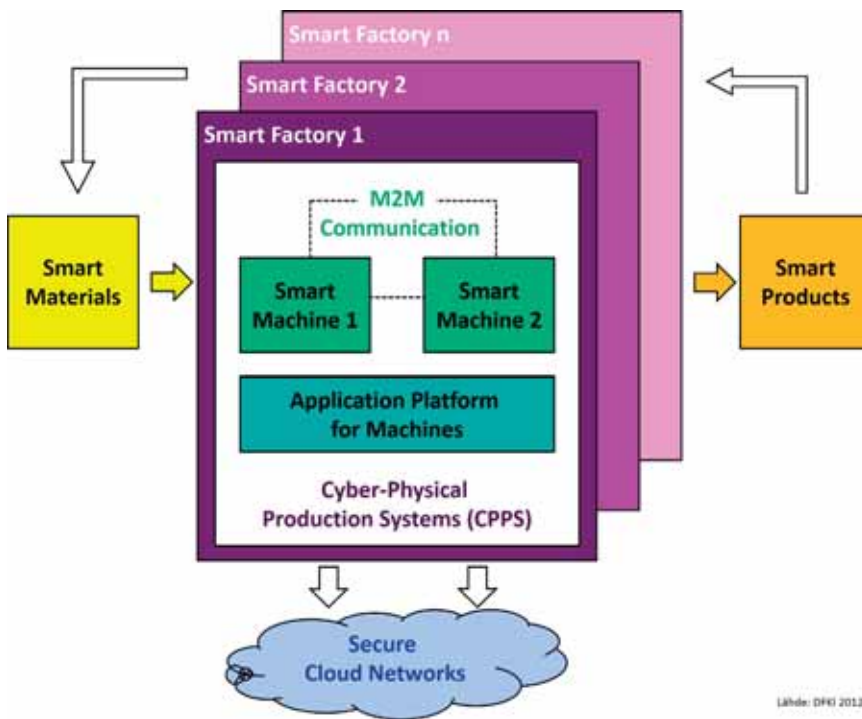
Teolliset vallankumoukset tuovat merkittävää talouskasvua muuttamalla talouden rakennetta ja tuomalla uusia toimintatapoja. Nämä lisäävät tehokkuutta laajentamalla mahdollisuuksia, jolloin uudet visiot ja ideat on myös mahdollista toteuttaa.

Ensimmäinen talous toi teollisen tuotannon. Se perustuu fyysisten tuotteiden markkinoihin. Toista kehitysvaihetta siivittivät sähkö- ja elektroniikkateollisuuden innovaatiot sekä digitaalisuus. Mukaan ovat tulleet aineettomat hyödykkeet ja palvelut kuten tietoliikenteen ja ICT:n mahdollistama etävalvonta ja paikannustietoihin perustuvat ratkaisut. Kolmannessa taloudessa keskeinen innovaatio on ICT-pohjainen digitaalitalous ja toimintojen siirtäminen



Talouden kehittyminen fyysisten tuotteiden myynnistä liiketoiminnan ja arvoketjun integroitumisen kautta älykkääseen ketterään itse-ohjautuvaan jatkuvasti uusiutuvaan ympäristöön sopeutuvaan talouteen.

Kaikkien vaiheiden innovaatioita tulee edelleen kehittää, koska ne ovat keskenään riippuvia ja luovat perustan uusille innovaatioille.



Teollisuus 4.0 mukaisten älykkäiden tehtaiden periaate. Industrie 4.0 Smart Factory pipeline (*Cloud-based secure network*).

Teollisuus 4.0:ssa liiketoiminta, tuote ja sen elinkaari prosessit kehdestä haetaan toteutuvat itse-organisoidussa prosessissa ja sen toteutusverkoston itse-konfiguroituissa ympäristöissä kuten älykkäissä tehtaissa, huoltamoissa ja kierrätyskeskuksissa. Eri ympäristöissä valmius nopeaan toteutukseen saavutetaan ketterän palveluverkoston ja sen valmiuksien, osaamisen, tietämyksen ja yhteistyön avulla. Esimerkiksi itse-organisoiduissa tilaus keskustelee toteutuspisteen kanssa, joka konfiguroi asetuksensa ja ohjelmansa verkoston tietämyksen mukaan tai vuorovaikutteisesti verkostonsa kanssa. Autonomiset yhteistoiminnalliset nopeasti verkostoon konfiguroituvat systeemin moduulit ja yksiköt, kuten joustavat älykkäät tarttujat, visiojärjestelmä, syöttölaitteet ja kiinnittimet konfiguroituvat itse tai ne voidaan opettaa demonstraation kautta. Tällainen toiminta hajauttaa suuren määrän tietämystä, kyvykkyyttä, osaamista ja yhteistyötä verkostoon, josta se on nopeasti hyödynnettävissä.

Teollisuus 4.0 prosessit ovat itse-korjaavia ja johtaminen perustuukin prosessimuotoon saatettujen laatukäsikirjojen käyttöön. Järjestelmä havainnoi, ajattelee ja toimii kognitiivisen verkostonsa avulla. Laatu on toiminnan perusta - laatukäsikirja toimii kommunikoinnin välineenä ja palautejärjestelmän ohjaajana. Oppivuus (intentio, konsepti, toteutus; *4.0 by design*) onkin itse-korjaamisessa keskei-

nen asia. Tästä muodostuu ihmisten ja teknisen systeemien yhteinen *Resource Access 'Industrial InTRAnet' – IoTSP*.

Edellä kuvatut järjestelmät ovat yksinkertaisia ja ketteriä, mutta komplekseja. Erona perinteisiin monimutkaisiin systeemeihin on avoimuus ja mukautuvuus ympäristöön. Ne eivät siten ole optimoi-

tavissa olevia "täydellisiä" mustia laatikoita. Älykkäät komponentit on tarkoitettu ottamaan rooli verkostossa ja mukautumaan tiettyä toimintoa varten joustavasti yhteistyössä ihmisen ja muun systeemin kanssa. Monimutkaiset monitoimiset perinteiset systeemit selviävät huonosti muuttuvassa ympäristössä ja siten haasteista, joihin nopeasti mukautuva yksinkertainen systeemi ei edes joudu.

Kilpailuetua valmistaville yrityksille

Kun automaation kustannukset laskevat yksinkertaisissa tarpeeseen konfiguroituissa systeemeissä kohtuullisiksi ja älykkäiden komponenttien tarjonta verkostossa kokoajan monipuolistuu, Teollisuus 4.0 on myös PK-yritysten ulottuvilla. Verkoston systeemejä ei tarvitse ostaa vaan erilaiset liisusmallit tuovat ketteryyttä myös pääomarakenteeseen. Opettavien ja helposti opettavien systeemien käyttöönotto on helppoa ja nopeaa ja siten uudet kyvykkyudet,

osaamiset ja tietämys nopeita hankkia tarpeeseen verkoston kautta. Näin jopa yhden kappaleen virran tarvitsema konfigurointi on mahdollista ja kannattavaa, kunhan vain tarvittava on kulloinkin käytössä. Teollisuus 4.0 rakentaakin yhteistoiminta hubeja ympäri Eurooppaa muun muassa EUn I4MS-ohjelmassa. Tarvittavan infrastruktuurin ja superstruktuurin rakentamisella Suomeen on jo kiire.

Kilpailukyky lisääntyy tuomalla tehokkuutta, mahdollisuuksia, joustavuutta ja siten resursseja ideoiden toteutukseen.

Integroitu ekosysteemi

Digitaalisella liiketoimintaekosysteemin Teollisuus 4.0 ISO-standardin mukaisella arkkitehtuurilla pyritään liiketoimintaprosessien ketterään itse-organisointiin verkostossa. Ketterä ICT on yksi edellytys, jotta Teollisuus 4.0 mukaiset itse-organisoidut verkostot voisivat toimia tehokkaasti.

Digitalisaation kehittämisessä yritysten välisten integraatioiden toteutukseen tarvitaan laajoja yritysverkostoja, joissa sovitaan standardien hyödyntämisestä ja kehityksen priorisoinneista. **Kari Korpela**, Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta, kertoi, että tällä hetkellä Suomessa kaikki suuret teollisuusyritykset, kuten esimerkiksi UPM, StoraEnso ja Fortum, haluavat yhdessä integroida toimittajaverkostojaan. Merkittävää on, että tätä tehdään yhteistyössä. Älykästä informaatiota pyritään saamaan koko ekosysteemiin.

"Älykästä informaatiota koko ekosysteemiin"

Integroituminen kannattaa suunnitella huolellisesti eri osapuolten kanssa yhteistyössä. Pitää tunnistaa liiketoimintaprosesseista oleelliset asiat, testata niiden soveltuvuus älykkäisiin järjestelmiin ja kehittää niitä mahdollisimman yksinkertaisiksi. Toteutuksissa kannattaa käyttää kansainvälisiin standardeihin pohjautuvia datamalleja. Näin varmistetaan mahdollisimman suuri yhteensopivuus ja järjestelmän mukautuvuus tulevaisuuden tarpeisiin.

Merkittävä säästöpotentiaali

Kari Korpela esitti, että vähentämällä turhaa manuaalista työtä säästöpotentiaali 40 yrityksen osalla on noin 580 M€, joka vastaa 2-4 % liikevaihdosta. Tämä summa voitaisiin säästää automatisoimalla nyt käsin tehtäviä toimenpiteitä. Julkisen sektorin transaktioita automatisoimalla Suomi voisi säästää enemmän kuin se tällä hetkellä velkaantuu, mikä on huima summa!



Digitaalisen liiketoimintaekosysteemin integrointi – arvokuvaus. *Digital Business Ecosystem (DBE) integration – Value map*. DBE Core mahdollistaa liiketoimintaprosessien organisaatioiden välisen integroinnin. Toteutus perustuu standardeihin OASIS/UBL 2.0 ja GS1/RosettaNet.

Kehittämällä kohti Teollisuus 4.0 tasoa

Tapio Saarinen, Titako Oy:stä, esitteli valmistustietojen hallintaa ja hyödyntämistä Teollisuus 4.0 ympäristössä. Eri toimintaympäristöihin liittyvä suuri määrä tietoa, jota pitää pystyä hallitsemaan ja käyttämään koko valmistusprosessissa.

Yrityksen kehittäminen Teollisuus 3.0 tason järjestelmiä käyttävästä kohti Teollisuus 4.0 tasoa tapahtuu vähitellen. Koko ajan tulee pieniä parannuksia, jotka tehostavat kehitystä ja helpottavat uusien tapojen käyttöönottoa. Esimerkiksi tietojen esitystavat muuttuvat havainnollisemmiksi, jolloin valmistuksen tilannekuva on helpo hahmottaa paikasta riippumatta.



Kari Korpela.

Järjestelmän hoidettavaksi siirtyä yhä enemmän asioita, joissa ennen on tarvittu työntekijää. Esimerkiksi valmistusohjausjärjestelmä (*Manufacturing Execution System, MES*) täydentää ja tarkastaa valmistustilauksen. Se varmistaa, että kaikki tarvittavat valmistuksen osatekijät ovat paikalla ja tekee tarvittaessa puutelistan oston. Toisaalla järjestelmä nostaa valmistuksen tehokkuutta järjestelemällä työjonoja esimerkiksi työkaluvaihtojen

”Samalla kapasiteetilla voidaan valmistaa kappaleita jopa 1,5 kertainen määrä”

määrän vähentämiseksi mahdollisimman pieneksi, jolloin asetajat lyhenevät.

Valmistuksen ohjaus siirtyy paikasta riippumattomaksi, kun käyttöön otetaan Internetin ja intranettien mahdollisuudet ja liikuteltavien laitteiden kyvyt. Näin esimerkiksi työkaluvaraston tilanteen voi tarkistaa käyttäen tablettitietokonetta tai älypuhelinia. Tätä voi kokeilla osoitteessa <http://exafks.exapt.de/>.

Hyötyjä

Siirtyminen Teollisuus 4.0 tasolle valmistustietojen hallinnassa on tuonut paljon kilpailuetuja. Toimitusajat ovat alkaneet pidentyä. Valmistuksesta on tullut vakaampaa ja keskeytysten määrä on pudonnut paljon. Ennakoitavuus on lisääntynyt ja kiire vähentynyt. Samalla kapasiteetilla voidaan valmistaa kappaleita jopa 1,5 kertainen määrä.

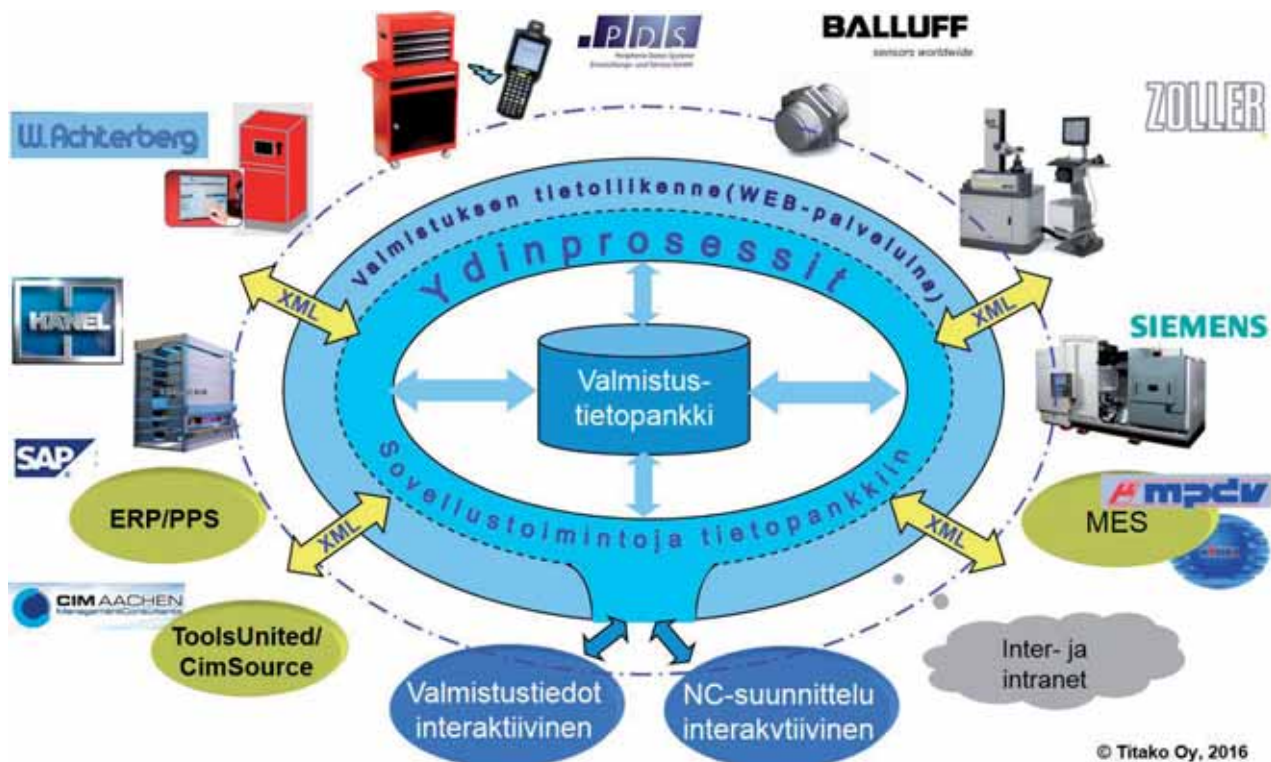
Yrityksen myyntiosasto voi kertoa asi-

akkaalle varman toimituspäivän ja seurata valmistustilannetta haluamansa tilauksen osalta. Valmistuksessa tapahtuviin poikkeustilanteisiin voidaan ottaa kantaa saman tien. Valmistuksen pullonkaulat löytyvät helposti ja niitä voidaan väljentää suunnitelmallisesti, esimerkiksi hankkimalla uusia laitteita tai suunnittelemalla kiinnityksiä uudelleen. Työkaluvaraston arvon pieneneminen 6%:lla oli yhden yrityksen saavutus. Toisella yrityksellä työstökustusten asetajat lyhenivät 80%.

Tietojen yhteiskäyttöisyys sujuvoittaa toimintaa merkittävästi. Jokaisella käyttäjällä on pääsy



Tapio Saarinen.



Teollisuus 4.0 yhteiskäyttöisyys.

tarvittaviin tietoihin ja haluttujen laitteistojen tiedot saadaan järjestelmien käyttöön. Tietoihin voidaan tehdä ennalta tarvittavia muutoksia ja parantaa näin tapahtumaketjuja. Tietojen keskitetty tallennus mahdollistaa niiden nopean saatavuuden paikasta riippumatta. Tieto on aina ajan tasalla ja muuttuviin tilanteisiin voidaan reagoida nopeasti. Digitaalista dataa voidaan helposti muuttaa ja käyttää uudelleen.

Kun tiedolle on tarvitsija (se jota palvellaan), tehdään palvelun mukaista tietojen käsittelyä. Tarvittavat tiedot esitetään käyttäjäystävällisessä muodossa. Järjestelmä antaa mahdollisuuden erottaa toisistaan tiedon käsittelyssä



Kai Syrjälä.

tarvittavia kokonaisuuksia ja muodostaa yhteismitallisia rajapintoja niiden välille.

Uusia liiketoimintamahdollisuuksia

Kai Syrjälä, FIMECC / Kaidoc Oy, näkee digimaailman tarjoavan PK-sektorille runsaasti kehittämismahdollisuuksia. Näitä ovat esimerkiksi oma kauppa- ja netissä, sähköinen tilausten käsittely asiakkaan kanssa tai ilmaisten pilvipalveluiden käyttö. Digitalisaatio luo perustan Teollisuus 4.0 ratkaisujen toteuttamiseksi ja mahdollistaa asioiden tekemisen edullisemmin. Digitaaliset prosessit lisäävät nopeutta ja parantavat laatua, koska manuaalisen työn vähetessä myös inhimilliset virheet vähenevät. Päämiesten ja asiakkaiden halu integroida alihankkijaverkoston vaikutus suoraan koko valmistavaan teollisuuteen. Näin ollen PK-yrityksilläkin tulisi olla kokonaissuunnitelma toiminnan kehittämiseksi – digi-investoinneilla voidaan saavuttaa heti 20 % lisää tuottavuutta.

”Suomi-Kiina vertailu lähtökohtaisesti väärä”

Kolmiulotteisten tuotekuvausten hyödyntäminen nopeuttavat ja tehostavat toimintaa. Erilaiset 3D-tulostustekniikat lisääntyvät voimakkaasti ja tulevat yhä enenevässä määrin korvaamaan ja täydentämään perinteisiä valmistusmenetelmiä. 3D-tulostus ei onnistu ilman tarkkoja 3D-malleja. Nykyään tuotteiden valmistamiseksi usein mallinnetaan

myös tuotantokoneet, jolloin voidaan työstörajojen lisäksi tarkemmin simuloida kokonaisuutta. 3D CAD -malleja hyödynnetään myös erilaisissa (lujuus)analysoissa, työstörajojen ohjelmoinnissa ja CNC-prototyypoinnissa. Voidaan todeta, että 3D CAD -mallien hyvät käsittelyvalmiudet ovat jatkossa entistäkin tärkeämpi kilpailuetu ja ehdoton edellytys toimittaessa osana digitaalista integroitua liiketoimintaekosysteemiä.

Toinen nopeasti kasvava alue on palveluliiketoiminta. Tältä sektorilta onkin odotettavissa uutta liiketoimintaa elinkaariajattelun myötä.

Usein kuultu väite on, että Suomessa ei tulevaisuudessa kannata valmistaa mitään. Tältä saattaakin näyttää, jos verrataan suoraan Suomen (35 €/h) ja Kiinan (5€/h) keskituntihintaa. Tämän tyyppinen vertailu on kuitenkin lähtökohtaisesti väärä, sillä se ei sellaisenaan ota huomioon tarvittavaa kokonaistuntimäärää valvojiin ja valmistusprosessien sujuvoittamiseen, joka tarvitaan tuotan-

non pystyttämiseen tai muutosten läpiviintiin. Myös halutun laatuasteen kanssa on tarpeen valmistautua yllätyksiin.

Aasian maissa kannattaa teetää työvoimavaltaisia tuotteita, joissa valmistusmäärät ovat suuret eikä muutoksia tule usein. Tilanne muuttuu kuitenkin koko ajan Suomelle edullisempaan suuntaan, sillä Kiinassa valmistuskustannukset



Sonja Willgren, Aalto-yliopistosta, kertoi Valmistusteknisten ohjelmistojen nykytilasta ja tulevaisuudesta. Tästä aiheesta lisää erillisessä artikkelissa seuraavassa lehdessä, Valokynä 2/2016.

JP-johtamisen tasot. ”Kaikki on kunnioituksen ja luottamuksen välissä”, kiteytti Sorsa esityksessään.

32 %. Syynä tähän ovat kehittyvän maan palkkojen nousu. Jos Suomessa aletaan valmistaa tuotteita automaattisesti, hintaero ei enää olekaan merkittävä.

Jos pystymme investoimaan robotteihin ja ottaa digitaaliset toiminnot kokonaisvaltaisesti käyttöömmek, Suomalainen teollisuus saisi tästä suuren hyödyn. Vähemmällä henkilömäärällä pystyttäisiin tekemään enemmän, mikä lisää tuottavuutta. Toisaalta Syrjälä laskee, että yksi robotti tuo volyymin lisäyksen myötä neljä uutta työpaikkaa.

Henkilöstön oma-aloitteisuus

”Suomalainen työmies ja -nainen kykenevät ja haluavat antaa yrityksensä kehittämiseen huomattavasti enemmän kuin tänä päivänä näyttää olevan mah-



Ilkka Sorsa.

dollista. Siihen kannustaa huoli omasta työpaikasta ja lasten tulevaisuudesta”, aloitti **Ilkka Sorsa**, Ruukki Construction Oy:stä, puheenvuoronsa. Hän korosti henkilöstön oma-aloitteisuuden johtamista kilpailukyvyyn käytännön toteuttajana. Avain piilee yrityksen johdon tahdos-

”Suomessa on taannuttu 2000-luvulla ihmisten johtamisessa”

sa kehittää toimintaa henkilöstönsä avulla. Jatkuvan parantamisen, JP, filosofiassa työntekijä ottaa vastuuta yrityksen kilpailukyvyistä ja omasta oppimisestaan. Ylin johto luo uudistamiselle suotuisaa ympäristöä ja ilmapiiriä. Jatkuvalla parantamisella saavutetaan ylivoimaista kilpailuetua ja työntekijän arvo kasvaa.

Uudistumiskyky

Teollisuus 4.0 siirryttäessä yritysten elinehto on uudistuminen. Jatkuvala parantamisella voidaan saavuttaa merkittävää kehitystä ja kilpailukykyä. Pitää muistaa, että teknologia vanhenee ja saavutettu etu menetetään muutamassa vuodessa, jollei jatkuvasti paranneta toimintaa ja oteta käyttöön uusia menetelmiä. Kilpailu ja pakko ovatkin parhaita konsultteja kaikkien tuotantopanosten maksimaalisessa hyödyntämisessä. Henkilöstön osallistuminen toimintojen uudistamiseen riippuu ensisijaisesti tahdosta – johtamiskulttuuri vaikuttaa menetelmiin ja toteutustapaan.

Johtaminen hukassa

”Suomessa on taannuttu 2000-luvulla

ja mennään edelleen alaspäin ihmisten johtamisessa”, paukutti Sorsa ja esitti väitteilleen perusteita. Aloitetoimintaa tuetaan huonosti, jatkuva parantaminen on käytössä vain harvoissa yrityksissä. Työntutkimus ja siihen perustuva kehittäminen on vielä harvinaisempaa. Työnjoh-

to on heikkoa uudistamaan käytäntöjä ja tukemaan ammattitaidon kehittämistä.

Suuri ongelma on jatkuvuuden puute. Johto vaihtuu tiuhaan ja samalla vaihtuu myös johtamistapa. *Ismi*t vaihtuvat johtajan mukaan ja toteutus jää usein kesken. Johdon ammattitaito ja itseluottamus eivät aina ole kohdallaan, jolloin apua haetaan konsulteilta. Oppien siirtäminen käytäntöön ei kuitenkaan aina onnistu, jolloin helposti jatketaan vanhoilla toimintatavoilla.

Johdon ja työntekijöiden keskinäinen luottamus on heikentynyt. Aito yhteistyö on yhä harvinaisempaa. Epäilläään ja kyräilläään: ”hakeeko johto yhteistyöllä sitä mitä kertoo, onko johto ylipäätään ammattitaitoista, voiko työntekijöihin luottaa?” Johdetaanko ylöspäin vai alaspäin?

Oma johtamiskulttuuri

Suomi on jäänyt jälkeen kilpailukyvyssä Ruotsista ja Saksasta. Näissä maissa on pystytty motivoimaan henkilöstö uudistamaan ja uudistamaan. Yhtenä tekijänä on se, että Japanista lähtöisin olevia jatkuvan parantamisen oppeja on pystytty soveltamaan omaan työskulttuuriin.

Esimerkiksi Saksassa työn tuottavuuden parantaminen kanavoituu yrityksissä harjoitetun systemaattisen työntutkimuksen kautta. Toiminnalla on selkeät pelisäännöt ja palkitsemissä-järjestelmät. Parannusehdotukset käsitellään tehokkaasti ja parannukset vietään standardiin, jolloin ne näkyvät heti kustannustehokkuutena. Yrityksissä toimivat YT-neuvottelukunnat (*Betriebsrat*) ovat aktiivisia ja kiinnostuneita yrityksen kilpailukyyn kehittämisestä.

Ruotsissa vahva identiteetti, usko omaan tekemiseen, tasa-arvo ja *diskuteeraus* tuottavat omaperäisiä ratkaisuja. Osaamispääoma hyödynnetään tehokkaasti, koska kaikki osallistuvat. Laaja konsensus saavutetaan nopeasti

ja sitten ryhdytään toimeen. Yrityksissä on käytössä verraten laajasti niin aloitetoiminta kuin jatkuvan parantamisen työkaluja. Menetelmistä on omat versiot, jotka sopivat ruotsalaiseen kulttuuriin. Toiminta on mutkatonta ja byrokratiaa on vähän. Tämä palvelee myös eri henkilöstöryhmien välisenä siltana.

Suomen vahvuutena on hyvä insinööri-työ. Tuotantoprosessit ja -laitteisto on yleensä hyvin suunniteltu. Uhkana on tekniikan vanheneminen ja korvausinvestointien alhainen taso. Orastavia merkkejä yhteistyöhön perustuvan kehittämisen uudesta tulemisesta on näkyvissä. Uusia kehittämistyökaluja (mm. *six sigma*) ja -prosesseja on otettu käyttöön monissa yrityksissä.

Hiljaisen tiedon arvostus on kasvussa.

Voimme ottaa oppia muissa maissa saavutetuista hyvistä yrityskulttuureista, mutta ne eivät sellaisenaan istu meille. Meidän on löydettävä omaan kulttuuriimme sopivat johtamistavat, jotta työn tuottavuus saadaan nousuun.

Digitaalisuus ja automaatio eivät ole uhka vaan mahdollisuus työpaikoilla, kun uudet teknologiat mahdollistavat ihmisen ja koneen yhteistyön aivan toisella tavalla kuin on totuttu. Haasteena on voittaa pelko, että automaatio vie työpaikan. Suomen kokoisessa maassa se kuitenkin luo uusia työpaikkoja, kun teollisuuden kansainvälinen kilpailukyky paranee. ■

Termejä EU:n kognitiivisen yhteiskunnan strategiasta, johon Teollisuus 4.0 on 2015 alkaen liitetty

IoTSP = *Internet of Things, Systems and People*, itse-organisoituvaa verkostoa, joka koostuu ihmisistä, älykkään yhteiskunnan järjestelmistä ja älykkäistä verkottuneista roolipohjaisista toimintaympäristöistä

kognitiivisuus = "tietokyky" (havainto, ajattelu ja toiminta) Kognitiivisia toimintoja ovat Teollisuus 4.0:ssa mm. erilaiset tiedon vastaanottamiseen, tallentamiseen, käsittelyyn, välittämiseen ja käyttöön liittyvät prosessit. Havaitseminen ja tunnistaminen (esimerkiksi kyky tunnistaa ja yksilöidä värejä ja muotoja, entiteettejä tai kasvoja) erilaiset kielelliset toiminnot (kuten kyky tuottaa ja ymmärtää luettua tai puhuttua tekstiä), ajattelu, päättely ja ongelmanratkaisu, muistaminen ja oppiminen

Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta

- oppimisen neurologinen, kognitiivinen, motivationaalinen ja sosiaalinen perusta
- oppimista tukevat ihmis-, teknisen- ja ekosysteemiläheiset vuorovaikutteiset teknologiat
- Teollisuus 4.0:n muokkaamat (Smart) toimintaympäristöt, mobiiliin ja hajautetun työn johtaminen

regeneratiivisuus = jatkuvasti uudistuva eli kyky jatkuvaan uudistumiseen

resilienssi = yllättävien muutosten sietokyky

älykkäät entiteetit = yleisnimi IoTSP:n autonomisille elementeille eli Teollisuus 4.0:in intRAnet ihmiset, robotit, laitteet, esineet, tietämyselementit (*Action Block*) jne resurssit.

Intentio, konsepti, toteutus - Internet 4.0 by design = hollantilaisten (TU-Delft) ja Japanin metabolistien kehittämä tapa toteuttaa Teollisuus 4.0 experimenttien kautta ja verkottamalla kehitettyjä sovelluksia tehokkaasti hubien kautta. Yritystasollakin voidaan siten aloittaa uudistaminen mistä kohtaa vain ja verkottaa vähitellen, koska arkkitehtuuri on avoin ja rajapinnat merkitsevät tietyn tunnetun toimintamallin jatkumista rajan kummallakin puolella. Jokainen ratkaisu konfiguroituu tarpeen mukaan ensin virtuaalisesti ja on siten testattu ensin -simuloimalla ja sitten käytännössä ja sen jälkeen tallennettu experimenttinä myöhempää uudelleen käyttöä varten. Experimentistä tiedetään siis intentio, konsepti, toteutus ja tulokset ja se on siis myös yksi tietämys elementti eli *Action Block*.

Resource Access = semanttista internetiä hyödyntävä **intRAnet**-sovellus, jossa itse-organisointiin tarvittavat resurssit löytyvät luonnollisen kielen avulla eli siis yhden verkoston itse-organisointi ja konfigurointi systeemiä. Taustalla on on-tologia ja sen mukainen hakuavaruus.

Saksan Teollisuus 4.0 sisältö (<https://www.bmwi.de/>)

1. Standardisointi, avoin referenssiarkkitehtuuri.
2. Kompleksien systeemien hallinta – digitaali/virtuaali/reaali
3. Teollinen internet - volyyymi, laatu, nopeus ja riskien hallinta
4. Turvallisuus, tietosuojat, IT-turvallisuus. (*Safety, Privacy, Security*)
5. Ihminen - tekninen systeemi - ekosysteemi (H-T-E) päätöksenteko ja vastuumallit eri 4,0 skenaarioissa
6. Koulutus ja yhteiskehitysympäristöt
7. Euroopan laajuinen yhtenäinen lainsäädäntö ja normisto
8. Elinkaaritalous ja resurssitehokkuus